

**Autor**

Dipl.-Ing. Reiner Ströder

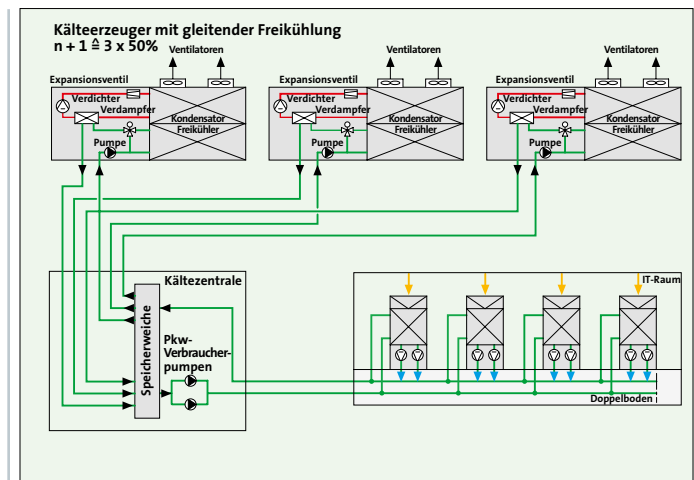
IbZ Ingenieurbüro Zammit GmbH,  
Salzgitter

Bild 11: Kälteschema mit luftgekühlten Kompakt-Kälteerzeugern für gleitende Freikühlung und zweisechleifigem Solenetz

# Klima und Kälte für Rechenzentren (Teil 2)

## Sinnvoll energetisch sanieren

Im ersten Teil des Beitrags wurden die aktuelle Situation der Rechenzentren, die geschichtliche Entwicklung und die heutige Situation ihrer Klimaanlage-Systeme, die Energieeffizienz sowie die Außenluftversorgung behandelt. Der nachfolgende Teil 2 behandelt die Themen hydraulische Kältenetze, Raumluftströmung, Hot Spots, Regelung und Überwachung, Sicherheitsanforderungen, Redundanzen, Hochlauf nach Stromausfall, vorbeugender Brandschutz und Umbau im laufenden Betrieb.

### Hydraulische Kältenetze

Grundsätzlich sollten hydraulischen Kältenetze von UKG (Umluftkühlgeräten) zweikreisig aufgebaut werden, wobei die Trennung der Kreise durch eine hydraulische Weiche oder eine Speicherweiche erfolgt. Im Erzeugerkreis erhält jede Kältemaschine eine Erzeugerpumpe mit konstanter Leistung, um die Mindestdurchflussleistung des Verdampfers zu sichern. Der Verbraucherkreis dagegen wird mengenvariabel gefahren, mit Durchgangs-Regelventilen an den UKG, sodass die Verbraucherpumpe in Form einer Schlechtpunktregelung mittels FU zu regeln ist.

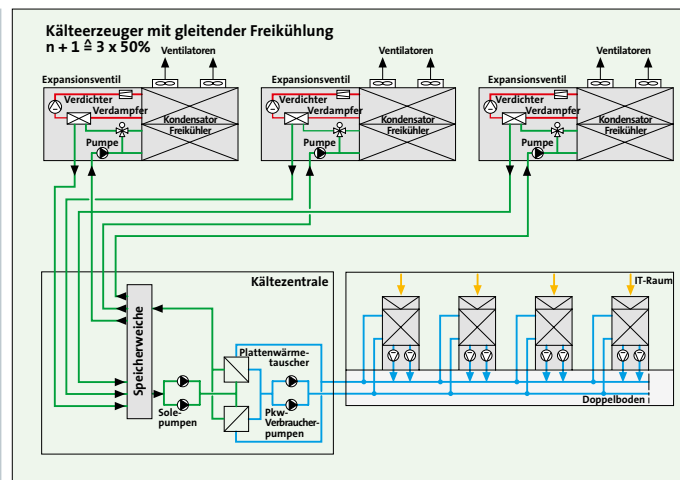
Luftgekühlte Kompakt-Kältemaschinen mit Freikühlung werden im Freien aufgestellt, deshalb muss der Erzeugerkreis mit einer frostsicheren Sole (Wasser-Glykol-Mischung) gefüllt sein. Die Sole strömt durch das Leitungssystem in der Zentrale und im Doppelboden bis zu den UKG. Bild 11 zeigt ein solches Kältenetz. Nicht alle Betreiber akzeptieren Soleleitungen im IT-Raum, weil bei Leckagen Glykol in den Doppelboden austreten kann. Zur Abhilfe werden Plattenwärmetauscher in den Verbraucherkreis geschaltet, die Sole in Kaltwasser umformen. Durch die Rohre in den Serverräumen fließt dann Kaltwasser anstelle von Glykol. Nachteilig dabei ist, dass zusätzliche Investitionen in Form von Plattenwärmetauscher und Pumpe samt Redundanzaggregaten erforderlich werden und dass durch die Temperaturdifferenz im Plattenwärmetauscher das Temperaturniveau der Kälteerzeugung um 1 K sinkt, was die Freikühlzeit um ca. 500 h/a verkürzt und die Energie-

kosten der Kälteerzeugung um 5 bis 10 % erhöht. Ein solches Kältesystem ist in Bild 12 dargestellt.

