

**KOSTEN- UND EFFIZIENZVERGLEICH
ZWISCHEN DREI KONZEPTEN
DER RECHENZENTRUMSENTWÄRMUNG**

Inhalt:

- 1. Einleitung: Energie-Effizienz wird immer wichtiger**
 - 1.1 Die Stromverbraucher im Data Center**
 - 1.2 Entwicklung der Verlustleistungen im Data Center**
 - 1.3 Luft und Wasser als Wärmeträger**
- 2. Effizienzvergleich zwischen verschiedenen Kühlungs-Konzepten**
 - 2.1 Konzept I: Kalte und warme Gänge**
 - 2.2 Konzept II: Kalte und warme Gänge mit Einhausung**
 - 2.3 Konzept III: VARISTAR-Schränke mit integrierten Luft/Wasser-Wärmetauschern
LHX 20**
- 3. Effizienzvergleich zwischen den Kühlungskonzepten**
 - 3.1 Investitionskosten für die Klimakomponenten der verschiedenen Konzepte**
 - 3.2 Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf**
 - 3.2.1 Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf bei Konzept I**
 - 3.2.2 Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf bei Konzept II**
 - 3.2.3 Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf bei Konzept III**
 - 3.3 Vergleich Mehrkosten durch Luft- und Energiebedarf bei Konzept I und Konzept II gegenüber Konzept III**
- 4. Gesamt-Kostenvergleich**
- 5. Fazit**
- 6. Schroff Unternehmensportrait, Angaben zum Autor**

1. Einleitung: Energie-Effizienz wird immer wichtiger

Die Informations- und Telekommunikationstechnik (ITK) ist ein bedeutender Faktor für moderne Volkswirtschaften: Allein in Deutschland ist die Bruttowertschöpfung der Branche seit Mitte der 90er Jahre um fast 50 Prozent gewachsen und ist jetzt größer als die der Automobilindustrie und des Maschinenbaus.

Es gibt jedoch auch eine Kehrseite: Der Stromverbrauch der rund 50.000 Serverräume und Rechenzentren in Deutschland betrug im Jahr 2008 ca. 10,1 TWh und hat sich damit seit 2000 mehr als verdoppelt. Damit verursachten die Rechenzentren in Deutschland 2008 CO₂-Emissionen in Höhe von knapp 6,4 Mio. t.

Weltweit gesehen verursacht die gewerbliche IT etwa 2 % des CO₂-Ausstoßes und damit etwa genauso viel wie der Flugverkehr. Daraus wird deutlich, dass Energieeffizienz sowohl aus ökonomischen aber auch aus ökologischen Gesichtspunkten eine immer wichtigere Rolle spielt.

Das Papier beschäftigt sich mit drei Konzepten der RZ-Entwärmung. Ausgehend von unseren Erfahrungswerten werden Vor- und Nachteile, die durchschnittlichen Investitionen sowie laufende Betriebskosten der Konzepte für ein Rechenzentrum mit 300 kW Verlustleistung betrachtet und gegenüber gestellt.

1.1 Die Stromverbraucher im Data Center

Nur etwa die Hälfte der Stromkosten entfällt tatsächlich auf die EDV-Technik. Die anderen 50 % werden dafür aufgewendet, die nötige Sicherheit und Verfügbarkeit - durch Notstromversorgung, Sicherheitstechnik, Brandschutz und Brandbekämpfung sowie Klimatechnik - sicher zu stellen. Hierbei entfällt ungefähr ein Viertel der Stromkosten auf die Klimatechnik. Somit liegt einer der wichtigsten Schwerpunkte bei der Verbesserung der Energieeffizienz auf der Klimatisierung.

1.2 Entwicklung der Verlustleistungen im Data Center

Eine weitere Entwicklung ist die steigende Packungsdichte pro Schrank. Waren früher noch 4 bis 8 kW pro Schrank üblich, findet man heute bereits 10 bis 15 kW in einem Schrank vor. In Zukunft rechnet man mit mehr als 30 kW Verlustleistung pro Schrank.

1.3 Luft und Wasser als Wärmeträger

Unter Berücksichtigung der Energiemenge, die durch einen Stoff transportiert werden kann, kommen zur Entwärmung, je nach Anforderung, verschiedene Stoffe zum Einsatz, insbesondere Luft und Wasser. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge lässt sich die Energiemenge, die durch einen Stoff transportiert werden kann, in einer Gleichung darstellen.

$$Q = \rho \times V \times c_p \times dT$$

Hierbei ist ρ = Stoffdichte, V = der Volumenstrom, c_p = spezifische Wärmekapazität des Stoffes und dT = Temperaturdifferenz.

Betrachtet man verschiedene Stoffe ändert sich der Faktor aus Stoffdichte (ρ) und der spezifischen Wärmekapazität des Stoffes (c_p). Beim Umstieg von Luft auf Wasser vergrößert sich dieser Faktor fast um das 4.000-fache. Hat man sich auf einen Wärmeträger festgelegt, ist die einzige veränderbare Größe in der Gleichung der Volumenstrom (V) und somit die Geschwindigkeit des Wärmeträgers.

2. Effizienzvergleich zwischen verschiedenen Kühlungs-Konzepten

Es wurden Kühlungseffizienz und Kosten für drei verschiedene Kühlungskonzepte mit jeweils gleicher Verlustleistung untersucht.

Konzept I ist ein Aufbau mit kalten und warmen Gängen mit reiner Luftkühlung.

