



Universität Hamburg



**Projekt: Thermographieanalyse von Hochleistungsrechnern**

**Thema: Konzepte zur Führung des Luftstroms**

**Projektteilnehmer: Andre Kreykenbohm  
Britta Gerkens  
Tobias Kopelke**

**Projektpräsentation vom 26. Oktober 2010**

# **- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

## **Gliederung**

**1. Einleitung**

**2. Energiesparkonzepte**

**3. Technisches**

**4. Praktische Versuche**

**5. Kosten der Kühlung und mögliches Einsparpotential**

**6. Probleme, Anmerkungen und Fazit**

# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 1. Einleitung

### Blizzard

- 158 TeraFlop/s
- 264 IBM Power6-Rechnerknoten
- 16 Dual-Core-Prozessoren pro Knoten (insg. 8448 Kerne)
- Mehr als 20 Terabyte Hauptspeicher
- 7.000 Terabyte Plattenspeicher (ab 2011)

# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 1. Einleitung

### Tornado

- 10 TeraFlop/s
- 256 Sun Fire X2200M2-Rechnerknoten
- 2 Quad-Core Prozessoren pro Knoten (insg. 2048 Kerne)
- 8,5 Terabyte Hauptspeicher
- 300 Terabyte Plattenspeicher

# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 1. Einleitung

### Vision

- 8 Visualisierungsknoten HP XW 9400
- 1 SMP-Visualisierungsknoten HP dl 585
- 18 NVidia FX5500-Grafikkarten
- 48 Terabyte Plattenspeicher
- Infiniband-Netzwerk

### Datenarchivierungssystem

# **- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

## **2. Energiesparkonzepte (Allgemeines)**

**Es gibt viele Konzepte zur Steigerung der Energieeffizienz von Rechenzentren.**

- Hardwareempfehlungen für Server**
- Isolierungen für die Räumlichkeiten**
- regelbare Ventilatoren und Pumpen**
- Verlagerung des Rechenzentrums in die Cloud**
- Anhebung der Serverraumtemperatur**