Wassergekühlte Kältemaschinen werden meist durch Hybridkühler rückgekühlt. Ihre Aufstellung im Freien erfordert eine frostsichere Kühlsole (Wasser-Glykol-Gemisch). In der kalten Jahreszeit kühlen die Hybridkühler das Kaltwasser direkt. Dazu wird ein Plattenwärmetauscher zwischen den Kühlsolekreis und den Kaltwasserkreis geschaltet. Die Temperaturdifferenz im Plattenwärmetauscher sollte maximal 1 K betragen, um die Hybridkühler mit möglichst hohen Soletemperaturen und somit vielen jährlichen Freikühlstunden betreiben zu können. In der Übergangszeit wird im Plattenwärmetauscher vor- und in den Verdampfern nachgekühlt; das System ermöglicht so eine gleitende Freikühlung. Die Kältemaschinen erhalten auf der Kondensator- und Verdampferseite je eine Erzeugerpumpe mit konstanter Förderleistung. Die Verbindung zwischen kaltwasserseitigem Erzeuger- und Verbraucherkreis erfolgt mittels Pufferspeicher, der mit einem großen Kaltwasservolumen zur Überbrückung von Stromausfällen ausgelegt wird. Siehe dazu auch den später folgenden Abschnitt „Hochlauf nach Stromausfall“. Die Verbraucherpumpen sind redundant auszulegen. Ein solches Kältesystem zeigt Bild 13.

### Raumluftströmung in IT-Räumen

Früher wurden in den IT-Räumen die Racks häufig ohne Beachtung lufttechnischer Belange angeordnet. Inzwischen hat man die Bedeu-



**Bild 12: Kälteschema mit luftgekühlten Kompakt-Kälteerzeugern für gleitende Freikühlung und zweischleifigem Solenetz mit Plattenwärmetauscher zur Umformung auf PKW**

lung der Rack-Geometrie für einen störungsfreien Wärmeaustrag erkannt und stellt die Racks reihenweise auf, wobei die Bedien- und Ansaugseiten gegenüberliegender Racks zu gemeinsamen offenen Kaltgängen ausgerichtet sind. Die Zuluft tritt durch Schlitzplatten aus dem Doppelboden in die Kaltgänge ein, wird durch perforierte Racktüren von den Ventilatoren der Server angesaugt, nimmt deren Wärme auf und tritt schließlich durch die Rack-Rückseiten in die offenen Warmgänge aus. Dort steigt sie zur Raumdecke auf, um zu den Abluftöffnungen zu strömen.

Diese Art der Luftführung funktioniert bei traditionellen Kühllasten bis ca. 1000 W/m<sup>2</sup> oder ca. 5 kW pro Rack zufriedenstellend. Mit zunehmenden Lasten stellen sich jedoch thermische Probleme ein. Dann steigt die Warmluft an der Rückseite der Racks auf und gelangt infolge von Verwirbelungen über die Racks hinweg in den offenen Kaltgang. Derartige Rückströmungen führen zur Vermischung der warmen Abluft mit kalter Zuluft aus dem Doppelboden. Die Folgen sind erhöhte Kaltgang- und damit Ansaug-Temperaturen der Server, was zu Störungen des Rechnerbetriebes führt. Insbesondere Racks mit hohen spezifischen Lasten von  $\geq 7$  kW, die heute häufig vorkommen, führen infolge unkontrollierten Warmluftexports zu hohen Lufttemperaturen in den Kaltgängen.

Der Temperaturgradient, das ist der Temperaturanstieg im Kaltgang zwischen Fußboden und Oberkante Rack, ist ein Indiz für die Qualität der Raumluftströmung. In gut funktionierenden offenen Kaltgängen betragen die Temperaturgradienten 4 bis 6 K. Gestörte Luftströme infolge Verwirbelungen und Rückströmungen führen dagegen zu Temperaturgradienten von 10 K und mehr, eine Erscheinung, die in vielen wild gewachsenen Serverräumen anzutreffen ist.