Konzept II ist ein Aufbau mit einer Einhausung der kalten und warmen Gängen und weiterhin reiner Luftkühlung. Prinzipiell besteht die Möglichkeit sowohl kalte als auch warme Gänge einzuhausen. Die Differenzen zwischen der Kaltgang- oder Warmgangeinhausung werden hier jedoch nicht näher angesprochen. Im folgenden Effizienzvergleich haben wir uns für die Kaltgang-Einhausung entschieden.

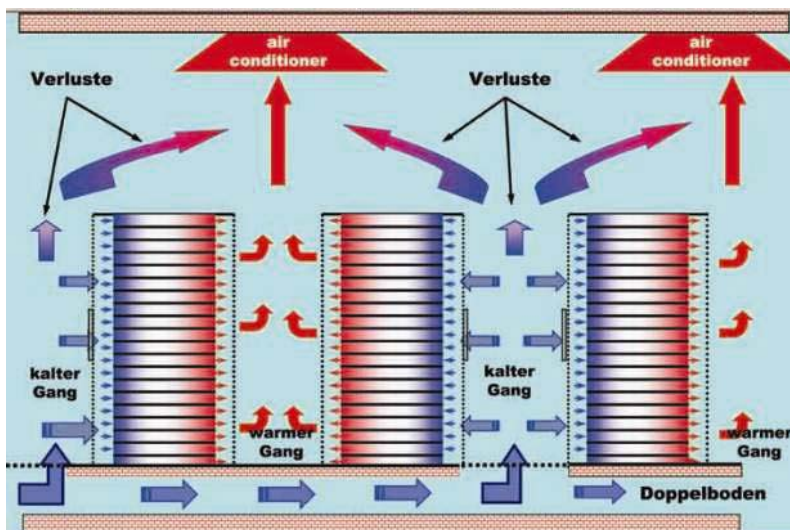
Konzept III ist ein Aufbau mit wassergekühlten Serverschränken.

Als Ausgangssituation wurde ein Rechenzentrum mit einer Gesamt-Verlustleistung aller Server von 300 kW angenommen. Unter Berücksichtigung der höchst möglichen Verlustleistung pro Schrank wurden Kühlungseffizienz und Kosten für die verschiedenen Kühlungskonzepte untersucht.

2.1 Konzept I: Kalte und warme Gänge

Die maximal mögliche Kühlleistung pro Serverschrank wird bei reiner Luftkühlung durch die Fähigkeit des umgebenden Raumes begrenzt, ausreichend Kühlluft zu den Frontseiten der Schränke zu bringen und die Warmluft von den Rückseiten wieder aus dem Raum herauszuführen. Die Kalt- bzw. Warmgänge werden so gebaut, dass die Serverschränke in Reihen aufgestellt werden. In der einen Reihe werden die Schränke mit den Frontseiten der Server zueinander positioniert (Kaltgang) und in der nächsten Reihe werden die Schränke mit den Rückseiten der Server zueinander aufgestellt (Warmgang). Nun gibt es verschiedene Möglichkeiten die kalte Luft zuzuführen:

- Die kalte Luft kommt von unten durch den Doppelboden zu den Frontseiten der Serverschränke, also in den Kaltgang. Über die Strömungsgeschwindigkeit der Luft muss sichergestellt werden, dass die oberen Server genügend kalte Luft bekommen und gleichzeitig die unteren Server nicht durch eine zu hohe Strömungsgeschwindigkeit unterversorgt bleiben.
- Die Kaltluft strömt von oben in den Kaltgang. Hier besteht die Problematik, dass die kalte Luft nur sehr schwer bis ganz nach unten zu den Servern gelangt.
- Die kalte Luft wird sowohl von oben als auch von unten in den Kaltgang geführt. Bei diesem „High Efficiency Cold Aisle“-Konzept werden die oberen Server-Reihen von oben und die unteren von unten optimal mit kalter Luft versorgt.



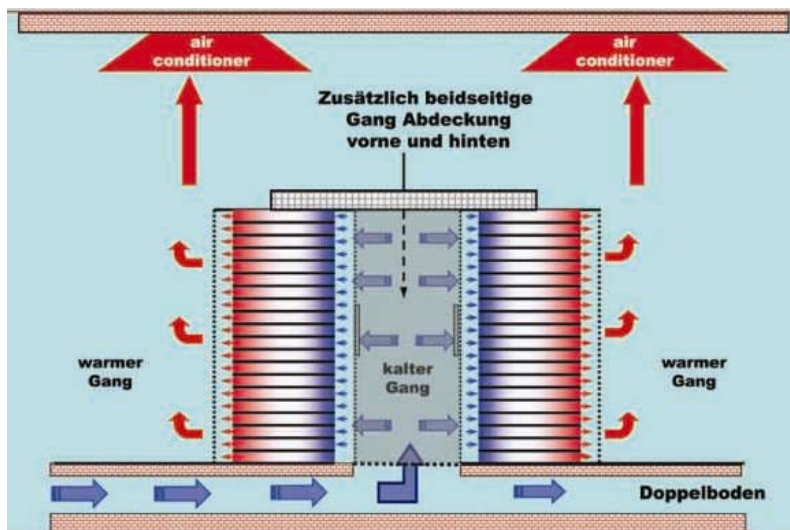
In unserem Konzept I wird die kalte Luft ausschließlich von unten über den Doppelboden in den Kaltgang zugeführt. Außerdem sind die Absaugvorrichtungen der Klimaanlage, die die erwärmte

Luft absaugen, direkt über den Warmgängen so platziert bzw. verteilt, dass die Luft einigermaßen gleichmäßig abgesaugt wird.

In vielen bestehenden Rechenzentren wird dies nicht konsequent umgesetzt. Daher vermischt sich in den meisten Kalt-/Warmganganordnungen die warme und kalte Luft im oberen Bereich und führt zu weiteren unnötigen Verlusten.

