

# **Energieeffizienz in Rechenzentren- Untersuchung der technischen Machbarkeit innovativer klimatechnischer Konzepte anhand eines praktischen Beispiels**

Masterarbeit eingereicht von: **Roozbeh Ossia**

Zur Erlangung des Grades

**„Master of Engineering“**

Technische Fachhochschule Berlin

Matrikel-Nr.: 736031

Abgabe: 15. März 2009

Erstgutachter:

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Frank Behrendt**

**Dipl. Ing. Marc Schaefer**

Fakultät III: Prozesswissenschaften, Institut für Energietechnik  
Fachgebiet Energieverfahrenstechnik und Umwandlungstechniken regenerativer  
Energien (EVUR), TU Berlin

Zweitgutachterin:

**Prof. Dr.-Ing. Eva-Maria Dombrowski**

FB VIII - Maschinenbau, Verfahrens- und Umwelttechnik,  
Technische Fachhochschule Berlin

## **Eidesstattliche Versicherung**

Ich versichere hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die im Literaturverzeichnis angegebenen Quellen benutzt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder noch nicht veröffentlichten Quellen entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.

Die Zeichnungen oder Abbildungen in dieser Arbeit sind von mir selbst erstellt worden oder mit einem entsprechenden Quellennachweis versehen.

Diese Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde eingereicht worden.

Roosbeh Ossia

Berlin, den 15. März 2009

## Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| 1. Motivation und Ziel der Arbeit  | 4  |
| 2. Definition und Kategorisierung von Rechenzentren                                    | 6  |
| 2.1. Definition von Rechenzentren mittels Fähigkeitenansatz                            | 6  |
| 2.2. Kategorisierung von Rechenzentren   | 7  |
| 2.3. Einflussreiche klimatechnische Parameter bei Energieeffizienz des Rechenzentrums  | 10 |
| 3. Bestandsaufnahme und Beschreibung von Rechenzentrum                                 |    |
| 3.1. Ist-Analyse   | 12 |
| 3.1.1. Allgemeine Beschreibung des Rechenzentrums (Gebäudetechnik)                     | 12 |
| 3.1.2. Ist-Analyse der IT-Infrastruktur  | 16 |
| 3.1.3. Ist-Analyse der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV)                      | 16 |
| 3.1.4. Ist-Analyse der Klimatisierungstechnik  | 16 |
| 3.1.5. Abführung der Abwärme   | 19 |
| 3.1.6. Transport der Abwärme der Klimatisierungsgeräte über Kaltwassersätze            | 20 |
| 3.1.7. Abführung der Abwärme an die Umgebung   | 21 |
| 3.1.8. Beleuchtung   | 21 |
| 3.2. Kategorisierung des Rechenzentrums  | 22 |
| 3.3. Energetische Performance des Rechenzentrums                                       | 23 |
| 3.4. Messaufnahmen und Auswertungen der Temperaturen am Racks                          | 26 |
| 3.5. Zusammenfassung der Auswertungen  | 49 |
| 4. Effizienzmaßnahmen  | 50 |
| 4.1. Optimierung der Luftverteilung  | 50 |
| 4.2. Optimierung der Effizienzgrad der CRACs durch Abgrenzung der Kalt- und Warmgängen | 57 |
| 4.3. Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz                                       | 64 |
| 4.4. Optimierung im organisatorischen Bereich  | 64 |
| 4.5. Einfach umsetzbare technische Einsparmaßnahmen                                    | 65 |
| 5. Ergebnisse und Schlussfolgerungen   | 69 |
| 6. Fazit und Ausblick  | 72 |
| I. Literaturverzeichnis  | 74 |
| II. Abbildungsverzeichnis  | 75 |
| III. Tabellenverzeichnis   | 77 |
| IV. Anhang: Einführungsfragebogen der Bestandsaufnahme                                 | 78 |

## 1 Motivation und Ziel der Arbeit

Bei unternehmerischen Planungen und Konstruktionen jeglicher Art von Gebäuden, sei es Wohnbauten, Einkaufszentren, industriellen Hallen oder Bürokomplexen, ist Energieeffizienz ein sehr bedeutender Faktor im Bereich Umweltschutz, Ersparnis von Primärenergieressourcen wie Öl, Gas und fossilen Brennstoffen und nicht zuletzt spielt dies eine wichtige Rolle bei der finanziellen Umsetzung von Gebäudeprojekten.

Energieeffizienz von funktionalen Gebäuden, die einen energie- bzw. wärmeaustauschenden Charakter haben, entwickelt sich immer mehr zu einer Notwendigkeit. Jeder der in der aktuellen wirtschaftlich kritischen Lage auf dem Energiemarkt bestehen, bzw. langfristig Fuß fassen möchte und dabei expandieren will, sieht sich vor allem mit Problemen der Energieoptimierung im Bereich der Planung und der Möglichkeit im nachhinein Erweiterungsmöglichkeiten zu tätigen konfrontiert und muss mit rasanten Technologieentwicklungen speziell in der IT-Branche rechnen, die einen immer höheren Energieverbrauch zur Folge haben.

Mit mehr als 35% des Strombedarfs zur Abfuhr der durch IT-Equipment produzierten Wärme und einen in den letzten vier Jahren mehr als verdreifachtem Energiebedarf der IT, wird ersichtlich, was für eine fundamentale und akute Rolle die Energieeffizienz in Rechenzentren spielt.

Ziel dieser Masterarbeit ist es, auf Basis der Konzepte der Klimatechnik und Wärmeübertragung ein einheitliches energetisches Gesamtbild zu entwerfen. Nach einer Analyse der Ist-Situation, folgt eine messtechnische Untersuchung und anschliessend eine Auswertung der Ergebnisse, die Szenarien für eine Optimierung des Energieverbrauchs vorschlagen. Hierdurch soll es einem Betreiber eines Rechenzentrums ermöglicht werden, angesichts individueller Prioritäten, Änderungs- bzw. Erweiterungsmöglichkeiten, sowie finanz- und zeitgebundener Strategien, unter den vorhandenen Rahmenbedingungen, einen nahezu idealen Betrieb und Aufbau eines Rechenzentrums zu realisieren.

Da das Thema Energieeffizienz in den letzten Jahren bei unternehmerischen Planungen einen immer größeren Stellenwert einnimmt, dieser Bereich aber in vielen Betrieben noch „Neuland“ ist, wird einerseits versucht, innovativen Ideen einen

Raum zu bieten, andererseits wird aber auch darauf geachtet, dass diese Konzepte ökonomisch realisierbar sind.

Da besonders der Betreiber eines freiwirtschaftlichen Rechenzentrums vor weit gefächerten Problemen in Bezug auf Technologie und Finanzen steht und zu dessen stetigen Sicherheit verpflichtet ist, wird dieser nach möglichst konkreten und umsetzbaren Ideen suchen, die plausibel, machbar und für ihn von Vorteil sind.

Diese Arbeit wurde anhand eines praktischen Beispiels eines Rechenzentrums - dessen Namen aus Konkurrenz- und Sicherheitsgründen nicht genannt wird- mit freundlicher Unterstützung der Betreiber und auf Basis der sich im Rechenzentrum befindlichen Bestandsaufnahmen und Dokumentationen, gebäudeleittechnischen Daten und eigenen Temperaturmessungen, unter besonderer Beachtung der statistischen und konzeptuellen Plausibilität, verfasst.

## **2 Definition und Kategorisierung von Rechenzentren [1]**

Als Grundlage der weiteren Bearbeitung und als Ansatz zur Klärung offener Fragen in der allgemeinen Diskussion wird hier eine allgemeingültige, aber dennoch strenge Definition von Rechenzentren vorgestellt, sowie eine Übersicht zur möglichen Kategorisierung von Rechenzentren gegeben.

### **2.1 Definition von Rechenzentren mittels Fähigkeitsansatz**

Die Definition von Rechenzentren erfolgt über den Fähigkeitsansatz. Sinn und Zweck des Rechenzentrums ist die Verarbeitung von Daten. Mit welcher Technik, also wodurch die Datenverarbeitung erbracht wird, ist bei der Betrachtung über den Fähigkeitsansatz nebensächlich. Entscheidend ist, dass das Rechenzentrum die Fähigkeit besitzt, die notwendige Verarbeitungsleistung unter den geforderten Bedingungen zu erbringen.

Der Vorteil der Betrachtung und Definition von Rechenzentren über den Fähigkeitsansatz liegt in der Allgemeingültigkeit und Flexibilität bezüglich weiterer technischer Entwicklungen.

**Ein Rechenzentrum wird definiert über die Fähigkeit, Daten sicher, in großen Mengen, dauerhaft und zentral zu verarbeiten.**

Dabei muss das Rechenzentrum diese Fähigkeiten nur besitzen. Auch wenn einzelne Eigenschaften nicht genutzt werden, z. B. der Betrieb über einen längeren Zeitraum.

Somit sind von einem Rechenzentrum im Sinne der Definition fünf essentielle Fähigkeiten zu erfüllen:

1. Verarbeitung von Daten,
2. auf sichere Art und Weise,
3. in großen Mengen,
4. dauerhaft über einen langen Zeitraum und
5. zentral an einem Ort.

Die einzelnen Fähigkeiten werden folgend erläutert.

## **2.2 Kategorisierung von Rechenzentren**

Rechenzentren können nach der Betriebssicherheit, dem Betriebszweck und dem Betreiber unterschieden werden.

Die Betriebssicherheit bildet eine entscheidende Existenzgrundlage des Rechenzentrums im Sinne der Definition nach dem Fähigkeitenansatz 2 (siehe S. 2). Sie wirkt sich grundlegend auf den Betrieb sowie die wirtschaftliche Attraktivität des Rechenzentrums aus.

Der Zweck des Betriebs beeinflusst die Technikauswahl in erheblichem Maße. Sowohl aus Sicht der Informationstechnik als auch aus Sicht der Energieeffizienz.

Die aktuellen Entwicklungen beachtend bedarf es, zur Vereinheitlichung der Systematik und klaren Abgrenzung der einzelnen Betreiberkonzepte, eine umfassende Einordnung.

### **Betriebssicherheit**

Der technisch sichere Rechenzentrumsbetrieb ist von den technischen Anlagen wie z.B. dem Server (IT) und der Klimaanlage (Gebäudetechnik) abhängig. In dieser Arbeit gehe ich auf die Problematik der gebäudetechnischen Sicherheit näher ein.

Die Gebäudetechnik umfasst die Stromversorgung und Klimatisierung des Rechenzentrums. Dabei finden u.a. Netzanschlüsse, Notstromaggregate, unterbrechungsfreie Stromversorgungssysteme (USV), Kälteanlagen, Rückkühler, Klimaschränke etc. Verwendung. Da es bei einem Stromausfall bzw. einem Ausfall der Kühlung zu einem Verlust der Daten kommen kann, ist es für Rechenzentren essentiell, eine dauerhafte unterbrechungsfreie Stromversorgung und eine ausreichende unterbrechungsfreie Kühlung zur Verfügung zu haben. Rechenzentren mit höchster Verfügbarkeit garantieren nach dem amerikanischen „Tier 4“ Standard des „Uptime Institutes“ eine Verfügbarkeit von 99,99 % im Jahr. Dies entspricht einem vierstündigen Ausfall in fünf Jahren. Mittels redundanter Ausführung dieser Versorgungstechnik soll die Betriebssicherheit erhöht werden. Dies kann etwa durch den Einsatz zweier parallel geschalteter, unabhängig voneinander betriebenen, Leitungsnetze für Strom und Wasser geschehen.

## **Betriebszweck**

Der Betriebszweck kann verschiedenartig kategorisiert werden. Hier soll zuerst aus Sicht der Technik und anschließend aus Sicht des Anwenders eine Einteilung erfolgen.

## **Technisch**

Der Betriebszweck des Rechenzentrums wirkt sich am stärksten auf die verwendete Informationstechnik aus. In Rechenzentren wird Informationstechnik in Form von Rechnern (z.B. blade-, main frame-Server), Kommunikationseinheiten (z.B. Switches, Router) und Speicherkomponenten (z.B. Raid-, SAN-Systeme) zur Berechnung, Übertragung und Speicherung von Daten eingesetzt. Bei der Verarbeitung großer Datenmengen ist die Prozessor- und damit Serverdichte höher. Dieses führt zu einer hohen elektrischen Leistungsdichte pro Rechenzentrumsfläche.

## **Anwendungsbezogen**

Je nach Einsatzgebiet des Rechenzentrums werden Daten in bestimmtem Umfang genutzt und verarbeitet. So ist etwa die Rechenauslastung beim Eigenbetrieb vollkommen selbst bestimmbar. Die zu bearbeitenden Daten werden ressourceneffizient an die Rechner übergeben, so dass diese größten Teils voll ausgelastet sind. Wird die Auslastung der Rechenkapazität hauptsächlich fremd bestimmt z.B. durch Abfrage Daten basierter Leistungen in Form von Produkten oder Dienstleistungen wie Klingeltönen für Mobiltelefone oder Online-Banking, so variiert die Rechnerauslastung weitaus stärker. Daraus folgt die wichtige Erkenntnis, dass im Fall der hauptsächlich fremd bestimmten Nutzung besonderen Wert auf die Systemeffizienz im Teillastbereich, also die Nutzung unterhalb der Auslastungsgrenze gelegt werden muss.

## **Betreiber**

Die ursprünglichste Form des Betriebs eines eigenen Rechenzentrums wurde mit steigender

Datenübertragungsfähigkeit und sich ausbreitender Informationstechnik in viele Bereichen der Geschäfts- und Privatwelt durch ein Mietmodell von Rechen- und



Speicherkapazität ergänzt, dem Hosting, so dass der Betreiber nicht mehr Eigentümer eines Rechenzentrums sein muss. Soll jedoch eine eigene IT betrieben werden, z.B. aufgrund spezieller Rechnerarchitekturen, so kann auch der Stellplatz und die Versorgung der Rechner mit Strom und Kühlung sowie Netzanbindung bei einem Housing- Anbieter erfolgen. Synonym ist dies auch als Hoteling- bzw. Co-Location-Anbieter zu bezeichnen.

### **Eigenbetrieb**

Der Eigenbetrieb setzt das größte Know-how und die meisten personellen, finanziellen und

lokalen Ressourcen voraus. Es muss Wissen aus dem Bereich Software, IT, Elektro- und Gebäudetechnik sowie im Finanzwesen vorhanden sein. Personell muss für den Betrieb und die Pflege der Software und der IT wie z.B. Server, Speicher und Netzwerkkomponenten auf die Fachkenntnis von Informatikern und Elektrotechnikern zurückgegriffen werden. Die Stromversorgung und Klimatisierung ist das Fachgebiet des Gebäudetechnikers. Neben den Betriebskosten sind große Investitionen für die IT, die anspruchsvolle Gebäudetechnik und die Flächen aufzubringen. Als lokale Ressourcen können der Platzbedarf sowie die Möglichkeit des Bezugs ausreichender Strommengen und Wärmesenken für die Klimatisierung gelten.

### **Hosting**

Beim Hosting wird IT Dienstleistung oder IT von einem Rechenzentrumsbetreiber vermietet. Der Kunde braucht nur minimale lokale Ressourcen, insbesondere personell und räumlich. Bezüglich der vollständigen technischen Abhängigkeit ist besonders auf die Kompetenz des Hosters zu achten.

Als IT Dienstleistung kann z.B. die Vermietung einer Internet Nutzerplattform mit entsprechenden Web-Programmen und Speicherplatz gesehen werden. Es können auch Server und Speicher für die vollkommen eigen bestimmte Nutzung angeboten werden. In diesem Fall muss der Hoster IT bereit stellen, die multifunktional ist, beispielsweise einen großen Input/Output-Datenverkehr unterstützt oder

unterschiedliche Graphikfähigkeit 2D/3D bietet, da der Kunde frei über den Einsatz bestimmt.

### **Housing**

Die Begriffe Rechenzentrum-Housing und -Hoteling bzw. Co-Location (Colo) können gleichwertig verwendet werden.

Der Housing Anbieter vermietet einen Stellplatz, die Datenleitungsanbindung, Stromversorgung und Klimatisierung sowie einen definierten Sicherheitsstandard bezüglich der Versorgungsverfügbarkeit und Schutz vor unbefugten Personen. Die IT ist im Besitz des Kunden und somit auch frei wählbar.

Die Übertragung der Versorgung auf den Housing Anbieter minimiert in diesem Bereich die eigenen personellen Ressourcen und überträgt die Betriebsverantwortung auf den Anbieter. Daher sind auch hier Kompetenz und Qualität zu prüfen.

Das Housing ist u. a. für Nutzer mit Spezialanwendungen/ -technik oder aus historischen Gründen bei z.B. bestehender IT sinnvoll.

### **2.3. Einflussreiche klimatechnische Parameter bei Energieeffizienz des Rechenzentrums**

#### **Position des Racks in Bezug auf die Wärmelastabfuhr**

Die Zuordnung von Racks in einem Serverraum, so dass die Racks mit hoher Last näher zu den CRACs sind, spielt beim Vermeiden von Hotspots eine sehr wichtige Rolle, wobei dies gleichzeitig eine langfristige Planung erfordert. Der Grund für die Notwendigkeit so einer Planung ist, dass man sehr oft mit einer zukünftigen Erweiterung der IT rechnen muss.

#### **Bypassdurchströmung zwischen Kalt- und Warmgang**

Eine möglichst gute Sperrung von nicht benutzten Leer-Räumen (wo z.B. keine Einschübe im Rack installiert sind) und ein Einbau von Trennwänden dient dazu, die Durchmischung von Kalt- und Warmluft zu verringern.

### **Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang**

Wände werden zwischen Warmgang und Kaltgang eingesetzt, um die Luftdurchmischung und damit den Wärmeaustausch zu minimieren. Auf diese Weise erhöht man den Effizienzgrad der Klimaschränke.

### **Blenden**

Blenden schaffen eine „einwandfreie Luftströmung“. Vermieden werden somit turbulente Strömungen besonders am Kaltlufteintritt, damit möglichst keine starken Warm- und Kaltluftdurchmischungen gerade zwischen Eintrittsluft und in niedrigeren Höhen installierten Einshüben zu Stande kommen.

### **Aufteilung von Einschüben**

Eine von Wärmeabfuhr „gleichmäßig“ Verteilung der Einschübe im Racks vermindert die ungewollte Wirkung von Turbulenzen und führt zu der Erhöhung des Temperaturgradienten der Luft zwischen Kalt- und Warmgang.

### **Kabelöffnungen**

Es sollte besonders darauf geachtet werden, dass die Kabelöffnungen im Rack sowie in den Doppelböden und in der Verkleidung für Kabel und an sonstigen Ausrüstungen am Rack geblendet werden. Das heißt, es darf nur der benötigte Durchmesser solcher Öffnungen genutzt werden. Um die Öffnungen herum muss eingeblendet werden.

### 3. Bestandaufnahme und Beschreibung von Rechenzentrum

In diesem Kapitel wird die Energieeffizienz, des in dieser Arbeit betrachteten Rechenzentrums, analysiert. Bezug nehmend auf die im zweiten Kapitel gezogene Systemgrenze und die Definition von Energieeffizienz wird dazu in einem ersten Schritt, der jeweilige Energieverbrauch der Systemkomponenten ermittelt oder errechnet und auf den Primärenergieverbrauch zurückgerechnet. In einem zweiten Schritt wird der Primärenergieverbrauch der einzelnen Systemkomponenten einem definierten energetischen Nutzen gegenübergestellt. Die Gesamtenergieeffizienz des Rechenzentrums wird als ein Energieflussbild dargestellt, das sämtliche Energieströme des Rechenzentrums zeigt. Die Ergebnisse der Ist-Analyse bilden die Grundlage für die im nächsten Kapitel durchgeführten Potentialermittlungen.

#### 3.1. Ist-Analyse

##### 3.1.1. Allgemeine Beschreibung des Rechenzentrums (Gebäudetechnik, Skizzen)

Das hier untersuchte Rechenzentrum liegt im Bundesland Berlin. Es handelt sich um ein freiwirtschaftliches Rechenzentrum, dass neben Web-Housing auch Web-Hostings durchführt und für Firmen eigene, spezielle Rechenkapazitäten zur Verfügung stellt. Das Rechenzentrum selbst ist in einen in 1974 gebauten Bürokomplex integriert und stellt kein eigenständiges Gebäude dar. Es befindet sich auf drei Etagen, wie folgende Skizzen zeigen. Für das gesamte Haus gibt es eine Mischnutzung. Damit gibt es die Möglichkeit, die Abwärme für die anderen Teile zu nutzen.

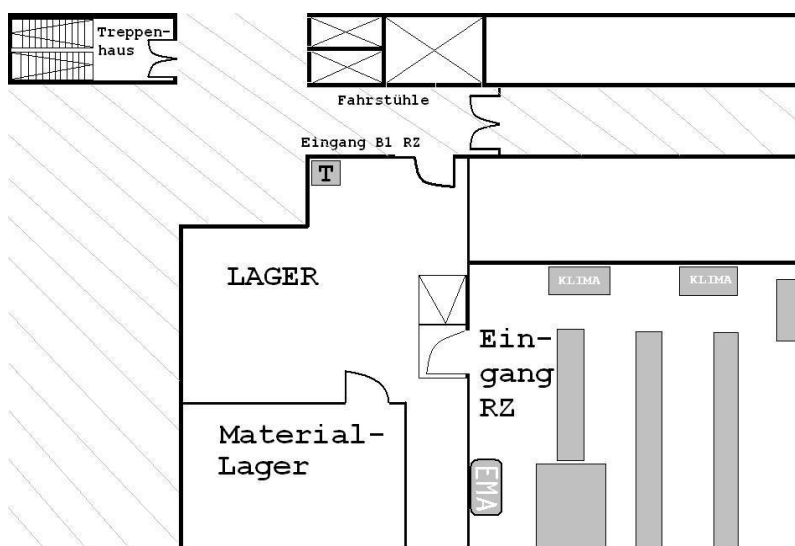


Abbildung 3.1.: B1 auf Erdgeschoss



Die Gesamtfläche des Rechenzentrums beträgt 1156 m<sup>2</sup>, wovon in etwa 63% als aktuell genutzte Fläche für die IT-Infrastruktur zur Verfügung steht. Eine Übersicht über die Flächenverteilung der einzelnen Räume gibt Tabelle 1.

| Serverraum  | B1  | B2<br>(inkl.<br>B3) | B5  | Gesamtfl<br>äche |
|---|-----|---------------------|-----|------------------|
| Nutzbare Fläche [m <sup>2</sup> ]                           | 106 | 600                 | 450 | 1156             |
| aktuell genutzte<br>Fläche [m <sup>2</sup> ]                | 85  | 390                 | 250 | 725              |
| Prozentualer Anteil an<br>nutzbare Gesamtfläche             | 9%  | 52%                 | 39% | 100%             |
| Prozentualer Anteil an<br>aktuell genutzter<br>Gesamtfläche | 12% | 54%                 | 34% | 100%             |

**Tabelle 3.1.:** Flächenverteilung der einzelnen Räumlichkeiten des Rechenzentrums

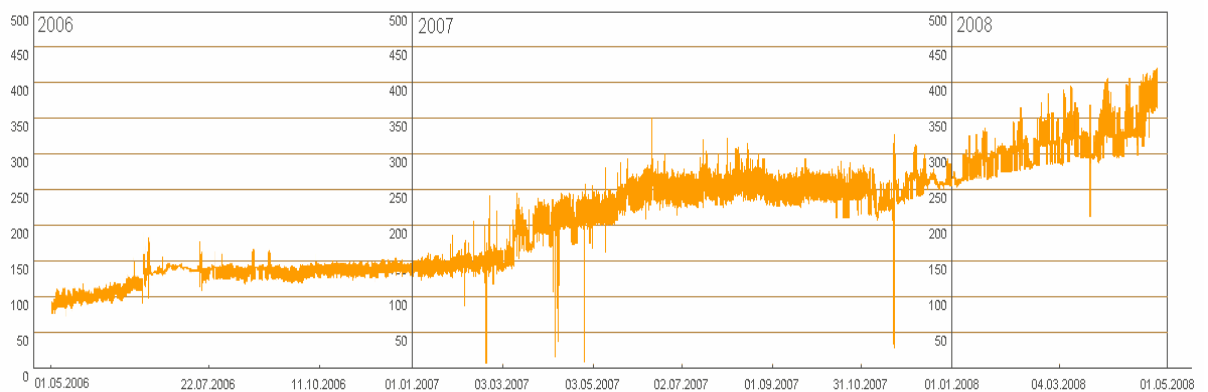
(Quelle: Eigene Darstellung, Daten vom Betreiber des Rechenzentrums )

Das Serverraum B1 befindet sich im Erdgeschoss, verfügt über kein Fenster und wird autark von zwei Tischkühlern versorgt.

Die Serverräume B2 und B5 des Rechenzentrums verfügen zur Nord- und Südseite hin über eine Fensterfassade, die anderen Wände wurden ohne Fenster versehen. Die beiden Räume werden gemeinsam von derzeit installierten Kaltwassersätzen versorgt, die auf dem Dach des Bürogebäudes angeordnet sind, wobei es sich um eine Kompressionskälteanlage mit der Möglichkeit des freien Kühlen und einem als Redundanz geschalteten Kaltwassersatz handelt.