Die Bilder 14 und 15 zeigen schlechte und gute Strömungsverhältnisse in einem offenen Kaltgang.

Schlechte Strömungsverhältnisse können durch Einhausung der Kaltgänge verbessert werden. Dabei werden die Gänge stirnseitig durch Türen und oben durch leichte Decken luftdicht vom übrigen Raum abgeschottet. Mit diesen Maßnahmen wird sichergestellt, dass sich kalte Zuluft nicht mit warmer Abluft vermischt und die geplante Ansaugtemperatur der Server eingehalten wird. Mit Kaltgang-Einhausungen können Leistungen bis zu ca. 15 kW/Rack beherrscht werden, wenn die hochbelasteten Racks verteilt zwischen anderen normal belasteten Racks angeordnet werden. Zudem ist es möglich, die Zulufttemperatur von den bisher üblichen 17 bis 18 °C anzuheben auf

20 bis 25 °C, je nach Temperaturtoleranz der Rechner. Damit kann die Temperatur des Kühlmediums um die gleiche Differenz angehoben werden, was zu einer deutlichen Verlängerung der Freikühlzeit führt. Pro 1 K Temperaturerhöhung verlängert sich die Freikühlzeit um ca. 500 h, was eine Energieeinsparung von 5 bis 10 % zur Folge hat.

Drehzahlgeregelte Server-Ventilatoren saugen eine lastabhängige variable Luftleistung aus den Kaltgängen. Wird die Zulufttemperatur von 17 bis 18 °C auf bis zu 25 °C angehoben, so sinkt die Temperaturdifferenz zwischen der Servertemperatur und der Zulufttemperatur und somit die Kühlleistung pro Luftstromeneinheit. Als Reaktion darauf erhöhen die Server-Ventilatoren ihre Leistung. Ein Teil der bei der Kälteerzeugung eingesparten Energie wird dabei durch die zusätzliche Ventilatorenergie der Server wieder aufgebraucht. Die obere Grenze der derzeit wirtschaftlich sinnvollen Zulufttemperatur liegt bei 23 bis 25 °C.

Da die Luftleistung der Server-Ventilatoren variabel ist und sich mit der Rechnerleistung verändert, ist zum Ausgleich des Lufthaushalts in den Kaltgängen die Zuluftleistung zu regeln. Dazu kann in einer Überströmöffnung der Einhausung zwischen Kaltgang und Raum die Lufttemperatur gemessen und in Abhängigkeit von dieser Temperatur die Luftleistung der Ventilatoren in den UKG geregelt werden. Wenn die Lufttemperatur in der Überströmöffnung über der Zulufttemperatur liegt, ist dies ein Zeichen für eine Abluft-Rückströmung aus dem warmen Raumbereich in die Kaltgänge und die Zuluftleistung wird erhöht. Im Falle neu zu errichtender Rechenzentren ist die Kaltgang-Einhausung eine optimale Maßnahme zur sicheren und energieoptimierten Fahrweise der RLT-Anlagen. Bei Sanierungen im Bestand scheitert diese Lösung jedoch oft an der Gas-Löschanlage. Sie muss im Brandfall den Rechnerraum einschließlich aller Kalt- und Warmgänge fluten. Beim Einbau eines eingehausten Kaltganges wird die Lösung von oben unterbunden. Die Löschanlage müsste umgebaut bzw. erweitert werden, indem die Kaltgänge zusätzliche Löschdüsen erhalten. Dies erfordert einen kompletten Umbau der Löschanlage, der teuer und deshalb meist nicht gewünscht ist. In diesem Fall kann als Kompromiss zur Kaltgangeinhausung eine Teileinhausung vorgenommen werden. Mittels Türen werden stirnseitige Abschlüsse errichtet. Damit wird verhindert, dass kalte Zuluft infolge ihrer hohen Dichte am Fußboden aus den Kaltgängen in die Verkehrswege und weiter in die Warmgänge abfließt, um schließlich ungenutzt vom Abluftsystem erfasst zu werden.

