

UNIVERSITÄT HAMBURG

# Gebäudetechnik in Rechenzentren

---

Seminar Green IT

Marc Rebal

16.03.2012

# 1 Inhalt

2	Einführung .....	3
3	Verbraucher.....	6
3.1	Server.....	6
3.2	Rechenzentrum (gesamt) .....	7
3.3	Unterbrechungsfreie Stromversorgung .....	7
3.3.1	USV Klasse 3 - „Offline-System“ .....	8
3.3.2	USV Klasse 2 - „aktiver Mitlaufbetrieb“ .....	8
3.3.3	USV Klasse 1 - „Online-System“ .....	9
4	Kühlung.....	10
4.1	Luftkühlung.....	10
4.2	Wasserkühlung.....	11
5	Konzepte.....	13
5.1	Kalt- & Warmgänge .....	13
5.2	Kaltgangeinhausung .....	13
5.3	Container .....	15
5.4	Freie Kühlung.....	16
5.5	Kühltemperatur .....	17
5.6	Virtualisierung .....	17
5.7	Nutzung der Abwärme .....	17
6	Fazit .....	18
7	Abbildungsverzeichnis.....	19

## 2 Einführung

Ein Rechenzentrum ist ein Standort einer zentralen Datenverarbeitung. Sie stellen ihre Rechenleistung für große Berechnungen, z.B. Berechnung von Klimamodellen, als Dienstleistung für andere Unternehmen oder auch für interne Anwendungen bereit. Die Menge der zur Verfügung stehenden Rechenleistung ist abhängig von der Größe des Rechenzentrums. Diese kann stark variieren, von einem einzelnen Serverschrank bis zu ganzen Lagerhallen. Die Anzahl der in Deutschland existierenden Rechenzentren ist in den letzten Jahren gestiegen. Die Verteilung der unterschiedlichen Typen sah 2008 in Deutschland wie folgt aus:

Rechenzentrumstyp	Anzahl
Serverschrank (3 bis 10 Server)	33.000
Serverraum (bis 100 Server)	18.000
Kleines Rechenzentrum (bis 500 Server)	1.750
Mittleres Rechenzentrum (bis 5.000 Server)	370
Großes Rechenzentrum (über 5.000 Server)	50

Abb. 2.1: Verbreitung in Deutschland 2008<sup>1</sup>

Diese Entwicklung ist nicht zuletzt damit zu begründen, dass Themen wie Cloudcomputing immer mehr in den Vordergrund rücken. Einher geht auch die Entwicklung der Stromverbräuche und der Stromkosten.

---

<sup>1</sup> <http://www.greenit-bb.de/assets/files/rz-2010-vortrag-hintemann.pdf> Seite 9

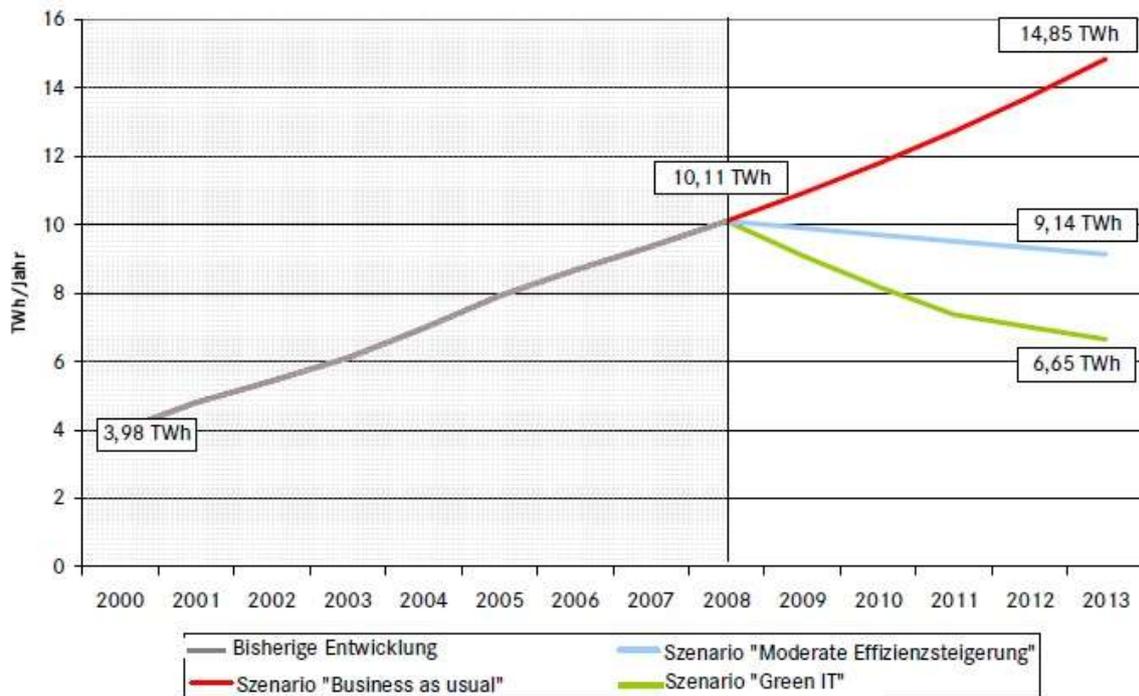


Abb. 2.2: Entwicklung Stromverbrauch<sup>2</sup>

Seit dem Jahr 2000 ist der Stromverbrauch von Rechenzentren von knapp 4 TWh/Jahr kontinuierlich weiter angestiegen, bis er 2008 schließlich die 10 TWh/Jahr - Marke geknackt hat. Die Grafik beschreibt 3 Szenarien wie der Stromverbrauch sich weiterentwickeln könnte. Die rote Linie, welche im 2013 14,85 TWh/Jahr erreichen würden, steht dabei für die unveränderte Weiterführung der bisherigen Praktiken. Die blaue Linie hingegen lässt den Schluss zu, dass bereits mit einer moderaten Energieeffizienzsteigerung sich der momentane Verbrauch um ca. 1 TWh/Jahr verringern ließe. Wird währenddessen aber die Praktiken der "Green IT" angewandt, so ließe sich der Verbrauch um ca. 1/3 auf nur noch 6,65 TWh/Jahr verringern.

<sup>2</sup> [http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeinsparpotenziale\\_von\\_Rechenzentren\\_in\\_Deutschland.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeinsparpotenziale_von_Rechenzentren_in_Deutschland.pdf)  
Seite 2

Wie sich diese Einsparungen in den Stromkosten, den relevanten Teil für Unternehmen, niederschlägt ist auf dem folgenden Graphen zu erkennen.