**Die Konzepte zur Führung des Luftstrom beschränken sich hingegen auf zwei!**

# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

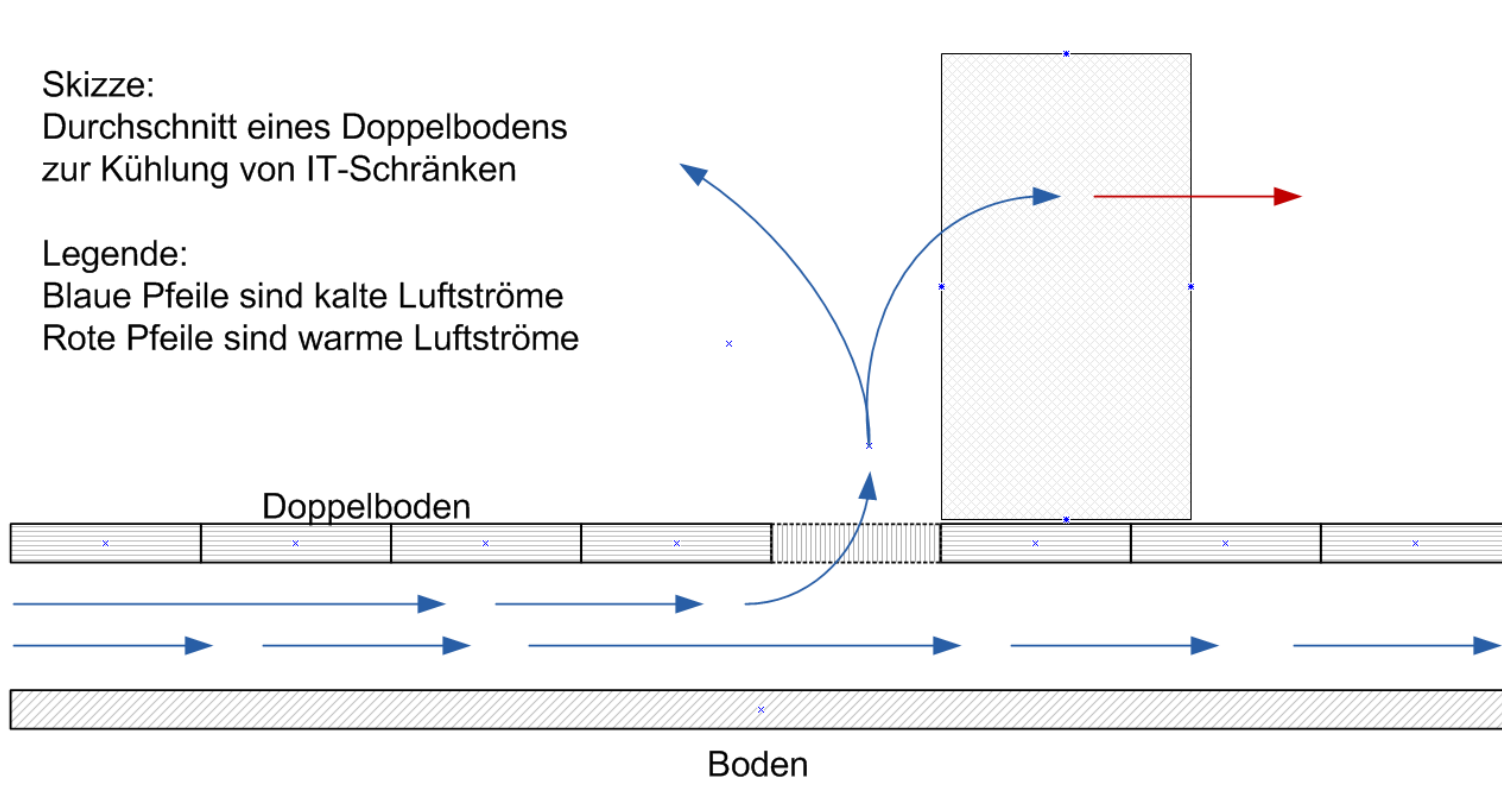
## 2. Energiesparkonzepte

Skizze:

Durchschnitt eines Doppelbodens zur Kühlung von IT-Schränken

Legende:

Blaue Pfeile sind kalte Luftströme  
Rote Pfeile sind warme Luftströme



# **- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

## **2. Energiesparkonzepte**

### **Was ist Einhausung?**

**Einhausung im Bezug auf Serverräume bedeutet, dass man den kalten und warmen Luftstrom voneinander trennt.**

### **Warum Einhausung?**

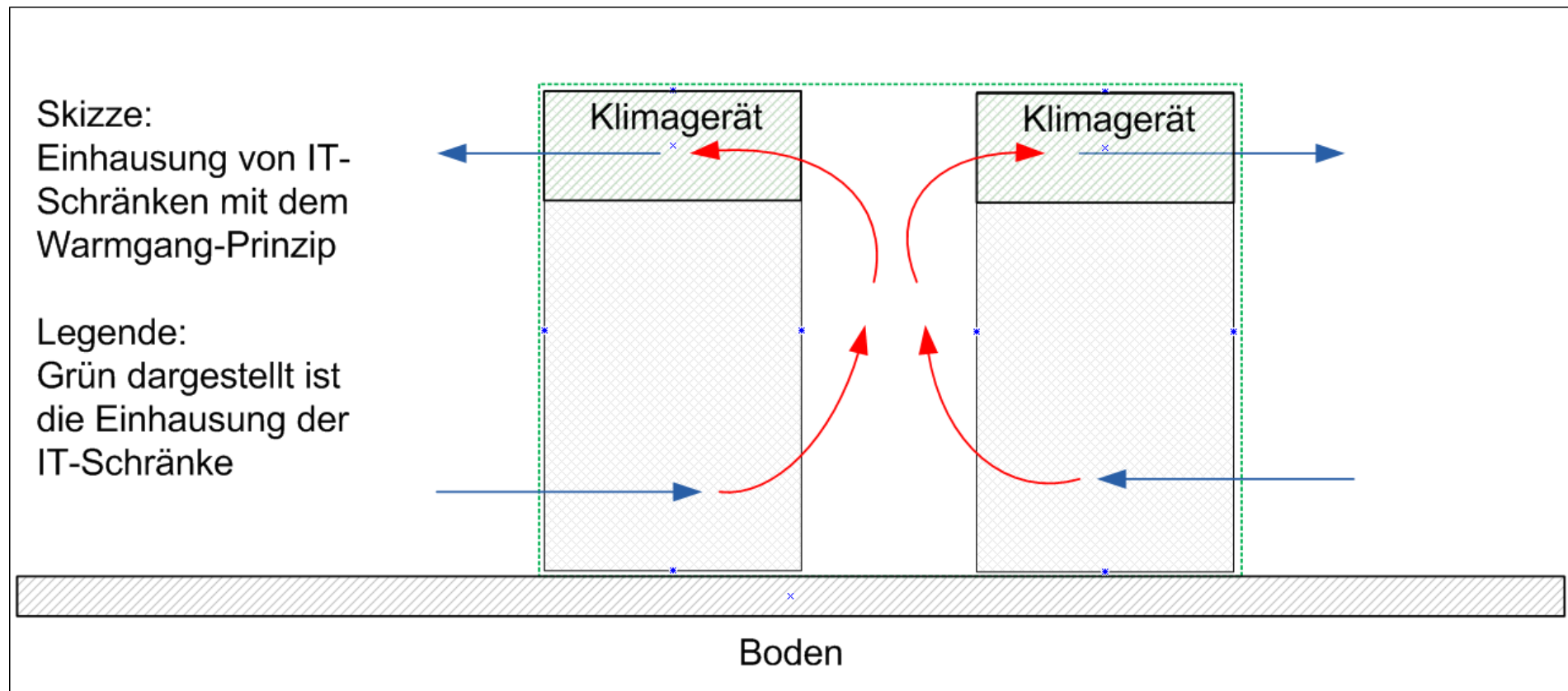
**Ohne diesem Konzept wäre ein kontinuierlicher Anstieg der Umgebungsstemperatur möglich. Auf jeden Fall müsste aber immer mehr Aufwand betrieben werden, die Luft kühl zu halten (und damit verbunden sind natürlich höhere Energiekosten).**



# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 2. Energiesparkonzepte

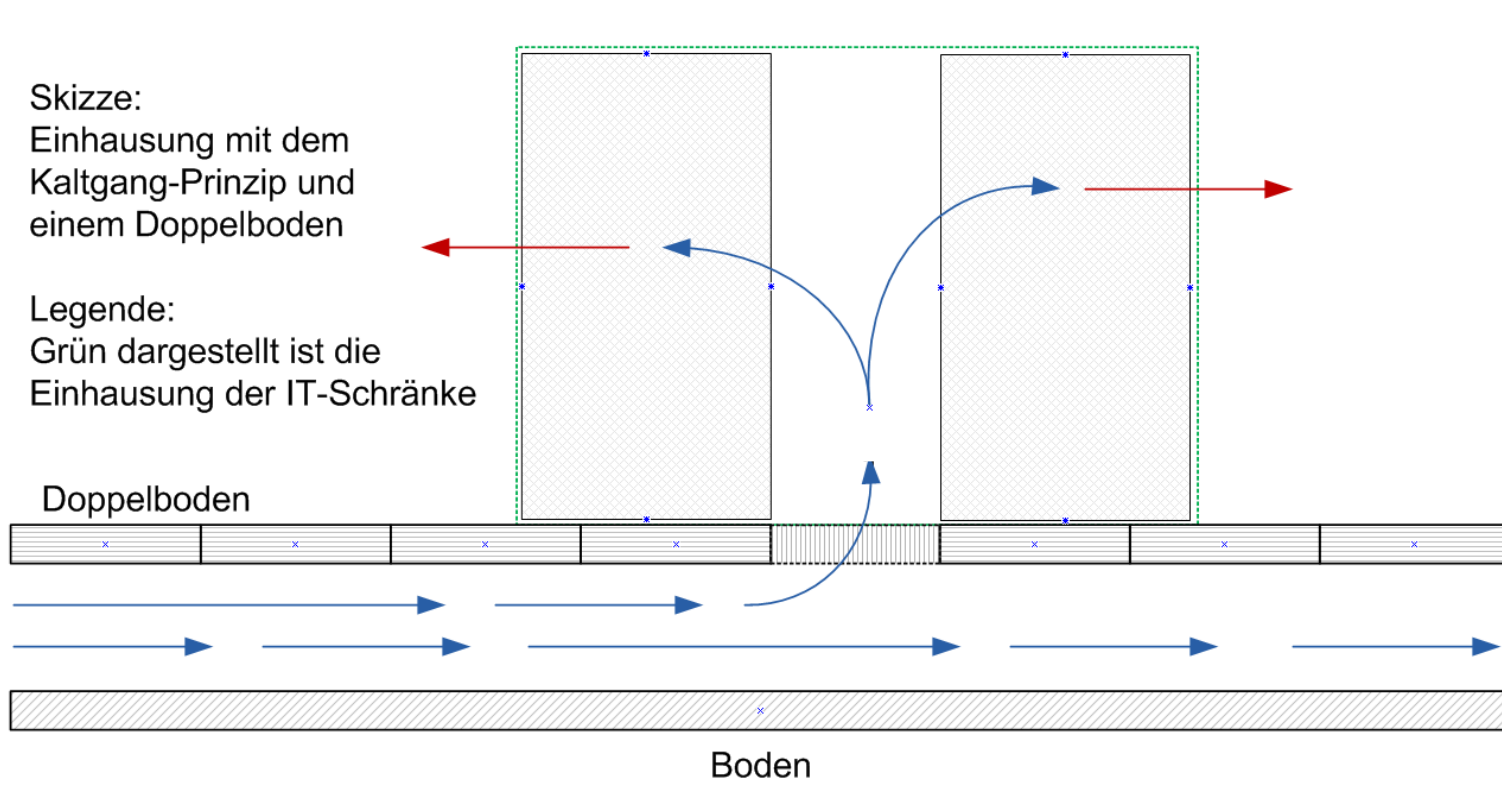
### Einhausung nach dem Warmgang-Prinzip



# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 2. Energiesparkkonzepte

### Einhausung nach dem Kaltgang-Prinzip



# **- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

## **2. Energiesparkonzepte**

**Optimierungen (bezogen auf die Konzepte zur Luftstromführung):**

- **Abdichten von Schlitzten und ungenutzten Höheneinheiten im Rack**
- **Abdichten von Rohrleitungen, welche Luft in den Doppelboden speisen**
- **Abdichten des eigentlichen Doppelbodens (Spalten und Isolierung)**
- **Bei Nutzung eines Doppelbodens sollten Verkabelungen den Luftstrom nicht durch entstehende Luftverwirbelungen hindern.**
- **Eventuell Bodenplatten mit integrierten Ventilatoren**

## - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

### 3. Technisches (Wiensches Verschiebungsgesetz)

- Berechnet die von einem Schwarzen Körper abgestrahlte Wärmestrahlung
- Grundlage jeder Wärmebildtechnik
- Bestimmung von Temperaturen im Weltall

$$\lambda_{max} = \frac{2897,8 \mu m K}{T}$$

## - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

### 3. Technisches (Stefan-Boltzmann Gesetz)

- Berechnung von Thermischer Leistung
- Zusammenhang zwischen Leistung, Fläche und Temperatur

$$P = \varepsilon_{Material} \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4$$
$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{\sigma \cdot A \cdot \varepsilon_{Material}}}$$