Bei allen Luftführungssystemen ist darauf zu achten, dass die Gesamtzuluftleistung der UKG größer ist als die Luftleistung aller Server-Ventilatoren. Deren Luftleistung ist dem Planer der Klimaanlage meist nicht bekannt, außerdem kann sie sich im späteren Betrieb ungünstig verändern. Um die nötige Sicherheit bei der Auslegung der Luftleistung für die UKG zu erhalten, sollte ein Verhältnis  $v/q \geq 0,38$  m<sup>3</sup>/hW eingehalten werden.  $v/q$  ist der Quotient aus der spezifischen Luftleistung und der spezifischen Kühllast. Dieser Wert entspricht einer Zulufttemperaturdifferenz zwischen Abluft und Zuluft von 8 K. Entsprechend den tatsächlichen Luftleistungen der Server-Ventilatoren kann im Betrieb eine kleinere Luftleistung gefahren und damit Energie eingespart werden. Eine Alternative zur Kaltgang-Einhausung ist die Warmgang-Einhausung. Dabei strömt die Zuluft aus dem Doppelboden in die offenen Kaltgänge, wird von den Server-Ventilatoren angesaugt und in die eingehausten Warmgänge ausgeblasen. Aus diesen tritt sie ins Abluftsystem der UKG ein.

Besonderes Augenmerk ist der Dichtheit der Rack-Systeme zu widmen. Nichtbelegte Höheneinheiten der Racks sind zuverlässig abzudichten, so dass keine Luft aus den Warmgängen in die Kaltgänge zurückströmen kann. Für diesen Zweck stehen brandschutztechnisch qualifizierte Blenden zur Verfügung. Durch diese Maßnahme lässt sich die Lufttemperatur in den Kaltgängen um mehrere Grad senken. Die Kabeldurchführungen der Racks sind gegen den Doppelboden abzudichten, um