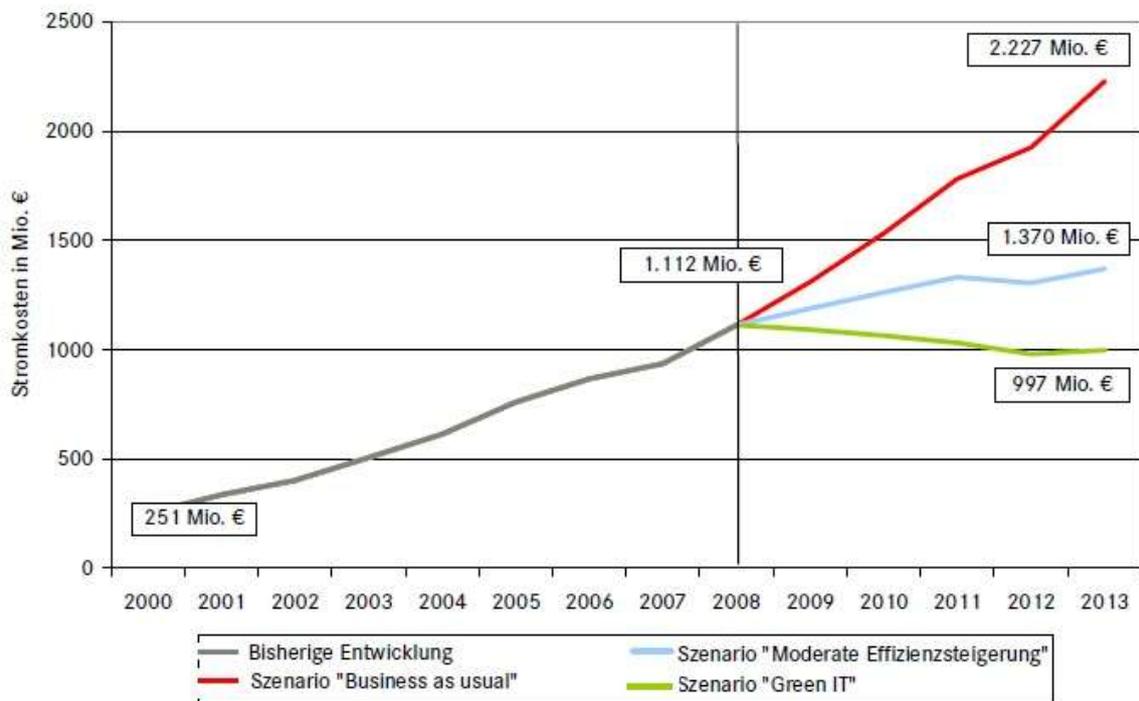


Abb. 2.3: Entwicklung Stromkosten<sup>3</sup>

<sup>3</sup> [http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeinsparpotenziale\\_von\\_Rechenzentren\\_in\\_Deutschland.pdf](http://www.bitkom.org/files/documents/Energieeinsparpotenziale_von_Rechenzentren_in_Deutschland.pdf)  
Seite 3

### 3 Verbraucher

Ein Rechenzentrum verbraucht je nach Größe entsprechend viel Energie. Um Einsparungspotenziale zu erkennen muss zuerst geprüft werden welche Geräte und Anlagen überhaupt für den Energieverbrauch verantwortlich sind.

#### 3.1 Server

Das Herzstück eines jeden Rechenzentrums sind die Server. Sie stellen die benötigte Rechenleistung zur Verfügung. Die Anzahl der Server variiert je nach Größe des Rechenzentrums, angefangen bei unter 10 bis zu mehreren Tausend, stellen in der Regel aber den größten Anteil des gesamten Stromverbrauches dar. Hier lohnt sich also ein erster Blick um mögliche Einsparungsmöglichkeiten zu offenbaren. Der typische Verbrauch eines Servers sieht wie folgt aus:

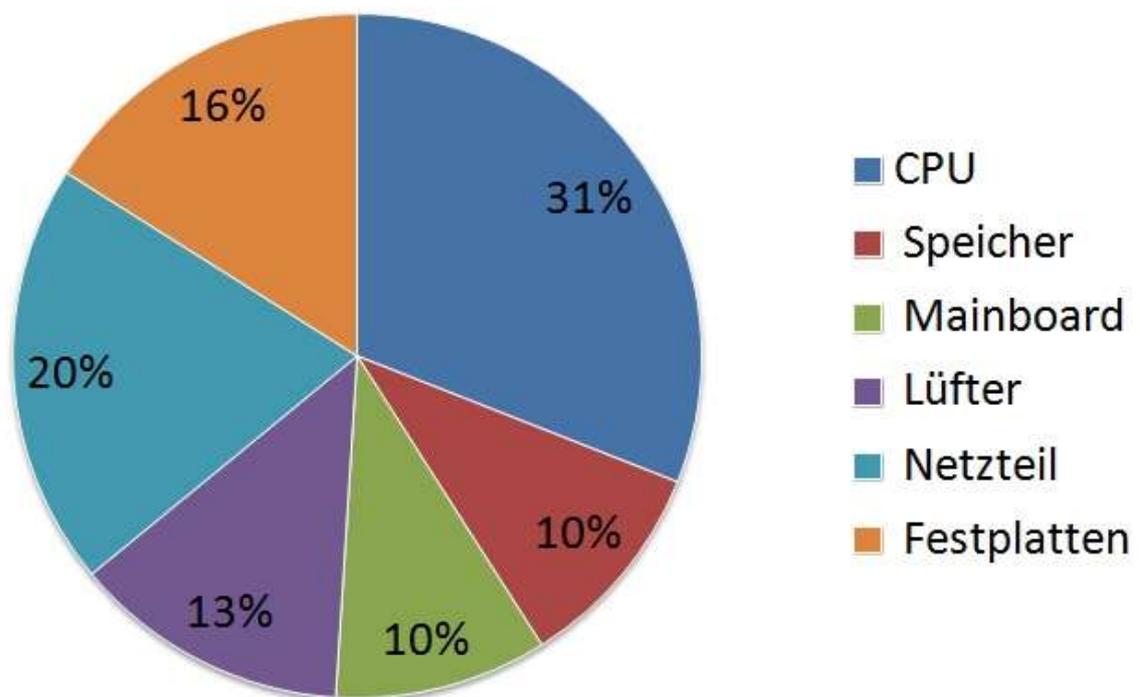


Abb. 3.1: typischer Verbrauch eines Servers<sup>4</sup>

Durch Verwendung effizienterer Komponenten, sowie die Nutzung ihrer Energiesparmechanismen, kann der Energiebedarf gesenkt werden. Da ein Server selten allein kommt, vervielfacht sich der Effekt entsprechend der Anzahl, unter der Annahme, dass alle Server des Rechenzentrums energieeffizienter arbeiten.