## **- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

### **3. Technisches (Plancksches Wirkungsquantum)**

**- Energieabgabe ist nicht kontinuierlich**

**-  $h = 6,6261 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$**

**- Unschärferelation**

**- Es ist nicht möglich beliebig genau zu messen**

**- Welle-Teilchen Dualismus**

**- Messung verändert Messobjekt**

## **- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

### **3. Technisches (Wie funktionieren Wärmebilder)**

- Technik ähnlich der Lichtbildfotografie**
- Zeichnet Elektromagnetische Wellen von  $1\mu\text{m}$  bis  $14\mu\text{m}$  auf**
- Berechnen der Temperatur mittels Stefan-Boltzmann Gesetz**
- Zuweisen von Farben zu Temperaturen**

**- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

### **3. Technisches (Die VarioCAM hr inspect)**

- Mikrobolometer für einen 7,5µm bis 14µm Aufnahmebereich**
- Viele Funktionen**
  - Einstellbarer Farbbereich**
  - Autofokus**
  - Messpunkte, bis zu 5 auf der Anzeige sichtbar**
  - Messbereiche mit Durchschnittswerten**

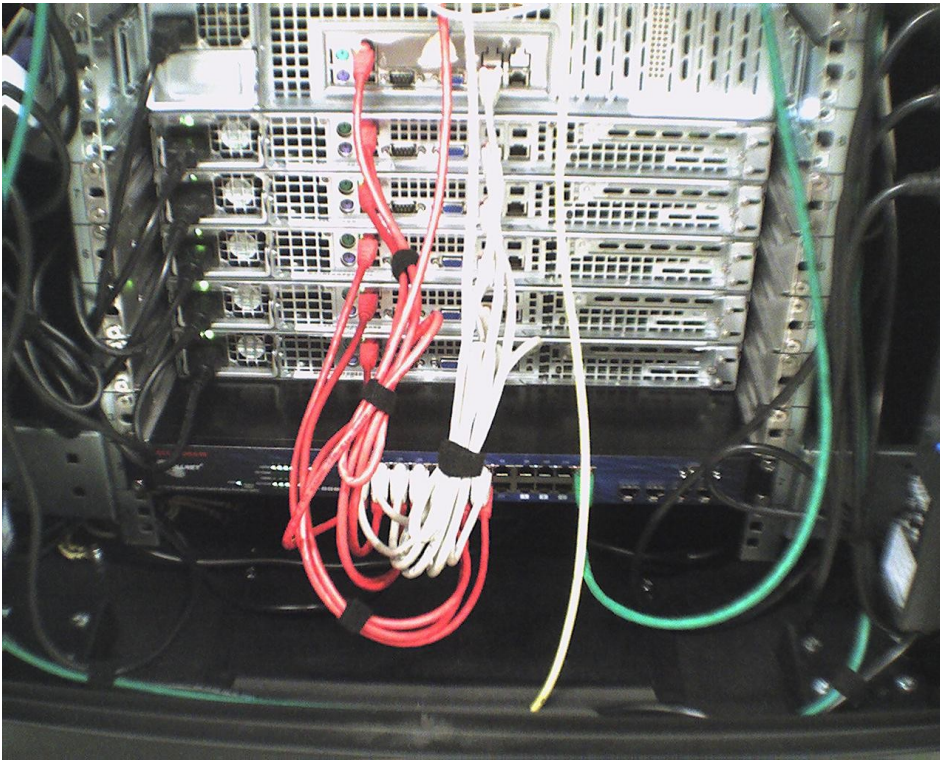


# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 4. Praktische Versuche (Ausgangssituation)