### 3.1.2. Ist-Analyse der IT-Infrastruktur

Die IT-Infrastruktur ist in verschiedenen Serverräumen in bereits erwähnten Serverschränken, so genannten Racks, untergebracht. Insgesamt verfügt das Rechenzentrum über drei verschiedene Serverräume, wovon die installierten Anschlussleistungen für die IT pro Serverraum von 16 Kilowatt in B1 und 155,26 Kilowatt in B2 reichen. Die gesamte elektrische Anschlussleistung der IT-Infrastruktur beträgt 171,26 KW. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Entwicklung des Stromlastgangs der IT-Infrastruktur.



**Abbildung 3.4.:** Stromlastgang der IT-Infrastruktur in KW in Jahren 2006 -2008 (Quelle: Monitoring von Rechenzentrum)

Der stetige Zuwachs an IT-Infrastruktur in den letzten drei Jahren erfordert eine immer höhere Energiebereitstellung. Der Energieverbrauch der IT-Infrastruktur ist im betrachteten Rechenzentrum alleine in Räumlichkeiten B2 und B5 zwischen dem 01.01.2007 und dem 31.12.2007 von 145 Kilowatt auf über 270 Kilowatt angestiegen. Der Anstieg der bezogenen elektrischen Leistung ist auf die Installation von neuen Servern in den Racks zurückzuführen. Im Jahr 2008 hat sich diese Entwicklung fortgesetzt, die Auslastung lag im Mai 2008 bei 420 Kilowatt. Damit ist die IT-Infrastruktur bereits an die Kapazitätsgrenze der bezogenen Kühlleistung von Kaltwassersatz gelangt und es musste eine zweite Anlage installiert werden. Die durchschnittlichen Energiedichten sind auf mittlerweile 656 Watt/m<sup>2</sup> angestiegen. Bezogen auf die Energiedichten im Rack liegen diese Werte aber deutlich höher. Derzeit sind 180 Racks in den Räumen B2 und B5 des Rechenzentrums installiert. Pro Rack beträgt die Grundfläche 0,64 m<sup>2</sup> (0,8m \* 0,8m). Bei einer

Gesamtgrundfläche der Racks von 115,2 m<sup>2</sup> und einer Leistungsaufnahme von 420 Kilowatt, liegt die Energiedichte bei 3.645 Watt/ m<sup>2</sup> und damit deutlich unterhalb der kritischen Grenze für die Abführung der Abwärme von 5.000 Watt/ m<sup>2</sup>. Entsprechend ergibt sich pro Rack eine Energiedichte von 2,3 Kilowatt.

### **3.1.3. Ist-Analyse der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) [2]**

USV-Anlagen dienen dazu, die Spannungsschwankungen im Stromnetz auszugleichen und so die Verfügbarkeit der IT-Infrastruktur auf einem sehr hohen Niveau zu halten. Bei den USV-Anlagen werden unterschiedliche fünf gängige Topologien unterschieden. Im Weiteren beschäftige ich mich ausschließlich mit den laut Betreiber angegebenen drei USV-Anlagen im *Online-Betrieb mit Deltawandlung*, die für größere Leistungsbereiche geeignet ist.

Diese zeichnen sich durch besonders hohe Wirkungsgrade aus und sind darum aus Energieeffizienzsicht zu bevorzugen.

Das hier vorliegende Sicherheitskonzept sieht eine (n+1)-Redundanz mit einer Leistung von  $3 \times 160\text{kVA} = 480 \text{ kVA}$  vor. (n+1) bedeutet, dass eines der USV-Module vollständig bei Ausfall ersetzt werden kann. Alle drei USV-Anlagen werden im Parallelbetrieb kontinuierlich betrieben.

Für einen längeren Stromausfall sind USV-Anlagen ungeeignet, da sie laut Betreiber nur ein Stromausfall von 20 min. kompensieren kann. Hierfür stehen ein Hausanschluss mit Trafo sowie zwei Dieselgeneratoren zur Verfügung.

### **3.1.4. Ist-Analyse der Klimatisierungstechnik**

Die Klimatisierungstechnik des hier betrachteten Rechenzentrums ist in zwei getrennten Kreisläufen konstruiert und zwar:

1. Der Serverraum B1 wird von zwei Direkt-Verdampfern mit Kühlleistung von jeweils 38 KW versorgt. Die Kältemittelleitung verlaufen teilweise unisoliert in unmittelbarer Nähe zueinander, so dass zu befürchten ist, dass unerwünschte Wärmeübertragung zwischen dem den Verdichter verlassenden überhitzten Dampf und dem zurücklaufenden Kondensat stattfindet, und somit die Kälteleistung wie auch die Leistungszahl der Direktverdampfer wesentlich geringer sind, als aus den Herstellerangaben angenommen werden kann. Daher besteht keine Redundanz.



Eine stichprobenartige Messung ergab eine Abkühlung in den Umluftklimageräten von knapp 23°C auf 15,5°C, dabei betrug der unerwünschte latente Anteil der Kühllast 8%. Eine Rückbefeuchtung mit Verdampfungstechnik existiert.

2. Zwei Kaltwassersätze mit Kühlleistungen von 468,5 KW (mit alternativer Möglichkeit von freier Kühlung 306,3 KW) und 410,2 KW. Die Redundanzzahl ist auch für die Serverräumen B2 und B5 gleich N+1.

Die Klimatisierung des flächen- und leistungsmäßig größten Teiles des Rechenzentrums erfolgt über Raumklimageräte in Form wassergekühlter CRAC-Units.

Ringleitungen transportieren die Abwärme zu einer hydraulischen Speicherweiche, an die wiederum zwei Kälteanlagen angebunden sind. Beide Anlagen sind luftgekühlte Kompressionskältemaschinen (Rooftop-Geräte) ähnlicher Größenordnung, wobei nur das ältere Modell ein Freikühlregister besitzt.

Weitere stichprobenartige Messungen ergaben eine Abkühlung in den Umluftklimageräten von ca. 21-24°C auf ca. 16-17°C, dabei betrug der unerwünschte latente Anteil der Kühllast 8-9%. Eine Rückbefeuchtung mit Verdampfungstechnik existiert ebenfalls.

Die Klimatisierungstechnik, insbesondere ihre energetische Optimierung, bildet den Schwerpunkt dieser Masterarbeit. Grundsätzlich erfolgt die Abführung der Abwärme bzw. die Kühlung der IT-Infrastruktur im Rechenzentrum in der nachfolgend dargestellten Art und Weise.

a) Abführung der Abwärme aus den Racks und den Serverräumen über Präzisionsklimaschränke.

b) Transport der Abwärme aus den Präzisionsklimaschränke über Direkt-Verdampfer für B1 bzw. über Kaltwassersätze für B1 und B5.

c) Abführung der Abwärme an die Umgebung

Die Klimatisierungstechnik mit ihren einzelnen Systemen und Verschaltungen wird in Abbildung 3.5. gezeigt.

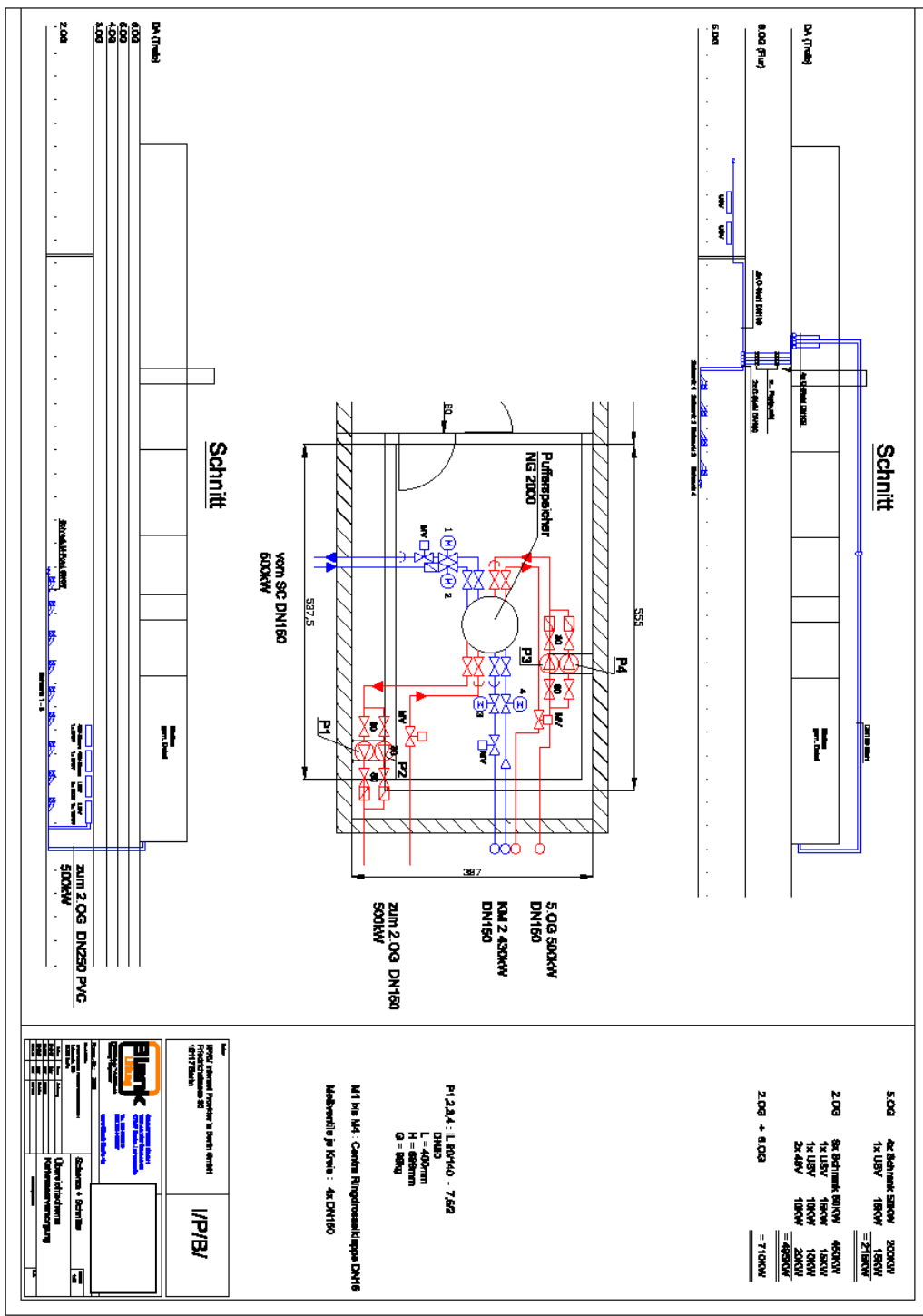


Abbildung 3.5.: Schaltplan der Klimatisierungstechnik des Rechenzentrums(Blenk GmbH)

In dem dargestellten Schaltplan ist die physische Gestaltung der Klimatisierungstechnik dargestellt. Die dargestellte Abbildung der Klimatisierungstechnik legt dabei keinen Wert auf Vollständigkeit, sondern soll vielmehr einen Eindruck von der installierten Klimatisierungstechnik verschaffen. In jedem der zu klimatisierenden Serverräume sind Kaltwasserleitungen verlegt, die die Abwärme aus den Umluftklimageräten über integrierte Wärmetauscher aufnehmen (vgl. Abbildung 9). Anschließend kann die von den Kaltwassersätzen transportierte Abwärme an die Umgebung abgegeben werden.

### **3.1.5 Abführung der Abwärme aus den Racks und den Serverräumen über Umluftklimageräte und Transport der Abwärme**

Die Racks mit den darin enthaltenen Serverplatinen werden über die Umluft gekühlt. Derzeit funktioniert die Klimatisierung folgendermaßen: Die Raumluft mit einer Temperatur von 21°C bis 23°C wird von den Umluftklimaaggregaten angesaugt, auf ca. 16°C heruntergekühlt, verdichtet, über Doppelboden-Kanäle zu den Lochplatten geführt und strömt von dort aus wieder zu den Racks. Um den Prozess effizienter zu gestalten sind die Racks gemäß VDI-Richtlinie 2054 in einer Warmgang-Kaltgang-Anordnung aufgestellt worden.

Im hier untersuchten Rechenzentrum sind die Umluftklimageräte direkt im Serverraum installiert. Darüber hinaus wird die Luft auch nicht über eine Doppeldecke abgeführt, sondern die Raumluft angesaugt. Dies hat entscheidende Nachteile, denn es kommt zu Luftmischungen und damit auch zu einem Temperatursausgleich. Dadurch sinkt der Temperaturgradient des Wärmetauschers im Umluftklimagerät und die Abwärmeübertragung wird ineffizienter. Als weiterer Nachteil lässt sich ausmachen, dass die Umluftklimageräte zu weit von den Racks entfernt stehen. Dies verstärkt den davor beschriebenen Effekt.

| Hersteller: Typ   | Gerät/ Stückzahl                                | Kälteleistung [kW <sub>th</sub> ] | Leistungsaufnahme [kW <sub>el</sub> ] |
|---|---|-----------------------------------|---------------------------------------|
| CyberAir 2DX<br>ALD/ALU 361<br>A/G/GE“, jeweils 36,6<br>kw von der Firma<br>Stulz<br><br>(B1) | Standgerät/ 2 Stück<br><br>(1 St. Redundant)    | 36,6                              | 1,1                                   |
| Liebert Hiross<br>,Himod 85 UC<br>(B2)  | Standgerät/ 8 Stück<br><br>(1 Stück. Redundant) | 86,7                              | 2,85                                  |
| RC Group<br>neXt.CW.K 120 H6<br><br>(B2)  | Standgerät/ 1 Stück                             | 111,9                             | nicht vorhanden                       |
| RC Group<br>neXt.CW.K 120 H6<br><br>(B5)  | Standgerät/ 3 Stück<br><br>(1 Stück. Redundant) | 111,9                             | nicht vorhanden                       |
|   | <b>Summe(im Betrieb):</b>                       | 1002,6                            |                                       |

**Tabelle 3.2.:** Installierte Klimatisierungsgeräte

(Quelle: Eigene Darstellung, Daten vom Betreiber des Rechenzentrums )

Der elektrische Energieverbrauch der installierten Umluft- und Deckenklimateure wird bislang messtechnisch nicht erfasst. Die Volumenströme der in Tabelle 2 aufgelisteten Klimatisierungsgeräte sind nicht regelbar. Ein Klimatisierungsgerät im B2 und ebenso ein Klimatisierungsgerät im B5 sind als redundant vorgesehen.

Dafür sind zwei Direkt-Verdampfern und zwei Kaltwassersätze mit der Kühlleistung von insgesamt 954,7 KW installiert worden.

Um den Energiebedarf zu senken, könnte eine Einhausung mit Lüftungskanal zu den Umluftklimateuren installiert werden. Unter Umständen können dadurch zum Teil Geräte ausgeschaltet werden bzw. über eine Steuerung nachgedacht werden.

### 3.1.5. Transport der Abwärme der Klimatisierungsgeräte über Kaltwassersätze

Die Abwärme der IT wird in den Umluftklimateuren über einen Wärmetauscher an Kaltwasserleitungen abgegeben. Diese transportieren die Wärme zu den jeweilig in Betrieb stehenden Kältesystemen. Jede Vor- und Rücklaufleitung wird als ein

Kaltwassersatz bezeichnet. Die installierten Pumpen sind vom Sicherheitskonzept her (n+1)-redundant ausgelegt. Insgesamt sind vier Hauptpumpen für B2 und B5 mit einer jeweiligen elektrischen Nennleistung von 8,6 Kilowatt vorhanden, von denen jeweils eine im Betrieb ist. Somit ist die Gesamtverbrauch von Pumpen gleich 17,2 KW.

### **3.1.6. Abführung der Abwärme an die Umgebung**

Die Abwärme wird über die im Schaltplan in Abbildung 3.5 gezeigten Kältesysteme abgeführt. Derzeit wird die Kompressionskälteanlage als Standardkältesystem betrieben, die beiden weiteren Kältesysteme sind lediglich als Redundanz vorgesehen. Der elektrische Energieverbrauch der Kompressionskälteanlage im Jahr 2007 war wie folgt.

Der Lastgang der Kompressionskälteanlage zeigt im Jahr 2007 einen volatilen Verlauf. Dies ist im Wesentlichen auf zwei Haupteinflussfaktoren zurückzuführen: die Außenlufttemperatur und die aufgenommene Wärmelast. Die Wärmelast ist während des Jahres 2007 um lediglich 225,8 Kilowatt in B2 gestiegen. Die Außenlufttemperaturen waren im Jahr 2007 recht hoch und lagen über dem Durchschnittswert der letzten Jahre. Darüber hinaus erkennt man jedoch im Sommer einige Leistungsspitzen, die sich nicht auf die Zunahme der Wärmelast und auch nicht allein auf die Außenlufttemperatur zurückführen lässt. Der Meinung des Verfassers nach, sind die Leistungsspitzen der Tatsache zu schulden, dass die Kälteanlage auf dem Dach nicht verschattet und damit der direkten Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Das Verschattungspotential wird im vierten Kapitel quantifiziert.

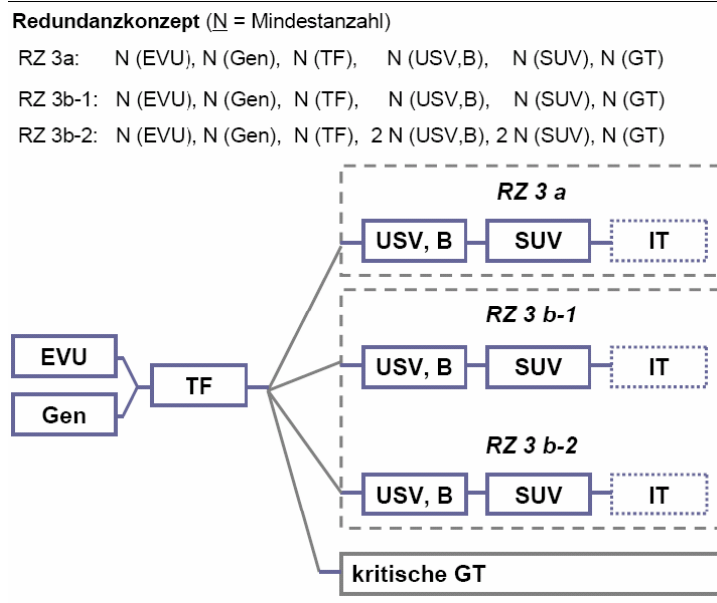
### **3.1.7. Beleuchtung**

Der elektrische Energiebedarf wurde im Rechenzentrum im Jahr 2007 nicht messtechnisch erfasst. Um diesen Verbraucher dennoch in der Ist-Analyse abzubilden, wird ein vom APC angenommener Richtwert von 22 Watt/ m<sup>2</sup> auf die Gesamt-Rechenzentrumsfläche hochgerechnet. Diese beträgt 725 m<sup>2</sup> (vgl. Tabelle 1). Daraus errechnet sich ein elektrischer Leistungswert von 10,56 Kilowatt. Im Jahresverlauf ergibt sich eine Jahresstrommenge für 2007 von 139.722 kWh<sub>el</sub>.

### 3.2. Kategorisierung des Rechenzentrums [3]

Folgend wird das untersuchte Rechenzentrum - hier RZ 3 genannt, um das von zwei anderen untersuchten Rechenzentren zu unterscheiden- kategorisiert.

Betriebssicherheit: Ein ununterbrochener Betrieb des Rechenzentrums wird vom Betreiber angestrebt.



**Abbildung 3.6.:** Redundanzen der Stromversorgung RZ 3 a, RZ 3 b-1 und RZ 3 b-2

Die Stromversorgung wird im Regelfall über einen Hausanschluss vom Energieversorgungsunternehmen bereitgestellt, im Störfall übernehmen Dieselgeneratoren die Versorgung der IT sowie der Gebäudetechnik mit Klimatisierung, so dass der Betrieb der IT auch bei längeren Netzabtrennungen fortgeführt werden kann. [3]

#### Betriebszweck und Betreiber

Ausgeprägte Mischnutzungen aller IuK Anwendungen finden aufgrund der Betreiberstruktur in RZ 3 statt. Rechenzentrum RZ 3 bietet ein klassisches Housing für unterschiedliche Anwender an. Die IT ist somit sehr inhomogen in Bezug auf die Leistungsdichte, den Aufbau und die Ausstattung. Das Geschäftsmodell des Housinganbieters sieht kaum Einflussmöglichkeiten auf die Kunden IT vor. Auch ist

der Einfluss des Betreibers auf gebäudetechnische Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz sehr eingeschränkt, da er nicht selbst Besitzer des Gebäudes ist und nur einen kleineren Anteil des Gesamtgebäudes belegt.

### 3.3. Energetische Performance des Rechenzentrums

Die Abbildung des Teiles des Rechenzentrums, welches durch die Kaltwassersätze gekühlt wird, ergab in einer Simulationsumgebung eine sehr gute Übereinstimmung mit den Verbrauchswerten, die der Betreiber angibt. Für ein Rechenzentrum aus dem Bereich des Housings mit solch heterogener Infrastruktur, ist der EUE, der im Bereich 1,5 liegt ein überraschend guter Wert. [3]

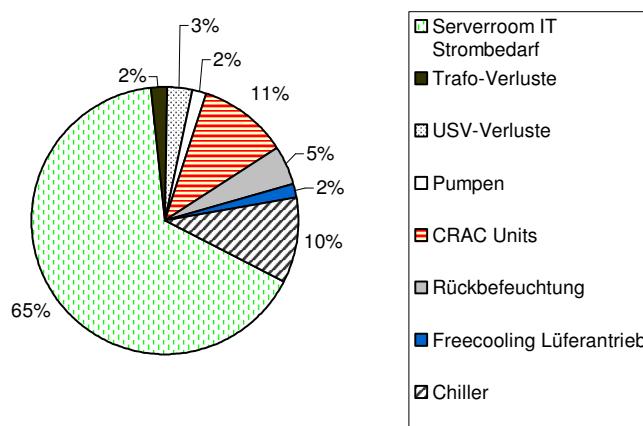


Abbildung 3.7.: Strombedarf des RZ

Der Freikühler kann ca. 45% der Gesamtwärmelast eines Jahres decken, Dabei benötigt der Freikühler weniger als 20% des Strombedarfes der Kälteanlagen.

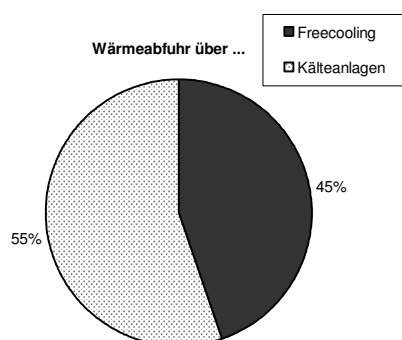


Abbildung 3.8.: Wärmeabfuhr des RZ

## **Technische Daten:**

### 1. CRAC Einheiten(Präzisionsklimaschränke)

B1: 2x „CyberAir 2DX ALD/ALU 361 A/G/GE“, jeweils 36,6 kw von der Firma Stulz

B2: 8x Liebert Hiross „Himod 85 UC“, jeweils

1x „RC Group neXt.CW.K 120 H6“, Kälteleistung 111,9 kw

B5: 3x „RC Group neXt.CW.K 120 H6“, Kälteleistung 111,9 kw

### 2. Direkt-Verdampfer

B1 wird von zwei Direkt-Verdampfern von der Firma Stulz „ACHNC065GB/25-4-109“ mit der Nenn-Kälteleistung von 47.900 W versorgt.

### 3. Kaltwassersatz

B2 und B5 werden gemeinsam von zwei den folgenden Kaltwassersätzen versorgt:

1xSuper Chiller 2000 SLR 507 mit der Kälteleistung von 468,5 KW(alternative 306,3 F.K.)

1xRHOSS TCAESY 6410 mit der Kälteleistung von 410,2 KW

Superchiller: 1x 468,5 KW (alternative 306,3 F.K.), RHOSS: 1x 410,2 KW

### 4. Pumpen

Pumpendaten

für 2. OG 2 Pumpen mit je 8,6 kW, statisch, nicht regelbar

für 5. OG das gleiche

Ablesewerte 2. OG

Kälte Rücklauf:

Pumpe 1, in Betrieb: vor Pumpe 1,2 bar , nach Pumpe 2,65 bar

Pumpe 2, aus: vor Pumpe 1,45 bar, nach Pumpe 2,1 bar

Ablesewerte 5.OG

Kälte Rücklauf:



Pumpe 1 in Betrieb: 1,1 vor, 3,15 nach

Pumpe 2 aus: 1,2 vor und 2,05 nach

## **5. USV**

B1 und B2: Emerson/Liebert 7400 für 230 VAC, ELTEK SPS für 48 VDC

B5: Eaton Powerware 9390, 160 kVA pro Modul, derzeit A-/B-Feed jeweils 1 Modul, ausbaubar auf max. 4 Module pro Feed (3 x 160kVA = 480 kVA in N+1-Redundanz)

### 3.4. Messaufnahmen

#### Temperaturplots- registriert durch das vorhandene Monitoringsystem im Rechenzentrum

Aufgenommene Temperaturplots aus vorhandener Gebäudeleittechnik(Monitoring) im Rechenzentrum

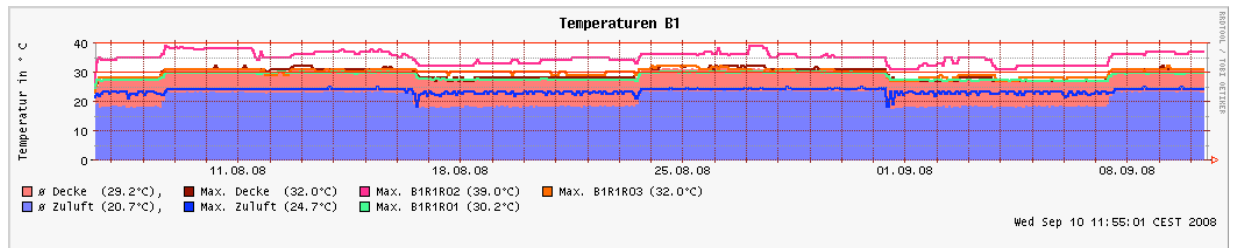


Abbildung 3.9.1.