2.2 Konzept II: Kalte und warme Gänge mit Einhausung

Um die Verluste aus den kalten Gängen zu minimieren und die Gradwanderung zwischen zu niedriger und zu hoher Strömungsgeschwindigkeit zu umgehen, gibt es bei der Kaltluftzufuhr über den Doppelboden verschiedene Optimierungsmöglichkeiten. Eine sehr effiziente Lösung ist die Abdeckung der kalten Gänge von oben. Dadurch kann zum einen die Strömungsgeschwindigkeit der kalten Luft reduziert werden und zum anderen werden Luftkurzschlüsse vermieden. Die Temperaturschichtung entlang der Schrankhöhe wird deutlich reduziert, was zur Effizienzsteigerung der Klimaanlage beiträgt. Die kalte Luft, die in den kalten Gang hineingeleitet wird, gelangt genau dort hin wo sie gebraucht wird und kann von den Servern in den Schränken angesaugt werden.



Zusätzlich zur Abdichtung von oben wird der kalte Gang auch vorne und hinten geschlossen (Tür oder Schleuse). In dieser abgeschlossenen Zelle kann die kalte Luft nur noch durch die Serverschränke strömen. Damit der so entstandene Kaltgang richtig funktioniert, wird in ihm ein konstanter Überdruck erzeugt, der idealer Weise so niedrig wie möglich gehalten werden soll.

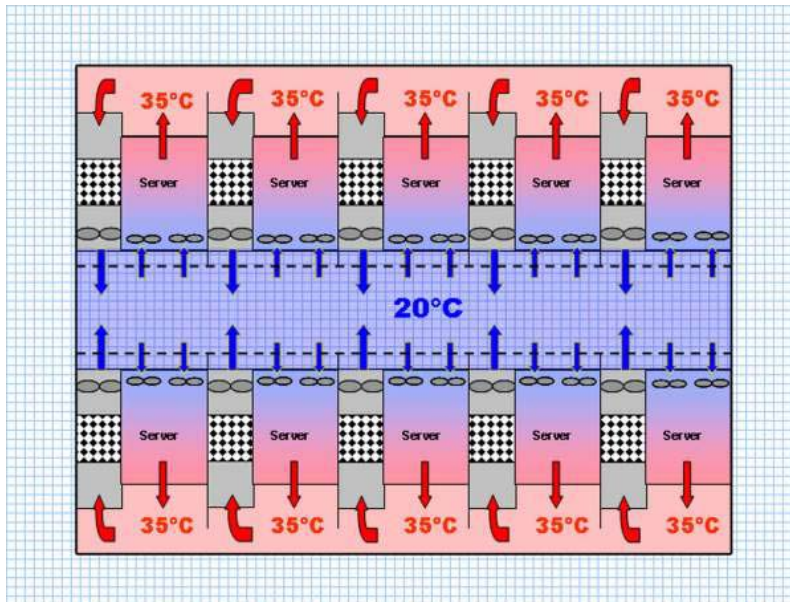
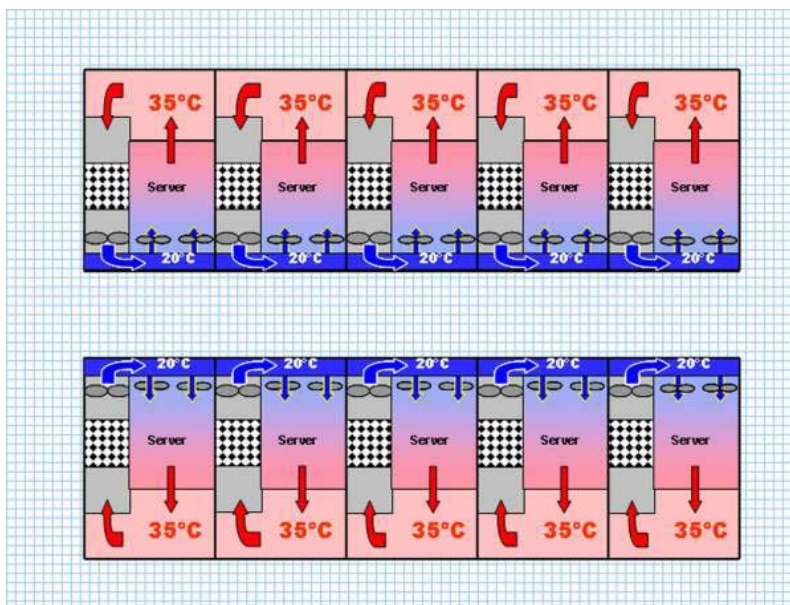


Bild: Kaltgangeinhausung mit mehreren LHX 20 als Kühlungseinheiten

2.3 Konzept III: VARISTAR-Schränke mit integrierten Luft/Wasser-Wärmetauschern LHX 20

Die Serverschränke werden im geschlossenen Zustand über Luft/Wasser-Wärmetauscher gekühlt. Dadurch entsteht ein raumunabhängiges Kühlkonzept und die Vorteile einer Wasserkühlung können uneingeschränkt genutzt werden.



Die Schrankinnentemperatur wird exakt auf die Serverbedürfnisse abgestimmt, die sonstige Infrastruktur bleibt dabei unberührt. Es werden nur die Bereiche im Rechenzentrum gekühlt, die Kühlung benötigen. Im Normalbetrieb kann so die Leistung der Klimaanlage auf ein notwendiges Minimum heruntergefahren werden. Die Klimaanlage muss nur den Teil der Wärme abführen, der durch die Schrankoberflächen an den Raum abgegeben wird und übernimmt zusätzlich eine Sicherheitsfunktion.