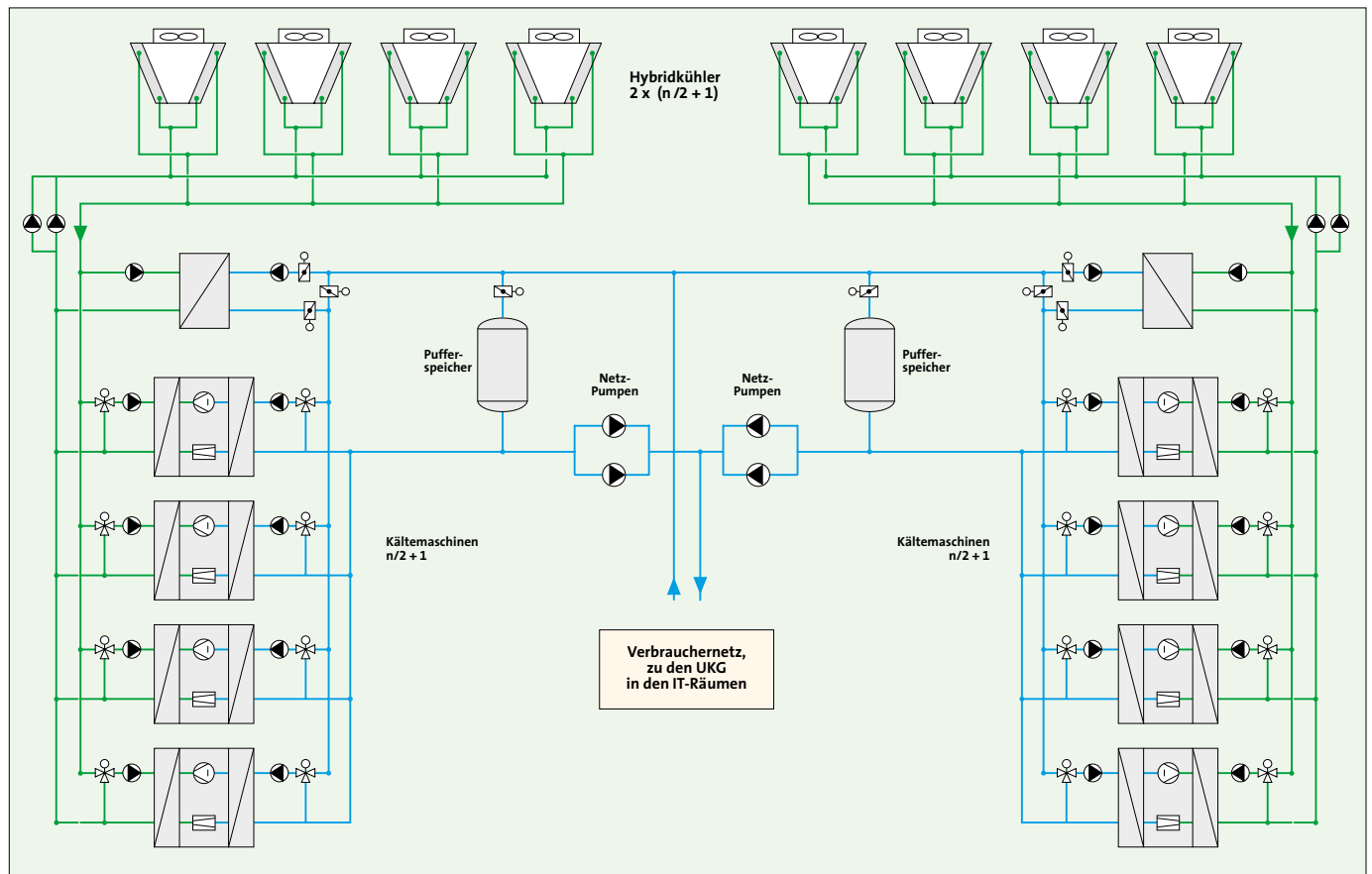


Bild 13: Kälteschema mit wassergekühlten Kältemaschinen, Hybridkühlern und Plattenwärmetauscher für gleitende freie Kühlung

das wirkungslose Ausströmen teuer aufbereiteter kalter Zuluft an ungeeigneten Stellen in die Serverräume zu unterbinden. Zur Abdichtung sind diverse Spezialsysteme erhältlich. Verbleiben Undichtigkeiten im Doppelboden, so gelingt es nicht, den für eine gute Luftverteilung über die Zuluft-Schlitzplatten notwendigen Druck aufzubauen.

Bei dichter Ausführung und richtiger Auslegung der Schlitzplatten bildet sich im Doppelboden ein statischer Druck von ca. 30 Pa aus. Er genügt, um eine gleichmäßige Verteilung der Zuluft auf alle Schlitzplatten zu gewährleisten. Voraussetzung dafür ist eine Luftgeschwindigkeit von  $\leq 2,5$  m/s entsprechend einem dynamischen Druck von ca. 4 Pa. Bei höheren Luftgeschwindigkeiten sinkt der statische Druck gemäß der Beziehung  $p_{st} = p_{ges} - p_{dyn}$  und die Luftverteilung wird schlechter.

### Hot Spots

Mit Zunahme der spezifischen Rechnerleistung und Belegungsverdichtung steigen die punktuellen Kühllasten besonders bei der Blade-Server-Technologie und den dadurch eng bestückten Server-Racks derart stark an, dass es zu so genannten Hot-Spots kommt, das sind punktuelle Wärmequellen von bis zu 25 kW pro Rack. Eine Kühlung mit Zuluft aus dem Doppelboden in Verbindung mit einer Kaltgangeinhausung löst das Problem der punktuellen Wärmeabfuhr nicht, denn der erforderliche Luftwechsel ist zu groß und die Zuluftquerschnitte sind im Doppelboden nicht unterzubringen. Um Hot-Spots thermisch zu beherrschen, kommt zum Beispiel die oben bereits beschriebene Reihenkühlung mit Direktkühleinheiten in den Rack-Reihen in Frage. Dabei wechseln Server-Racks und Kühleinheiten Seite an Seite ab; eine zusätzliche Kühleinheit bringt die notwendige Redundanz  $n + 1$ . Zur Versorgung mit Prozesskaltwasser (PKW) oder Sole werden geeignete Kältemaschinen eingesetzt, wie sie oben beschrieben wurden. Eine

andere Lösung bieten Server-Racks mit geschlossenem Luftkreislauf, in denen neben den Servern auch die komplette Kühltechnik mit Luft-Wasser-Wärmetauschern und Ventilatoren untergebracht ist.

### Regelung

Zur Regelung der UKG in Serverräumen gibt es verschiedene Philosophien. Nachfolgend ist eine bewährte Regelstrategie beschrieben. Jedes UKG verfügt über eine autarke Steuer- und Regelanlage. Die Zulufttemperatur im Doppelboden wird mittels Temperaturfühler gemessen und auf einen konstanten Sollwert geregelt. Vom Reglerausgang wird das Durchgangsregelventil stetig angesteuert. Der Volumenstrom wird in Abhängigkeit von der Ablufttemperatur gefahren und ebenfalls auf einen konstanten Sollwert geregelt. Vom Reglerausgang werden die EC-Motore der Ventilatoren angesteuert. Zur Sicherstellung einer einwandfreien Luftverteilung im Doppelboden ist der Zuluftstrom auf einen Mindestwert zu begrenzen, der sich nach der Raumgeometrie richtet, z.B. 50 % der Zuluft-Nennleistung. Eine weitere Absenkung bringt keine nennenswerten energetische Vorteile, da die Leistungsaufnahme der Ventilatoren laut Proportionalitätsgesetz bereits auf 12,5 % gesunken ist.