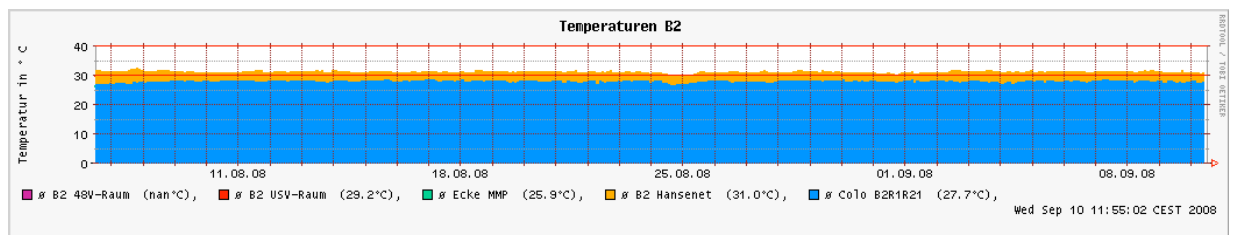


Abbildung 3.9.2.

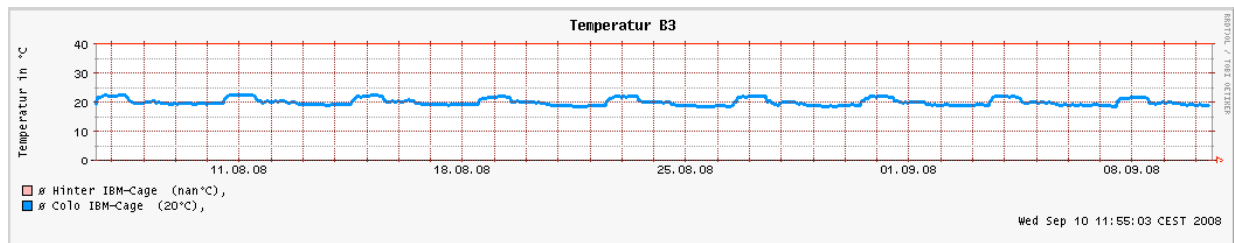


Abbildung 3.9.3.

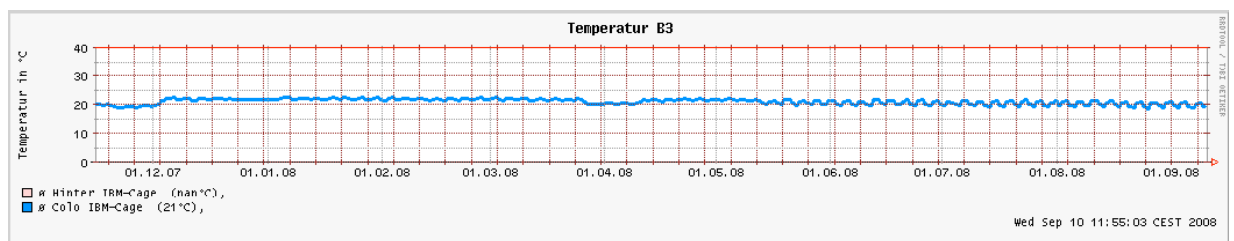


Abbildung 3.9.4.

Abbildung 3.9. (1-4): Temperatur-Monitoring des Rechenzentrums

## **Temperaturmessungen der Racks anhand eines Datenloggers**

Da die Messungen durch das Monitoringsystem an den begrenzten Messpunkten und nur unterhalb der Decke aufgenommen wurden, Eigenständige Temperaturmessungen in allen Räumlichkeiten B1, B2 und B5 wurden durchgeführt. Die Messungen werden jeweils an zwei „Extrembeispielen“, an einem Rack mit höherer Last und an einem mit kleiner Last anhand eines Temperaturmessgerät (Datalogger) durchgeführt. Hierbei sind die Temperaturen an einem Punkt im Doppelboden und in den sechs Punkten in Höhen von 0,5 Meter, 1,5 Meter und 1,80 Meter im Kaltgang am Rack-Eintritt, sowie im Warmgang am Rack-Austritt gemessen worden. Die Messungen in den Höhen von 0,5 und 1,5 Meter wurden hierbei direkt an den Racks, die Messungen bei 1,80 Metern Höhe mit einem Abstand von etwa 0,5 Metern vom Rack, durchgeführt.

Beobachtungen im untersuchten Rechenzentrum haben gezeigt, dass in Höhe um 0,5 am wenigsten Einschübe und bei 1,8 Meter weniger Einschübe installiert sind. Da deswegen Lücken entstehen, strömt die warme Luft durch und mischt sich mit der kalten Luft. Das führt zu schlechteren Effizienzgrad von Klimaanlage.

Praktische Beobachtungen haben gezeigt, dass bestimmte Faktoren die wichtigste Rolle auf den unterschiedlichen gemessenen Höhen spielen:

Um die Höhe 1,80 m Aufwärts (Delta T @ 1,8 m) : Der Bypasseffekt durch nicht vorhandene Trennwand

Je kleiner der Wert Delta T besitzt, desto höher ist die Temperaturdivergenz, sprich die Durchmischung der Luft zwischen Kaltgang- und Warmgang gewesen.

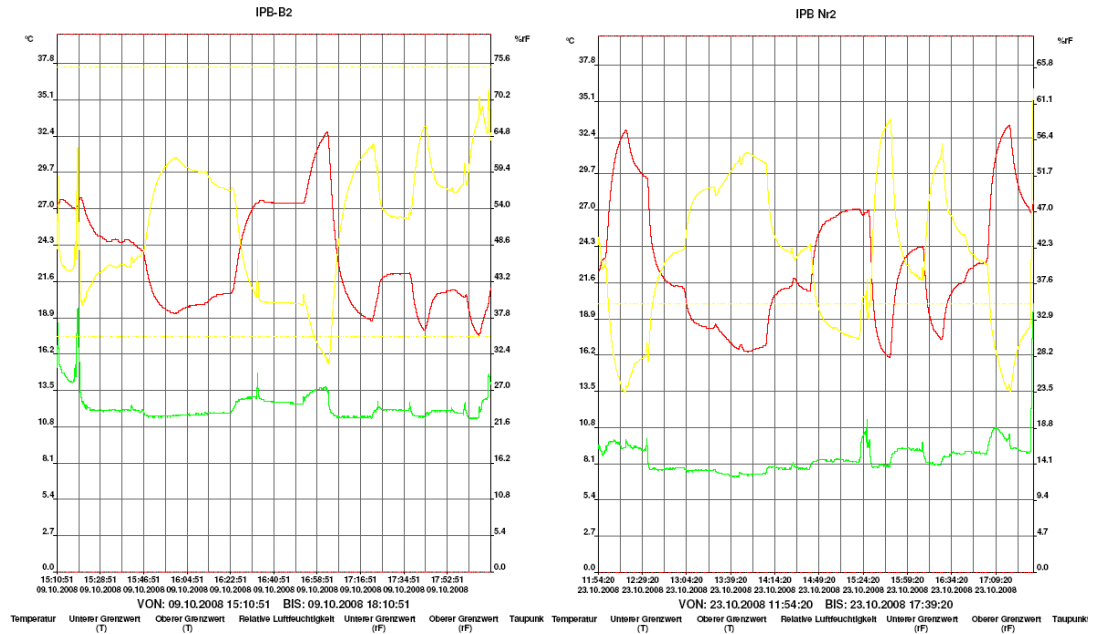
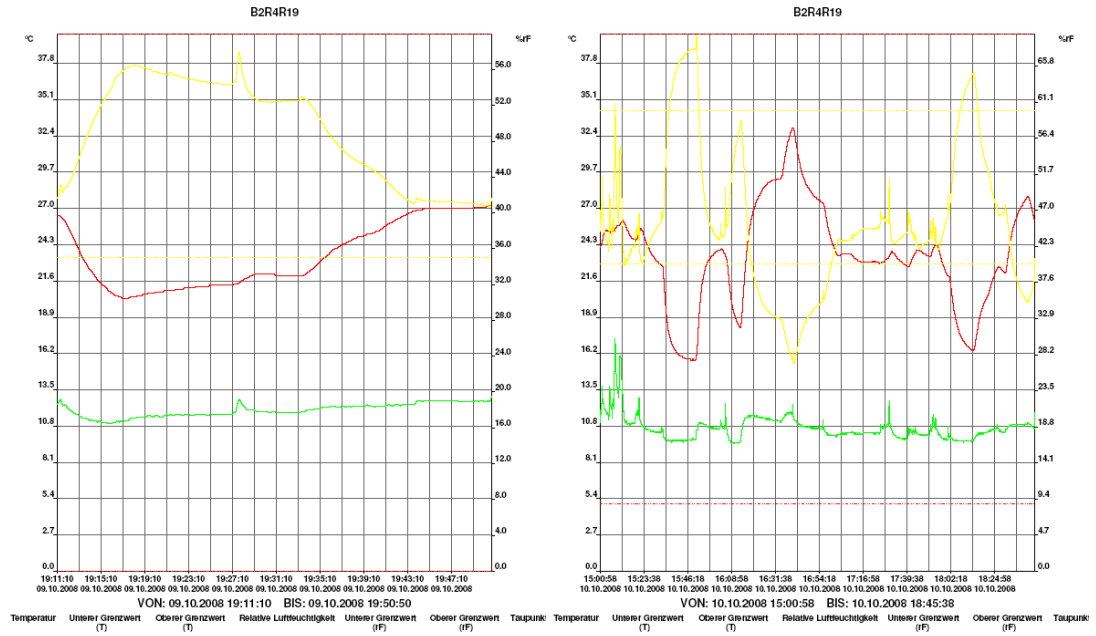
Um die 1,50 m (Delta T @ 1,5 m): Überhitzten Einschüben die zur einen vertikalen Hotspot führen

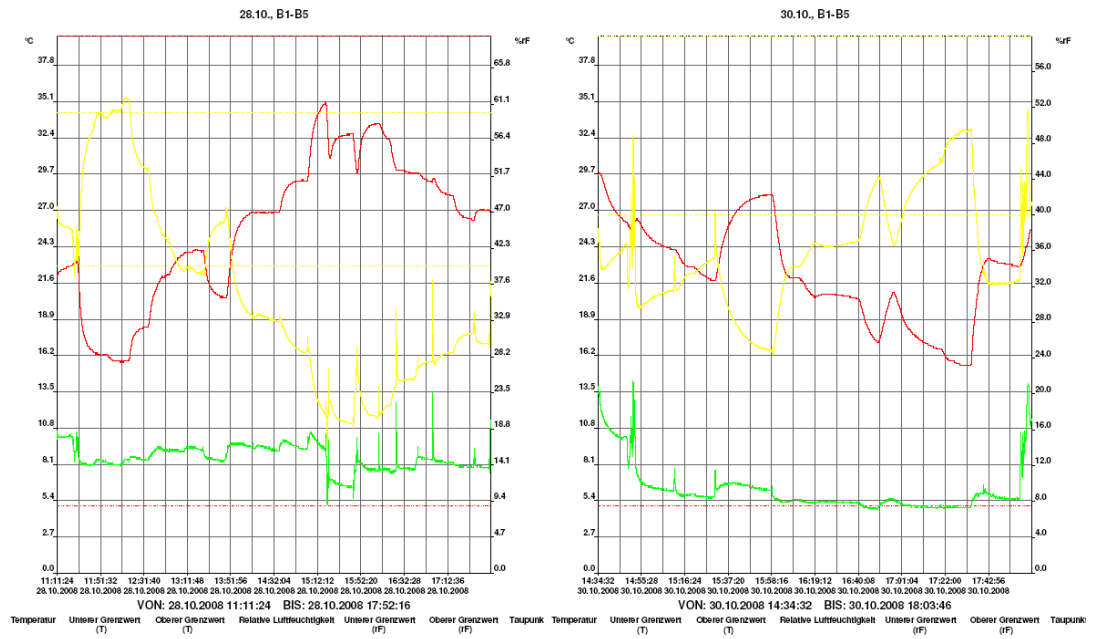
Um die 0,5 m (Delta T @ 0,5 m): Bypasseffekt durch Lücken innerhalb des Racks

Allgemeingültig für alle Racks: Kabelöffnungen müssen immer geblendet werden.

## Temperaturmessplots

Folgend sind die Temperaturmessplots, die eigenständig im Rechenzentrum durchgeführt wurden. Aus Plausibilitätsgründen, sind Notfalls diese wiederholt worden.





**Abbildung 3.10.:** Temperaturmessungen der Racks anhand eines Datenloggers

| Messungs- | Ort (genaue Beschreibung)  | Datum   | Zeit (ca. 20 min) |       | Temp | Tend | Feuchte | Bemerkungen                                |
|-----------|--|---------|-------------------|-------|------|------|---------|--|
|           |  |         | von               | bis   |      |      |         |  |
| <b>B1</b> |  |         |                   |       |      |      |         |  |
| 1         | im Doppelboden nahe Stulz-DV                                       | 30. Okt | 17:21             | 17:40 | 15,5 |      | 49,4    |  |
| 2         | Zuluft Stulz (oben)  | 30. Okt | 17:41             | 18:00 | 23   |      | 32,4    |  |
| 3         | (Typ und Anzahl Stulz-Units)                                       |         |                   |       |      |      |         | <b>2x Stulz</b>                            |
| 4         | im Doppelboden nahe Rack 5   | 30. Okt | 17:01             | 17:20 | 16,7 |      | 45,6    | Rack 5 mit hoher Last ( <b>B1R1R09</b> )   |
| 5         | Luft Eintritt (direkt an Rackfront) Rack 5 (0,5 m Höhe über Boden) | 30. Okt | 15:58             | 16:18 | 20,6 |      | 36,7    |  |
| 6         | Luft Eintritt Rack 5 (1,50 m Höhe)                                 | 30. Okt | 15:31             | 15:57 | 28,2 |      | 24,9    |  |
| 7         | "Kaltgang" nahe Rack 5 (mittig , 1,80 m Höhe)                      | 28. Okt | 17:36             | 17:50 | 27   |      | 29,9    |  |
| 8         | Luft Austritt Rack 5 direkt an Rackrücken (0,5 m Höhe über Boden)  | 28. Okt | 17:17             | 17:35 | 26,3 |      | 31,2    | D(,5)=5,7                                  |
| 9         | Luft Austritt Rack 5 (1,50 m)                                      | 28. Okt | 15:49             | 16:08 | 33,5 |      | 20,4    | D(1,5)=5,3                                 |
| 10        | "Warmgang" nahe Rack 5 (1,80 m)                                    | 28. Okt | 16:09             | 16:26 | 30,1 |      | 24,6    | D(W/K)=3,1                                 |
| 11        | im Doppelboden nahe Rack 6   | 30. Okt | 16:41             | 16:59 | 17,2 |      | 44,3    | Rack 6 mit kleiner Last ( <b>B1R3R04</b> ) |
| 12        | Luft Eintritt Rack 6 (0,5 m Höhe über Boden)                       | 30. Okt | 16:19             | 16:40 | 20,4 |      | 37,1    |  |
| 13        | Luft Eintritt Rack 6 (1,50 m)                                      | 30. Okt | 15:11             | 15:30 | 21,8 |      | 35,3    |  |
| 14        | "Kaltgang" nahe Rack 6 (1,80 m)                                    | 30. Okt | 14:52             | 15:10 | 24,1 |      | 31,5    |  |
| 15        | Luft Austritt Rack 6 direkt an Rackrücken (0,5 m Höhe über Boden)  | 28. Okt | 17:02             | 17:16 | 28,1 |      | 28,7    | D(,5)=7,7                                  |
| 16        | Luft Austritt Rack 6 (1,50 m)                                      | 28. Okt | 16:28             | 16:45 | 29,8 |      | 25,3    | D(1,5)=8,0                                 |
| 17        | "Warmgang" nahe Rack 6 (1,80 m)                                    | 28. Okt | 16:46             | 17:00 | 29,1 |      | 27,5    | D(W/K)=5,0                                 |

**Tabelle 3.3.1.:** Temperaturmessungen der Racks anhand eines Datenloggers

| Messungsnr | Ort (genaue Beschreibung)                                      | Datum   | Zeit (ca. 15-20 min) |       | Temp | Tend | Feuchte | Bemerkungen                                |
|------------|--|---------|----------------------|-------|------|------|---------|--|
|            |  |         | von                  | bis   |      |      |         |  |
| B2         |  |         |                      |       |      |      |         |  |
| 1          | im Doppelboden nahe CRAC 1                                     | 23. Okt | 13:47                | 14:07 | 17   |      | 53,4    |  |
| 2          | Zuluft CRAC (oben)   | 23. Okt | 14:08                | 14:27 | 21,2 |      | 41,9    |  |
|            | (Typ und Anzahl CRAC-Units)                                    |         |                      |       |      |      |         | <b>8x Liebert Hiross 85 CU</b>             |
|            |  |         |                      |       |      |      |         | <b>1x RC Group 120 H6</b>                  |
| 3          | im Doppelboden nahe Rack1                                      | 23. Okt | 13:06                | 13:28 | 18,2 |      | 50,2    | Rack 1 mit hoher Last ( <b>B2R2R19</b> )   |
| 4          | Lufttritt (direkt an Rackfront) Rack 1 (0,5 m Höhe über Boden) | 09. Okt | 15:47                | 15:59 | 19,2 | ok   | 61,5    |  |
| 5          | Lufttritt Rack 1 (1,50 m Höhe)                                 | 23. Okt | 12:34                | 13:02 | 21,2 |      | 42,2    |  |
| 6          | "Kaltgang" nahe Rack 1 (mittig , 1,80 m Höhe)                  | 09. Okt | 16:12                | 16:22 | 20,7 | ok   | 56,8    |  |
| 7          | Lufttritt Rack 1 direkt an Rackrücken (0,5 m Höhe über Boden)  | 09. Okt | 16:34                | 16:52 | 27,4 | ok   | 39,8    | D(,5)=8,2                                  |
| 8          | Lufttritt Rack 1 (1,50 m)                                      | 28. Okt | 15:23                | 15:45 | 32,7 |      | 19,5    | D(1,5)=11,5                                |
| 9          | "Warmgang" nahe Rack 1 (1,80 m)                                | 23. Okt | 12:16                | 12:32 | 29,4 |      | 28,3    | D(W/K)=8,7                                 |
| 10         | im Doppelboden nahe Rack 2                                     | 23. Okt | 13:26                | 13:46 | 16,7 |      | 53,6    | Rack 2 mit kleiner Last ( <b>B2R4R19</b> ) |
| 11         | Lufttritt Rack 2 (0,5 m Höhe über Boden)                       | 23. Okt | 14:28                | 14:41 | 21   |      | 42,5    |  |
| 12         | Lufttritt Rack 2 (1,50 m)                                      | 09. Okt | 19:21                | 19:26 | 21,3 | ok   | 54,5    |  |
| 13         | "Kaltgang" nahe Rack 2 (1,80 m)                                | 09. Okt | 19:27                | 19:32 | 22   | ok   | 52,5    |  |
| 14         | Lufttritt Rack 2 direkt an Rackrücken (0,5 m Höhe über Boden)  | 23. Okt | 14:42                | 15:02 | 26,5 |      | 32      | D(,5)=5,5                                  |
| 15         | Lufttritt Rack 2 (1,50 m)                                      | 23. Okt | 15:00                | 15:20 | 27,1 |      | 30,5    | D(1,5)=5,8                                 |
| 16         | "Warmgang" nahe Rack 2 (1,80 m)                                | 09. Okt | 19:45                | 19:50 | 27,1 | ok   | 41      | D(W/K)=5,1                                 |
| 17         | Nähe Fenster nord(ohne direkte Einstrahlung)                   | 10. Okt | 17:30                | 17:40 | 22,8 | ok   | 44,1    |  |
| 18         | Nähe Fenster süd(ohne direkte Einstrahlung)                    | 10. Okt | 17:40                | 17:50 | 23,5 | ok   | 42,8    |  |

**Tabelle 3.3.2.:** Temperaturmessungen der Racks anhand eines Datenloggers

| Messungs- | Ort (genaue Beschreibung)  | Datum   | Zeit (ca. 20 m |       | Temp | Tend | Feuchte | Bemerkungen                                |
|-----------|--|---------|----------------|-------|------|------|---------|--|
|           |  |         | von            | bis   |      |      |         |  |
| <b>B5</b> |  |         |                |       |      |      |         |  |
| 1         | im Doppelboden nahe CRAC 2   | 28. Okt | 11:54          | 12:18 | 15,8 |      | 61,9    |  |
| 2         | Zuluft CRAC (oben)   | 23. Okt | 15:45          | 16:10 | 24,3 |      | 38,1    |  |
| 3         | (Typ und Anzahl CRAC-Units)  |         |                |       |      |      |         | <b>3x RC Group 120 H6</b>                  |
| 4         | im Doppelboden nahe Rack3  | 28. Okt | 12:19          | 12:35 | 18,3 |      | 52,6    | Rack 3 mit hoher Last ( <b>B5R4R04</b> )   |
| 5         | Luft Eintritt (direkt an Rackfront) Rack 3 (0,5 m Höhe über Boden) | 23. Okt | 16:27          | 16:43 | 21,6 |      | 44      |  |
| 6         | Luft Eintritt Rack 3 (1,50 m Höhe)                                 | 23. Okt | 16:44          | 17:00 | 23   |      | 40,6    |  |
| 7         | "Kaltgang" nahe Rack 3 (mittig , 1,80 m Höhe)                      | 10. Okt | 17:10          | 17:20 | 23   | ok   | 44,7    |  |
| 8         | Luftaustritt Rack 3 direkt an Rackrücken (0,5 m Höhe über Boden)   | 10. Okt | 16:13          | 16:33 | 29,2 | ok   | 32,8    | D(,5)=7,6                                  |
| 9         | Luftaustritt Rack 3 (1,50 m)                                       | 28. Okt | 15:03          | 15:20 | 34,9 |      | 20,9    | D(1,5)=11,9                                |
| 10        | "Warmgang" nahe Rack 3 (1,80 m)                                    | 23. Okt | 17:20          | 17:36 | 26,9 |      | 32,3    | D(W/K)=3,9                                 |
| 11        | im Doppelboden nahe Rack 4   | 28. Okt | 11:31          | 11:53 | 16,2 |      | 59,8    | Rack 4 mit kleiner Last ( <b>B1R3R04</b> ) |
| 12        | Luft Eintritt Rack 4 (0,5 m Höhe über Boden)                       | 28. Okt | 12:36          | 12:53 | 22,3 |      | 43,2    |  |
| 13        | Luft Eintritt Rack 4 (1,50 m)                                      | 28. Okt | 12:54          | 13:25 | 24   |      | 39,1    |  |
| 14        | "Kaltgang" nahe Rack 4 (1,80 m)                                    | 28. Okt | 13:27          | 13:46 | 20,5 |      | 46,2    |  |
| 15        | Luftaustritt Rack 4 direkt an Rackrücken (0,5 m Höhe über Boden)   | 28. Okt | 14:13          | 14:35 | 26,9 |      | 32,8    | D(,5)=4,6                                  |
| 16        | Luftaustritt Rack 4 (1,50 m)                                       | 28. Okt | 14:37          | 15:02 | 29,2 |      | 29      | D(1,5)=5,2                                 |
| 17        | "Warmgang" nahe Rack 4 (1,80 m)                                    | 28. Okt | 13:47          | 14:12 | 26,9 |      | 33,4    | D(W/K)=6,4                                 |
| 18        | Nähe Fenster 1(ohne direkte Einstrahlung)                          | 10. Okt | 17:53          | 18:00 | 22,1 |      | 45,8    |  |

**Tabelle 3.3.3.:** Temperaturmessungen der Racks anhand eines Datenloggers

### **Auswertung der Temperaturmessungen bezogen auf die einflussreichen Parameter beim Klimatisierung (Kapitel 2.3)**

Hierbei wurden die sechs stichprobenartigen Temperaturmessungen so durchgeführt, dass man auf jeder Etage des untersuchten Rechenzentrums, zwei Racks, ein Rack mit überdurchschnittlich hoher Wärmelast und ein Rack mit unterdurchschnittlich kleiner Wärmelast gemessen hat.

Folgend sind die schematischen Abbildungen von Racks und deren entsprechenden gemessenen Temperaturen, die zu den unterschiedlichen Höhen zugeordnet wurden.