**Einzel frei stehender Rack**

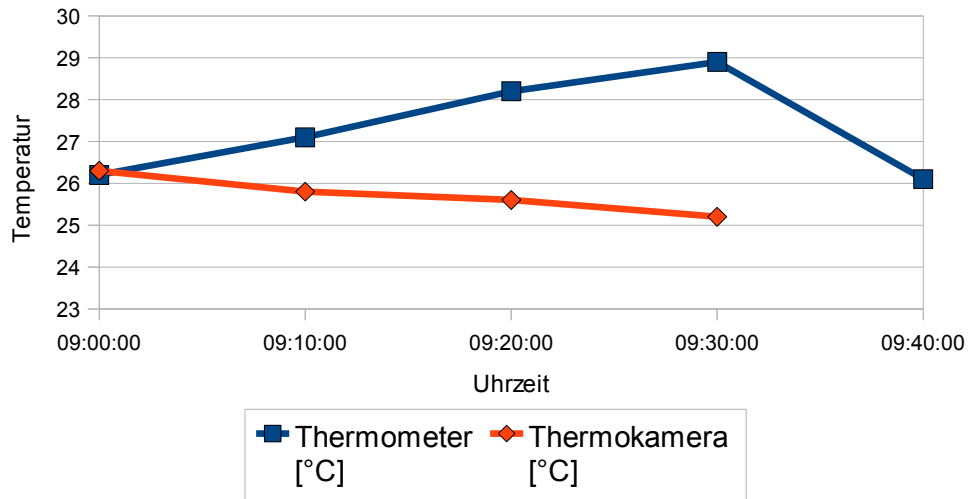
**Direkte Luftstromführung**



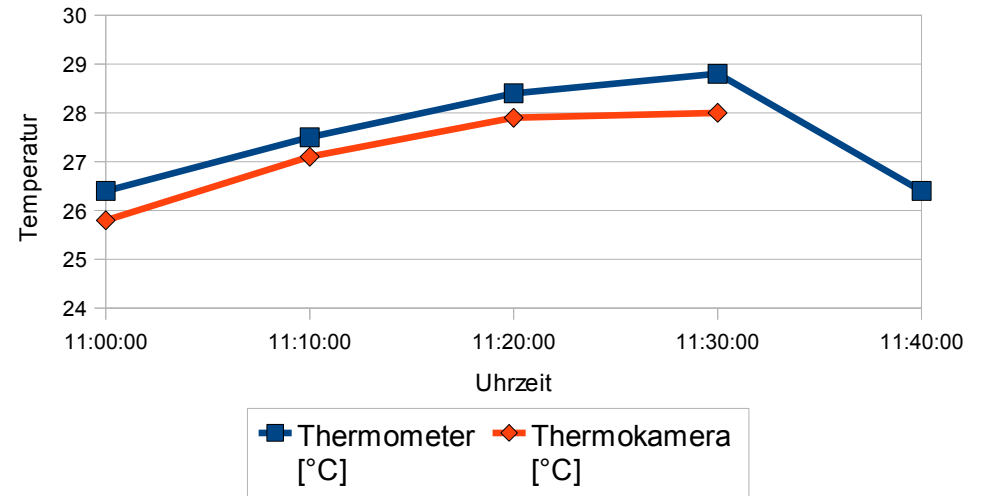
# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 4. Praktische Versuche (Abgedeckte Lüftung)