Welche Energiesparmechanismen es gibt und wie genau diese funktionieren soll in dieser Ausarbeitung nicht weiter hinterfragt werden. Diese Themen werden in anderen Vorträgen behandelt<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> <http://www.computerwoche.de/bild-zoom/1906415/1/498356/d2e240-media/>

<sup>5</sup> Zu finden auf [http://wr.informatik.uni-hamburg.de/teaching/wintersemester\\_2011\\_2012/green\\_it](http://wr.informatik.uni-hamburg.de/teaching/wintersemester_2011_2012/green_it)

### 3.2 Rechenzentrum (gesamt)

Der Energiebedarf eines Rechenzentrums wird nicht alleine durch die Rechner verursacht. Neben ihnen gibt es noch einige andere Verbraucher.

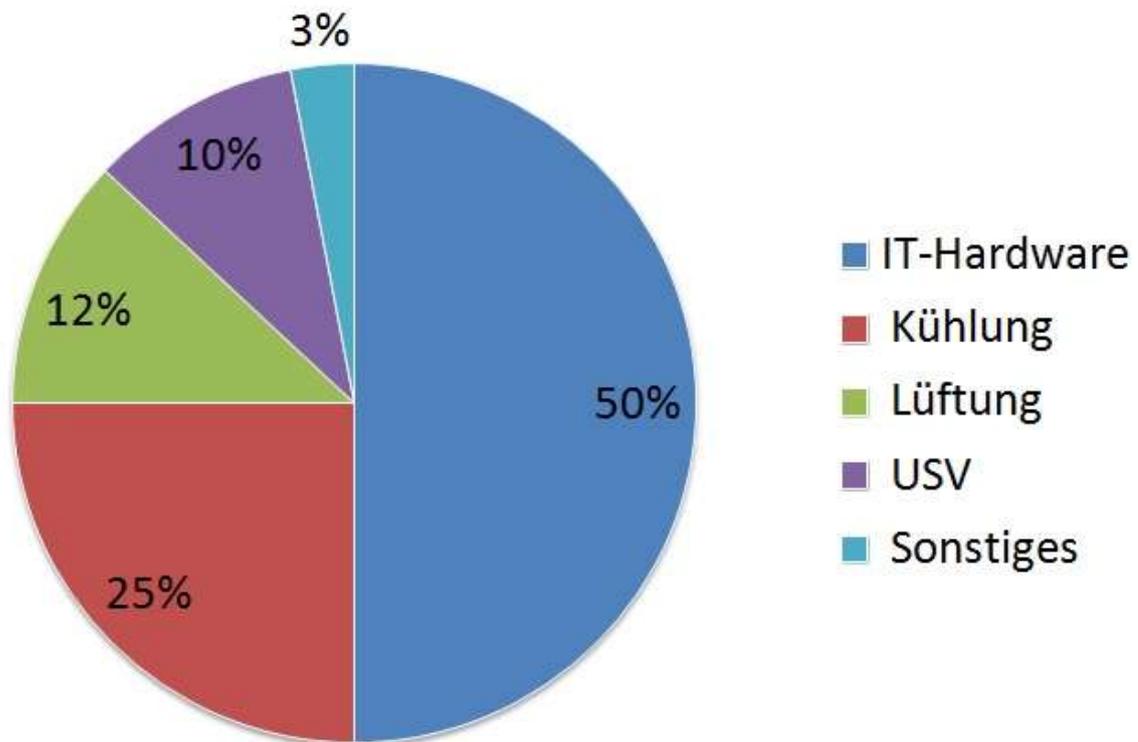


Abb. 3.2: typische Verbraucher eines Rechenzentrums

Die hier aufgeführte Aufteilung des Strombedarfs variiert je nach Rechenzentrum stark. Wenn bereits Energiesparkonzepte eingeführt wurden, kann sich der Bedarf der Klimatisierung entsprechend verringern, bei gleichzeitigem Anstieg des (prozentualen) Bedarfes der IT-Hardware.

In dieser, recht typischen, Aufteilung ist zu erkennen, dass die Hälfte des Stromes für Dinge benötigt wird, die nicht direkt etwas mit der Produktion, der Bereitstellung von Rechenleistung, zu tun haben. Mit 37% schlägt die Klimatisierung zu Buche, aufgeteilt in Kühlung (25%) und Lüftung (12%). Auch die Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) mit einem Zehntel des Energieverbrauches fällt auf. Der Rest des Stroms fließt in sonstige Komponenten, wie zum Beispiel Licht, Schaltanlagen, Telefone usw.

Auf die Klimatisierung als zweitgrößten Verbraucher wird in einem eigenen Kapitel weiter unten eingegangen.

### 3.3 Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Geräte der Kommunikations- und Informationstechnik müssen durchgehend am Laufen gehalten werden um einen reibungslosen Betrieb zu ermöglichen. Fällt in einem Unternehmen das Netzwerk aus, weil ein Router aufgrund einer Spannungsstörung ausgefallen ist, stockt der gesamte Arbeitsablauf. Ein Rechenzentrum muss für so einen oder einen ähnlichen Fall entsprechen vorbereitet sein, weil die Rechenleistung der Server meistens nicht selbst, sondern von Dritten, als Dienstleistung gekauft, benötigt wird. Gegen Störungen des Stromnetzes wurden unterbrechungsfreie Stromversorgungen entwickelt, die sich in 3 Klassen aufteilen lassen. Jede Klasse

hat ihr eigenes Gebiet für das sie am besten geeignet ist. Um sich einen Überblick zu verschaffen werden im Folgenden alle Klassen, sowie ihr Verwendungszweck, vorgestellt<sup>6</sup>.

### 3.3.1 USV Klasse 3 - „Offline-System“

Eine Klasse 3 USV ist die kleinste und damit auch die billigste. Sie schützt vor 3 Anomalien im Stromnetz: Netzausfall, sowie kurzzeitige Spannungseinbrüche und -stöße. Die Stromversorgung kann mit einer Umschaltzeit von 4-10ms sichergestellt werden.