### **Allgemeingültig für alle untersuchten Racks**

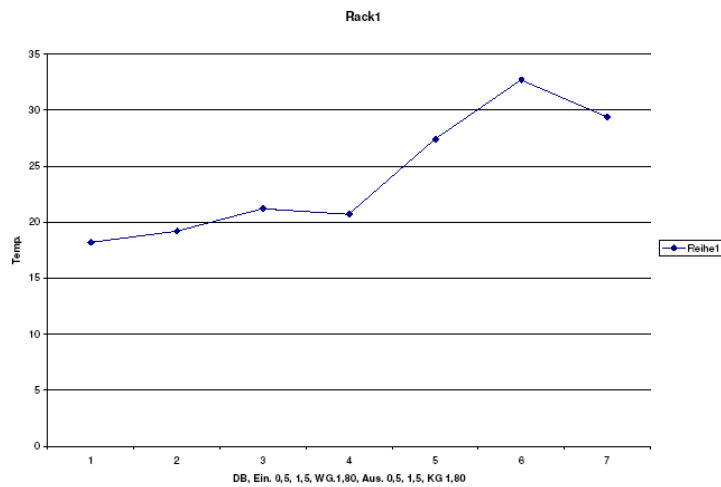
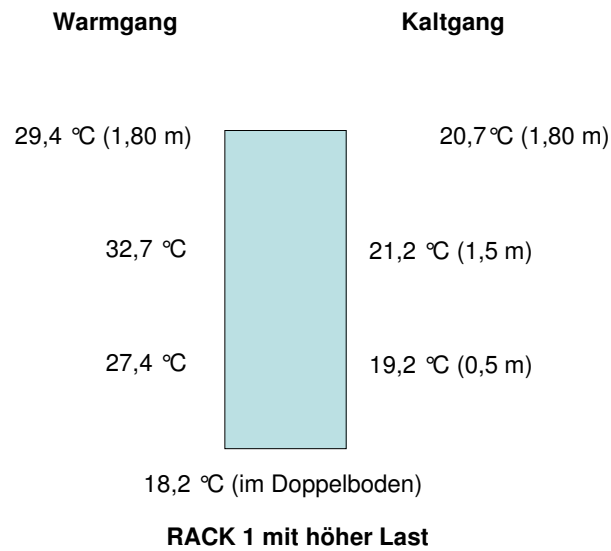
Wie schon beim Thema „Temperaturmessungen der Racks anhand eines Datenloggers“ auf der Seite 32 erwähnt wurde, kann man die Temperaturänderungen in unterschiedlichen Höhen folgend interpretieren:

1,80 m aufwärts (Delta T @ 1,8 m) : Der Bypassseffekt durch nicht vorhandene Trennwand

Um die 1,50 m (Delta T @ 1,5 m) : Überhitzten vertikalen Hotspot

Um die 0,5 m (Delta T @ 0,5 m): Bypassseffekt durch Lücken innerhalb des Racks

## 1) Rack 1



**Abbildung 3.11.:** Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf des Rack 1

Bei den Messungen des Rack 1 entsprechen die obigen Werten folgend:

Delta T @ 0,5 m= 8,2°C

Delta T @ 1,5 m= 11,5°C

Delta T @ 1,8 m= 8,7°C

Daraus lassen sich die Kriterien der „Einflussreichen Parametern beim Klimatisierung“ beim Rack 1 Folgend interpretieren:

### **1. Position des Racks in Bezug auf die Wärmelastabfuhr**

Dieser Rack mit höherer Last befindet sich fast am weitesten von den Klimaschränken entfernt. Dies hat zu einer höheren Eintrittstemperatur im Doppelboden unter diesem Rack geführt (18,2°C), wobei die Eintrittstemperatur an einem Rack mit kleinerer Last (z. B. Rack 4) gleich 16,2°C ist.

### **2. Bypassdurchströmung zwischen Kalt- und Warmgang**

Der RACK 1 verfügt über keine so großen Lücken zwischen Warm-/ und Kaltgang bei unterschiedlicher Höhe, die zu einem Kurzschluss führen können. Dies kann man daraus schließen, da sich die Delta T @ 0,5 m= 8,2°C und Delta T @ 1,8 m= 8,7°C nicht stark differenzieren.

### **3. Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang,**

Entscheidend für die Luftdurchmischung zwischen Warm-/ und Kaltgang bei fehlender Trennwand sind die Messungen in der Höhe von 1,8 Metern im Vergleich zu den Ergebnissen der darunter liegenden Höhe bei 1,5 Metern. Ist die Differenz beider Werte hinreichend gross . Der fehlende Einbau einer Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang führt zu einer höheren Temperaturdivergenz zwischen Warm- und Kaltgang. Vorgenommene Messungen ergaben eine Divergenz von 8,7°C. Diese Temperaturänderung unterscheidet sich nicht stark von der gemessenen Temperatur in Höhe von 0,5 m:

T @ 0,5 m= 8,2°C und Delta T @ 1,8 m= 8,7°C

### **4. Blenden**

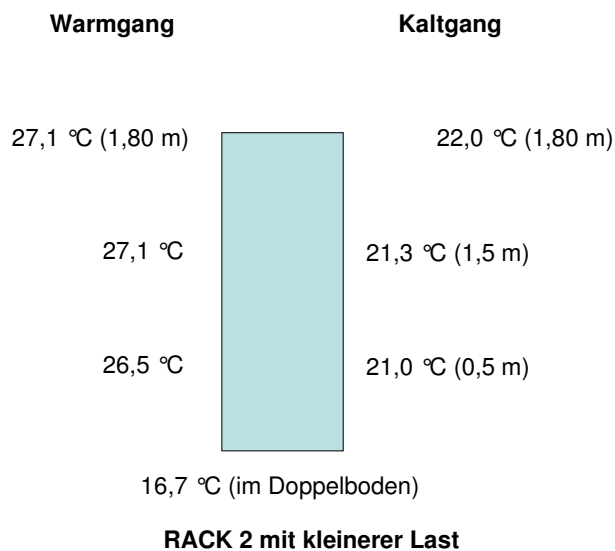
Bei dem untersuchten Rack 1, hat sich keine deutliche Abweichung von der durchschnittlichen Temperaturänderung ausgezeichnet. In diesem Fall wurde sogar beobachtet, dass dieser Rack gleichmäßig von Einschüben belegt wurde. Die Ähnlichen Delta T @ 0,5 m= 8,2°C und Delta T @ 1,8 m= 8,7°C beweisen diesen Fakt durch die Messergebnisse.

## 5. Aufteilung von Einschüben

Rack 1 mit höherer Last zeigt eine Temperaturanhebung bis zu 32,7°C. Hierbei sind die Temperaturänderungen in den Höhen von 0,5 m und 1,8m gleich 8,2°C und 8,7°C, wobei diese in der Höhe von 1,5 m 11,5°C beträgt. Diese Abweichung um etwa 3°C von der durchschnittlichen Temperaturänderung spricht für eine ungleichmäßige Verteilung der Einschübe.

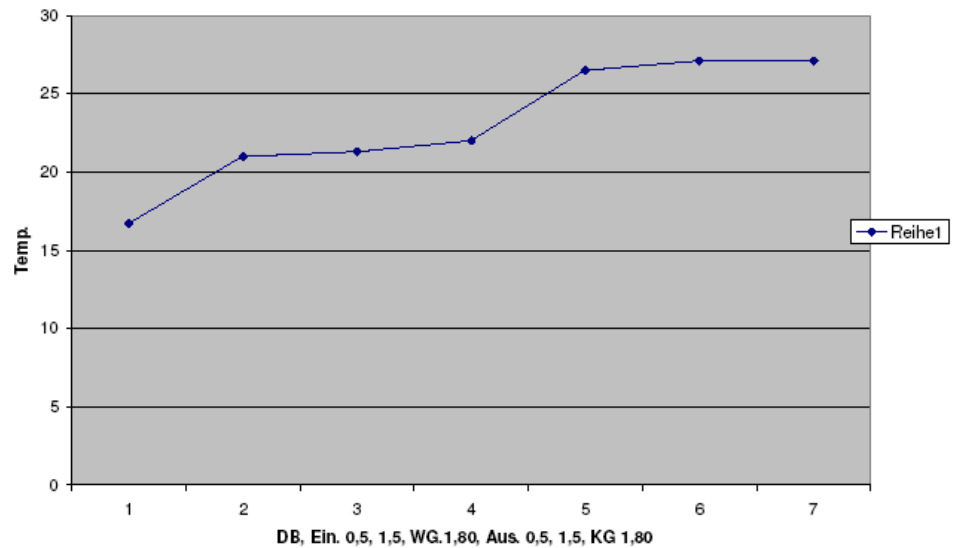
Die Ergebnisse meiner Messung verleiten mich zur der Annahme, dass es eine höhere Dichte an den Einschüben in dem Bereich um 1,5 Metern gibt, im Vergleich zu der Dichte an den Einschüben in den anderen Racks.

### 2) Rack 2



DB, Ein.  
0,5, 1,5,  
WG.1,80,

Rack2



**Abbildung 3.12.:** Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf des Rack2

Bei den Messungen des Rack 2 entsprechen die obigen Werten folgend:

Delta T @ 0,5 m= 5,5°C

Delta T @ 1,5 m= 5,8°C

Delta T @ 1,8 m= 5,1°C

Daraus lassen sich die Kriterien der „Einflussreichen Parametern beim Klimatisierung“ beim Rack 2 folgend interpretieren:

### 1. Position des Racks in Bezug auf die Wärmelastabfuhr

Dieses Rack mit kleinerer Last befindet sich nahe genug von den Klimaschränken. Dies hat zu einer optimalen Eintrittstemperatur im Doppelboden unter diesem Rack geführt (16,7°C).

## **2. Bypassdurchströmung zwischen Kalt- und Warmgang**

RACK 2 verfügt über keine deutlichen Lücken zwischen Warm-/ und Kaltgang bei unterschiedlicher Höhe, die zu einer Bypassdurchströmung führen können. Dies kann man schließen, weil die

Delta T @ 0,5 m= 5,5°C

Delta T @ 1,5 m= 5,8°C

Delta T @ 1,8 m= 5,1°C

Werte nahe beieinander liegen.

## **3. Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang,**

Durchgeführte Messungen ergaben hierbei eine Differenz von 8,7°C. Diese Temperaturänderung unterscheidet sich nicht stark von der gemessenen Temperatur in Höhe von 0,5 m:

T @ 0,5 m= 5,5°C und Delta T @ 1,8 m= 5,1°C

## **4. Blenden**

Den untersuchten Rack 2, hat sich durch deutlich gleichmäßige Temperaturänderung ausgezeichnet. In diesem Fall wurde auch beobachtet, dass dieser Rack gleichmäßig von Einschüben belegt wurde. Die Ähnlichen Temperaturänderungen

Delta T @ 0,5 m= 5,5°C

Delta T @ 1,5 m= 5,8°C

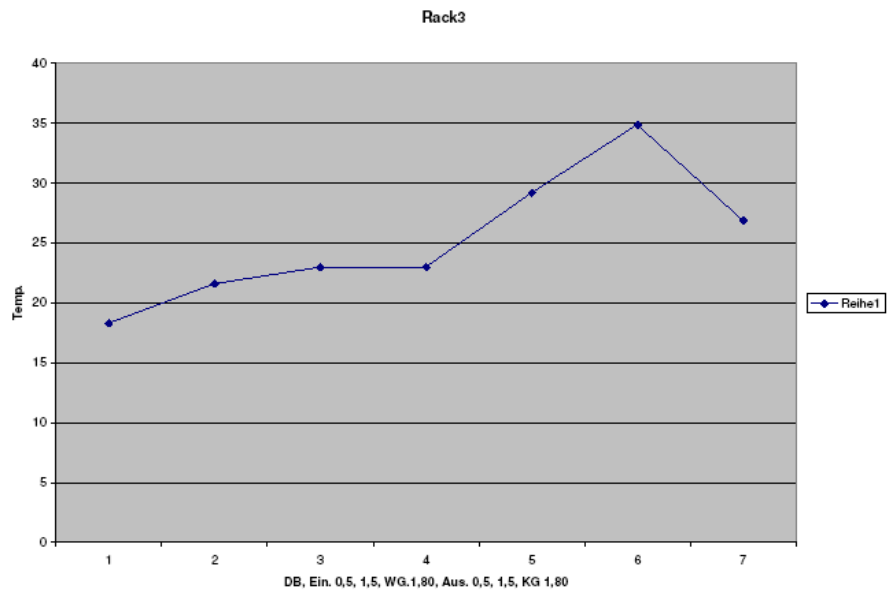
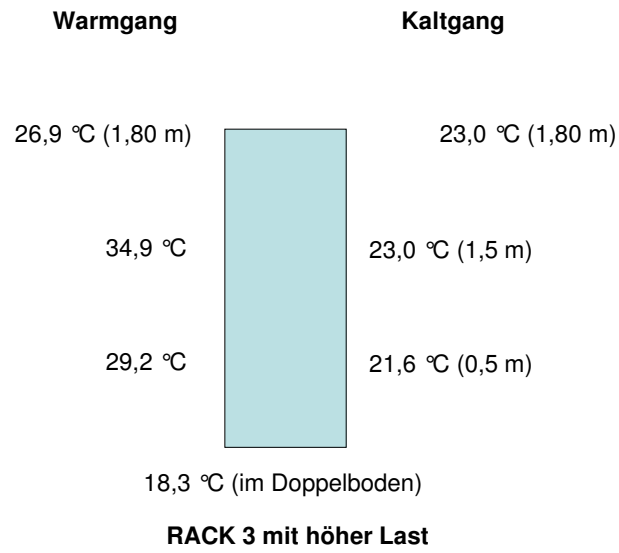
Delta T @ 1,8 m= 5,1°C

beweisen diesen Fakt auch durch die Messergebnisse.

## **5. Aufteilung von Einschüben**

Rack 2 mit kleinerer Last zeigt eine Temperaturerhöhung bis zu 27,1°C. Hierbei sind die Temperaturänderungen fast in allen Höhen gleichmäßig verteilt. Die Temperaturabweichung von etwa 0,7°C in den unterschiedlichen Höhen spricht hier für eine sehr gute Verteilung der Einschübe.

### 3) Rack 3



**Abbildung 3.13.:** Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf des Rack3

Bei den Messungen des Rack 3 entsprechen die obigen Werten folgend:

Delta T @ 0,5 m= 7,6°C

Delta T @ 1,5 m= 11,9°C

Delta T @ 1,8 m= 3,9°C

Daraus lassen sich die Kriterien der „Einflussreichen Parametern beim Klimatisierung“ beim Rack 3 folgend interpretieren:

**1. Position des Racks in Bezug auf die Wärmelastabfuhr**

Dieses Rack mit höherer Last befindet sich fast am weitesten von den Klimaschränken entfernt. Dies hat zu einer höheren Eintrittstemperatur im Doppelboden unter diesem Rack geführt (18,3°C), wobei die Eintrittstemperatur an einem Rack mit kleinerer Last (z. B. Rack 4) gleich 16,2°C ist.

**2. Bypassdurchströmung zwischen Kalt- und Warmgang**

Der RACK 3 verfügt über bedeutend großen Lücken zwischen Warm-/ und Kaltgang bei unterschiedlicher Höhe, die zu einem starken Kurzschluss geführt haben. Dies zeigt sich, weil die

Delta T @ 0,5 m= 7,6°C

Delta T @ 1,5 m= 11,9°C

Delta T @ 1,8 m= 3,9°C

bemerkbar von einander abweichen. Daraus lässt sich schließen, dass sich eine sehr hohe Dichte an den Einschüben um die Höhe 1,5 m und denen wesentlich kleinere Dichte um die Höhe 0,5 m befinden.

**3. Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang,**

Die Messungen ergaben eine Differenz von

Delta T @ 1,8 m= 3,9°C

Diese Temperaturänderung unterscheidet sich stark von der gemessenen Temperatur in den Höhen von 0,5 m und 1,5 m.



#### 4. Blenden

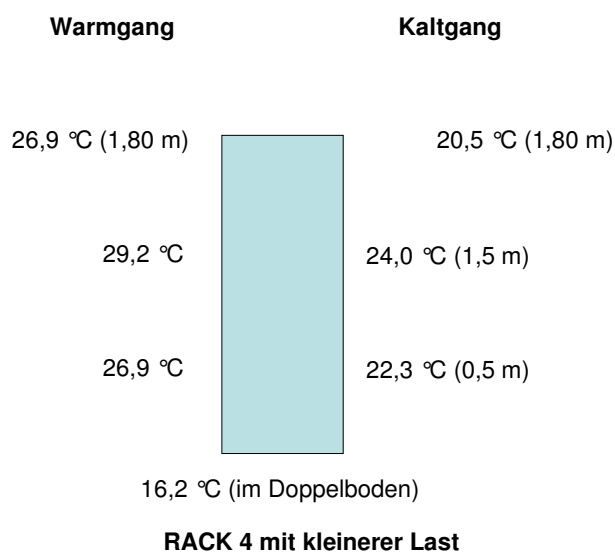
Bei dem untersuchten Rack 3, ergaben sich deutliche Abweichung in den Delta T Änderungen. In diesem Rack wurde durch Beobachtung klar, dass dieses Rack sehr ungleichmäßig von Einschüben belegt wurde. Die sehr unterschiedlichen Temperaturänderungen bestätigen diese Tatsache.

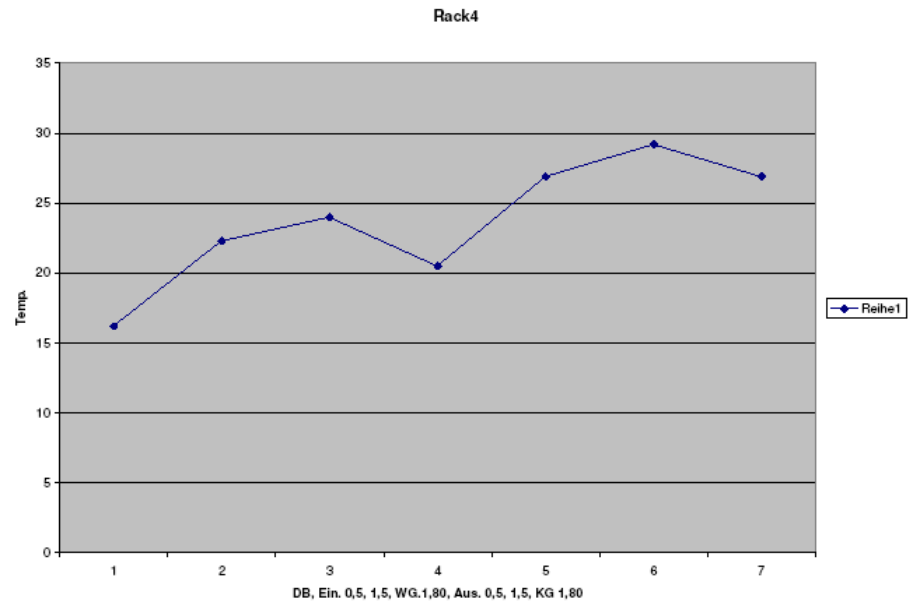
#### 5. Aufteilung von Einschüben

Rack 3 mit höherer Last zeigt eine Temperaturanhebung bis zu einem gefährlich hohen Wert von 34,9°C um die Höhe 1,5 m. Hierbei sind die Temperaturänderungen in den Höhen von 0,5 m und 1,8m jeweils 7,6°C und 3,9°C, wobei diese in der Höhe von 1,5 m 11,9°C beträgt. Diese gegenseitige Temperaturabweichung um etwa 8°C in verschiedenen Höhen, spricht für eine sehr ungleichmäßige Verteilung der Einschübe.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass es eine höhere Dichte an den Einschüben in dem Bereich um 1,5 Metern gibt, im Vergleich zu der Dichte an den Einschüben in den anderen Höhen des selben Racks, aber auch im Vergleich zu der selben Höhe an anderen Racks.

#### 4) Rack 4





**Abbildung 3.14.:** Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf des Rack 4

Bei den Messungen des Rack 4 entsprechen die obigen Werten folgend:

Delta T @ 0,5 m= 4,6°C

Delta T @ 1,5 m= 5,2°C

Delta T @ 1,8 m= 6,4°C

Daraus lassen sich die Kriterien der „Einflussreichen Parametern beim Klimatisierung“ beim Rack 4 folgend interpretieren:

### 1. Position des Racks in Bezug auf die Wärmelastabfuhr

Dieser Rack mit kleinerer Last befindet sich nahe genug von den Klimaschränken. Dies hat zu einer günstigen Eintrittstemperatur im Doppelboden unter diesem Rack geführt (16,2°C).

## **2. Bypassdurchströmung zwischen Kalt- und Warmgang**

RACK 4 verfügt über keinen deutlichen Temperaturänderungen, die voneinander stark abweichen. Die folgenden Werte liegen nahe zueinander:

Delta T @ 0,5 m= 4,6°C

Delta T @ 1,5 m= 5,2°C

Delta T @ 1,8 m= 6,4°C

Andererseits Die ausgelesene Temperatur von 20,5°C in Höhe von 1,8 m im Kaltgang, scheint entweder von dem benachbarten Rack beeinflusst zu sein, da dieser unterhalb der Temperatur in Höhe von 1,5 m sprich 24°C liegt. Man kann auch davon ausgehen, dass eine Bypassluft um die Höhe 1,8 m entstanden ist.

## **3. Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang**

Die Messungen ergaben eine Differenz von 6,4°C. Diese Temperaturänderung unterscheidet sich nicht stark von der gemessenen Temperatur in Höhe von 0,5 m und 1,5 m.

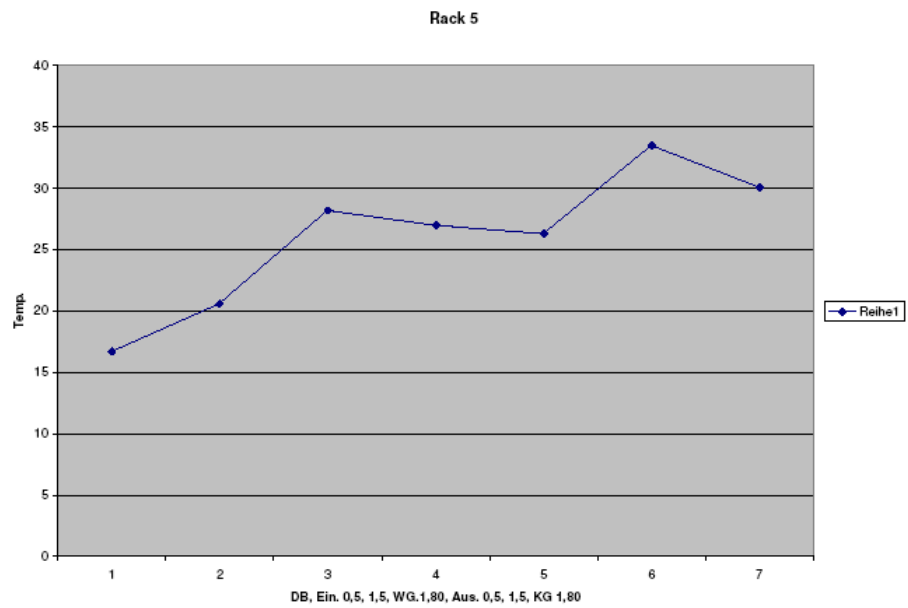
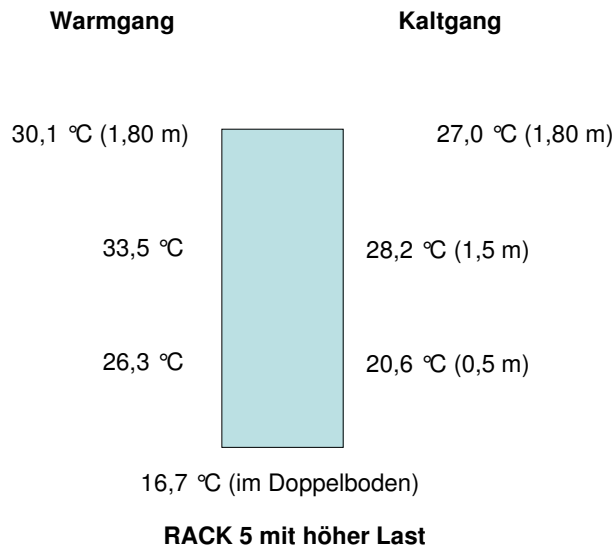
## **4. Blenden**

Bei den untersuchten Rack 4, hat sich eine gleichmäßige Temperaturänderung gezeigt. Die ausgelesene Temperatur von 20,5°C in Höhe von 1,8 m im Kaltgang, sollte aber durch eine Bypassluft in Höhe 1,8 zustande gekommen sei.

## **5. Aufteilung von Einschüben**

Rack 4 mit kleinerer Last zeigt eine Temperaturanhebung bis zu 29,2°C. Hierbei sind die Temperaturänderungen fast in allen Höhen gleichmäßig. Die Ausnahme liegt nur bei der Temperatur in Höhe 1,80 am Rack-Eintritt. Da dieser Wert aber unterhalb der durchschnittlichen und der erlaubten Temperatur liegt, wird gar nicht als kritisch gesehen.

## 5) Rack 5



**Abbildung 3.15.:** Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf des Rack5

Bei den Messungen des Rack 5 entsprechen die obigen Werten folgend:

Delta T @ 0,5 m= 5,7°C

Delta T @ 1,5 m= 5,3°C

Delta T @ 1,8 m= 3,1°C

Daraus lassen sich die Kriterien der „Einflussreichen Parametern beim Klimatisierung“ beim Rack 5 Folgend interpretieren:

### **1. Position des Racks in Bezug auf die Wärmelastabfuhr**

Dieser Rack mit kleinerer Last befindet sich nahe genug von den Klimaschränken. Dies hat zu einer günstigen Eintrittstemperatur im Doppelboden unter diesem Rack geführt (16,7°C).

### **2. Bypassdurchströmung zwischen Kalt- und Warmgang**

Der RACK 5 verfügt über keine so großen Lücken zwischen Warm-/ und Kaltgang bei unterschiedlicher Höhe, die zu einem Kurzschluss führen können. Dies kann man schließen, weil sich die Delta T @ 0,5 m= 5,7°C und Delta T @ 1,5 m= 5,3°C nicht stark differenzieren.