### Überwachungen

Zur Kontrolle der Raumluftkonditionen sind in Serverräumen ausreichend viele Messfühler für die Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte vorzusehen. In einem Serverraum von 500 m<sup>2</sup> Größe sollten mindestens sechs Kombi-Fühler in den Kaltgängen installiert werden. Je nach Anforderung können es auch deutlich mehr sein. Zusätzlich sind die Zulufttemperaturen im Doppelboden, die Ablufttemperaturen an den Einlässen sowie die Zu- und Ablufttemperaturen der



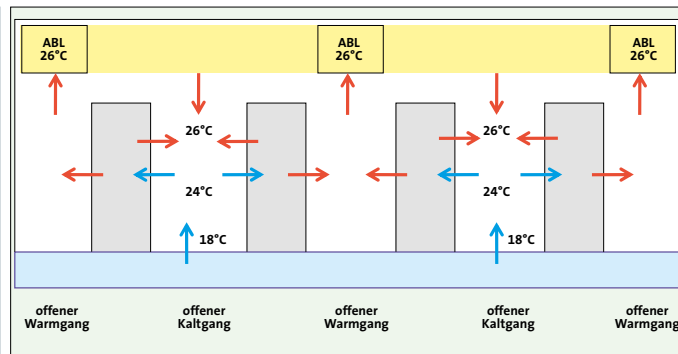


Bild 14: Schlechte Luftströmungen und -temperaturen in einem offenen Kaltgang

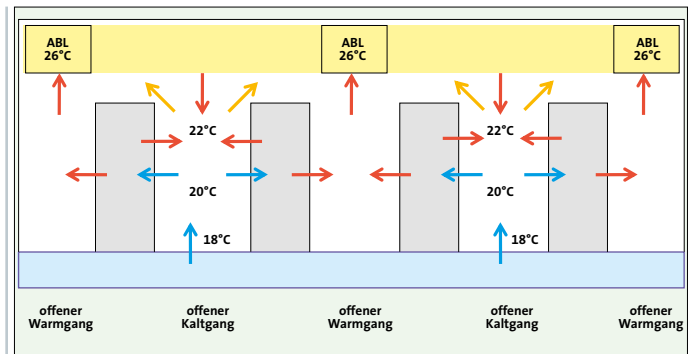


Bild 15: Gute Luftströmungen und -temperaturen in einem offenen Kaltgang

RLT-Geräte zu überwachen. Vorteilhaft ist auch eine Kontrolle des Druckes im Doppelboden. Alle Messsignale werden auf die DDC-Anlage geschaltet, mit einer Grenzwert-Überwachung und -Meldung ausgestattet und zur GLT gemeldet.

### Sicherheitsanforderungen

In den letzten Jahren hat in Bezug auf die Sicherheitsanforderungen eine rasante Entwicklung stattgefunden. Inzwischen gibt es eine Reihe von Klassifikationen, in denen die Sicherheit des Gebäudes und die Verfügbarkeit der Versorgungsanlagen geregelt werden, z.B. nach Uptime Institut, TÜV-IT, BSI oder Bitkom. Tabelle 4 zeigt beispielhaft die Anforderungen des US-Uptime-Instituts. Die häufigste anzutreffende Sicherheitsklasse ist TIER II; TIER III ist seltener, jedoch mit steigender Tendenz.

### Redundanzen der RLT-Anlagen

Die meisten Rechenzentren werden heute nach der Sicherheitsklassifikation TIER II bis III errichtet. Für die Klima- und Kälte-Anlagen bedeutet das die Redundanz  $n + 1$ . In jedem Serverraum wird zusätzlich zur aus der Kühllastberechnung ermittelten Anzahl von UKG ein redundantes Gerät aufgestellt. Wegen der zuvor erläuterten energetischen Vorteile laufen im Normalbetrieb alle Geräte mit Teillast. Fällt ein UKG aus, so übernehmen automatisch die anderen dessen Kühlleistung, indem ihre Luft- und Kälteleistung von den Regelanlagen hochgefahren wird.

Zur Kälteerzeugung werden  $n+1$  Kälteerzeuger installiert. In mittelgroßen Rechenzentren bedeutet das meist zwei Kompakt-Kälteerzeuger zur Deckung der erforderlichen Kälteleistung und zusätzlich ein redundantes Gerät. Die Kompakt-Kälteerzeuger haben in der Regel keine energetischen Vorteile im Teillastbetrieb, so dass zwei laufen und der redundante nur im Störfall zugeschaltet wird.