3. Effizienzvergleich zwischen den Kühlungskonzepten

Für die verschiedenen Konzepte ergeben sich unterschiedlich mögliche Kühlleistungen pro Schrank, so dass die gesamte Verlustleistung der Server je nach Konzept auf eine unterschiedliche Anzahl von Schränken verteilt ist.

Konzept I: Kalt/Warmganganordnung	Konzept II: Kaltgangeinhausung	Konzept III: wassergekühlte Serverschränke
5 kW pro Schrank	10 kW pro Schrank	15 kW pro Schrank
60 Schränke notwendig	30 Schränke notwendig	20 Schränke notwendig

Beim Vergleich gehen wir von einer gleichen Räumgröße für alle Konzepte aus. Der bei den luftgekühlten Data Centern notwendige Doppelboden bleibt für die wassergekühlte Ausführung (Konzept III) für die Unterbringung der Wasserrohre und gegebenenfalls auch für die Verkabelung erhalten. Der erhöhte Platzbedarf für Kalt/Warmganganordnung im Vergleich zur Einhausung und gegenüber wassergekühlten Serverschränken ist ein wichtiger Vorteil von Konzept III. Die unterschiedlich notwendige Anzahl an Serverschränken wird bei den Investitionskosten bewertet, allerdings lässt sich der erhöhte Platzbedarf nur schwer bei den Kosten erfassen und wird im weiteren Effizienzvergleich nicht berücksichtigt. Je nach Platzverfügbarkeit handelt es sich hier aber um einen wesentlichen Vorteil.

3.1 Investitionskosten für die Klimakomponenten der verschiedenen Konzepte

	Konzept I Kalt/Warmgang- anordnung	Konzept II Kaltgangeinhausung	Konzept III wassergekühlte Serverschränke
gleiche Klima-Komponenten bei allen Konzepten	Kältemaschine		
	Rückkühler		
	Doppelpumpstation mit Störumschaltung		
	Kälteleitungen		
gesamte Kosten für diese Komponenten	ca. 150.000 €		

konzeptspezifisch benötigte Klimakomponenten	Umluftkühler Wasser		Wasserleitungen
	Absperklappen		Isolierung für Wasserleitungen
	Luftkanäle zum Absaugen warmer Luft		Wasserabsperventile
	Eckstücke für die Luftkanäle		
		Das Einhausen der Schrankreihe inkl. Montage	
	60 Serverschränke für je 5 kW	30 Serverschränke für je 10 kW	20 wassergekühlte Schränke (LHX 20) für je 15 kW mit eigenständigen Ventilatoren und Wassersteuerung
zusätzliche Kosten für das Konzept	ca. 140.000 €	ca. 120.000 €	ca. 160.000 €

Gesamt-Investitionen für Klimakomponenten	290.000 €	270.000 €	310.000 €
--	------------------	------------------	------------------

3.2. Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf

Bei den Konzepten I und II haben wir mit zum Teil erheblichen Luftverlusten durch Leckage zu tun und infolge dessen mit Mehrkosten. Die zusätzlichen Energiekosten entstehen durch die bei beiden Konzepten notwendige Unterkühlung der Data Center-Räume. Bei Konzept III (wassergekühlte Serverschränke) handelt es sich um ein luftdicht geschlossenes System ohne Luftverluste. Somit entstehen dort keine Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf.

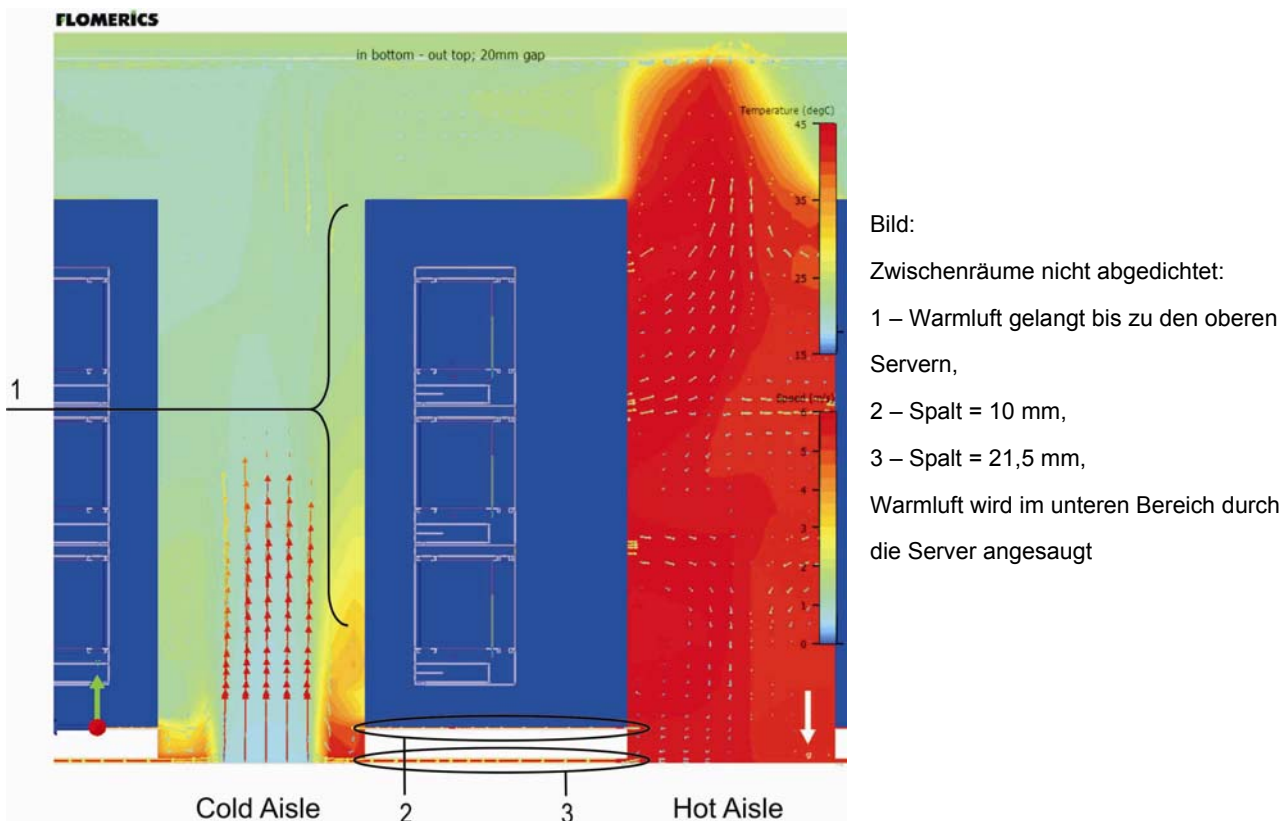
3.2.1 Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf bei Konzept I