### **3. Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang**

Vorgenommene Messungen ergaben eine Differenz von 3.1°C. Diese Temperaturänderung bestätigt, dass das Fehlen der Einbau einer Trennwand, einer Durchmischung der Luft oberhalb des Racks verursacht hat.

### **4. Blenden**

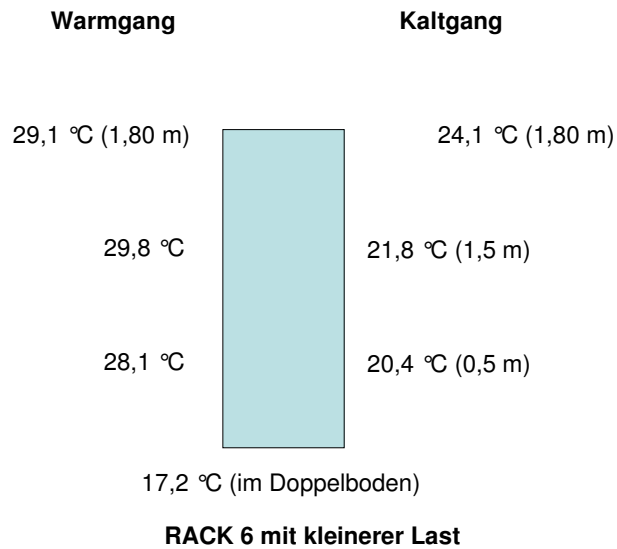
Bei dem untersuchten Rack 5, hat sich keine deutliche Abweichung von der durchschnittlichen Temperaturänderung um die Höhe 0,5 m ausgezeichnet. In diesem Fall. Die Ähnlichen Delta T @ 0,5 m= 5,7°C und Delta T @ 1,5 m= 5,3°C

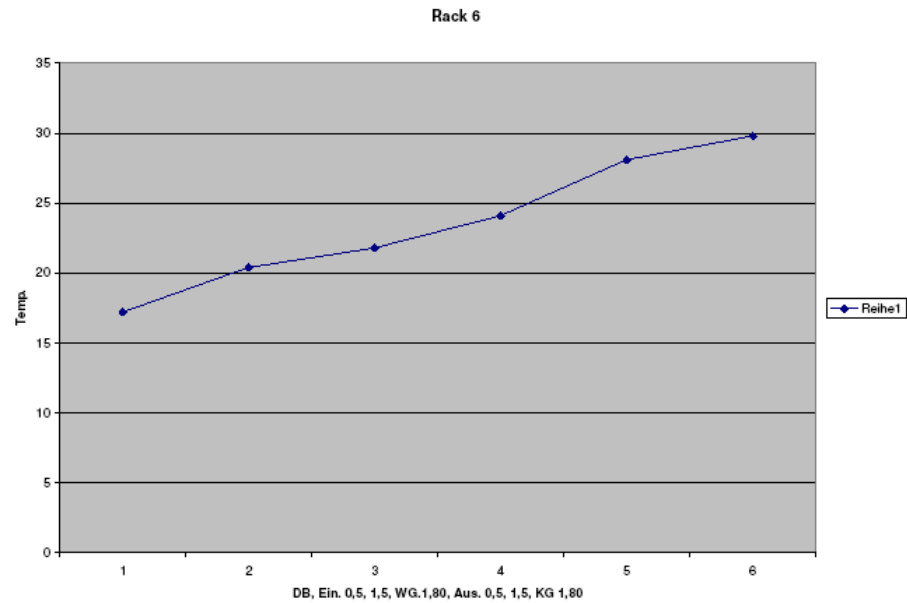
beweisen diesen Fakt durch die Messergebnisse.

## 5. Aufteilung von Einschüben

Rack 5 mit höherer Last hat eine Temperaturanhebung bis zu 33,5°C. Die sprunghafte Temperaturänderung von 20,6°C in Höhe 0,5 auf 28,2°C in Höhe 1,5 m spricht für eine ungleichmäßige Verteilung der Einschübe, die zu der unerlaubten Temperatur von 33,5° geführt hat.

## 6) Rack 6





**Abbildung 3.16.:** Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf des Rack 6

Bei den Messungen des Rack 6 entsprechen die obigen Werten folgend:

Delta T @ 0,5 m= 7,7°C

Delta T @ 1,5 m= 8,0°C

Delta T @ 1,8 m= 5,0°C

Daraus lassen sich die Kriterien der „Einflussreichen Parametern beim Klimatisierung“ beim Rack 6 folgend interpretieren:

### 1. Position des Racks in Bezug auf die Wärmelastabfuhr

Dieser Rack mit kleinerer Last befindet sich nahe genug von den Klimaschränken. Dies hat zu einer akzeptablen Eintrittstemperatur im Doppelboden unter diesem Rack geführt (17,2°C).

## **2. Bypassdurchströmung zwischen Kalt- und Warmgang**

Der RACK 6 verfügt über keine deutlichen Lücken zwischen Warm-/ und Kaltgang bei unterschiedlicher Höhe, die zu einer Bypassdurchströmung führen können. Dies kann man schließen, weil sich die

Delta T @ 0,5 m = 7,7°C

Delta T @ 1,5 m = 8,0°C

von Werten her sehr nahe liegen.

## **3. Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang**

Entscheidend für den Bypasseffekt bei fehlender Trennwand sind die Messungen in der Höhe von 1,8 Metern. Der fehlende Einbau einer Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang führt zu einer höheren Temperaturdivergenz zwischen Warm- und Kaltgang. Die Messungen ergaben eine Differenz von 5,0°C. Diese Temperaturänderung unterscheidet sich nicht stark von der gemessenen Temperatur in den Höhen von 0,5 m und 1,5 m.

## **4. Blenden**

Den untersuchten Rack 6, hat sich durch gleichmäßige Temperaturänderung gezeichnet. In diesem Fall wurde auch beobachtet, dass dieser Rack gleichmäßig von Einschüben belegt wurde. Die Ähnlichen Temperaturänderungen bei

Delta T @ 0,5 m = 7,7°C

Delta T @ 1,5 m = 8,0°C

beweisen diesen Fakt auch durch die Messergebnisse.

## **5. Aufteilung von Einschüben**

Rack 6 mit kleinerer Last zeigt eine Temperaturerhöhung bis zu 29,8°C. Hierbei sind die Temperaturänderungen fast in allen Höhen gleichmäßig verteilt. Die Temperaturabweichung von etwa 1,1°C in den unterschiedlichen Höhen spricht hier für eine gute Verteilung der Einschübe.



## **Priorität der Aufbauoptimierung der Racks auf der Rechenfläche und innerhalb des Racks**

Aus den gesamten Temperatúrauswertungen schließt man, dass eine gute Einschübeverteilung innerhalb des Racks Priorität hat. Da in der Housing-Kategorie der Betreiber keinen Eingriff zu den Inhalten des Racks hat und die Verteilung der Einschüben nicht ändern darf, wird diese nicht immer optimal sein. In diesem Fall hilft eine Senkung der Eintrittstemperatur unter dem Rack zur Optimierung und Verbesserung des Effizienzgrades.

## **Zusammenfassung der Auswertungen**

Beobachtungen im untersuchten Rechenzentrum haben gezeigt, dass in Höhe von 0,5 m am wenigsten Einschübe und bei 1,8 Meter weniger Einschübe installiert sind. Da deswegen Lücken entstehen, strömt die warme Luft durch und mischt sich mit der kalten Luft. Das führt zu einem schlechteren Effizienzgrad von Klimaanlage.

Der Grund, warum man dies nicht in der Höhe von 1,5 m unter dem Effekt der Bypassluftdurchströmung kategorisiert, ist die hohe Dichte an Einschüben in dieser Höhe, die die Wahrscheinlichkeit eines Bypass-Effektes sowohl durch die „Temperaturwand“ als auch durch die physikalische Dichte an Einschüben, die eine Luftdurchströmung blocken, vermindert. In der Höhe von 1,80 Metern spielt der Bypasseffekt durch den Rack nicht so eine große Rolle, wie die Luftdurchmischung, die zwischen den Kalt- und Warmgang oberhalb des Racks entsteht. Diese Durchmischung ist die Folge von einer nicht eingebauten Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang. Noch klarer kann man das so erklären, dass die warme Luft sich in Höhe von 1,80 m natürlicherweise nach oben bewegt und sich dadurch nicht mit der Luft in Höhe von weniger als 1,50 durchmischt. Eine nicht effiziente Nutzung der Racks lässt sich an Hand unterschiedlicher vertikaler Delta T Werte (horizontale Temperaturänderung in Höhe von 0,5; 1,5; 1,8 Metern).

## **4. Effizienzmaßnahmen**

### **4.1. Klimatechnische Maßnahmen:**

#### **4.1. 1. Optimierung der Luftverteilung [4]**

*Senkung der Bypassluftdurchströmung ist notwendig, um Hotspots im Computerraum zu vermeiden.*

Etwa 60% der versorgten Kaltluft im Computerraum wird durch Bypassluftdurchströmung zu den Kühlgeräten (CRACs) im Rechenraum zurückgeführt.

Das heißt, nur 40% der vorhandenen Kaltluft wird direkt genutzt, um Computerequipment zu kühlen. Die restlichen 60% der Kaltluft werden mit der Abfuhrluft durchmischt und von der Kälteleistung abgezogen.

Diese, nicht auf den ingenieurwissenschaftlichen Prinzipien entworfene Durchmischung von Raumluft, führt zu indirekter und unregelmäßiger Kühlung. Besonders bei den Einschüben, die im oberen Bereich der RACKs installiert sind.

Bypassdurchmischung tritt besonders bei den nicht geblendeten Kabelöffnungen und falsch gelegten, gelöcherten Doppelbodenteilen auf. In einer Studie der "Site Infrastructure" wurde bewiesen, dass in einem Rechenraum mit der Flächengröße von 930 m<sup>2</sup>, die Bypassdurchlüftung über 2300 m<sup>3</sup>/min beträgt, wobei der Anteil von 900 m<sup>3</sup>/min nur durch die falsch gelegten gelöcherten Doppelbodenteile und 2300 m<sup>3</sup>/min durch nicht geblendeten Kabelöffnungen zu Stande gekommen sind. Die Menge von 2300 m<sup>3</sup>/min ist äquivalent zu neun typische CRAC-Units.

Um den Verlust von Kaltluft zu vermeiden, sollte man einfach die falschgelegten gelöcherten Doppelbodenteile neu positionieren und die nicht geblendeten Kabelöffnungen blinden.

In einem betriebenden Rechenzentrum, darf ein Modernisierungsplan nur nach ausführlicher Analyse des aktuellen Kühlungssystems stattfinden. Ein zu schnelles Blenden von zu vielen Kabelöffnungen in der falschen Anordnung kann zu einer ungewollten reduzierten Kaltluftdurchfuhr im Rechenraum und daraus folgend zu einer überhitzten Raumtemperatur führen.

In einer Studie der "Site Infrastructure"[1] wurde die Bypassdurlüftung von 43% auf weniger als 10% reduziert. Die höchste Rack-Temperatur ist in Folge dessen von 30°C auf 21°C gesunken. Weitaus wichtiger ist jedoch, dass die entsprechende Luftfeuchtigkeit von gefährlichen 20% auf 40% gestiegen ist. Diese 40% entsprechen dem minimal empfohlenen Feuchtigkeitsgrad im Rechenraum.

In einer zweiten Studie wurden die bedeutenden Hotspots beseitigt, obwohl 11 von 24 CRAC-Units ausgeschaltet worden sind. Der gesamte Energieverbrauch konnte um 25% gesenkt werden.

Durch die Modernisierung konnten Kosten für ein typisches Rechenzentrum mit einer Flächengröße von 900 m<sup>3</sup> zwischen 85000\$ und 110000\$ im Jahr eingespart werden (dies hängt natürlich vom Stromtarif per kWh ab). Zugleich konnte die Verfügbarkeit und Sicherheit des Rechenraums erhöht werden.

Diese Studie zeigt, dass eine computerunterstützte Strömungssimulation (CFD) nur dann sinnvoll ist, wenn nach der Senkung der Bypassluftdurchströmung auf etwa 10%, die entsprechenden Messaufnahmen der Luftströmung und der sensiblen Kühlung von CRAC-Units durchgeführt werden.

Vor Verifizierung der Ergebnisse der Strömungssimulation, sollten die aktuellen Messungen der Luftströmung und der Temperatur gründlich und systematisch mit den Simulationsergebnissen verglichen werden. Die Unterschiede müssen so klein wie möglich sein, bevor man eine ingenieurwissenschaftliche oder unternehmerische Entscheidung trifft, die sich auf die Simulationsergebnisse bezieht.

Die auf diese Studie bezogenen Leitlinien für Warm- und Kaltgang im Rechenraum erlauben einem Betreiber, eine berechenbare Luftverteilung zu realisieren. Diese Leitlinien sind für eine Wärmelast von 4 kW pro Rack plausibel.

Anhand der Implementierung von den in diesem Kapitel beschriebenen Richtlinien könnte die durchschnittliche Rechenraumtemperatur durch Senkung der lokalen Wärmelasten, deutlich reduziert werden.

Bei der Planung von Rechenzentren, tendieren die meisten Ingenieure dazu, mit einer größeren Kühllast zu rechnen und dementsprechend die Anlagen zu wählen. Diese Studie beweist u.a. durch die Simulationsergebnisse, dass eine zu hohe Kühlleistung die warmen Rechenräume nicht kühlt sondern noch weiter erhitzt. Dies führt zusätzlich zu deutlich höheren Kosten und zu einer höheren Einschätzung des Sicherheitsfaktor.

### **Hotspots variieren in zwei Arten [5]**

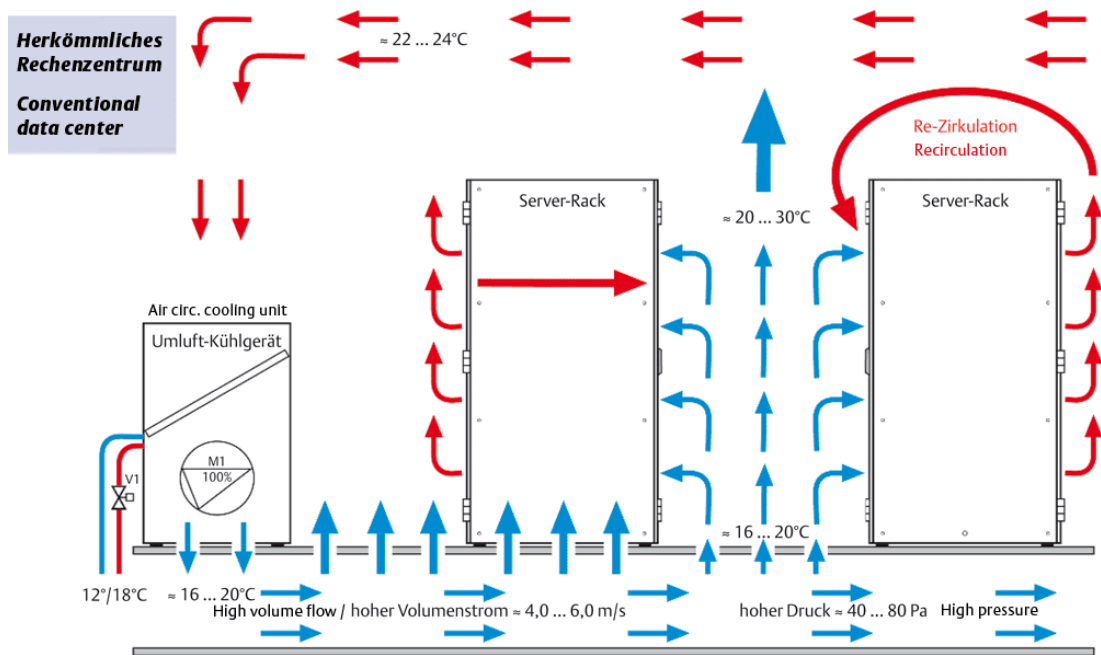
Hotspots lassen sich in zwei Kategorien definieren, lokal und vertikal.

Lokale Hotspots kommen zustande, wenn die Temperatur in allen Lufteintrittshöhen des Racks oder des Schranks zu warm ist. Vertikale Hotspots sind die Folge einer zu großen Fläche des Doppelbodens. Vertikale Hotspots sind meistens diskret und könnten sich auf ein einzelnes Rack beschränken. Entdeckung und Identifizierung solcher vertikaler Hotspots fordert Raumtemperaturmessungen entlang der Lufteintritte der Racks. Eine abrupte Temperaturänderung (3°C bis 8°C) innerhalb eines kurzen vertikalen Abstands (15 Zentimeter) verrät einen vertikalen Hotspot.

Je niedriger die Höhe dieser Temperaturänderung ist, desto bedenklicher ist das Problem des Hotspots.

Vertikale Hotspots sind u.a. die Folge von Innenventilatoren des Rechnerequipments, die sich auf dem Boden des Racks befinden und die vorhandene Kaltluft, die durch die benachbarten gelöcherten Doppelbodenteile versorgt werden, aufbrauchen.

So bleibt dem restlichen Rack nur die Wärmeübertragung über den Warmgang oder Luftabfuhr des anliegenden Computers.



**Abbildung 4.1.:** Durchmischung der Luftströmung zwischen Warm- und Kaltgang in einem üblichen Rechenzentrum (Knürr AG)

Die folgenden wichtigen Erkenntnisse lassen sich aus Abbildung 4.1. schließen:

- Die Randbedingungen werden am Lufteintritt des Equipments ermittelt. Die Ausgangstemperatur der Luftabfuhr der Hardware, die ermittelten Luftmessungen in Höhe von 1,50 m und die Rückluft am CRAC, sind von geringerer Bedeutung. Was wirklich beim Sicherheitskonzept, Leistung und Gewährleistung des Systems zählt, sind die Randbedingungen am Lufteintritt der Anlage.
- Wenn die Anlage unter einer Betriebstemperatur von 32°C oder bei einer relativen Luftfeuchtigkeit von 35% bis 80% läuft, kann dies zu Betriebsunsicherheiten oder zu einer Verfehlung der gewollten Leistung führen.
- Um maximale Leistung und Zuverlässigkeit zu erreichen, empfehlen Computerhersteller eine maximale Betriebstemperatur von kleiner als 25°C und eine Temperaturänderung, die nicht größer als 5°C pro Stunde beträgt.
- Um eine maximale Sicherheit und Leistung zu gewährleisten, sollte die relative Luftfeuchtigkeit einen Wert von über 40% erreichen, während die Änderungsrate

nicht über 5% pro Stunde sein darf. Die Gefahr einer spontanen elektrostatischen Entladung nimmt bei einem Rh-Wert (relative humidity) von 30% und weniger zu.

- Der Betreiber des Rechenzentrums hat keinen Einfluss auf die Eintrittsluft eines Racks, das sich 15 m entfernt vom Klimaschrank befindet. Die Rücklufttemperatur und relative Luftfeuchtigkeit, die am Klimaschrank ablesbar sind, sind die kontrollierbaren Parameter.

- Die Divergenz zwischen der vom Betreiber des Rechenzentrums erforderten Eintrittsluft und der vom "user" der Klimaanlage tatsächlich einstellbaren Eintrittsluft ist eine große technische Herausforderung.

- Die vom "Uptime Institute" empfohlenen optimalen Rückluftbedingungen am Klimaschrank sollten eine Temperatur von 22°C und eine relative Feuchtigkeit von 45% besitzen.

**Der entscheidende Punkt ist, dass vertikale Hotspots mehr von der Bypassluftdurchströmung abhängen, als von der exzessiven Warmlastdichte oder von der inadäquaten Kühlleistung.**

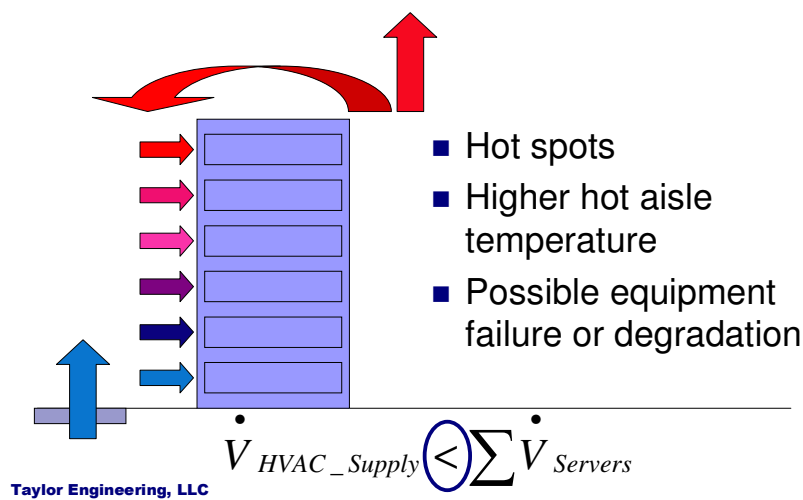
**Eine variable Luftströmung über die Einschübe, die sich im vertikalen Hotspot befinden**

Es bestehen zwei Möglichkeiten zur Luftverteilung im Rechenraum:

**a) Luftströmung mit konstantem Volumensystem**

Anhand dieses Systems, wird eine gleichmäßige Luftströmung über Zeit und Ort im Rechenraum erfüllt. Dabei besteht die Einschränkung, dass man Temperatursenkung und Effizienzsteigerungen nicht gleichermaßen optimieren kann. Das heißt, wenn man die Entstehung der Hotspots in einem volumenkonstanten System vermeiden möchte, sollte man mit höheren Luftgeschwindigkeiten, einer höheren Ventilatorenleistung und einem reduzierten Effekt der Sparanlage rechnen.

## Airflow with constant volume systems



## Airflow with constant volume systems

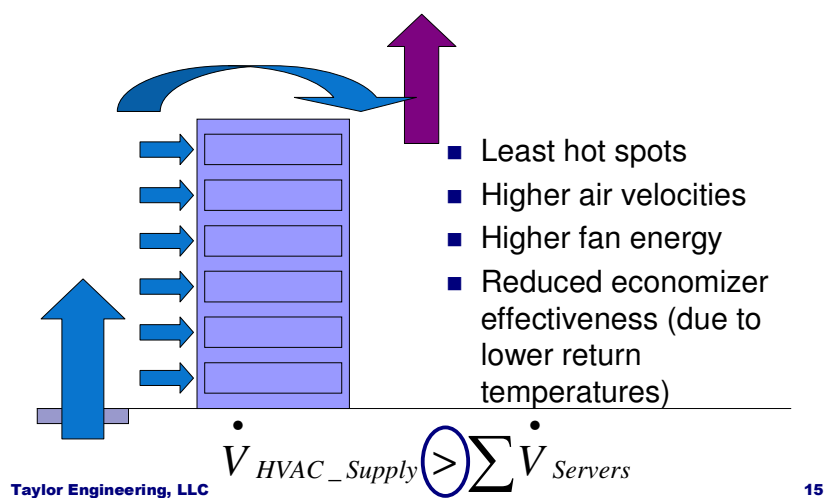


Abbildung 4.2.: Luftdurchströmung mit konstantem Volumensystem

### b) Luftströmung mit variablem Volumensystem

Als erster Schritt zur Erlangung einer optimalen Luftverteilung müssen die permanenten oder temporären vertikalen Hotspots lokal identifiziert werden. Um dieses zu erreichen, sollte man eine umfassende Temperaturmessung über Zeit und

Ort durchführen. Ein so genanntes “Monitoring” gehört heutzutage zu den unverzichtbaren Abläufen eines effizienten Rechenzentrums.

Nach der Identifizierung solcher Hotspots innerhalb des Racks, bietet sich die Möglichkeit, diese bestimmten Einschübe anhand eines zweiten Ventilators, “individuell” und variabel zu lüften.

Eine effiziente Luftverteilung lässt sich in den folgenden Schritten beschreiben:

- Anordnung der Racks in der richtigen Position um Warm- und Kaltgänge im Rechenraum zu trennen
- Anpassung oder Erhöhung der Einschüben- bzw. Serverluftströmung, die durch den Warm- und Kaltgang fließt
  - Erstellung der **Temperaturmessberichte** der IT
  - Planung für den “schlimmsten Fall”
- Installation eines Ventilators mit variabler Geschwindigkeit oder Einrichtung von zwei Ventilatoren mit konstanter Geschwindigkeit.