Temperaturverlauf bei unterbrochenem Luftstrom

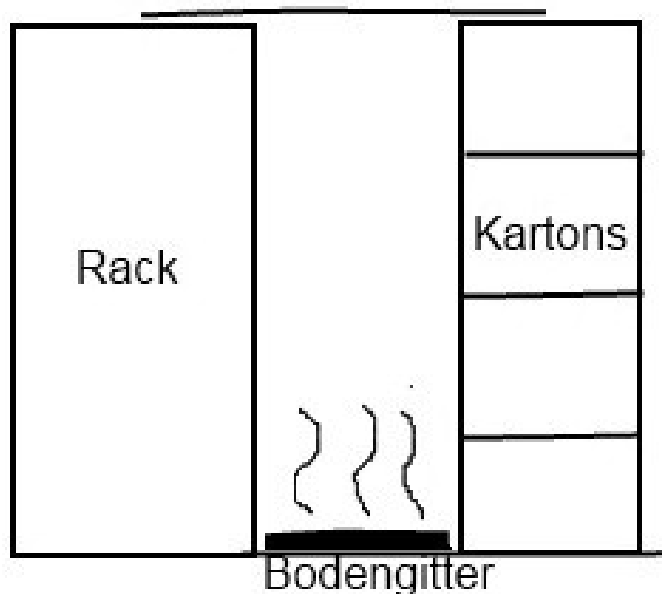


Temperaturverlauf bei unterbrochenem Luftstrom 2



# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

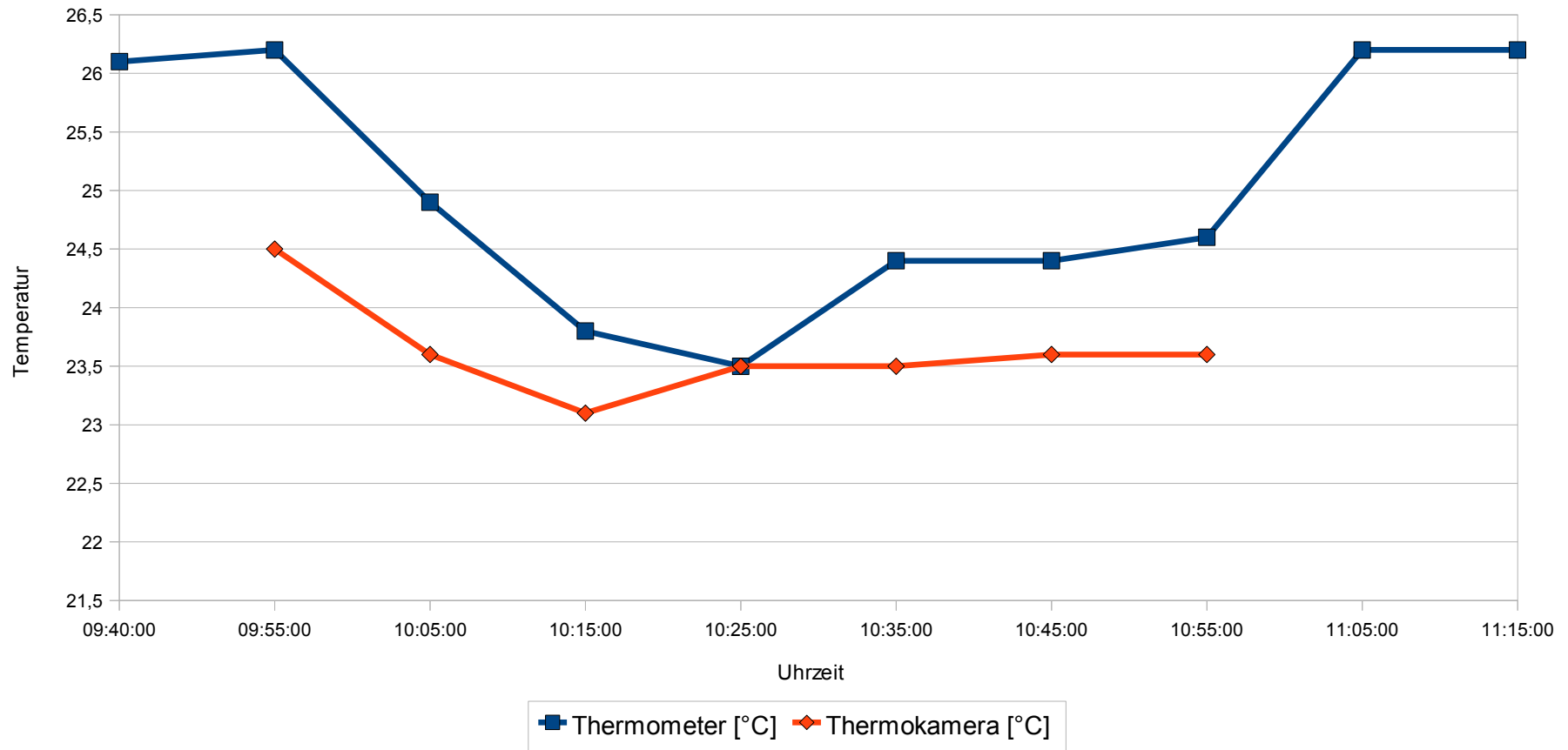
## 4. Praktische Versuche (Eckige Einhausung)



# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

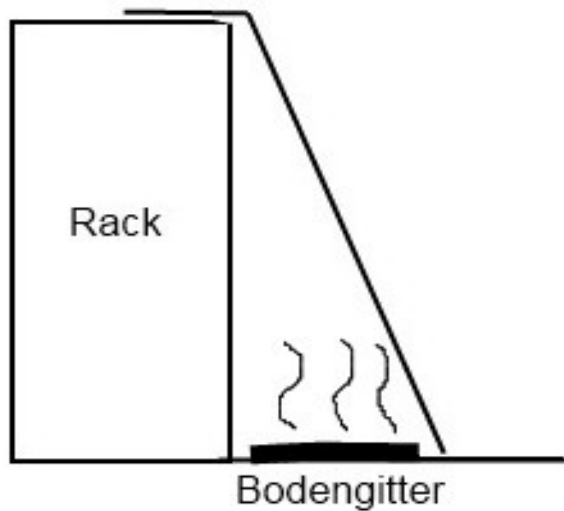
## 4. Praktische Versuche (Eckige Einhausung)