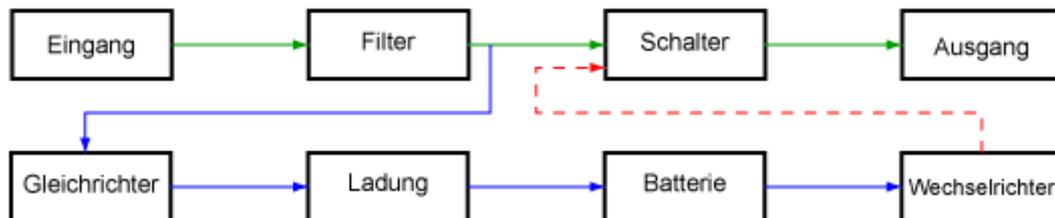


Abb. 3.3: USV Klasse 3

Ein Offline-USV-System schaltet automatisch bei Über- oder Unterspannung auf Batteriebetrieb um. Diese Batterien werden, solange sie nicht gebraucht werden, über das Stromnetz aufgeladen und werden nur aktiv wenn sie benötigt werden. Daraus resultiert die relativ lange Umschaltzeit.

Diese Klasse der USV bietet einen Basisschutz für einzelne Arbeitsplätze oder kleine TK-Anlagen. Der Wirkungsgrad liegt heutzutage typischerweise bei 95%.

### 3.3.2 USV Klasse 2 - „aktiver Mitlaufbetrieb“

Die 2. Klasse der USV arbeitet ähnlich wie die Systeme der 3. Klasse, haben jedoch einen erweiterten Schutz vor Netzstörungen. Durch einen verbauten Spannungsregulierer können zusätzlich Unter- und Überspannungen zuverlässig gefiltert werden. Die Umschaltzeit von Netz- auf Batteriebetrieb erfolgt bei dieser Klasse in nur noch 2-4ms.

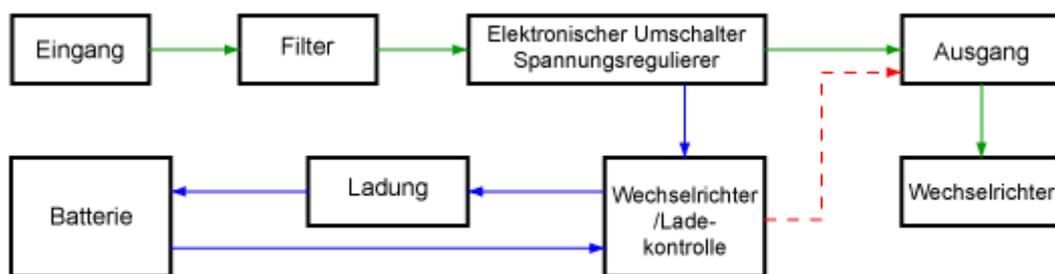


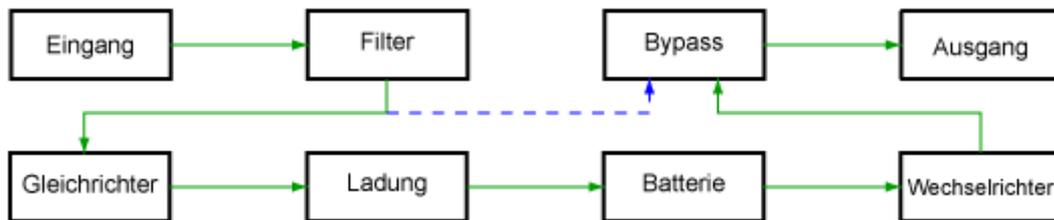
Abb. 3.4 USV Klasse 2

Eine Klasse 2 USV kann zur Absicherung von einzelnen Computern, größeren TK-Anlagen, sowie kleinerer Netzwerke verwendet werden. Vor allem in Gegenden mit einem Stromnetz das anfällig für Spannungsschwankungen ist eignet sich diese USV besonders. Ihr Wirkungsgrad liegt zwischen 95% und 98%.

<sup>6</sup> <http://www.elektronik-kompodium.de/sites/grd/0812171.htm>

### 3.3.3 USV Klasse 1 - „Online-System“

Eine USV der Klasse 1 unterscheidet sich in ihrem Aufbau erheblich von Klasse 2 und 3. Die Verbraucher haben keinen direkten Anschluss an das Stromnetz mehr, sondern beziehen ihrer Energie stets aus den Batterien der USV. Dies hat den Vorteil, dass die Qualität des Stroms immer die Selbe ist. Spannungsspitzen oder -abfälle, sowie Über- und Unterspannungen treten nicht mehr auf. Auch, und besonders interessant für Betreiber von hochsensiblen Anlagen, entfällt die Umschaltzeit



Eine USV der Klasse 1 eignet sich zum absichern von Rechenzentren, Großrechnern oder auch Sicherheitselektrik die niemals ausfallen sollte, z.B. Elektronik in einem Atomkraftwerk.

## 4 Kühlung

Die Server eines Rechenzentrums verbrauchen auf 2 Arten Strom. Zum Einen wird Strom direkt durch die Komponenten, vornehmlich den Prozessor, verbraucht. Zum Anderen kommt der indirekte Stromverbrauch der Server hinzu, der durch die benötigte Kühlung hervorgerufen wird. Wie in der Abbildung typische Verbraucher eines Rechenzentrums zu erkennen liegt der Anteil der gesamten Klimatisierung bei ca. 37%. Im Folgenden sollen zwei Kühlalternativen vorgestellt werden und deren Vor- und Nachteile dargestellt werden.

### 4.1 Luftkühlung

Bei der Kühlung mit Luft wird kalte Luft als Kühlmedium genutzt. Diese wird durch einen Zwischenraum unter dem Boden zu den Server-Racks geleitet. Diese sogenannten Doppelböden werden mit Hilfe von Stelzen realisiert, auf denen Bodenplatten aufliegen. Ihre Höhe variiert je nach benötigtem Luftdurchfluss, i.d.R. sind sie zwischen 300mm und 3m hoch.