## Airflow with **variable** volume systems

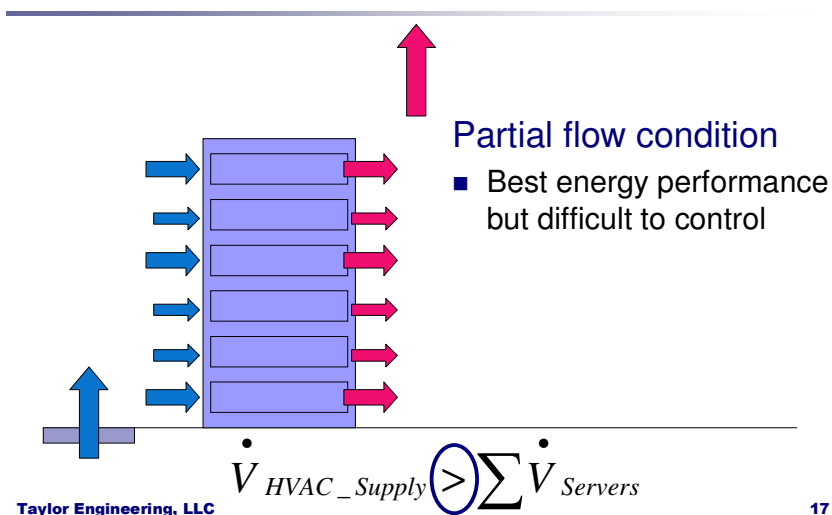


Abbildung 4.3.: Luftdurchströmung mit variablem Volumensystem



Bei den folgend dargestellten Racks kann man die Temperaturen der vertikalen Hotspots besonders effizient durch Installation eines oder mehrerer Ventilatoren. Hierfür gibt es zwei gängige Methoden. Zum einen kommt ein leistungsstarker Ventilator mit variabler Geschwindigkeit, zum anderen mehrerer Ventilatoren mit konstanter Geschwindigkeit, zum Einsatz. Dies hat zur Folge, dass die Temperatur an der signifikanten überhitzten Stelle partiell gesenkt werden kann. Hierdurch kann vermieden werden, dass die CRACs für den gesamten Serverraum die Kühlleistung steigern müssen, was einen höheren Energieaufwand zur Folge hätte, als eine partielle Kühlung durch Ventilatoren.

#### 4.1.2. Optimierung der Effizienzgrad der CRACs durch Abgrenzung der Kalt- und Warmgängen [3]

Betrachtet man die Verbrauchsdaten der Infrastruktur näher, so fällt auf, dass der Elektrizitätsbedarf der Kälteanlage (Verdichter und Rückkühler) nicht dominiert. Im Gegenteil, der Verbrauchswert der Umluftklimageräten ist sogar größer, obwohl die elektrische Leistung der Dampfbefeuchter noch nicht enthalten ist. Hauptsächlich Ventilatoren zur Umwälzung der Luft in den Serverräumen sind für diesen hohen Anteil verantwortlich. Zusätzlich zu den Präzisionsklimaschränken (CRAC) sind allerdings im RZ3 mehrere Deckenhängende Kühlkonvektoren (Komfortklimatetechnik) installiert, die in der Berechnung in den Verbrauch der CRAC-Units mit eingehen. Im Gesamtjahr liegt der Strombedarf bei etwa einem Drittel des Gesamtverbrauchs der Infrastruktur.

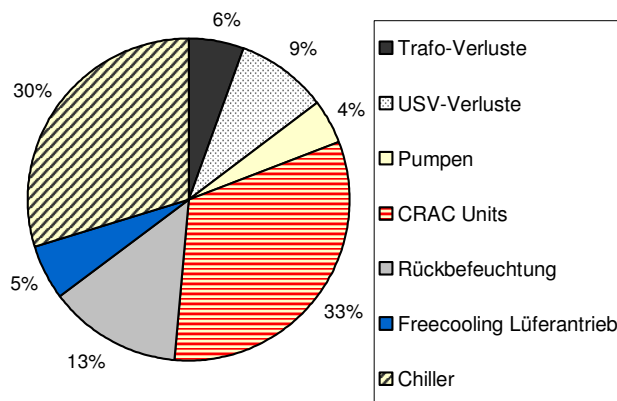


Abbildung 4.3.: Aufteilung des Energiebedarfs der Infrastruktur

Die hohe Installation an Lüfterleistung wurde im RZ3 vorgenommen, um Hot-Spots zu vermeiden. Eigene stichprobenartige Messungen in den Serverräumen konnten die Problematik der Hot-Spots bestätigen. Obwohl die gekühlte Zuluft der Serverräume die Umluftklimageräte teilweise mit unter 16°C verlässt, tritt sie an manchen Stellen des Rechenzentrums mit über 18°C aus dem Doppelboden aus.

Hier gab es also bereits eine Erwärmung, die auf die Abwärme der stromführenden Kabel wie auch durch Luftvermischungen mit höher temperierter Luft zurückzuführen sind. Undichtigkeiten im Doppelboden und eine ungeeignete Anordnung der Umluftklimageräte im Raum können dafür verantwortlich sein. Der Temperaturgradient über die Höhe der Kaltgänge ist so groß, dass sich die Zuluft mancher Server, die auf den oberen Ebenen der Racks eingebaut sind bereits auf über 24°C erwärmt hat. Die Zuluft in diesen Bereichen hat annähernd dieselbe Temperatur wie die warme Zuluft in die Umluftklimageräte. Es existiert also enormes verbesserungspotential bei der Luft- und Temperaturverteilung im Serverraum. Hotspots in dicht bepackten Racks (wie z.B. R2) mit gemessenen Temperaturen von über 35°C sind die Folge.

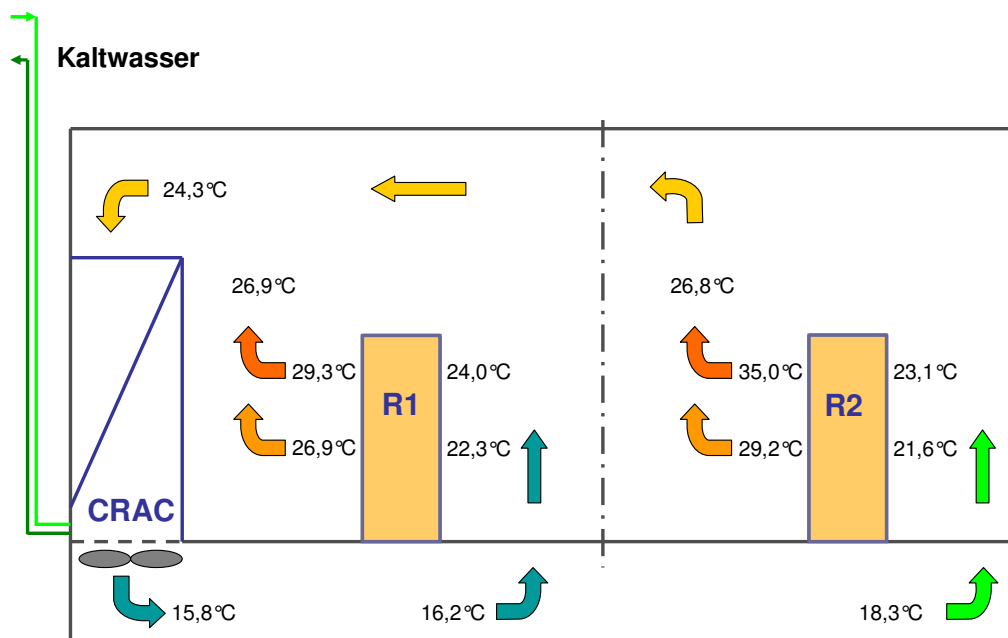


Abbildung 4.4.: Temperaturprofil Ist-Zustand

Ursächlich sind im RZ 3 vor allem große Kabelausschnitte im Doppelboden oder gar komplett herausgenommene Lochplatten unter den Racks. Aus Flexibilitätsgründen tendieren die Betreiber dazu, Kabelausschnitte sehr großzügig anzulegen, die Ausschnitte werden anschließend aber oft nur zu kleinen Teilen mit Kabeln belegt.

Eine Einhaltung des empfohlenen Überdruckes im Doppelboden (statischer Druck von 50 mbar) ist hierdurch unmöglich, was sich negativ bemerkbar auf die Verteilung des Luftstroms macht.

Maßnahmen zur Trennung von Kalt- und Warmluft, sowie Abdichtungen des Bodens, um die Luftströme besser regulieren zu können sind also zur weiteren Effizienzsteigerung notwendig, einzelne energieeffiziente Komponenten würden das Gesamtsystem nicht mehr wesentlich verbessern. Allerdings ist hier Vorsicht geboten, da manche Kabelausschnitte möglicherweise auch für die Kühlung notwendig sind. Es muss also sorgfältig geprüft werden, welche Stellen komplett versiegelt werden können, und welche Stellen nur teilweise abgedichtet werden dürfen.

Die Abdichtung des Doppelbodens führt zu einer Vergleichmäßigung der Zulufttemperatur im Doppelboden (auch in den entfernten Bereichen von Umluftklimageräten). Der erforderliche Überdruck kann mit weniger Aufwand und könnte somit auch von weniger CRAC-Units bereitgestellt werden. Um nun überschüssige CRAC-Units abschalten zu können, müssen die verbleibenden die komplette Wärme des RZ aufnehmen können. Daher ist dafür zu sorgen, dass sich die Zulufttemperatur in die CRAC-Units und damit die für den Wärmetransport

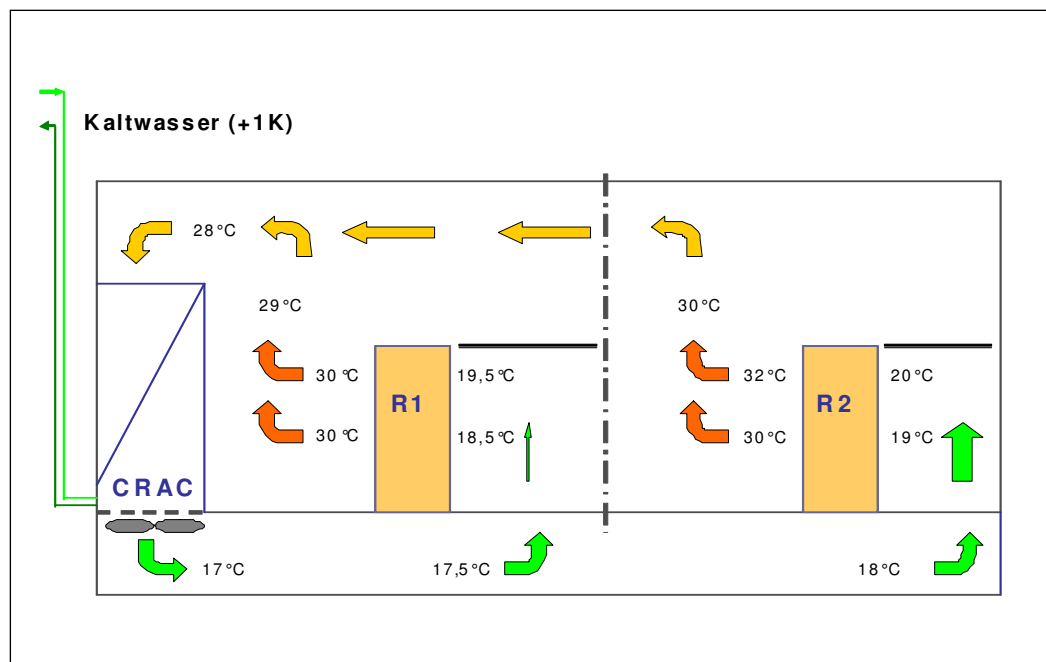
Notwendige antreibende Temperaturdifferenz ebenfalls erhöht. Auch schon die Abdichtung des Doppelbodens führt tendenziell zu diesem Effekt, da Luftkurzschlüsse von Kaltluft in Warmluft verringert werden, allerdings sollte zusätzlich durch eine gezielte Luftabsaugung aus den Warmgängen die Anhebung der Luftzufuhrtemperatur unterstützt werden.

Gegebenenfalls müssen zur Anhebung des statischen Druckes auch einige Bodenfliesen an weniger stark beanspruchten Stellen des Raumes (R1) wieder verschlossen werden. Eine allgemeine Faustformel rät zu je einer Lochplatte mit einer Öffnung von 25% für die Abkühlung einer sensiblen Kühllast von 3,5kW.

Bei Bedarf können flexible Möglichkeiten der Lufttrennung nachträglich installiert werden. Anwenderfreundliche Systeme sind im Kapitel 2.1 vorgestellt worden.

Möglichkeiten zur Optimierung des „Airflows“ in den Racks durch Anbringung von Rackblenden sind dagegen aufgrund der Housing-Struktur nicht gegeben.

Mit diesen Maßnahmen könnte sowohl eine Reduktion der Hot-Spots, eine Reduktion der installierten Umluftklimageräte bei gleichzeitiger Anhebung des Kaltwassersatzes um 1K erreicht werden und somit noch zusätzliches Freecooling Potential ausgeschöpft werden. Die Annahmen für die optimierte Temperaturverteilung für die Simulation sind in der folgenden Abbildung wiedergegeben.



**Abbildung 4.5.:** Temperaturprofil nach Optimierung

Ist die Luftführung nun derart optimiert, dass sich die in Abbildung 7 diese Temperaturverteilung einstellen kann, dann können verschieden Maßnahmen zur Effizienzsteigerung des Gesamtsystems umgesetzt werden.

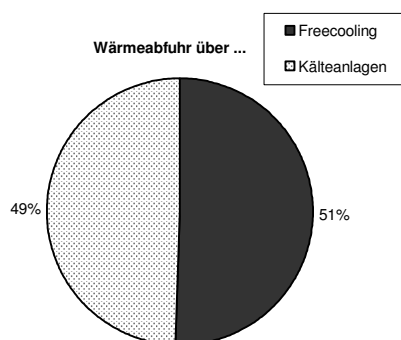
Dies ist zum Ersten die Anhebung der Temperatur des Kaltwassersatzes um 1K bei konstantem Volumenstrom auf 10/15 °C.

Insgesamt kann der EUE dieser Temperaturanhebung auf ca. 1,4 verbessert werden, was einer deutlichen Einsparung des Strombedarfs seitens der Infrastruktur um 20% gleicht. Die größten Einsparungen konnten durch den fast vollständigen Wegfall des latenten erreicht werden. Mit den angenommenen Temperaturen aus Abbildung 7 im Serverraum kommt es so gut wie nicht mehr zu Kondensatanfall, die Raumluftechnischen Anforderungen können eingehalten werden und damit ist auch die energieaufwendige Rückbefeuchtung mittels existierender Dampfbefeuchter hinfällig geworden.

Zusätzlich verringert sich die Kühllast, die von der Kälteanlage gedeckt werden muss aufgrund weiterer Auswirkungen der Temperaturanhebung. Neben einer geringeren Gesamtkühlleistung (nun nur noch sensibel), die von den CRACs übergeben wird, fallen ca. 18% der Verteilungsverluste weg, da durch die angehobene Temperaturpaarung weniger Wärmeeinspeisung in das Kaltwassernetz erfolgen kann.

Alle diese Faktoren senken die Kühlleistung, die von der Kühlsystem (Kälteanlage und/oder freie Kühlung) erbracht werden muss. Insgesamt muss nun über das Kühlsystem nur noch 85% der Kälteleistung an die Umgebung abführen werden.

Dies geschieht wie erwähnt entweder durch die Kälteanlage, deren Leistungszahl durch das angehobene Verdampferniveau gesteigert wurde, oder aber durch den Freikühler, der nun über die Hälfte der gesamten Kühllast decken kann, weil die Einsatzzeit verlängert werden konnte. Die Anhebung der Kälteträgertemperaturen hat ergo vielfältige indirekte Auswirkungen und setzt erheblich größere Einsparpotentiale frei, als diese auf den ersten Blick ersichtlich sind.



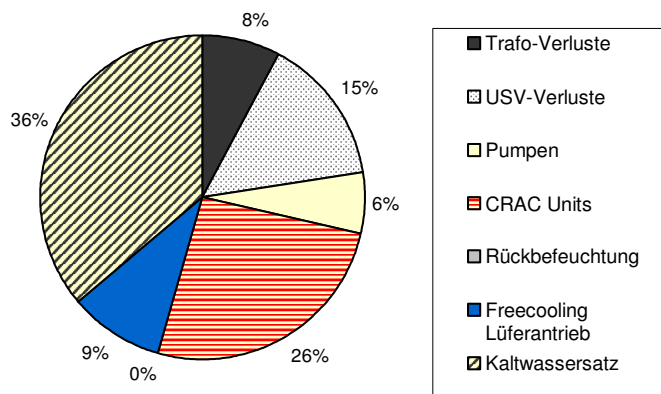
**Abbildung 4.6.:** Wärmeabfuhr RZ3

Aufgrund der längeren Laufzeit des Freikühlers ist sein Beitrag am Gesamtverbrauch nicht nur relativ (7,5%) sondern auch absolut gestiegen. Dem gegenüber steht aber das 12-fache an absoluten Einsparungen seitens der Kälteanlage, da der Anteil des Freikühlers am Gesamtenergieverbrauch sehr gering ist.

Zusätzlich entstehen Einsparungen an Transformationsverlusten, da weniger dem Rechenzentrum zugeführte Energie umgewandelt werden muss. Eine weitere indirekte Auswirkung der Anhebung der Kaltwassertemperaturen!

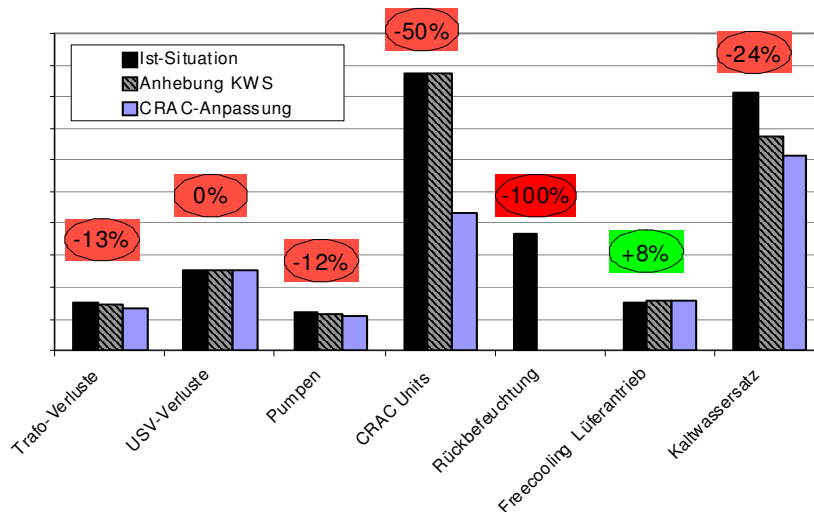
Als nächster Schritt kann nun der Verbrauch der CRAC-Units eingeschränkt werden. Geht man von der Temperaturverteilung von Abbildungen 6 und 7 aus, dann kann dank gesteigener mittlerer logarithmischer Temperaturdifferenz die sensible Leistung der Wärmeübertrager um über 50% gesteigert werden. Anders ausgedrückt: Jeder zweite der installierten und im Betrieb eingesetzten Lüfter könnte abgeschaltet und als redundante Geräte vorrätig gehalten werden. Es könnte auch die Drehzahl der Ventilatoren reduziert werden, sofern diese dazu geeignet sind. Dies würde aufgrund besserer Wirkungsgrade der Lüfter und einer größeren benutzten Wärmeübertragerfläche ein noch höheres Einsparpotential als die komplette

Abhaltung einzelner freisetzen können. Nach Realisierung der Abschaltung überschüssig gewordener Umluftklimageräte ergibt sich folgende Zusammensetzung der peripheren Stromverbrauche des RZ, die grundsätzlich neu zu analysieren ist, deren Gesamtverbrauch durch die beiden Maßnahmen bereits auf 62% des ursprünglichen Gesamtverbrauchs der Infrastruktur zurückgegangen ist.



**Abbildung 4.7.:** neue Aufteilung des Energiebedarfs der Infrastruktur nach Anhebung der Kaltwassertemperaturen um 1K und Ausschaltung überflüssiger Umluftklimageräte

Deutlich erkennbar ist, dass nun der Energieeinsatz für den Freikühler, aber auch Verlustfaktoren der USV an Bedeutung gewonnen haben. Durch diesen zweiten Schritt können insgesamt Einsparungen erzielt werden, die vergleichbar groß wie die der Temperaturanhebung des Kaltwassers sind, aber an anderer Stelle auftreten.



**Abbildung 4.8.:** Einsparmöglichkeiten der beiden Schritte RZ3

Die Abbildung 10 zeigt die absoluten Einsparpotentiale in absoluten Größen (ohne Angabe der Größenordnung), um ihre Wertigkeit für den Betreiber zu demonstrieren. Gleichzeitig werden relative Vergleiche vorgenommen, die aufzeigen, wie sich der elektrizitätsbedarf der einzelnen Komponenten der Klimatechnik zum Ausgangszustand verändert hat. Das größte Einsparpotential tritt im zweiten Schritt direkt durch die Abschaltung der überschüssigen Lüfter bzw. Umluftklimageräte auf. Zusätzlich werden wiederum erhebliche Einsparungen beim Strombedarf der Kälteanlage auftreten, da diese ja auch die weniger eingesetzte und damit weniger in Form von Wärme freigewordene Hilfsenergie der Umluftklimageräte abkühlen muss. Durch die durchdachte Umstrukturierung der Serverräume, die zugegebenermaßen aufwendig sind, könnte somit das RZ3 seinen Strombedarf seitens der Infrastruktur ohne größere Investitionen um fast 40% senken und damit seinen EUE von derzeit

schon recht guten 1,5 auf fast 1,3 senken, womit das RZ3 dann zu einem der energieeffizientesten Rechenzentren dieser Studie gehören würde.

Aufgezeigt wurden einige der vielfältigen Zusammenhänge, die bei der Beurteilung von Verbesserungsmöglichkeiten der Energieeffizienz berücksichtigt werden müssen. Dies kann nur geschehen, wenn das Gesamtsystem als Ganzes betrachtet wird.

#### **4.3. Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz [3]**

Eine nachhaltige Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren ist systematisch in Angriff zu nehmen. Dabei kann als Roadmap folgendes Vorgehen dienen:

1. Optimierung im organisatorischen Bereich, 2. einfach umsetzbare technische Maßnahmen schnell anwenden und 3. langfristige strategische Konzepte gezielt entwickeln.

Im technischen Bereich gilt zur optimalen Effizienzsteigerung die systematische

1. Senkung des Klimatisierungsbedarfs,
2. Optimierung der Nutzenübergabe,
3. Reduzierung der Verteilungsverluste,
4. Verbesserung der Kältebereitstellung sowie auch
5. Verminderung der Verluste in der Stromversorgung.

#### **4.4. Optimierung im organisatorischen Bereich**

Die Vernetzung der Verantwortungsbereiche IT und Gebäudetechnik ermöglichen eine gezielte Entwicklung des Rechenzentrums in beiden Gebieten. somit können erstens Bedarfsentwicklungen und Auslegungsparameter besser bestimmt, als auch Rahmenbedingungen wie beispielsweise IT Anordnung (Vermeidung von Hot Spots) einer kritischen Hinterfragung unterzogen werden.

Neben der übergeordneten Zusammenarbeit bestehen aber auch in den einzelnen Bereichen Verbesserungsmöglichkeiten. Für die IT gilt die Implementierung eines Energiemanagement auf Softwarebasis z. B. seitens des Betriebssystems zu



überprüfen. Die Versorgungsseite sollte die zur Analyse notwendige Dokumentation systematisch betreuen und sichern.

Aus der Sicht des Finanzcontrollings kann mit einer Aufschlüsselung der Rechenzentrumsaufwendungen auf die Bereiche IT und Gebäudetechnik Kostenauswirkungen aufgezeigt werden. Diese können in Kombination mit Effizienzuntersuchungen aus dem Bereich der Gebäudetechnik z. B. über den Vergleich von Kennwerten eine Grundlage für zukünftige Investitions- und Modernisierungsentscheidungen bilden.

Als Basis der Maßnahmenevaluation ist ein offenes Ergebnismonitoring wichtig, es gelten die Auswirkungen der Effizienzansätze durch Gegenüberstellung der Verbrauchsdaten auf positive oder eventuell negative Entwicklungen hin zu dokumentieren, um dann auch Folgehandlungen ableiten zu können.

Alle positiven Effekte sollten genutzt werden, dadurch sinken die Umsetzungskosten, so kann Erfolgskommunikation von positiven Finanz- und Umweltauswirkungen sowohl betriebsintern als auch in der Öffentlichkeit als Qualitäts- und Wirtschaftlichkeitsargument gelten und einen Zusatznutzen über ein positives Image bewirken.

Bei inakzeptablen Effekten oder unzureichender Effizienzsteigerung sollten Nachbesserungen auf Grundlage wiederholter Analyse, evtl. auch externer Expertise durchgeführt werden, um die verbliebenen Schwachstellen zu eliminieren.

#### **4.5. Einfach umsetzbare technische Einsparmaßnahmen**

Eine methodische Ableitung von Einsparmöglichkeiten, die ganz oder zumindest in Teilen relativ einfach umzusetzen sind, wird folgend aufgezeigt.

##### **Klimatisierungsbedarf senken**

Die Wärmequellen sind als Ursache des Klimatisierungsaufwands zu reduzieren.

Dabei können innere und äußere Ursachen unterschieden werden. Die größte innere Wärmequelle stellt die IT dar, sofern umsetzbar kann Konsolidierung und Virtualisierung zur Erhöhung der Auslastung einzelner Geräte und damit zur Abschaltung dann überflüssiger IT führen. Denn selbst bei niedriger Rechenauslastung erfolgt eine überproportional große Energieaufnahme (Barroso,

Hölzle 2007). Des Weiteren sind alle nicht betriebsnotwendigen oder nicht klimatisierungsbedürftigen Geräte aus dem Rechnerraum zu entfernen. Die Bildung von Techniksegmenten ähnlicher Klimatisierungsanforderungen ist sinnvoll.