Temperaturverlauf bei eckigem Aufbau



# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

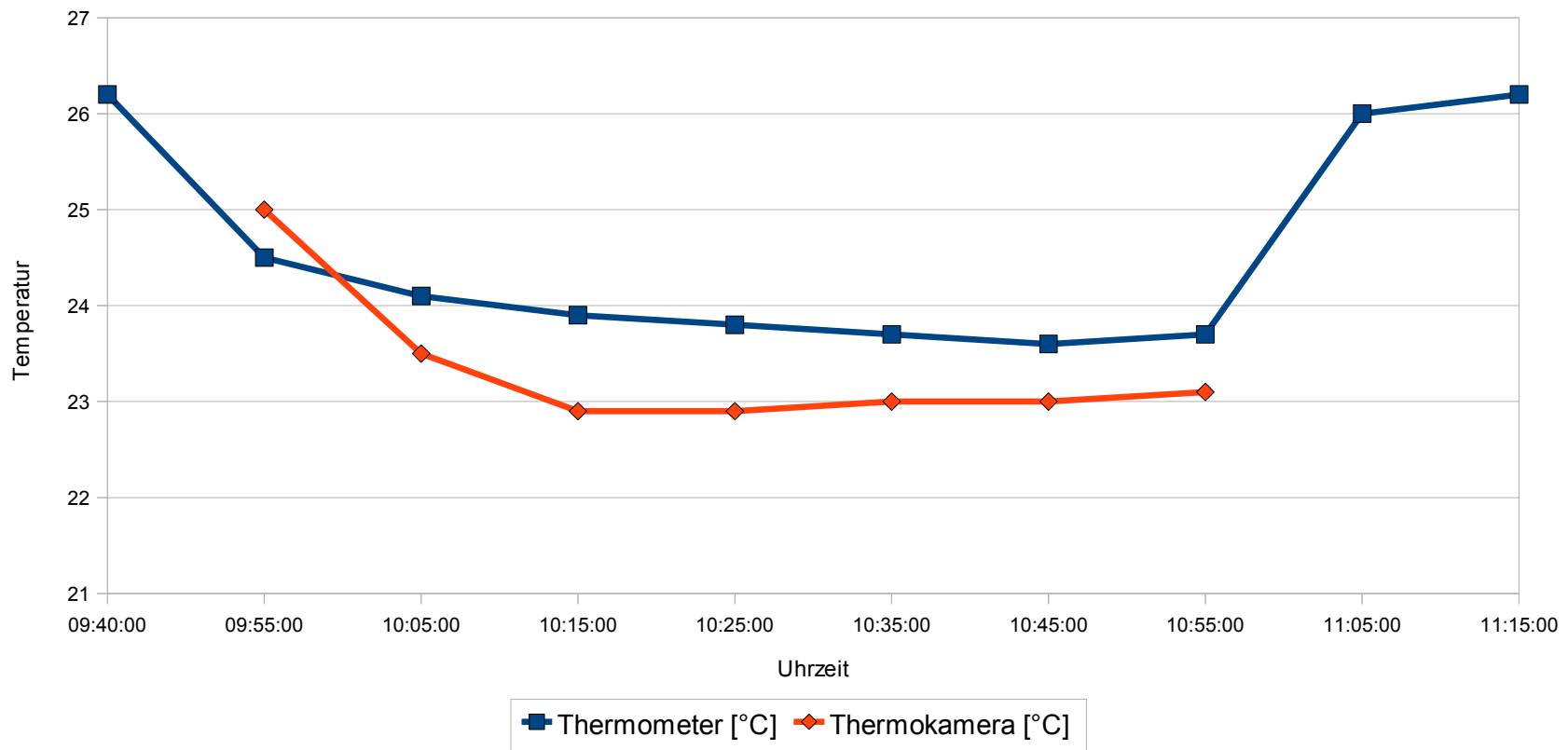
## 4. Praktische Versuche (Schräge Einhausung)



# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 4. Praktische Versuche (Schräge Einhausung)

Temperaturverlauf bei eckigem Aufbau



# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 5. Kosten der Kühlung und mögliches Einsparpotential

**Kosten für eine Einhausung, laut Angebot der Firma Lehmann-IT:**

**Rackgehäuse : 7768 EUR**  
**Einhausung: 2134 EUR**  
**Zubehör und PDUs: 4357 EUR**

**Gesamt: 14259 EUR\***

\* Exemplarisches Angebot (komplett aus dem Projekt-Bericht zu entnehmen)

**Nach oben hin sind preislich fast keine Grenzen gesetzt !**



Herr A. Kreykenbohm

Universität Hamburg  
 Siemens-Allee 1  
 D-20146 Hamburg

Edmund-

Angebot Nr. 1010 - 53 P

Poststr. 109 73054 Eisingen  
 Tel. 07161 / 850460 Fax 07161 / 850465  
 Email: info@lehmann-it.de  
 Internet: www.lehmann-it.de

Eisingen, den 19.10.2010

Sehr geehrter Herr Keykenbohm  
 VielenDank für Ihre Anfrage vom 18. Oktober 2010. Gerne bieten wir Ihnen die angefragte Einhausungslösung auf Basis unser RZ-Pro Schrankreihe wie folgt an:

Art.-Nr.	Kurzbeschreibung	BxTxH (in mm)	HE	VE	Menge	Preis	Gesamt- preis
<u>19" Racks</u>							
RZ-S-6-10-42	RZ Pro Rack - Grundgestell, verschweißt, mit umlaufender Rund -und Langlochung, statische Belastbarkeit bis 1548 kg, stufenlos tiefenverstellbare 19" Lochwinkel mit 42 HE, Transportrollen und Nivellierfüße, Pulverbeschichtung RAL 9005, tiefschwarz (RAL7035, lichtgrau Artikel Nr. RZ-G-xx)	600x1000x2000	42	1	8	481 €	3.848 €
RZ-S-6-42-LB	Belüftete Hexagon-Lochblech-Tür mit Dreipunkt-Vermiegelung und Drehhebelgriff, abschließbar, umlaufende Dichtung, 3 St. wechselseitige Schamiere mit 180° Öffnungswinkel	600x2000 (BxH)		1	16	206 €	3.296 €
RZ-S-6-10-DMK	Dachmodul mit Kabeleinlass aus Bürstenleiste	600x1000 (BxT)		1	8	38 €	304 €
RZ-S-10-42-SW	Seitenwand im Einstecksystem, verschraubt	1000x2000 (TxH)		1	4	75 €	300 €
20072	Anreihmaterial; bestehend aus Schraubensatz und Dichtungsbändern			1	4	5 €	20 €
						Zwischensumme	7.768 €
<u>Einhausung</u>							
20168	Kaltgang Türelement aus Stahlblech, Pulverbeschichtung RAL 9005, als Schiebetür mit Sichtfenster für Kaltgangbreite von 900 mm bis 1500 mm	900x2000 (BxH)		1	2	687 €	1.374 €
20173	Kaltgang-Überdachungsmodul für zwei gegenüberstehende KG-Racks mit Stahlprofilen und Sichtglas für Kaltgangbreite von 900 mm bis 1500 mm			1	4	190 €	760 €
						Zwischensumme	2.134 €