Im Kaltgang eines Data Centers mit Doppelboden ergeben sich sowohl in den oberen als auch in unteren Bereichen funktionsbedingte Luftkurzschlüsse. Funktionsbedingt bedeutet, diese Luftkurzschlüsse sind unvermeidbar, damit das Konzept überhaupt funktioniert. Die Hauptursache liegt darin, dass es nicht möglich ist, die Menge der über den Doppelboden einströmenden Kaltluft so fein zu steuern, dass die oberen Server stets genau die richtige Menge Kaltluft bekommen.

Solch eine Regelung müsste auch den unterschiedlichen momentanen Leistungsanforderungen der Server folgen, die sich im Laufe des Tages aufgrund der wechselnden Netzbelastungen ergeben. So stellt ein Kaltluftüberschuss eine preiswerte und unkomplizierte Alternative dar. Die dadurch erzeugten Luftkurzschlüsse haben eine negative Auswirkung einerseits auf die wegen der Temperaturschichtungen zur Verfügung stehende Kaltlufttemperatur, andererseits auf die reale Kaltluftmenge. Um dem entgegen zu wirken müssen entsprechende Gegenmaßnahmen getroffen werden.

Die vertikalen Temperaturunterschiede (Temperaturschichtungen) vor den Servern und entlang der Schrankhöhe erreichen Werte von ca. 4 K. Um diesen Betrag muss dann der gesamte Raum unterkühlt werden, damit die oben eingebauten Server ausreichend kalte Luft bekommen. Außerdem kommen noch Wärmeverluste im Doppelbodenbereich hinzu, die mit einer Luftunterkühlung gegenüber der gewünschten Lufttemperatur um mindestens 2 K ausgeglichen werden müssen. Dieser Wert wird umso höher, je größer, länger und schlechter isoliert der Doppelboden ist.

Erfahrungsgemäß wird durch die oben erwähnten Luftkurzschlüsse die Reduzierung der realen Luftmenge auf ca. 15% geschätzt, größtenteils abhängig von der Güte der Abdichtmaßnahmen in unteren Schrankbereichen sowie der Lage und Güte der Warmluftabsaugung aus dem Raum.



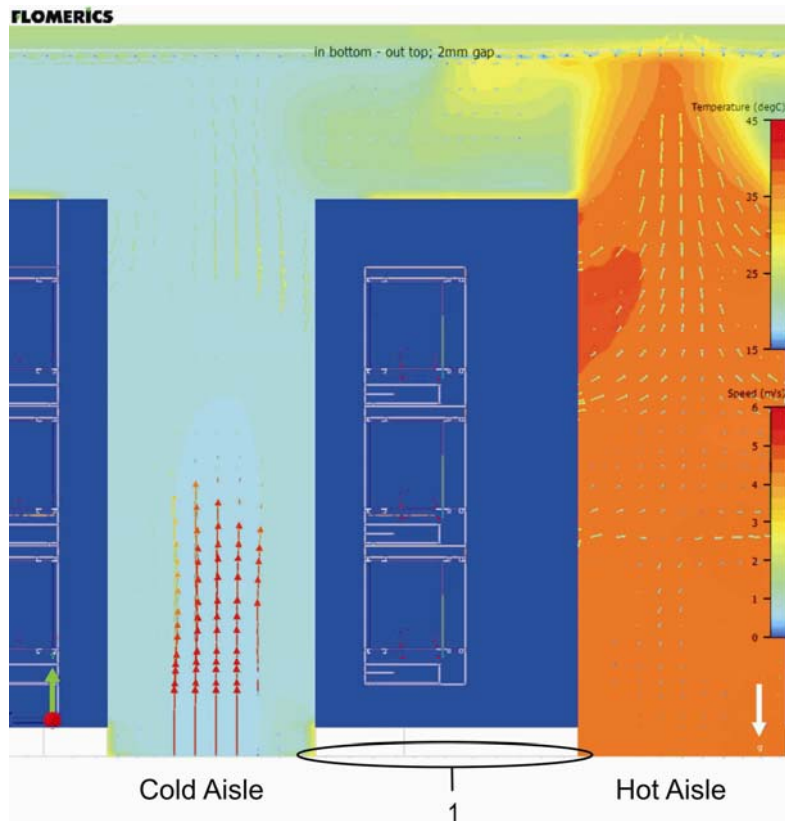


Bild:

Zwischenräume abgedichtet:

Geringfügiges Ansaugen der warmen Luft durch die Server im oberen Bereich des Kaltganges;

1 – Spalt 2 mm bzw.