Ein Wärmeeintrag von Außen kann über die Wand, das Fenster oder mittels Fugenlüftung erfolgen. Beispielhafte Maßnahmen stellt die außenseitige Elimination solarer Einstrahlung dar zum Beispiel mittels Außenverschattung und Erhöhung der Gebäudealbedo durch helle Außenwände. Fassadendämmung kann im Sommer den Transmissionswärmeeintrag reduzieren, jedoch in Zeiten niedriger Außenlufttemperaturen auch Wärmeabfuhr nach außen hemmen, ein Lösungsvorschlag sieht Fassadenbegrünung vor, sie kann zu geringeren

Umschließungsflächentemperaturen führen, aufgrund der außen liegenden Abschattung also auch durch Verdunstungskühlung.

Unkontrollierter Luftaustausch ist genauso wie erhebliche Feuchtigkeitsdiffusion zu vermeiden. Zu hohe relative Luftfeuchte im Rechnerraum folgert zwangsweise einen höheren Klimatisierungsaufwand, da Kondensation von Wasser einen Anteil der Kälteenergie beansprucht, die somit zur Absenkung der Lufttemperatur fehlt.

### **Nutzenübergabe optimieren**

An erster Stelle ist die Vermeidung von Bypässen zu nennen, strömt die konditionierte Zuluft nicht oder nur zu geringen Anteilen an der IT vorbei, so muss die Luftumwälzung intensiviert werden, die dabei benötigte Antriebsenergie muss erstens aufgebracht werden und stellt zweitens oftmals einen unerwünschten thermischen Energieeintrag dar, wenn der Ventilator im Luftstrom positioniert ist.

Erste Ansätze zur Reduzierung der Luftbypässe sind Einschubblenden für nicht besetzte Rackebenen, umfassender wirkt sich hingegen die Trennung von Zuluft und Abluftstrom durch Einhausung der IT aus. Besonders bei Rechenzentren mit Racks ähnlicher Bauart und Ausstattung kann eine Einhausung mit vergleichsweise geringem Aufwand umgesetzt werden.

Für Rechenzentren mit mehreren Racks und Doppelboden, kann die Anordnung dieser in Reihen senkrecht zur Strömungsrichtung der Zuluft im Doppelboden zur besseren Nutzung der Kaltluft führen. Die Rackreihen wiederum sollten in ihrer Anordnung hinsichtlich ihres thermischen Profils aufgestellt werden, in der Regel

wird Kaltluft von unten bzw. frontseitig über den Doppelboden eingesogen und rückseitig abgegeben. Damit die warme Abluft nicht den Kaltluftstrom beeinflusst, ist eine so genannte Warm- und Kaltganganordnung zu wählen, bei der sich jeweils die beiden Front- und Rückseiten der Rackreihen gegenüber stehen.

### **Verteilungsverluste reduzieren**

Hilfsaggregate zur Verteilung von kaltem Wasser oder Luft sind Pumpen und Ventilatoren. Eine genaue Dimensionierung ist somit zur Vermeidung von Verteilungsverlusten notwendig.

Der Regelungsmechanismus sollte in Anbetracht der Kennlinien, die den Leistungsbedarf in der Dritten Potenz der Drehzahl widerspiegelt, auf Basis einer Drehzahlanpassung erfolgen.

Dem Wärmeeintrag während der Verteilung ist durch Isolation von Versorgungsleitungen zu begegnen.

### **Kältebereitstellung**

Als Schnittstelle zwischen dem Klimasystem und der Umwelt bilden die Rückkühler in vielerlei Hinsicht Optimierungsmöglichkeiten. Mit dem Einsatz adiabater Kühlung in offener oder geschlossener Form, beispielsweise als Hybridkühler sind besonders bei hohen Außenlufttemperaturen Entlastungen zu erreichen. Die Rückkühlflächen sollten je nach Bauart möglichst allen Kälteanlagen zur Verfügung stehen, um potentiell mehr Rückkühlleistung erbringen zu können, regelungstechnisch ist dieser Nutzensgewinn gegen die zusätzlichen Ventilatorleistungen abzuwägen.

Alle bereits aufgeführten Maßnahmen sorgen für eine Anhebung der Rücklauftemperaturen des Kaltwassers und eine Absenkung der Kühlwassertemperatur, damit reduziert sich der Energiebedarf des Verdichters. Wird eine elektrisch betriebene Kompressionskühlung von einer thermischen Ad- oder Absorptionskühlung ersetzt bestehen neben dem Potential zur Einsparung von Primärenergie auch für den Strombezug Vorteile. Die sommerlichen Lastspitzen können reduziert werden, so dass der Leistungspreis der Stromversorgung abgesenkt werden kann.

## **Stromversorgung**

Der Einsatz effizienter Einzelkomponenten, besonders verlustarmer Netzteile mit geringer Phasenabweichung und Wärmeabgabe, beeinflusst das gesamte Versorgungssystem. Das Stromversorgungssystem kann kleiner dimensioniert werden z. B. die Unterbrechungsfreie Stromversorgung und das Klimasystem aufgrund geringerer Wärmeabgabe. Die Einsparungen sind entsprechend doppelt so groß, erstens in dem geringeren Energiebedarf zum Betrieb und zweitens in der Entlastung des Klimasystems.

Zur Absicherung der Stromversorgung sind USV Anlagen unerlässlich. Der Einsatz modularer Systeme wird bei schwankender Auslastung oder zu erwartender Rechenzentrumserweiterung empfohlen. Dadurch steigt die Einzelauslastung, um den Betrieb im niedrigen Teillastbereich mit stark fallendem Wirkungsgrad zu vermeiden. [6], [7]

## 5. Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Beobachtungen im untersuchten Rechenzentrum haben gezeigt, dass in Höhe um 0,5 m am wenigsten Einschübe und bei 1,8 Meter weniger Einschübe installiert sind. Da deswegen Lücken entstehen, strömt die warme Luft durch und mischt sich mit der kalten Luft. Das führt zu schlechteren Effizienzgrad von Klimaanlage.

Der Grund, warum man dies nicht in der Höhe von 1,5 m unter dem Effekt der Bypassluftdurchströmung kategorisiert, ist die hohe Dichte an Einschüben in dieser Höhe, die die Wahrscheinlichkeit eines Bypass-Effektes sowohl durch die „Temperaturwand“ als auch durch die physikalische Dichte an Einschüben, die eine Luftdurchströmung blocken, vermindert. In der Höhe von 1,80m spielt der Bypass-Effekt durch den Rack nicht so eine große Rolle, wie die Luftdurchmischung, die zwischen den Kalt- und Warmgang oberhalb des Racks entsteht. Diese Durchmischung ist die Folge von einer nicht eingebauten Trennwand zwischen Warm- und Kaltgang. Noch klarer kann man das so erklären, dass die warme Luft sich in Höhe von 1,80m natürlicherweise nach oben bewegt und sich dadurch nicht mit der Luft in Höhe von weniger als 1,50m durchmischt. Eine nicht effiziente Nutzung des Racks lässt sich anhand unterschiedlicher vertikaler Delta T Werte (horizontale Temperaturänderung in Höhe von 0,5; 1,5; 1,8 Metern).

Diese Problemstellen (Hotspot / Bypass / Luftdurchmischung) werden in diesem Kapitel näher untersucht:

Rack 1(höhere Last): in Höhe von 1,50 m (die maximale Austrittstemperatur im Warmgang= 32,7°C). Hierbei ist eine Lüftung mit variabler Volumen erforderlich, Einbau einer Trennwand hat aber bei diesem Rack keinen bedeutenden Einfluss (siehe Messauswertungen im Kapitel 3).

Rack 2 (kleinere Last) wird unter sehr guten Bedingungen betrieben.

Rack 3 (höhere Last): in Höhe von 1,50 m (Austrittstemperatur = 34,9°C).

Hierbei ist eine Lüftung mit variablem Volumen erforderlich. Der Einbau einer Trennwand wird in diesem Fall zu einem optimierten Effizienzgrad des Racks führen. Blenden von Lücken und eine bessere Aufteilung der Einschübe sind erforderlich.

Rack 4 (kleinere Last): Der Einbau einer Trennwand und Blenden von Lücken sind erforderlich.

Rack 5 (höhere Last): in Höhe von 1,50 m (Austrittstemperatur = 33,5°C). Der Einbau einer Trennwand, Die Installation eines Ventilators und eine bessere Aufteilung der Einschübe im Rack sind erforderlich.

Rack 6 (kleinere Last): wird optimal getrieben.

Die Messauswertungen im Kapitel drei zeigen, dass es überall zu dem vorausgesehenen Ergebnis geführt hat.

Gegen die in dieser Arbeit aufgestellten Hypothesen (Kap.2.3) sprechen keine bereits erstellten Auswertungen.

Aus Sicherheitsgründen und praktischen Gründen lassen sich der Einbau von Trennwänden und Aufteilungsänderungen der installierten Einschüben in den Racks in einem bereits in Betrieb genommenen Rechenzentrum besonders im Bereich des "Housing", nicht einwandfrei realisieren.

Da aber die Optimierungsmaßnahmen (Kap.4) zeigen, dass man das Problem der Einschübeaufteilung durch Installation von Ventilatoren lösen kann, kann das Fehlen an Trennwänden dadurch behoben werden. Allerdings ist diese Maßnahme an den Stellen, in denen der gesamte Warmgang die erlaubte Temperatur überschritten hat, nicht ausreichend. Hierbei ist der Einbau von Trennwand unabdingbar.

Eine Lösung zur Minderung der Bypassseffekt bietet zum einen die Installation eines Blechs, der die Lücken im Rack verkleidet und zum zweiten, das Blenden von Kabelöffnungen, die sich oberhalb und unterhalb des Racks befinden. Dies kann eine Bypassluftdurchströmung vermeiden und der Effizienzgrad der Klimaanlage erhöhen.

Die in dieser Arbeit erstellte Auswertung der Temperaturmessungen (Kap. 3) hat gezeigt, dass eine höhere Eintrittstemperatur des Racks die zweite Priorität besitzt. Ähnliches bestätigt auch die Studie des "Uptime institute" [4]

Als erste Priorität sollte eine Homogenität der Einschübenaufteilung innerhalb jedes Racks durch Installation von Ventilatoren angestrebt werden, die eine höhere Kühlleistung der Klimaanlage reduziert.

Eine lokale Senkung der Temperatur bei den entstandenen Hotspots führen zu deutlich niedrigeren Energiekosten, die ein weiteres Argument darstellt.

Die selbe Studie des uptime institute [4] und eigenständige Messergebnisse besagen, dass eine Senkung der Temperatur im Rechenraum um einen Grad Celsius zu etwa 10% Energieerparnis führt. Die entsprechenden Einsparkosten bei einem Beispiel von einem Rechenzentrum, die über eine Flächengröße von 930 m<sup>2</sup> verfügt, betragen insgesamt etwa 110.400\$ im Jahr ( bei Stromkosten von 0,10\$ / kWh). Diese Kosten werden in "Einsparquellen" unterteilt, die sich aus "Reduced Maintance", "Reduced Motor HP" und "Reduced Latent Cooling Penalty" zusammenstellen.

## 6. Fazit

Das entscheidende Ergebnis dieser Arbeit ist, dass vertikale Hotspots mehr von der Bypassluftdurchströmung abhängen, als von der exzessiven Warmlastdichte oder von der inadäquaten Kühlleistung. Anders gesagt, eine unnötige Kühlleistung wird einerseits durch die Gestalt einer möglichst homogenen Aufteilung der Racks, sowohl auf der Rechenfläche als auch innerhalb des Racks, vermieden, andererseits aber auch durch eine optimale Luftverteilung – besonders durch gelöcherte Doppelbodenteile[8]. Hierbei ist das Einsparpotenzial angesichts relativ geringer bzw. rentabler Kosten und leichte Konstruktionsänderungen enorm, bis zu 60% des gesamten Kühlluftvolumen [4].

Wie im Kapitel 4 dargestellt, spielt ein detaillierter Temperaturbericht eine große Rolle bei der Erkenntnis der aktuellen Lage jedes Racks und eventuell entstandene Hotspots. Die eigenständigen Messungen haben verdeutlicht, dass das vorhandene Temperatur-Monitoringsystem in dem untersuchten Rechenzentrum mit durchschnittlich drei bis fünf Messstellen, die sich nur unterhalb der Decke befinden, sehr mangelhaft ist. Die Messungen sollten bei jedem einzelnen Rack in mindestens drei unterschiedlichen Höhen in den Warm- und Kaltgängen durchgeführt werden.

Obwohl das Einbauen von Trennwänden in einem bereits in Betrieb genommenem Rechenzentrum besonders im Bereich des Housings schwierig ist, kann man anhand der Erstellung von Temperaturberichten und lokalen Luftströmungsänderungen, das Entstehen von Hotspots vermeiden. So wird der Effizienzgrad der Klimaanlage erheblich verbessert. Dies führt auch zu einer optimalen Nutzung der vorhandenen Fläche, zu reduziertem Energieverbrauch, zu geringeren Kosten und zur Einsparung der knappen Energieressourcen. Zusätzlich wird die Unabhängigkeit von der Verfügungsstellung der Strom- und Energieressourcen erhöht.

Um in Zukunft energieeffizientere Rechenzentren planen zu können, sollte in erster Linie auf Erweiterungsmöglichkeiten des Rechenzentrums, sprich eine einheitliche Verfügungsstellung der Racks bezogen auf den Serverleistung von Kunden und die entsprechende Aufteilung der Einschübe in Racks, geachtet werden. Dies kann man durch das Erstellen von Nutzungsanleitungen für die Installation der Einschübe erfüllen.



Da sich die Realisierung von allen erwähnten Maßnahmen in Rechenzentren durch deren unterschiedlichen Charakter nicht realisieren lassen, sollten die Lösungen zur Homogenität in jedem Rechenzentrum unter einer genauen Dokumentation, ein umfassendes Monitoring-System, deren Analyse, und einer individuellen Problemlösung sowie möglichst lokal bei jedem Hotspot gesucht werden.

## Literaturverzeichnis

[1] Seite 4-9; Kleschin, S.: Diplomarbeit „Entwicklung von Strategien zur energetischen Modernisierung von Rechenzentren anhand der Analyse eines konkreten Beispiels“, 2008

[2] APC White Paper Nr.1, S. 3

[3] Schlussbericht des Projekts Energieeffizienz in Rechenzentren- EVUR TU Berlin, Marc Schäfer et al-, 2008

[4] Uptime Institute, „Reducing Bypass Airflow is Essential for Eliminating Computer Room Hot Spots“, Robert F. Sullivan et al

[5] UC/CSU Data center energy efficiency training, Marc Hydeman, P.E., FASHRAE, stand der Internet seite:

[http://hightech.lbl.gov/presentations/Dominguez/4\\_HVAC\\_101807](http://hightech.lbl.gov/presentations/Dominguez/4_HVAC_101807), 10. März 2009

[6] Barroso, Hölzle 2007. The Case for Energy-Proportional Computing. In: Computer. Bd., Dezember 2007. Washington, DC: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

[7] Computer Society

[8] Airflow Uniformity Through Perforated Tiles in a Raised- Floor Data Center, White Paper Nr. 121, July22

James W. VanGilder, P.E., APC Corporation

Roger R. Schmidt, Ph.D., P.E., IBM Corporation

## **Abbildungsverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 3.1.: B1 auf Erdgeschoss  | 12 |
| Abbildung 3.2.: B2 auf der zweiten Etage  | 13 |
| Abbildung 3.3.: B5, auf der fünften Etage   | 13 |
| Abbildung 3.4.: Stromlastgang der IT-Infrastruktur in KW in Jahren 2006<br>-2008 (Quelle: Monitoring von Rechenzentrum) | 15 |
| Abbildung 3.5.: Schaltplan der Klimatisierungstechnik des<br>Rechenzentrums (Quelle: Blenk GmbH)                        | 18 |
| Abbildung 3.6.: Redundanzen der Stromversorgung   | 22 |
| Abbildung 3.7.: Strombedarf des RZ  | 23 |
| Abbildung 3.8.: Wärmeabfuhr des RZ  | 23 |
| Abbildung 3.9. (1-4): Temperatur-Monitoring des Rechenzentrums  | 26 |
| Abbildung 3.10.: Temperaturmessungen der Racks anhand eines<br>Datenloggers   | 29 |
| Abbildung 3.11.-16: Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf<br>des Rack1                                     | 34 |
| Abbildung 3.12.: Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf<br>des Rack2  | 36 |
| Abbildung 3.13.: Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf<br>des Rack3  | 39 |
| Abbildung 3.14.: Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf<br>des Rack 4                                       | 41 |
| Abbildung 3.15.: Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf<br>des Rack5  | 44 |
| Abbildung 3.16.: Schematische Darstellung und der Temperaturverlauf<br>des Rack 6                                       | 46 |

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 4.1.: Durchmischung der Luftströmung zwischen Warm- und Kaltgang in einem üblichen Rechenzentrum (Knürr AG)  | 53 |
| Abbildung 4.2.: Luftdurchströmung mit konstantem Volumensystem   | 55 |
| Abbildung 4.3.: Luftdurchströmung mit variablem Volumensystem  | 56 |
| Abbildung 4.3.: Aufteilung des Energiebedarfs der Infrastruktur  | 57 |
| Abbildung 4.4.: Temperaturprofil Ist-Zustand   | 58 |
| Abbildung 4.5.: Temperaturprofil nach Optimierung  | 60 |
| Abbildung 4.6.: Wärmeabfuhr RZ3  | 61 |
| Abbildung 4.7.: neue Aufteilung des Energiebedarfs der Infrastruktur nach Anhebung der Kaltwassertemperaturen um 1K und Ausschaltung überflüssiger Umluftklimageräte | 62 |
| Abbildung 4.8.: Einsparmöglichkeiten der beiden Schritte RZ3   | 63 |

## **Tabellenverzeichnis**

|   |    |
|---|----|
| Tabelle 3.2.: Flächenverteilung der einzelnen Räumlichkeiten des Rechenzentrums | 14 |
| (Quelle: Eigene Darstellung, Daten vom Betreiber des Rechenzentrums )           |    |
| Tabelle 3.2.: Installierte Klimatisierungsgeräte                                | 20 |
| Tabelle 3.3.1.-3: Temperaturmessungen der Racks anhand eines Datenloggers       | 30 |

## **Anhang: Einführungsfragebogen der Bestandsaufnahme**

## Fragebogen zur Energieeffizienz in Rechenzentren

### IPB-B1

### Technische Informationen

#### *Informationstechnik (IT)*

1. Wie groß ist die für Rechner-, Speicher- und Netzwerkkomponenten maximal nutzbare Fläche **106 m<sup>2</sup>** und die aktuell genutzte Fläche **85 m<sup>2</sup>** im RZ?
2. Wie viele Racks befinden sich derzeit im RZ? **36**
3. Wie viele Server befinden sich derzeit im RZ? **142+Cages**
4. Wie viele CPUs befinden sich derzeit im RZ? **218+Cages**
5. Wo liegt der Engpass für eine evtl. verstärkte Nutzung Ihres RZ?  
In der Begrenzung der Fläche **X** Stromversorgung                      Kühlleistung **X**  
Sonstiges

#### **In der Begrenzung der Fläche**

#### **1.2 Stromversorgung**

1. Wie hoch ist die installierte Nennleistung der IT-Geräte im RZ?                      kW
2. Wie hoch ist der jährliche elektrische Energiebedarf des gesamten Gebäudes (2007)

(258.219 kWh in 2007 aus Stromanschlussrechnung NUR B1 – dazu addieren die ca. 15kW nur für IT aus der USV B2 – d.h. 15kW x 8640h im Jahr 2007 = 129600 kWh reine IT, d.h. zusammen **387.819** kWh

Gesamtjahresverbrauch in der B1) des Rechenzentrums kWh/a  
und der IT **140.242,8 kWh/a** im RZ kWh/a?

• Wie hoch sind der Niedertarifanteil (NT-Anteil)

**ca. 60% - B1 HAT/NT-Verteilung in 2007 = 148.691/109.527 – Die 129.600 aus der B2 sind prozentual entsprechend identisch verteilt (ausrechnen – Dreisatz...)**

und die Jahreshöchstleistung (Leistungsspitze) des elektr. Energiebedarfes?  
**55,05 kW**

3. Wie hoch ist die Nennleistung des Transformators **HAUSTRAFO** – d.h. **B1-Abgang mit max. 55.05kW Leistungsspitze ist nur EIN Abgang von vielen des Haustrafos. Nennleistung (ohne Beleg!) 630kVA für das gesamte Gebäude Lützowstr. 105/106 kVA** und der USV-Anlage **48V-Anlage 1. Etage anteilig inkl. Verluste: Dauerlast 100A bei ca. 54V = 5,4kW plus Verlustleistung (Wirkungsgrad nur ca. 80%) ca. 7,5 kW anteilig (nur für IT)**

4. Ist der Hausanschluss in mehrere Ringe aufgeteilt, [**NEIN, dieser Anschluss nicht**]

## **2.3 Klimatisierung**

1. Werden der Serverraum, die einzelnen Racks oder beides gekühlt?  
**der Serverraum**

2. Sofern der Serverraum per Luftkonditionierung klimatisiert wird:

• Was ist die max. zulässige Temperatur des (sensibelsten) IT-Equipments?

**40°C**

• Welche durchschnittliche Temperatur im Serverraum streben Sie an? **19-21°C**

• Worüber erfolgt die Luftzufuhr (z.B. Doppelboden, Deckenauslass, Kaltgang mit/ohne Einhausung, ...)?



## 40cm Höhe Doppelboden ohne Einhausung

• Wie erfolgt die Luftabfuhr (z.B. Deckenabluftanlage, Warmgang mit/ohne Einhausung,...)?

### • CRAC Einlass

• Wodurch erfolgt die Abkühlung der Luft (z.B. Direktverdampfer, Kaltwassersätze oder eine andere Klimatechnik)?

**B1: Direktverdampfer 2x 38 kW Kühlleistung (N+1-Redundanz – d.h. max. 1 Gerät darf bei Nennlast laufen)**

• Welche Eintritts- **28 °C** und Austrittstemperatur **18 °C** hat die Luft in das bzw. aus dem Klimagerät? **rF= 50%**

• Wenn ein Kaltwassersatz vorhanden ist, wie hoch sind dessen Vorlauf- \_\_\_\_\_ °C und Rücklauftemperatur \_\_\_\_\_ °C? **Kein Kaltwassersatz**

• Erfolgt Luftbefeuchtung (Technik: **Verdampfer**) Luftentfeuchtung **Ja**

• Wie groß kann der Luftdurchsatz der eingesetzten Lüfter sein? von 2x12269= **24.538** m<sup>3</sup>/h bis \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h (6 m/s)

Setzen sie drehzahlgeregelte/polumschaltbare \_\_\_\_\_ oder modulare  Lüfter bzw. **keine regelbaren** Lüfter \_\_\_\_\_ ein?

• Wie groß ist der Außenluftanteil der Zuluft? \_\_\_\_\_% bzw. \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h

3. Sofern die Racks direkt gekühlt werden:

• geschieht dies durch ein zentrales Kaltwassernetz \_\_\_\_\_ oder ein anderes dezentrales System \_\_\_\_\_ ?

---

• Wie hoch ist die Vorlauf- \_\_\_\_\_ °C und die Rücklauftemperatur \_\_\_\_\_ °C des Kühlmediums?

• Bei ausschließlicher Rack-Kühlung, auf welche Art erfolgt die Raumkühlung?

Technik: \_\_\_\_\_ Kühlleistung: \_\_\_\_\_ kW

4. CPUs oder andere Komponenten direkt gekühlt? Werden  
Ja /
- Nein**
5. Wenden Sie in Ihrem Rechenzentrum bei niedrigen Außentemperaturen das Prinzip der direkten oder indirekten freien Kühlung an? **Nein**
6. Wird eine hybride Wärmeabfuhr realisiert, d.h. **freie Kühlung** auch gleichzeitig mit zugeschalteten Kälteanlagen betrieben? / **Nein**
7. Wird die im RZ anfallende Abwärme energetisch weiter verwendet?  
Ja / **Nein**  
Wenn ja, zu welchem Zweck? (z.B. Heizungsunterstützung, Brauchwasservor-wärmung,...) **Nein**
8. Welches Intervall der relativen Luftfeuchtigkeit streben sie an? **40% bis 60%**  
Existieren separate Räume für besonders Feuchte sensibles Equipment?  
Ja / **Nein**
9. Geben Sie bitte für jede Kälteanlage folgende Kennwerte an: a) Nennleistung der installierten Kälteanlage [kW], b) deren COP bzw. Leistungszahl im Nennbetriebspunkt und c) die Modellbezeichnung des Herstellers
- a) **2x 36,8 KW**
- b) **EER=4,0**
- c) **ACHNC065GB/25-4-109**
10. Mit welchen Kältemitteln werden die Kälteanlagen derzeit betrieben?  
**R407C**
11. Wie groß sind die Nennleistung der installierten Rückkühler und die Modellbezeichnung des Herstellers? **2 Tischkühler Jeweils 36,8 KW**

12. Werden die Rückkühler im Außenbereich, sofern es sich um geschlossene Systeme handelt künstlich befeuchtet? Ja , ab \_\_\_\_ °C Außentemperatur / **Nein**

**(Im Notfall)**

### ***Sicherheitskonzept***

1. Soll/muss das Rechenzentrum eine Mindestverfügbarkeit haben? **Ja** / Nein

z.B. a) in Stunden pro Jahr, b) in Prozent, c) nach Sicherheitsstandards (Tier I-IV)

**99.8% Jahresmittel**

2. Welche Redundanzkonzepte werden umgesetzt für Trafo und USV (**N**, N+1, 2N)?

**N**

3. Welche USV (Hersteller, Modell) wird eingesetzt?

**Emerson/Liebert 7400 für 230 VAC, ELTEK SPS für 48 VDC**

Und – wenn bekannt – welches Konzept (z.B. Bereitschaftsbetrieb, Online-Betrieb mit Deltawandlung, ...) wird angewendet? **Online Wandler**

4. Ist der Leistungsbereich der USV skalierbar? Ja / **Nein**

Wenn ja, in welcher Abstufung? **nein**

5. Welche Technik für Netzersatzanlagen setzen sie ein (z.B. Dieselgenerator,...)?

**Dieselgenerator 630 kVA B2 & B1**

## Strukturelle Informationen

### Zum Unternehmen / Betrieb (z. B. öffentlich rechtlich)

1. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?