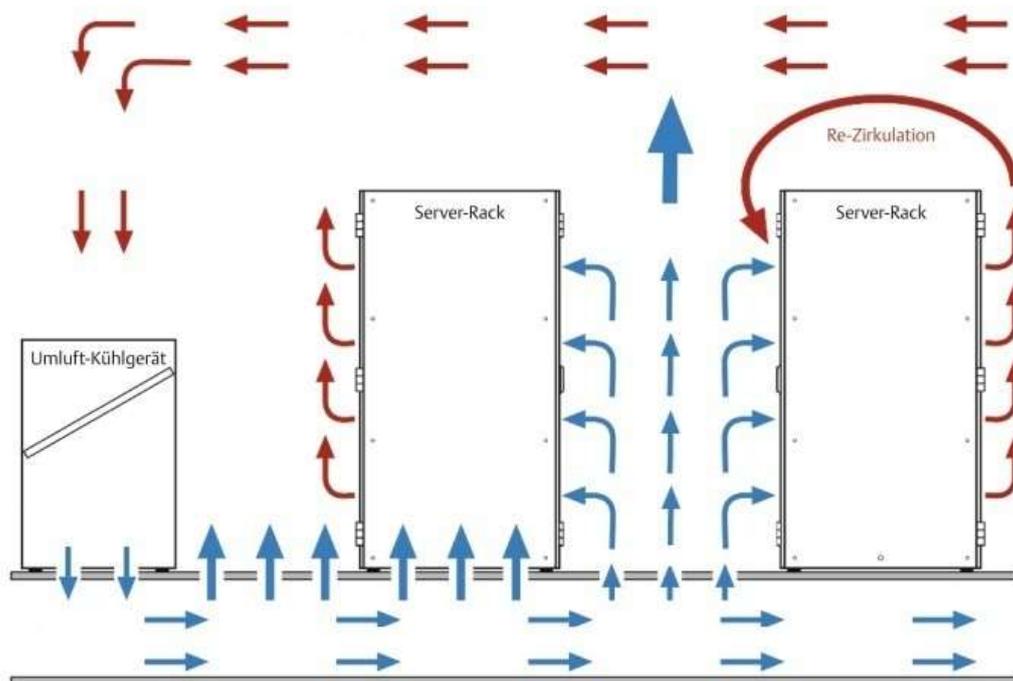


Abb. 4.1 Schema Luftkühlung<sup>7</sup>

Die kalte Luft strömt bei den Server-Racks aus dem Doppelboden. Realisiert wird dies über Bodenplatten die Löcher oder Schlitze enthalten. Die kalte Luft kann nun von den Servern durch Lüfter eingesogen werden. Die Luft kühlt die Komponenten, erwärmt sich dabei und wird schließlich hinten wieder ausgestoßen. Die erwärmte Luft steigt auf und wird anschließend einem Klimagerät zugeführt, welches sie wieder abkühlt. Der Kreislauf schließt sich indem das Klimagerät die nun abgekühlte Luft wieder in den Doppelboden einspeist.

Dieses Schema birgt mehrere Probleme. Zum einen kann kalte Luft aus dem Doppelboden durch Undichtigkeiten oder unzureichend abgedichtete Kabelöffnungen entweichen. Diese Luft steht den Server-Racks dann nicht mehr zur Kühlung bereit. Diese sogenannten Bypässe erzeugen einen unnötigen Bedarf an Kaltluft. Des Weiteren kann Luft die dem Doppelboden an der vorgesehenen Stelle entweicht ungehindert aufsteigen und sich mit der warmen Luft, die wieder zum Klimagerät

<sup>7</sup> basierend auf: [http://www.tecchannel.de/\\_misc/galleries/detail.cfm?pk=40218&fk=484165&resize=true](http://www.tecchannel.de/_misc/galleries/detail.cfm?pk=40218&fk=484165&resize=true)

geführt werden soll, vermischen. Auch diese zur Kühlung vorgesehene Kaltluft wird verschwendet. Ein drittes Problem stellen die Server-Racks dar. Sie sind nicht immer voll bestückt, wodurch Räume und Öffnungen entstehen wo sich zum einen warme Luft sammeln kann wodurch Hotspots entstehen. Auch kann warme Luft die hinten ausgestoßen wird durch offene Server-Slots wieder in das Rack gelangen und die Kühlleistung vermindern. Diese Rezirkulationen sind ebenfalls zu verhindern.

Wie sich diese Probleme beheben lassen wird in den Kapiteln Kalt- & Warmgänge sowie Kaltgangeinhausung behandelt.

## 4.2 Wasserkühlung

Bei der Wasserkühlung wird wie der Name vermuten lässt auf Wasser als Kühlmedium gesetzt, genauer auf ein Wasser-Glykol-Gemisch. Dieses hat eine höhere Wärmeleitfähigkeit als normales Wasser<sup>8</sup>.

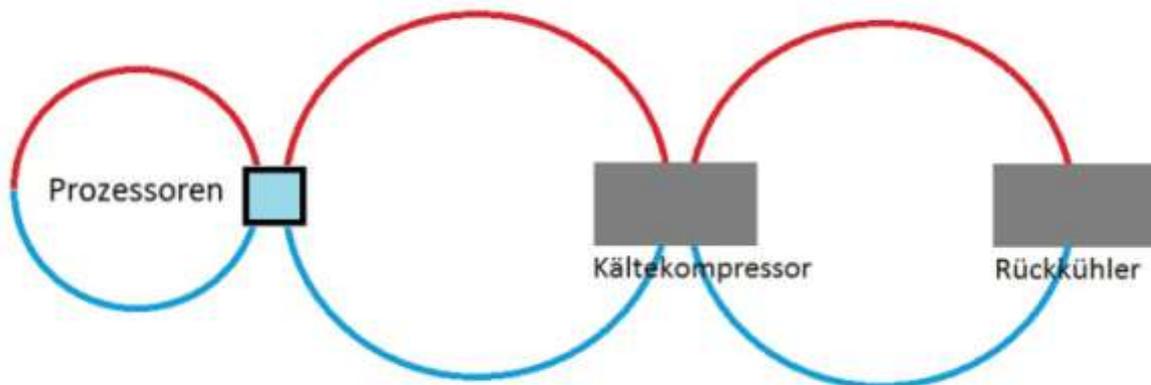


Abb. 4.2 Schema Wasserkühlkreislauf

Der Wasserkühlkreislauf sieht wie folgt aus:

Die Prozessoren erhitzen sich und ein erster Wasserkreislauf der sich im Rack befindet nimmt diese Wärme auf. Über einen Wärmetauscher gibt der Rack-Kreislauf die Hitze wiederum an einen zweiten Kreislauf ab, der zwischen den Racks zirkuliert. Über einen Kältekompressor wird die Wärme dem Kreislauf wieder entzogen und an einen dritten abgegeben. Bei einer freien Kühlung reicht an dieser Stelle auch ein einfacher Wärmetauscher (mehr zu diesem Thema im Kapitel Freie Kühlung). In diesem letzten findet nun auch die Abkühlung über Rückkühler, welche sich meistens auf dem Dach des Rechenzentrums befinden.