Abdichtmaßnahmen;

im unteren Bereich des Kaltganges wird kaum Warmluft durch Server angesaugt

Beim Ausgleich dieser Luftdefizite entstehen vor den Servern erhöhte Luftgeschwindigkeiten, die das Ansaugen der kalten Luft durch die Server erschweren. Um diese Auswirkung abzuschwächen wird eine zusätzliche Luftunterkühlung um mindestens 1 K notwendig sein. Das erhöht die gesamte Luftunterkühlung im Data Center auf mindestens 7 K. Diese notwendige Unterkühlung verursacht zusätzliche Energiekosten.

Eine Faustregel besagt, dass um den Raum eines Data Centers unterhalb einer bestimmten Lufteinlasstemperatur zu kühlen, eine zusätzliche Energieaufwendung von ca. 3% bis 4% pro 1K der Temperaturdifferenz innerhalb der Klimatisierung erforderlich ist. Damit erhöhen sich im oben beschriebenen Fall mit 7 K Unterkühlung die Stromkosten um 21% bis 28%.

3.2.2 Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf bei Konzept II

In einer Einhausung entstehen ebenfalls Luftverluste, die, bedingt durch den dort herrschenden Luftüberdruck, auf die Undichtigkeiten zwischen den Schränken selbst sowie dem Sockel und dem Boden zurück zu

führen sind. In einer Einhausung soll laut BITKOM ein genereller Luftüberdruck von ca. 25 Pascal herrschen. Dieser Wert ist oft nur schwer einzuhalten. Die meisten Anwender begnügen sich mit ca. 15 Pascal.