Auch in großen Rechenzentren mit wassergekühlten Kältemaschinen und Hybridkühlern werden  $n+1$  Geräte aufgestellt. Die Betriebsweise der Kältemaschinen hängt vom ihrem EER-Verlauf im Teillastbetrieb ab. Schrauben-Kältemaschinen verzeichnen im Teillastbetrieb keine wesentliche Verbesserung des EER, deshalb laufen bei ihnen wenige Maschinen mit nahezu Vollast, die redundante Maschine wird nur im Störfall zugeschaltet. Anders ist die Situation bei Turbo-Kältemaschinen mit mehreren magnetgelagerten Verdichtern, die auf gemeinsame Verdichter und Kondensatoren arbeiten. Bei diesen Maschinen steigt der EER im Teillastbetrieb infolge der großen Tauscherflächen signifikant an, so dass es günstiger sein kann, die redundante Maschine mitlaufen zu lassen. Allerdings ist der zusätzliche Energieverbrauch der unregulierten Kondensator- und Verdampferpumpen zu berücksichtigen. Es ist durchaus möglich, dass die Pumpenenergie die eingesparte Verdichterenergie kompensiert oder gar übertrifft.

Besonders gesicherte Rechenzentren können auch die Redundanz  $2 \times (n/2 + 1)$  haben. In jedem Serverraum werden  $n+2$  UKG aufgestellt, wie zuvor beschrieben. Die Kälteerzeugung wird auf zwei baulich und brandschutztechnisch getrennte Kältezentralen aufgeteilt. In jeder Zentrale stehen  $n/2+1$  Kältemaschinen. Auf dem Dach werden örtlich getrennt  $2 \times (n/2+1)$  Hybridkühler installiert und ihre Verrohrung zu zwei Gruppen zusammengefasst (Bild 13). Durch diese Maßnahmen kann bei Wartung eines Gerätes ein zweites Gerät ohne Einbußen der Gesamtkühlleistung ausfallen. Bei der Außenluftaufbereitung genügt die Redundanz  $2 \times n/2$ . Die laut Berechnung erforderliche Gesamt-Außenluftleistung wird auf zwei Geräte mit jeweils 50 % Leistung aufgeteilt. Fällt ein Gerät aus, so stehen 50 % Luftleistung zur Verfügung, was durchaus ausreicht, da die volle Außenluftleistung nicht zur Absicherung des Rechenbetriebes erforderlich ist.

Tabelle 4: Sicherheitsklassifikation gemäß Uptime-Institut

	TIER I	TIER II	TIER III	TIER IV
Einführung	60iger Jahre	70iger Jahre	Ende 80iger Jahre	1994
Redundanz	n	n+1	n+1	$2 \times (n+1)$
Strom-Versorgungspfade	einfach	einfach	mehrfach	mehrfach
Kälteversorgungspfade	einfach	einfach	mehrfach	mehrfach
Wartung			Wartung im Betrieb	Wartung im Betrieb
Infrastruktur				abgeschottet
Fehler				fehlertolerant
Übliche max. Kühllast	350 W/m <sup>2</sup>	550 W/m <sup>2</sup>	1.650 W/m <sup>2</sup>	> 1.650 W/m <sup>2</sup>
Technikfläche/IT-Fläche ca.	25 %	30 %	90 %	> 100 %
Jährliche Ausfallzeit	28,8 h	22 h	1,6 h	0,44 h
Verfügbarkeit	99,671 %	99,741 %	99,982 %	99,995 %

Die hydraulischen Netze werden je nach Sicherheitsstandard einfach oder mehrfach ausgeführt. Bis zur Sicherheitsklassifikation TIER II werden die Netze in einfacher Ausführung errichtet. Eine Störung im Netz unterbricht die Kälteversorgung der UKG.

Bei der Sicherheitsklassifikation TIER III werden die Wege des Kühlmediums zu den UKG in Form von Ringsystemen mit durch Klappen zonierte Abschnitten mehrfach gestaltet, so dass im Falle einer Havarie der betroffene Abschnitt abgesperrt und das Medium auf einem alternativen Weg zu den betroffenen UKG geleitet werden kann.

Die MSR-technischen Anlagen sind im übertragenen Sinn das Gehirn der Kälteversorgung, deshalb müssen auch sie redundant ausgeführt sein. Jedes UKG verfügt über eine autarke Regelung und Steuerung, so dass die geforderte Redundanz erfüllt ist. Die Schaltschränke der Kältezentralen bzw. die zur Aufschaltung der UKG und Überwachungssensoren erforderlichen Schaltschränke sind in redundanter Ausführung mit automatischer Störumschaltung zu installieren.