Die Kühlung des Racks kann über zwei Wege erfolgen. Zum einen gibt es die Möglichkeit, dass die Prozessoren direkt mit dem Kühlwasser abgekühlt werden oder aber das Wasser kühlt die Luft im Rack, indem es in der Tür oder in der Wand des Racks zirkuliert.

Der Vorteil der Wasser- gegenüber der Luftkühlung liegt in der höheren Wärmeaufnahmefähigkeit und eine bessere Leitkapazität. Beschränkt wird die Kühlung durch die Wärmetauscher und die Durchflussgeschwindigkeit des Kühlwassers. Zudem sind höhere Anfangsinvestitionen gegenüber der Luftkühlung nötig. Ab und zu trifft man eine gewisse Abneigung gegenüber einer Wasserkühlung an, da sich Wasser nicht allzu gut mit Elektronik verträgt.

<sup>8</sup> [http://www.schmidtler.de/html/ht\\_technik/fst.htm](http://www.schmidtler.de/html/ht_technik/fst.htm)



## 5 Konzepte

### 5.1 Kalt- & Warmgänge

Das Konzept der Kalt- und Warmgänge hat im Verhältnis zu seinem Aufwand eine große Wirkung. Besitzt ein Rechenzentrum mehrere Rack-Reihen, so sollten diese jeweils mit ihren Vorder- bzw. Rückseiten zu einander stehen. Dadurch entstehen die erwähnten Kalt- und Warmgänge.

In die Kaltgänge wird jetzt nur noch kalte Luft zur Kühlung geblasen. Die verbrauchte Kaltluft, die bereits zur Kühlung durch die Racks geflossen ist, wird nicht mehr in einen Gang geleitet in dem auch durch die Bodenplatten Kaltluft gebracht wird. Das hat zur Folge, dass die Kaltluft nicht mehr so weit runter gekühlt werden muss wie bisher, da sie sich nicht mehr mit warmer Luft vermischt und dadurch aufgewärmt wird. Die Klimageräte können also mit verringerter Leistung laufen, was eine Stromersparnis nach sich zieht.

Die warme Luft von 2 Rack-Reihen wird in einem, im Idealfall komplett vom Kaltgang isolierten, eigenen sogenannten Warmgang gesammelt. Diese Luft ist deutlich wärmer als die in den vorher gemischten Gängen. Da sie aber zur Kühlung nun auch wärmer sein kann, stellt es kein Problem dar.

Ein schematischer Aufbau dieses Prinzips kann im Kapitel Kaltgangeinhausung betrachtet werden.

### 5.2 Kaltgangeinhausung

Dieses Kapitel befasst sich mit der Lösung der Probleme die im Kapitel Luftkühlung aufgetreten sind.

Bevor die Kaltgangeinhausung erfolgen kann, muss das Rechenzentrum zuerst nach dem Konzept der Kalt- und Warmgänge umgestellt werden. Ist dies erfolgt kann der Kaltgang eingehaust werden. Das bedeutet, dass alle Öffnungen des Kaltluftzyklus geschlossen werden, so dass keine Luft mehr entweichen kann.

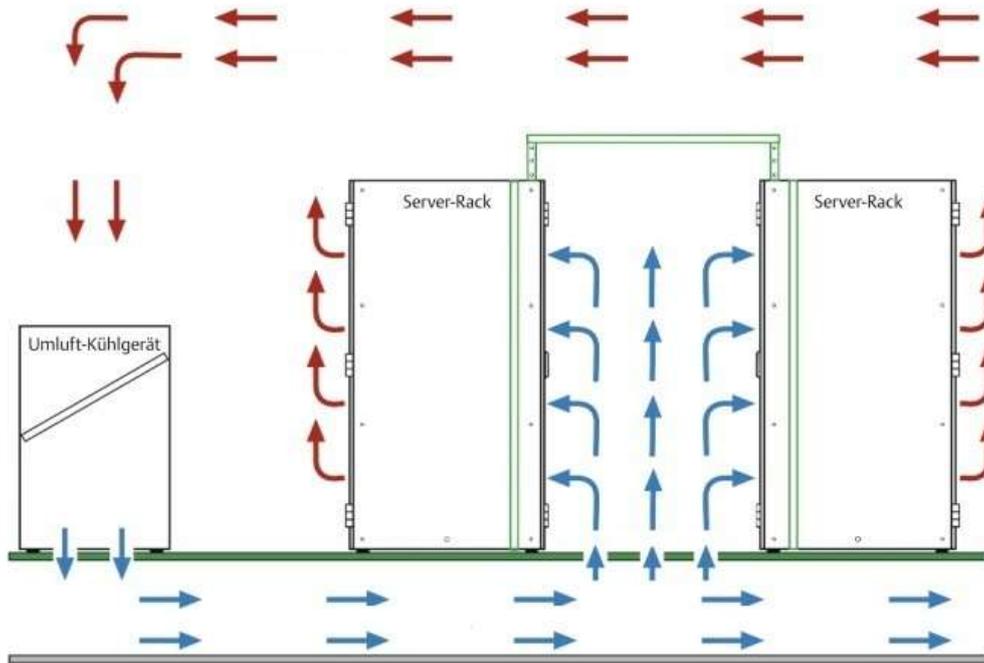


Abb. 5.1: Schema Kaltgangeinhausung<sup>9</sup>

Um dieses Ziel zu erreichen gibt es mehrere Möglichkeiten. Zum einen kann es mit eher billigen PVC Vorhängen realisiert werden oder aber komplett baulich. Der Wirkungsgrad ist in etwa der selbe, reduziert dieses Konzept den Kühlungsbedarf um 30%. Der Unterschied liegt lediglich im Preis und in der Umsetzungsdauer.