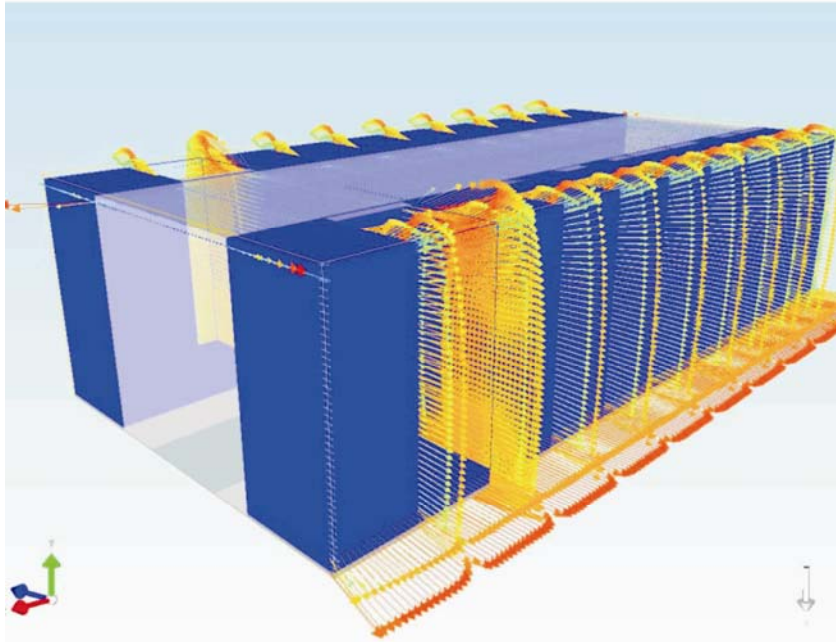


Bild:
Luftverluste in einem Cold Aisle Containment

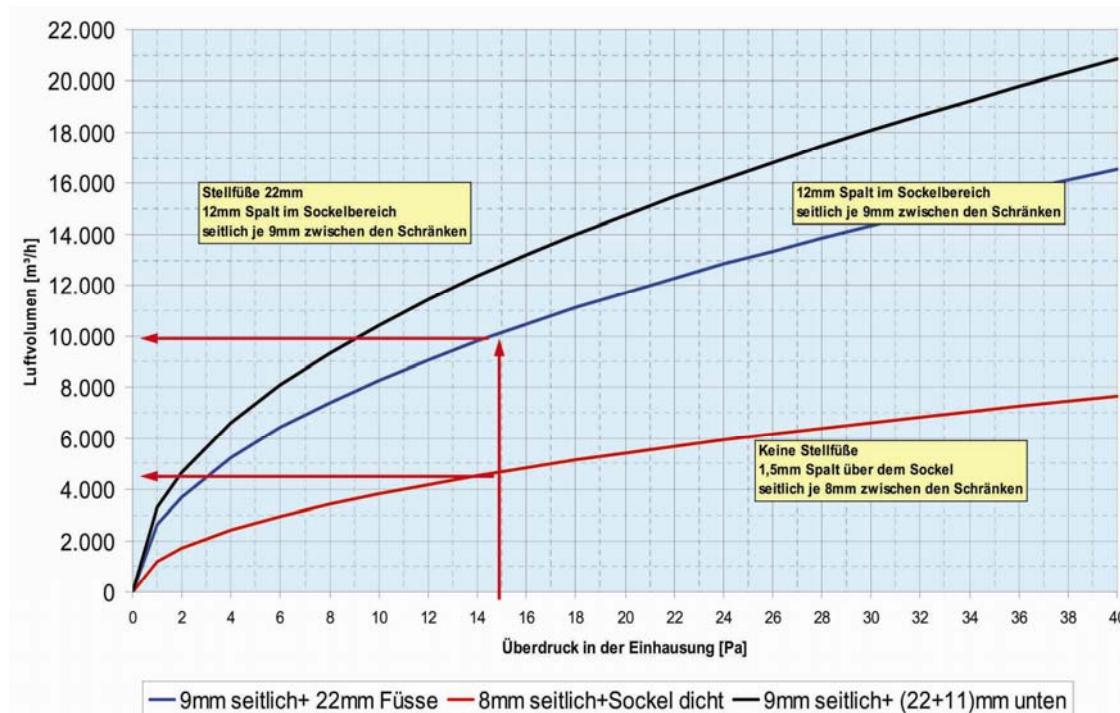


Bild: Luftverlust in Folge des Überdruckes in einer Einhausung von 30 Schränken

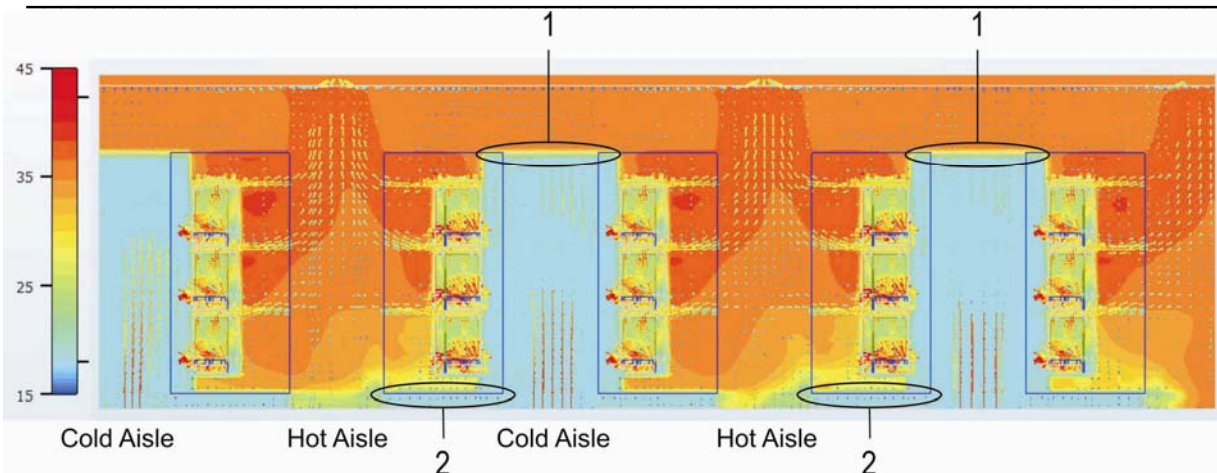


Bild:

Cold Aisle Containment:

1 – Geringfügige Wärmerückstrahlung über das Dach der Einhausung;

2 – Kalte Luft strömt durch den 12 mm Spalt in Richtung Hot Aisle, keine Rückführung der warmen Luft zum Cold Aisle.

Homogener Verlauf der Kaltlufttemperatur im Cold Aisle

Möchte der Anwender die Verluste infolge des generellen Überdruckes minimieren, so müsste er den Überdruck an den kritischen Stellen (Referenzmessstellen) innerhalb der Einhausung messen und danach die Menge der kalten Luft regeln. Dieses Verfahren ist in der Realität sehr umständlich, da bedingt durch eine häufig wechselnde Auslastung der Serverschränke, die Referenzmessstellen oft ihre Position wechseln. Außerdem müsste die Regelung sehr schnell reagieren, damit der Kühlbedarf bzw. Luftvolumenbedarf einzelner Server immer sofort gedeckt wird. Die Realisierung einer solchen Anlage mit einer entsprechenden Luftvolumenregelung ist daher sehr aufwändig und kostspielig.

3.2.3 Mehrkosten durch erhöhten Luft- und Energiebedarf bei Konzept III

Die Verlustleistung der Server wird mit 15 kW pro Schrank bei einer Temperaturdifferenz über die Server von 15 K angenommen. Es entstehen bei Konzept III mit Wasserkühlung keine zusätzlichen Kosten durch Luftvolumen- oder Energie-Verluste.

	Luftvolumenstrom im LHX 20	Leistungsaufnahme LHX 20	Verlustleistung Server	Leistungsaufnahme Chiller
einzelner 1 x VARISTAR LHX 20	2.311 m³/h	550 W	15 kW	---
Reihe von 20 x VARISTAR LHX 20	46.220 m³/h	11 kW	300 kW	90 kW ^{*)}

^{*)} Leistungsaufnahme des Chillers zur Kühlung des Kaltwassers: 30 % x 300 kW = 90 kW

3.3. Vergleich Mehrkosten durch Luft- und Energiebedarf bei Konzept I und Konzept II gegenüber Konzept III

Luftvolumenstrom-Verluste

		zusätzlich notwendiger Luftvolumenstrom	Energieverbrauch der Lüfter	jährliche Energiekosten der Lüfter (bei 0,13 €/kWh, 24h x 365 Tage)
Kalt/Warmgang- anordnung (Konzept I)	15% Luftvolumenstrom- verluste	6.993 m³/h (15 x 46.220)	ca. 2,0 kW	2.278 € p.a.
Einhausung mit 9 mm Spalt zwischen den Schränken (Konzept II)	Luftvolumenstrom- verluste bei Spalt 1,5 mm	4.800 m³/h	ca. 1,3 kW	1.480 € p.a.
	Luftvolumenstrom- verluste bei Spalt 12 mm	10.000 m³/h	ca. 2,8 kW	3.188 € p.a.