Colocation of Carrier (Colo), = Housing

2. Ist die Nutzung eher wirtschaftlicher oder wissenschaftlicher Art?

**wirtschaftlich**

3. Wie viele Beschäftigte hat Ihr Unternehmen?

|          |                    |            |             |           |
|----------|--------------------|------------|-------------|-----------|
| < 10 ( ) | 10-49 ( <b>X</b> ) | 50-249 ( ) | 250-500 ( ) | > 500 ( ) |
|----------|--------------------|------------|-------------|-----------|

4. Wie hoch ist der Jahresumsatz Ihres Unternehmens?

|               |                         |                 |                 |                |
|---------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| < 2 Mio.€ ( ) | 2-10 Mio.€ ( <b>X</b> ) | 11-25 Mio.€ ( ) | 26-50 Mio.€ ( ) | > 50 Mio.€ ( ) |
|---------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|

5. Werden die Energiekosten der IT (Rechner und Kühlung) separat erfasst?

**Ja** / Nein

6. Welche Kostenstelle(n) trägt/tragen diese Kosten?

\_\_\_\_\_

### Zur Unternehmensfiliale – Standort des Rechenzentrum (RZ)

1. An welchem Ort in Deutschland befindet sich das Rechenzentrum?

(Diese Angabe wird zur Ermittlung der klimatischen Bedingungen der

Umgebung benötigt)

PLZ: ■■ (mind. die ersten drei Ziffern)

alternativ Jahresmitteltemperatur: \_\_\_\_ °C

2. Wie viele Beschäftigte gibt es am Standort?

\_\_\_\_\_

3. Liegt im Gebäude, in dem sich das Rechenzentrum befindet, eine Mischnutzung z.B. durch eine große Anzahl von Büros vor?

Ja (Art der Nutzung)

## Büro, Call Center

4. Wie groß ist die Nutzfläche des Gebäudes? **18.000 m<sup>2</sup>**

5. In welchem Jahr wurde das Gebäude errichtet?

|                           |                    |                    |                    |                    |                    |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <<br>1977<br>( <b>x</b> ) | 1977-<br>84<br>( ) | 1985-<br>94<br>( ) | 1995-<br>01<br>( ) | 2002-<br>04<br>( ) | 2005-<br>07<br>( ) |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|

## Anregungen, Kritik, eigene Anmerkungen

(z.B. spezielle Eigenschaften oder Technologien, die das RZ besonders energieeffizient oder umweltschonend machen)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Fragebogen zur Energieeffizienz in Rechenzentren

### IPB B2

#### 1 Technische Informationen

##### *Informationstechnik (IT)*

1. Wie groß ist die für Rechner-, Speicher- und Netzwerkkomponenten maximal nutzbare Fläche **600 m<sup>2</sup>** und die aktuell genutzte Fläche **390 m<sup>2</sup>** im RZ?
2. Wie viele Racks befinden sich derzeit im RZ? **137**
3. Wie viele Server befinden sich derzeit im RZ? **343+Cages**
4. Wie viele CPUs befinden sich derzeit im RZ? **499+Cages**
5. Wo liegt der Engpass für eine evtl. verstärkte Nutzung Ihres RZ?  
In der Begrenzung der Fläche  Stromversorgung  Kühlleistung   
Sonstige

##### **In der Begrenzung der Fläche**

##### **1.2 Stromversorgung**

1. Wie hoch ist die installierte Nennleistung der IT-Geräte im RZ?  
kW
2. Wie hoch ist der jährliche elektrische Energiebedarf des gesamten Gebäudes (**Räumlichkeiten IPB: B2, 2007 ohne B5**) **1977920 kWh/a** des Rechenzentrums kWh/a und der IT im RZ **1360080,8 kWh/a**?

• Wie hoch sind der Niedertarifanteil (NT-Anteil) **57%** und die Jahreshöchstleistung (Leistungsspitze) des elektr. Energiebedarfes? **350 kW**

3. Wie hoch ist die Nennleistung des Transformators **1000 (im Mittel 228 kVA)** und der USV-Anlage

**2.Etage(große): 400kVA ca. 320 kW nur für IT, versorgt B1(zum Teil) u. B2 (P\_verlust ca. 7kW ohne Verbraucher Hr. David) Momentaufnahme: Strom\_Phase1=252A, 2=214A und 3=202A; eine 12 Pulsanlage mit Wechsel- und Gleichrichter, inkl Transformator; für den RAUM: 15+9 kW Kälteleistung;**

**2.Etage(der 48V-Raum):max: 2400A\*48V=ca. 120kW nutzbar sind aber NUR 140A\*48V= ca. 7kW genutzt.;**

**2. Etage – ZWEITE 48V USV-Anlage im selben Raum (Ecke hinten), Nennleistung max. 8kW, war im Jahr 2007 noch gar nicht installiert. Erst seit 09/2008 Last, ca. 1.2 kW plus Verluste derzeit (Stand 09/2008) max. 2,5kW Leistungsaufnahme.**

4. Ist der Hausanschluss in mehrere Ringe aufgeteilt, [Ja, Anzahl\_\_\_\_\_ /  
Nein ]

## **2.4 Klimatisierung**

1. Werden der Serverraum, die einzelnen Racks oder beides gekühlt?

2. Sofern der Serverraum per Luftkonditionierung klimatisiert wird:

• Was ist die max. zulässige Temperatur des (sensibelsten) IT-Equipments?

**40 °C**

• Welche durchschnittliche Temperatur im Serverraum streben Sie an? **19-**

**21 °C**

• Worüber erfolgt die Luftzufuhr (z.B. Doppelboden, Deckenauslass, Kaltgang mit/ohne Einhausung, ...)?

**Doppelboden ohne Einhausung 40cm Höhe Doppelboden**

• Wie erfolgt die Luftabfuhr (z.B. Deckenabluftanlage, Warmgang mit/ohne Einhausung,...)?

• **CRAC Einlass**

• Wodurch erfolgt die Abkühlung der Luft (z.B. Direktverdampfer, Kaltwassersätze oder eine andere Klimatechnik)?

**B2: CRAC (Computer Room Air Conditioner)**

• Welche Eintritts- **23°C** und Austrittstemperatur **18 °C** hat die Luft in das bzw. aus dem Klimagerät?

• Wenn ein Kaltwassersatz vorhanden ist, wie hoch sind dessen Vorlauf- **12.1°C, 10,4°C** und Rücklauftemperatur **14.4°C, 8,3°C** (ausgelesen am 30.09.08 Superchiller 2000, der neue Chiller **RHOSS**)

• Erfolgt Luftbeuchtung (Technik: **Verdampfer**) Luftenfeuchtung ?

• Wie groß kann der Luftdurchsatz der eingesetzten Lüfter sein? von (8x „85 UC“: 8x 16437,6+MMP: 1x RC Group 120 H6=19.040=>)

131.500,8 m<sup>3</sup>/h+19.040 m<sup>3</sup>/h= **150.540,8 m<sup>3</sup>/h**

Setzen sie drehzahlgeregelte/polumschaltbare oder modulare Lüfter bzw. keine regelbaren Lüfter ein? **Ja**

• Wie groß ist der Außenluftanteil der Zuluft? oft nicht, Fenster % bzw. \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h

3. Sofern die Racks direkt gekühlt werden:

• geschieht dies durch ein zentrales Kaltwassernetz oder ein anderes dezentrales System ?

• Wie hoch ist die Vorlauf- \_\_\_\_\_ °C und die Rücklauftemperatur \_\_\_\_\_ °C des Kühlmediums?

• Bei *ausschließlicher Rack-Kühlung*, auf welche Art erfolgt die Raumkühlung?

Technik: \_\_\_\_\_ Kühlleistung: \_\_\_\_\_ kW

4. Werden CPUs oder andere Komponenten direkt gekühlt? Ja /

**Nein**



5. Wenden Sie in Ihrem Rechenzentrum bei niedrigen Außentemperaturen das Prinzip der direkten oder **indirekten** freien Kühlung an?

Ja bis  $T_{\text{Umgebung}} \leq 5^\circ\text{C}$  (**100%**)(nur **Superchiller**)/ Nein

Wird eine hybride Wärmeabfuhr realisiert, d.h. freie Kühlung auch gleichzeitig mit zugeschalteten Kälteanlagen betrieben? **Ja** / Nein

6. Wird die im RZ anfallende Abwärme energetisch weiter verwendet? Ja / **Nein**

Wenn ja, zu welchem Zweck? (z.B. Heizungsunterstützung, Brauchwasservorwärmung,...) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

7. Welches Intervall der relativen Luftfeuchtigkeit streben sie an? **40% bis 60%**

Existieren separate Räume für besonders Feuchte sensibles Equipment? Ja / **Nein**

8. Geben Sie bitte für jede Kälteanlage folgende Kennwerte an: a) Nennleistung der installierten Kälteanlage [kW], b) deren COP bzw. Leistungszahl im Nennbetriebspunkt und c) die Modellbezeichnung des Herstellers

a) **Superchiller: 1x 468,5 KW (alternative 306,3 F.K.)+**

**RHOSS: 1x 410,2 KW**

b) **Superchiller: EER=2,59**

**RHOSS: EER=2,68**

c) **1xSuper Chiller 2000 SLR 507, 1xRHOSS TCAESY 6410**

9. Mit welchen Kältemitteln werden die Kälteanlagen derzeit betrieben? **R407C(Superchiller)**

10. Wie groß ist die Nennleistung der installierten Rückkühler? **KW** und die Modellbezeichnung des Herstellers?

- 
- 
- Werden die Rückkühler im Außenbereich, sofern es sich um geschlossene Systeme handelt künstlich befeuchtet? Ja , ab \_\_\_\_ °C Außentemperatur / **Nein**

### ***Sicherheitskonzept***

2. Soll/muss das Rechenzentrum eine Mindestverfügbarkeit haben? **Ja** / Nein

z.B. a) in Stunden pro Jahr, b) in Prozent, c) nach Sicherheitsstandards (Tier I-IV)

#### **99,9% Jahresmittel**

2. Welche Redundanzkonzepte werden umgesetzt für Trafo und USV (N, N+1, 2N)?

**N Trafo: 1x1000 für B2 (und A-Strang B5 im Notfall) und N also 1x1000 in Neuanschaffung für B5**

3. Welche USV (Hersteller, Modell) wird eingesetzt?

**Emerson, Modell ?, s.o.**

**NUR B5: Eaton Powerware 9390 160kVA pro Modul, derzeit A-/B-Feed jeweils 1 Modul, ausbaubar auf max. 4 Module pro Feed (dann 3 x 160kVA = 480 kVA in N+1-Redundanz)**

Und – wenn bekannt – welches Konzept (z.B. Bereitschaftsbetrieb, Online-Betrieb mit Deltawandlung, ...) wird angewendet? **Online – B2 s. Datenblatt Liebert**

4. Ist der Leistungsbereich der USV skalierbar? Ja / Nein

Wenn ja, in welcher Abstufung? **Nein**

5. Welche Technik für Netzersatzanlagen setzen sie ein (z.B. Dieselgenerator,...)?

Dieselgenerator eigener, 630 kVA für IT+Klima B2 (und die ~14kW IT B1)

## Strukturelle Informationen

### **Zum Unternehmen / Betrieb (z. B. öffentlich rechtlich)**

7. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?

**Colocation of Carrier (Colo), = Housing\_**

8. Ist die Nutzung eher wirtschaftlicher oder wissenschaftlicher Art?

**wirtschaftlich**

9. Wie viele Beschäftigte hat Ihr Unternehmen?

|  |                                    |                                     |                                      |                                    |
|--|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| < 10 ( <input checked="" type="checkbox"/> ) | 10-49 ( <input type="checkbox"/> ) | 50-249 ( <input type="checkbox"/> ) | 250-500 ( <input type="checkbox"/> ) | > 500 ( <input type="checkbox"/> ) |
|--|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|

10. Wie hoch ist der Jahresumsatz Ihres Unternehmens?

|  |   |  |  |   |
|--|---|--|--|---|
| < 2 Mio.€ ( <input type="checkbox"/> ) | 2-10 Mio.€ ( <input type="checkbox"/> ) | 11-25 Mio.€ ( <input type="checkbox"/> ) | 26-50 Mio.€ ( <input type="checkbox"/> ) | > 50 Mio.€ ( <input type="checkbox"/> ) |
|--|---|--|--|---|

11. Werden die Energiekosten der IT (Rechner und Kühlung) separat erfasst? Ja / **Nein**

12. Welche Kostenstelle(n) trägt/tragen diese Kosten?

\_\_\_\_\_

### **Zur Unternehmensfiliale – Standort des Rechenzentrum (RZ)**

6. An welchem Ort in Deutschland befindet sich das Rechenzentrum?

(Diese Angabe wird zur Ermittlung der klimatischen Bedingungen der

Umgebung benötigt)

PLZ: ■■ (mind. die ersten drei Ziffern)

alternativ Jahresmitteltemperatur: °C

7. Wie viele Beschäftigte gibt es am Standort?

---

8. Liegt im Gebäude, in dem sich das Rechenzentrum befindet, eine Mischnutzung z.B. durch eine große Anzahl von Büros vor?

Ja (Art der Nutzung)

**Büro, Call Center**

9. Wie groß ist die Nutzfläche des Gebäudes?  
\_\_\_\_\_m<sup>2</sup>

10. In welchem Jahr wurde das Gebäude errichtet?

|                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <<br>1977<br>( x ) | 1977-<br>84<br>( ) | 1985-<br>94<br>( ) | 1995-<br>01<br>( ) | 2002-<br>04<br>( ) | 2005-<br>07<br>( ) |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|

### **Anregungen, Kritik, eigene Anmerkungen**

(z.B. spezielle Eigenschaften oder Technologien, die das RZ besonders energieeffizient oder umweltschonend machen)

## Fragebogen zur Energieeffizienz in Rechenzentren

### IPB B5

### Technische Informationen

#### *Informationstechnik (IT)*

1. Wie groß ist die für Rechner-, Speicher- und Netzwerkkomponenten maximal nutzbare Fläche **450 m<sup>2</sup>** und die aktuell genutzte Fläche **250 m<sup>2</sup>** im RZ?
2. Wie viele Racks befinden sich derzeit im RZ? **43**
3. Wie viele Server befinden sich derzeit im RZ? **183+Cages**
4. Wie viele CPUs befinden sich derzeit im RZ? **244+Cages**
5. Wo liegt der Engpass für eine evtl. verstärkte Nutzung Ihres RZ?  
In der Begrenzung der Fläche **X**    Stromversorgung                      Kühlleistung  
Sonstiges

#### **In der Begrenzung der Fläche**

#### **1.2 Stromversorgung**

1. Wie hoch ist die installierte Nennleistung der IT-Geräte im RZ?  
kW
2. Wie hoch ist der jährliche elektrische Energiebedarf des gesamten Gebäudes (**Räumlichkeiten IPB: B2, 2007 ohne B5 bis auf Dez. 07**)

**1977920** kWh/a des Rechenzentrums                      kWh/a und der IT im RZ  
**(B2+B5) 1360080,8** kWh/a?

•Wie hoch sind der Niedertarifanteil (NT-Anteil) **57%** und die Jahreshöchstleistung (Leistungsspitze) des elektr. Energiebedarfes? **350 kW**

3. Wie hoch ist die Nennleistung des Transformators **1000 (im Mittel 228 kVA)** kVA und der USV-Anlage

**2.Etage(große): 400kVA ca. 320 kW nur für IT, versorgt B1(zum Teil) u. B2 (P\_verlust ca. 7kW ohne Verbraucher Hr. David) Momentaufnahme: Strom\_Phase1=252A, 2=214A und 3=202A; eine 12 Pulsanlage mit Wechsel- und Gleichrichter, inkl Transformator; für den RAUM: 15+9 kW Kälteleistung;**

**2.Etage(der 48V-Raum):max: 2400A\*48V=ca. 120kW nutzbar sind aber NUR 140A\*48V= ca. 7kW genutzt.;**

**2. Etage – ZWEITE 48V USV-Anlage im selben Raum (Ecke hinten), Nennleistung max. 8kW, war im Jahr 2007 noch gar nicht installiert. Erst seit 09/2008 Last, ca. 1.2 kW plus Verluste derzeit (Stand 09/2008) max. 2,5kW Leistungsaufnahme**

**B5: Eaton Powerware 9390 160kVA pro Modul, derzeit A-/B-Feed jeweils 1 Modul, ausbaubar auf max. 4 Module pro Feed (dann 3 x 160kVA = 480 kVA in N+1-Redundanz)**

4. Ist der Hausanschluss in mehrere Ringe aufgeteilt, [Ja, Anzahl\_\_\_\_\_ /  
Nein    ]

## **2.5 Klimatisierung**

1. Wird der Serverraum **X** , die einzelnen Racks oder beides gekühlt?

2. Sofern der Serverraum per Luftkonditionierung klimatisiert wird:

- Was ist die max. zulässige Temperatur des (sensibelsten) IT-Equipments?

**40 °C**

- Welche durchschnittliche Temperatur im Serverraum streben Sie an? **19-**

**21 °C**

- Worüber erfolgt die Luftzufuhr (z.B. Doppelboden, Deckenauslass, Kaltgang mit/ohne Einhausung, ...)?

### **Doppelboden ohne Einhausung 40cm Höhe Doppelboden**

- Wie erfolgt die Luftabfuhr (z.B. Deckenabluftanlage, Warmgang mit/ohne Einhausung,...)?

### **• CRAC Einlass**

- Wodurch erfolgt die Abkühlung der Luft (z.B. Direktverdampfer, Kaltwassersätze oder eine andere Klimatechnik)?

### **B2, B5: CRAC (Computer Room Air Conditioner)**

- Welche Eintritts- **23.5 °C** und Austrittstemperatur **18 °C** hat die Luft in das bzw. aus dem Klimagerät?

- Wenn ein Kaltwassersatz vorhanden ist, wie hoch sind dessen Vorlauf **12.1 °C, 10,4 °C** und Rücklauftemperatur **14.4 °C, 8,3 °C** (ausgelesen am 30.09.08 Superchiller 2000, der neue Chiller **RHOSS**)

- Erfolgt Luftbefeuchtung (Technik: **Verdampfer**), Luftentfeuchtung ?

Wie groß kann der Luftdurchsatz der eingesetzten Lüfter sein?

3xRC Group 120 H6=3x19.04 = **57.120 m<sup>3</sup>/h**

Setzen sie drehzahlgeregelte/polumschaltbare oder modulare Lüfter bzw. keine regelbaren Lüfter ein? **Nein**

- Wie groß ist der Außenluftanteil der Zuluft? oft nicht, Fenster % bzw. \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>/h

3. Sofern die Racks direkt gekühlt werden:

• geschieht dies durch ein zentrales Kaltwassernetz oder ein anderes dezentrales System ?

• Wie hoch ist die Vorlauf- \_\_\_\_\_ °C und die Rücklauftemperatur \_\_\_\_\_ °C des Kühlmediums?

• Bei *ausschließlicher Rack-Kühlung*, auf welche Art erfolgt die Raumkühlung?

Technik: \_\_\_\_\_ Kühlleistung: \_\_\_\_\_ kW

4. Werden CPUs oder andere Komponenten direkt gekühlt? Ja /

**Nein**

5. Wenden Sie in Ihrem Rechenzentrum bei niedrigen Außentemperaturen das Prinzip der direkten oder **indirekten** freien Kühlung an?

Ja bis  $T_{\text{Umgebung}} \leq 5^\circ\text{C}$  (**100%**)(**nur ALTER Superchiller**)/ Nein

Wird eine hybride Wärmeabfuhr realisiert, d.h. freie Kühlung auch gleichzeitig mit zugeschalteten Kälteanlagen betrieben? **Ja** / Nein

6. Wird die im RZ anfallende Abwärme energetisch weiter verwendet? Ja

/ **Nein**

Wenn ja, zu welchem Zweck? (z.B. Heizungsunterstützung,

Brauchwasservor-

wärmung,...) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. Welches Intervall der relativen Luftfeuchtigkeit streben sie an? **40% bis 50%**

Existieren separate Räume für besonders Feuchte sensibles Equipment?

**Ja** / Nein

8. Geben Sie bitte für jede Kälteanlage folgende Kennwerte an: a)

Nennleistung der installierten Kälteanlage [kW], b) deren COP bzw.

Leistungszahl im Nennbetriebspunkt und c) die Modellbezeichnung des Herstellers (**B2+B5**)

a) **Superchiller: 1x 468,5 KW (alternative 306,3 F.K.)+**

**RHOSS: 1x 410,2 KW**



b) **Superchiller: EER=2,59**

**RHOSS: EER=2,68**

c) **1xSuper Chiller 2000 SLR 507, 1xRHOSS TCAESY  
6410**

9. Mit welchen Kältemitteln werden die Kälteanlagen derzeit betrieben?

**R407C**

10. Wie groß ist die Nennleistung der installierten Rückkühler? KW und die Modellbezeichnung des Herstellers?

—

• Werden die Rückkühler im Außenbereich, sofern es sich um geschlossene Systeme handelt künstlich befeuchtet? Ja , ab \_\_\_ °C Außentemperatur /

**Nein**

### ***Sicherheitskonzept***

3. Soll/muss das Rechenzentrum eine Mindestverfügbarkeit haben? **Ja**  
/ Nein

z.B. a) in Stunden pro Jahr, b) in Prozent, c) nach Sicherheitsstandards (Tier I-IV)

**99,9%**

2. Welche Redundanzkonzepte werden umgesetzt für Trafo und USV (N, N+1, 2N)?

**N Trafo: 1x1000 für B2 (und A-Strang B5 im Notfall) und N also 1x1000 in Neuanschaffung für B5**

3. Welche USV (Hersteller, Modell) wird eingesetzt?

**Emerson, Modell ?, s.o.**

Und – wenn bekannt – welches Konzept (z.B. Bereitschaftsbetrieb, Online-Betrieb mit Deltawandlung, ...) wird angewendet?

**siehe Datenblatt Eaton**

4. Ist der Leistungsbereich der USV skalierbar? **Ja** / Nein

Wenn ja, in welcher Abstufung?

5. Welche Technik für Netzersatzanlagen setzen sie ein (z.B. Dieselgenerator,...)?

**1 x Diesel 400kVA für B5.**

**Dritter/größerer Diesel für B5 geplant, WENN Leistung > 400kVA.**

**DANN 400kVA exklusiv für Klima und größerer Diesel für B5 IT.**

## Strukturelle Informationen

### *Zum Unternehmen / Betrieb (z. B. öffentlich rechtlich)*

13. In welcher Branche ist Ihr Unternehmen tätig?

**Colocation of Carrier (Colo), = Housing\_**

14. Ist die Nutzung eher wirtschaftlicher oder wissenschaftlicher Art?

**wirtschaftlich**

15. Wie viele Beschäftigte hat Ihr Unternehmen?

|          |                    |            |             |           |
|----------|--------------------|------------|-------------|-----------|
| < 10 ( ) | 10-49 ( <b>x</b> ) | 50-249 ( ) | 250-500 ( ) | > 500 ( ) |
|----------|--------------------|------------|-------------|-----------|

16. Wie hoch ist der Jahresumsatz Ihres Unternehmens?

|               |                         |                 |                 |                |
|---------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|
| < 2 Mio.€ ( ) | 2-10 Mio.€ ( <b>x</b> ) | 11-25 Mio.€ ( ) | 26-50 Mio.€ ( ) | > 50 Mio.€ ( ) |
|---------------|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------|

17. Werden die Energiekosten der IT (Rechner und Kühlung) separat erfasst?

Ja / Nein

18. Welche Kostenstelle(n) trägt/tragen diese Kosten?

---

---

### **Zur Unternehmensfiliale – Standort des Rechenzentrum (RZ)**

11. An welchem Ort in Deutschland befindet sich das Rechenzentrum?

(Diese Angabe wird zur Ermittlung der klimatischen Bedingungen der Umgebung benötigt) PLZ: ■■ (mind. die ersten drei Ziffern)

alternativ Jahresmitteltemperatur: \_\_\_\_ °C

12. Wie viele Beschäftigte gibt es am Standort?

---

---

13. Liegt im Gebäude, in dem sich das Rechenzentrum befindet, eine Mischnutzung z.B. durch eine große Anzahl von Büros vor?

Ja (Art der Nutzung)

**Büro, Call Center**

14. Wie groß ist die Nutzfläche des Gebäudes?  
\_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

15. In welchem Jahr wurde das Gebäude errichtet?

|                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| <<br>1977<br>( x ) | 1977-<br>84<br>( ) | 1985-<br>94<br>( ) | 1995-<br>01<br>( ) | 2002-<br>04<br>( ) | 2005-<br>07<br>( ) |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|

### **Anregungen, Kritik, eigene Anmerkungen**

(z.B. spezielle Eigenschaften oder Technologien, die das RZ besonders energieeffizient oder umweltschonend machen)

---