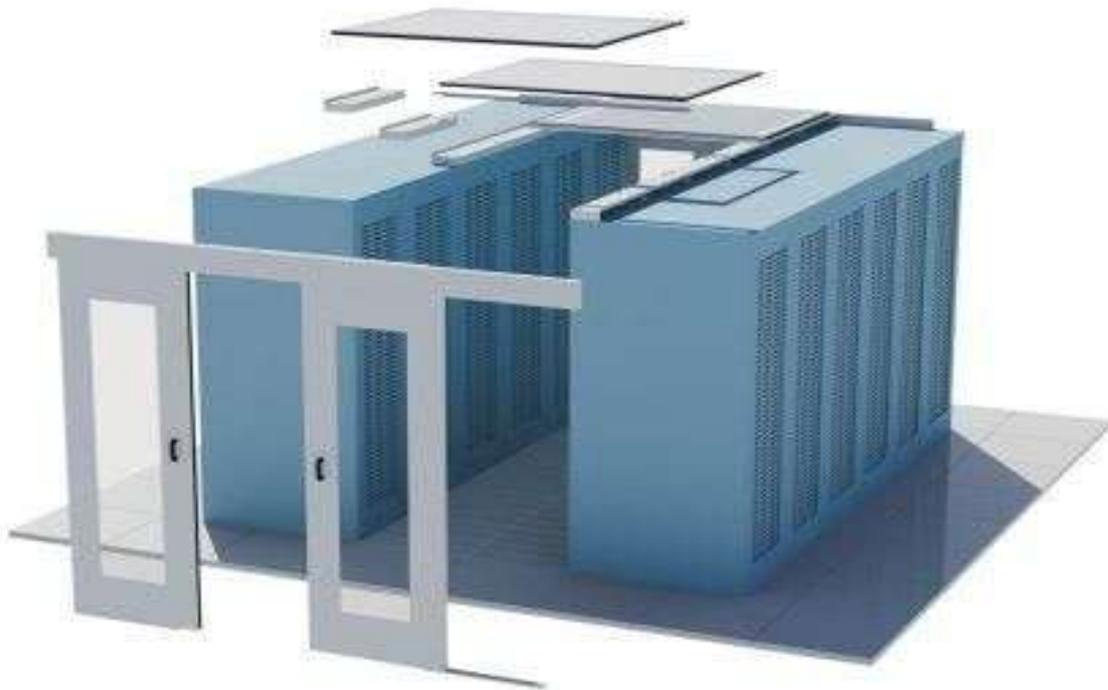


Abb. 5.2 Kaltgangeinhausung<sup>10</sup>

<sup>9</sup> basierend auf [http://www.tecchannel.de/\\_misc/galleries/detail.cfm?pk=40218&fk=484164&resize=true](http://www.tecchannel.de/_misc/galleries/detail.cfm?pk=40218&fk=484164&resize=true)

Die Einhausung hat, ähnlich wie die Kalt- und Warmgänge, zum Ziel die kalte Luft von der erwärmten zu trennen. Dieses Konzept befasst sich aber zusätzlich noch mit den Problemen der Bypässe, der Rezirkulation und der Undichtigkeiten.

Durch die Abdichtung sämtlicher Kabelschächte, Öffnungen und sonstiger Undichtigkeiten werden Bypässe und damit Verluste in der Kühlleistung verhindert. Der Kaltgang wird an der Decke mit Platten und an den Seiten entweder mit PVC Vorhängen und aber fest installierten Türen abgedichtet, wodurch die Rezirkulation behoben wird. Leere Server-Slots in den Racks werden ebenfalls mit Blenden versiegelt, um der Bildung von Hotspots vorzubeugen.

Alle Maßnahmen steuern zum Ergebnis bei, dass keine Kühlleistung mehr verloren geht. Die Investitionskosten können in wenigen Monaten wieder amortisiert werden, was eine Einführung dieses Konzeptes, vor allem in großen Rechenzentren, erleichtern sollte.

### 5.3 Container

Hinter dem Begriff Container verbirgt sich genau das, was man sich darunter vorstellt. Ein Standard 40-Fuß-Container wird in ein kleines Rechenzentrum umgebaut. Ein solcher Container kann zwischen 1800 und 2500 Server beinhalten. Die Vorteile dieser Bauweise sind recht einfach.

Zum einen ist ein sehr schneller Aufbau möglich. Da bereits alle Server an ihrem Platz sind, benötigt der Container nur einen Strom- und Netzwerkanschluss. Nachdem die Server konfiguriert sind lässt sich das Rechenzentrum in Betrieb nehmen. Das alles ist in ca. 8 Stunden machbar.



Abb. 5.3 gestapelte Container-RZ, Microsoft Chicago<sup>11</sup>

<sup>10</sup> <http://www.crn.de/netzwerke-tk/artikel-82094.html>

<sup>11</sup> <http://www.heise.de/events/2010/rzinfra/rz-infrastruktur2.pdf> Seite 13

Der schnelle Aufbau bringt eine weitere Eigenschaft mit sich: eine schnelle Erweiterbarkeit. Wird an einem Ort schnell zusätzliche Rechenleistung benötigt kann mit einem Container-RZ in kürzester Zeit ausgeholfen werden.

Da es sich in der Regel um Standard 40-Fuß Container handelt ist der Transport ähnlich einfach wie der Aufbau. Nachdem Strom und Netzwerkkabel abgezogen worden sind, kann der Container auf einen LKW verladen werden und an den gewünschten Ort gefahren werden. Ein Umzug eines ganzen Rechenzentrums steht somit nichts mehr im Weg.

Die Kühlung erfolgt meistens per Luft. Dies ist effektiver als eine Wasserkühlung, da der Container aufgrund seiner Bauweise von Natur aus eingehaust ist. Aufgrund seiner Witterungsbeständigkeit und Einbruchsicherheit, gegeben durch verschweißte Wände, ist ein Container-RZ auch draußen gut aufgehoben. Somit ist auch eine freie Kühlung möglich; mehr dazu im folgenden Kapitel.

## 5.4 Freie Kühlung

Hinter dem Begriff freie Kühlung versteht man ein stromsparendes Konzept der Kühlung. Dabei wird kalte Luft bzw. kaltes Wasser aus der Umgebung genutzt um das Rechenzentrum zu kühlen. Ob eine freie Kühlung in Frage kommt ist vom Standort, sowie von der Jahreszeit des jeweiligen Standortes abhängig. Besonders geeignet sind Orte an denen die Jahresdurchschnittstemperatur besonders gering ist, z.B. der Norden Schwedens oder auch Finnland.

Es gibt 3 verschiedene Arten der freien Kühlung: die Direkte, den Mischbetrieb und die Indirekte.

Bei der direkten freien Kühlung wird die kalte Umgebungsluft über Luftklappen direkt zu den Server-Racks geführt, ohne dass vorher noch etwas geschieht. Ausgenommen davon ist die Filterung der Luft, da Pollen und ähnliches die Server und vor allem die Lüfter verschmutzen würden. Die Voraussetzung für diese Arte der freien Kühlung ist eine entsprechend niedrige Umgebungstemperatur.