## **- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

### **5. Kosten der Kühlung und mögliches Einsparpotential**

#### **Versuchsergebnisse:**

- Temperatur am Rack je nach Ausgangslage etwa 2°C bis 4°C kälter.**

#### **Das bedeutet, dass:**

- die Klimageräte mit weniger Last gefahren,**
- Ventilatoren für Druck im Doppelboden gedrosselt und**
- die Raumtemperatur im Serverraum erhöht werden kann**



# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 5. Kosten der Kühlung und mögliches Einsparpotential

### Amortisierungsrechnung

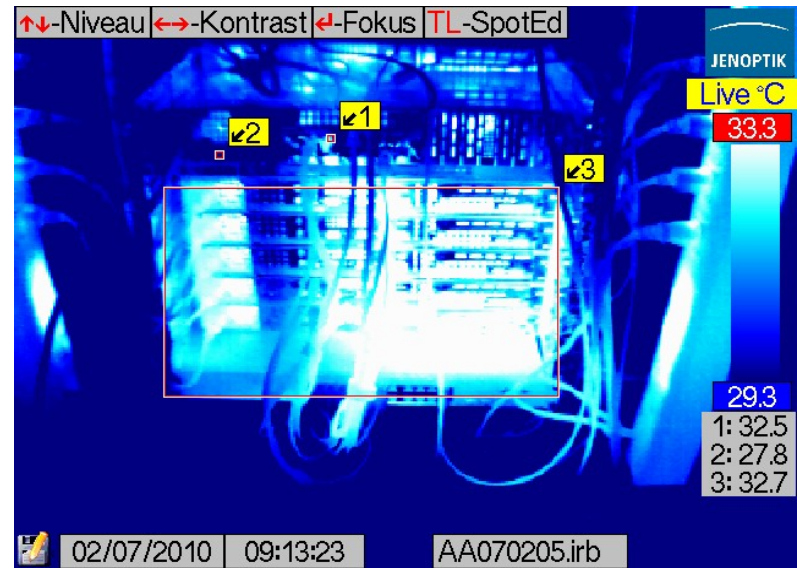
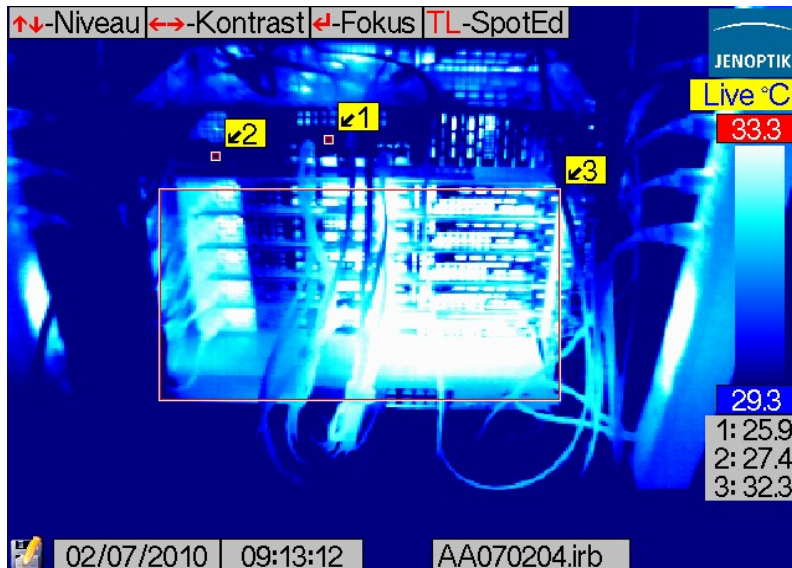
- Definitiven Angaben zur Kosteneinsparung pro °C fehlen
- In der meisten Literatur zu finden: ~ 30%
- Eher zutreffend: pro 1°C ~ 4-5% der Energiekosten
  - 1,8°C (Kaltgang-Einhausung)
  - 2 Mio Euro Kühlkosten
  - 126.000 Euro (das kann nicht stimmen!)

# - Konzepte zur Führung des Luftstroms -

## 6. Probleme, Anmerkungen und Fazit

**Blitzartiger Temperaturanstieg durch kurzfristige Auslastung**

- **Änderungen innerhalb des Racks zwischen den Versuchen**
- **Große Unterschiede zwischen Thermometer und Wärmebild**



# **- Konzepte zur Führung des Luftstroms -**

## **6. Probleme, Anmerkungen und Fazit**

**Einhausung macht Kühlung definitiv effizienter**

- Aufgrund fehlender Informationen (Kosten für 1°C Kühlung) ist unsere Arbeit nicht so aussagekräftig wie erwartet (wie viel könnte eingespart werden)**
- einzelner Rack nicht gut zum Testen**
- provisorische Materialien**
- auslastungsbedingte Temperaturschwankungen**
- Änderungen im Rack**
- keine Warmgangeinhausung simulierbar**