Energie-Verluste durch notwendige Unterkühlung basierend auf dem nominalen Energieverbrauch von 90 kW für die Wasserkühlung

	notwendige Unterkühlung	zusätzliche Energieaufwendung (Faustregel: 3 bis 4 % pro 1 K)	Energieverlust	zusätzliche jährliche Kosten für den Energieverlust (bei 0,13 €/kWh, 24h x 365 Tage)
Kalt/Warmgang- anordnung (Konzept I)	7K	21 bis 28%	18,9 bis 25,2 kW	21.523 bis 28.698 €
Einhausung mit 9 mm Spalt zwischen den Schränken (Konzept II)	2K	6 bis 8%	5,4 bis 7,2 kW	6.150 bis 8.200 €

4. Gesamt-Kostenvergleich

	Kalt/Warmgang- anordnung (Konzept I)	Einhausung mit 9 mm Spalt zwischen den Schränken (Konzept II)		wassergekühlte Serverschränke (Konzept III)
Investitionen		Sockelspalt 1,5 mm	Sockelspalt 12 mm	
gesamt Investitionen für Klimakomponenten	290.000 €	270.000 €		310.000 €
Differenz Investitionen in Vergleich zu Konzept III	ca. -20.000 €	ca. -40.000 €		--
Betriebskosten				
zusätzliche jährliche Kosten Luftvolumenstrom- verluste	2.278 €	1.480 €	3.188 €	--
zusätzliche jährliche Kosten Energie- Verluste	(21.523 bis 28.698) €	6.150 bis 8.200 €		--
gesamte jährliche Zusatz-Kosten	(23.801 bis 30.976) €	7.630 bis 9.680 €	9.338 bis 11.388 €	--

5. Fazit

Die Energieeffizienz der Klimatisierung eines Rechenzentrums wird sowohl durch ökologische als auch ökonomische Faktoren bestimmt. Auf der ökologischen Seite steht dabei ein geringer CO₂-Ausstoß durch einen möglichst geringen Stromverbrauch an erster Stelle. Die ökonomische Betrachtung richtet sich vor allem auf die anfallenden Investitions- und die laufenden Betriebskosten. Wesentlichen Einfluss hat dabei die grundsätzliche Konzeption der Klimatisierung. Die richtige Wahl der Technologien und Prinzipien legt den Grundstein für eine effiziente Klimatisierung. Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen belegen eindeutig den Vorteil einer Klimatisierung mit wassergekühlten Serverschränken VARISTAR LHX 20. Aus ökologischer Sicht ist der CO₂- Ausstoß dank eines relativ niedrigen Stromverbrauchs geringer. Außerdem ist auch das Kühlmedium Wasser sehr umweltfreundlich. Hinzu kommt ein deutlich geringerer Geräuschpegel und damit ein humaneres Raumklima: 100 x VARISTAR LHX 20 = 75 dB(A), 1 x luftgekühltes Rack > 80 dB(A). Da Rechenzentren in der Regel für einen Betrieb über viele Jahre ausgelegt sind, werden auch die ökonomischen Vorteile von Konzept III deutlich. Die im Vergleich etwas höheren Investitionskosten bei der Hardware werden über eine Laufzeit von 10 Jahren durch die niedrigeren Betriebskosten mehr als ausgeglichen. Das bedeutet weniger Kosten bei gleichzeitig höherer Effizienz. Nicht zuletzt ergeben sich auch technologische Vorteile beim Einsatz wassergekühlter Serverschränke VARISTAR LHX 20, wie z. B. die Skalierbarkeit durch die unabhängige Kühlung einzelner Schränke und die höhere Kühlleistung (bis 15 KW) pro Schrank.

6. Schroff-Unternehmensportrait, Angaben zu den Autoren

Schroff mit Firmensitz in Straubenhardt/Deutschland ist ein führender Entwickler und Hersteller von Elektronik-Packaging-Systemen für die Elektronik, Automatisierung, Informations- und Kommunikationstechnik weltweit. Das Standardproduktprogramm reicht von Schränken, Gehäusen und Baugruppenträgern über Stromversorgungen, Busplatinen bis hin zu Mikrocomputer-Aufbausystemen. Auf Basis dieser Produktplattformen ist Schroff in der Lage, kundenspezifische Modifikationen schnell und kostengünstig zu realisieren. Im umfassenden Integrationservice vereint Schroff seine Produkt- und Serviceleistungen zu einer Komplettlösung mit echtem Kundennutzen. Unsere Produkte und Serviceleistungen sind die Ergebnisse jahrzehntelanger Fokussierung auf die globalen Belange der Elektronikmärkte. So hat Schroff seine Kernkompetenzen stetig ausgebaut, um heute mit Expertenwissen in Electronic Packaging, Thermal Management und elektromagnetischer Kompatibilität zusätzliche Wertschöpfung einzubringen.

Dr.-Ing. Adam Pawlowski ist Absolvent der "Politechnika Warszawska" in Warschau, Fachbereich Flugzeugmotorenbau mit Schwerpunkt Verbrennungsvorgänge. Während seiner Zeit als wissenschaftlicher Angestellter an der TU Berlin promovierte er im Fachbereich Mechanische Schwingungslehre. Im Laufe seines beruflichen Werdegangs arbeitete er mehrere Jahre als Abteilungsleiter im Bereich F&E Klimatechnik in Unternehmen der Schaltschrankklimatisierung sowie der Automobilindustrie. Seit August 2005 ist Dr.-Ing. Pawlowski bei der Schroff GmbH als Principal Engineer Thermal Management tätig.

Diplom-Betriebswirt Markus Gerber ist Absolvent der Hochschule Pforzheim, Fachbereich Markt- und Kommunikationsforschung. Seit Februar 2007 ist Herr Gerber bei der Schroff GmbH beschäftigt. Er arbeitet als Projektleiter zur Einführung eines umfassenden Service Konzepts und ist seit Januar 2009 Produkt Manager für Schrankzubehör und Vertical Market Manager Datacom.