Ist die Umgebungstemperatur zu hoch, aber noch niedrig genug, wird der Mischbetrieb aktiviert. Dabei wird die Luft der Umgebung zusätzlich herab gekühlt um die benötigte Temperatur zu erreichen. Dies ist deutlich effektiver als die Kühlung nur durch Klimageräte. Der Mischbetrieb wird meistens in Regionen angewandt, die z.B. im Winter Temperaturen haben die eine direkte freie Kühlung erlauben, aber im Sommer die Temperaturen zu stark ansteigen.

Wird in einem Rechenzentrum mit einer Wasserkühlung gearbeitet, so können trotzdem die niedrigen Außentemperaturen genutzt werden. Dabei zirkuliert im inneren ein Wasser-Glykol-Gemisch welches die Wärme der Server-Racks aufnimmt. Anschließend wird die Wärme über einen Luft-Wasser-Wärmetauscher an die Umgebungsluft abgegeben. Diese Betriebsart nennt man indirekte freie Kühlung, da die Umgebungsluft nicht direkt mit den Racks in Verbindung kommt.

Die indirekte freie Kühlung benötigt nicht unbedingt kalte Umgebungsluft, sondern funktioniert auch bei wenn ein kalter Fluss oder ein kaltes Gewässer in der Nähe ist. Dabei ist es unerheblich ob im inneren des Rechenzentrums mit Wasser oder mit Luft gekühlt wird. Bei einer Luftkühlung wird ebenfalls mit einem Luft-Wasser-Wärmetauscher gearbeitet, bei einer Wasserkühlung eben mit einem Wasser-Wasser-Wärmetauscher.

Als Beispiel lassen sich hier die Rechenzentren von Google im finnischen Hamina und das von Facebook im schwedischen Lulea nennen. In Hamina findet sich kaltes Meerwasser, während in Lulea eine Durchschnittstemperatur von 2°C herrscht<sup>12</sup>.

## 5.5 Kühltemperatur

Große Rechenzentren gibt es noch nicht allzu lang. Dadurch fehlen vielen Betreibern entsprechende Erfahrungswerte. Dies hatte zur Folge, dass viele Rechenzentren zu weit abgekühlt wurden. Im Jahr 2007/8 lag die Durchschnittstemperatur deutscher Rechenzentren bei 15-16°C. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die Anlagen auch bei einer Temperatur von 26,6°C noch zuverlässig arbeiten. Pro Grad lassen sich zwischen 2-5% Kühlenergie einsparen. Des Weiteren lässt sich, je nach Gegebenheiten, eine freie Kühlung länger/früher betreiben.

## 5.6 Virtualisierung

Eine weitere Möglichkeit Strom- und Kühlkosten einzusparen ist die Virtualisierung. Dabei wird auf einem physikalischen Server mehrere virtuelle ausgeführt. Dies hat gleich mehrere Effekte. Zum einen verringert sich der Strombedarf der Server und der der Kühlung, da anstatt 10 Server nur noch 1 an der Steckdose hängt und nur noch 1 CPU am arbeiten ist. Zugleich erhöht sich die Auslastung der Server. Lag sie vorher durchschnittlich nur bei rund 20%, steigt sie nach der Virtualisierung auf bis zu 70%. Neben der Stromersparnis wird auch noch Platz gespart, d.h. es ist möglich deutlich mehr Server auf der Selben Fläche unterzubringen.

Dieses Konzept ist eher für Dienstleister interessant, als für Forschungseinrichtungen. Diese sind mehr an der Rechenleistung für ihre Projekte interessiert, als an den wirtschaftlichen Vorteilen.

## 5.7 Nutzung der Abwärme

Beim Betrieb eines Rechenzentrums fällt sehr viel Abwärme an. Anstatt diese ungenutzt und durch viel Aufwand abzukühlen, lässt sie sich auch weiterverwerten. Es gibt bereits heute Möglichkeiten den Kühlkreislauf in die Heizung von Gebäuden zu integrieren, sei es Büros, Wohnungen oder sonstige Gebäude in der Umgebung. Auch zur Nutzung von Warmwasserbereitung lässt sie sich verwenden. Mit der Einspeisung in das Fernwärmenetz lässt sich eventuell sogar etwas verdienen.

Ein Rechenzentrum in London stellt jährlich 9 Megawatt an Heizleistung zur Verfügung, was einer Vermeidung von 1100 Tonnen CO<sub>2</sub>-Emissionen gleich kommt<sup>13</sup>.

In dem Ort Uitikon in der Schweiz beheizt ein Rechenzentrum das lokale Schwimmbad, so dass kein Strom aus dem öffentlichen Stromnetz mehr benötigt wird<sup>14</sup>.

---

<sup>12</sup> <http://www.golem.de/1109/86376.html>

<sup>13</sup> <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Rechenzentrum-beheizt-Wohnungen-213529.html>

<sup>14</sup> <https://www.microsoft.com/austria/enterprise/article.aspx?Id=Green+IT>

## 6 Fazit

Der steigende Bedarf an Rechenleistung und der damit ansteigende Strombedarf lassen sich wohl nicht verhindern. Um zumindest den Strombedarf in Grenzen zu halten, sollten die genannten Konzepte auf Umsetzbarkeit in dem eigenen Rechenzentrum überprüft und wenn möglich angewandt werden. Sie sind meist recht einfach umzusetzen und die Ersparnisse überbieten die anfänglichen Kosten bei weitem.

Deshalb ist der wichtigste Punkt bei der späteren Effizienz eines Rechenzentrums die Planung. Nur wer gut plant, sei es beim Standort zur Verwendung von freier Kühlung, oder bei der Höhe des Doppelbodens, hat später die Chance auf ein möglichst effizientes Rechenzentrum.

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Verbreitung in Deutschland 2008 .....	3
Abb. 2.2: Entwicklung Stromverbrauch.....	4
Abb. 2.3: Entwicklung Stromkosten .....	5
Abb. 3.1: typischer Verbrauch eines Servers.....	6
Abb. 3.2: typische Verbraucher eines Rechenzentrums .....	7
Abb. 3.3: USV Klasse 3 .....	8
Abb. 3.4 USV Klasse 2 .....	8
Abb. 4.1 Schema Luftkühlung.....	10
Abb. 4.2 Schema Wasserkühlkreislauf .....	11
Abb. 5.1: Schema Kaltgangeinhausung .....	14
Abb. 5.2 Kaltgangeinhausung .....	14
Abb. 5.3 gestapelte Container-RZ, Microsoft Chicago .....	15