### **Hochlauf nach Stromausfall**

Für den sicheren Betrieb von Rechenzentren ist es erforderlich, dass die Klima- und Kälteanlagen nach einem Stromausfall schnell wieder auf ihre Nennleistung hochlaufen. UKG mit Scrollverdichtern können sofort wieder eingeschaltet werden. Ihr Anlaufstrom ist geringer als der Betriebsstrom, somit ist ein gleichzeitiges Einschalten aller UKG möglich. Anders verhält es sich bei Kältemaschinen. Sie haben eine Wiedereinschaltsperrung, die je nach Art und Fabrikat in der Größenordnung von einigen Minuten liegt und die notwendig ist, um alle Funktionen aus dem Stillstand heraus in der notwendigen Reihenfolge bis zur Volllast durchzuführen. Zur Überbrückung der Zeit zwischen dem Stromausfall und den wieder auf Volleistung laufenden Kältemaschinen wird eine entsprechend große Menge Kühlmedium in einem Pufferspeicher oder einer Speicherweiche vorgehalten. Während der Unterbrechung wird der Speicher entleert, um die UKG zu versorgen. Anschließend wird er mit der Redundanzkapazität der Kältemaschinen wieder geladen. Der Speicher dient gleichzeitig zur Glättung der Vorlauftemperatur der Kältemaschinen, sofern diese stufig geregelt werden und zur hydraulischen Trennung des Erzeuger- und Verbrauchernetzes.

### **Vorbeugender Brandschutz**

Bei der Planung von Rechenzentren ist die Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie (M-LüAR) zu beachten. Serverräume stellen Brandabschnitte dar, deren Kanal- und Rohr-Durchführungen brandschutztechnisch zu qualifizieren sind. Rechenzentren werden mittels Brandmeldeanlagen für Brandfrühsterkennung überwacht. Bei Ansprechen werden in der Regel folgende Funktionen ausgeführt: Gaslöschanlage EIN, UKG AUS, Außenluftanlage AUS, Brandschutzklappen ZU.

Für die Gaslöschanlagen sind Druckausgleichsöffnungen vorzusehen, da die vom Löschgas verdrängte Raumluft abströmen muss und die Serverräume nach dem Schließen der Brandschutzklappen hermetisch geschlossen sind. Die Öffnungen können in Form von Druckausgleichsklappen ausgebildet werden, die bei einem bestimmten Überdruck selbsttätig öffnen. Der Überdruck liegt meist um 300 Pa, er ist auf die Standfestigkeit des Bauwerks abzustimmen. Durch Schächte strömt die Luft über Dach ab.

Serverräume liegen aus Sicherheitsgründen meist im Inneren des Gebäudes. Deshalb sind zur Abführung des Rauches nach einem Brand maschinelle Entrauchungsanlagen nach DIN 18232 erforderlich. Hierbei ist auf eine groß dimensionierte und gleichmäßig verteilte bodennahe Außenluftzuführung zu achten. Günstig ist es, wenn die Außenluft durch Schächte vom Dach in den Doppelboden nachströmt und aus diesen durch die Schlitzplatten gleichmäßig verteilt und mit geringer Geschwindigkeit in den Brandraum eintritt.

### **Umbau im laufenden Betrieb**

Rechenzentren steuern die komplexen Produktions- und Logistik-Prozesse eines Unternehmens oder arbeiten Dienstleistungen für Kunden ab. In beiden Fällen bestehen langfristige Verpflichtungen, so dass eine Betriebsunterbrechung des Rechenzentrums zu dessen Sanierung in der Regel nicht akzeptiert wird. Somit verbleiben zwei Möglichkeiten: ein Neubau an anderer Stelle oder ein Umbau im laufenden Betrieb. Die zweite Möglichkeit ist die weitaus kostengünstigere, sie will jedoch sorgfältig geplant und durchgeführt sein.

Vor dem Umbau im laufenden Betrieb ist ein detailliertes Umbauprozeder auszuarbeiten. Grundlage des Umbaus ist, dass zunächst die neuen Anlagen-Komponenten aufgebaut werden, bevor die alten der Demontage anheimfallen. Das bedeutet, dass vorübergehend zusätzlicher Platz erforderlich wird. Während die Altanlagen noch laufen, können in den Serverräumen neue UKG aufgestellt werden. Für Kompakt-Kälteerzeuger oder Kondensatoren lässt sich der nötige Platz auf dem Dach oder in benachbarten Außenflächen finden. Rohrleitungen werden während des laufenden Betriebes im Doppelboden verlegt, der örtlich abzuschotten ist. Manchmal werden provisorische Kälteversorgungen erforderlich. Bei allen Arbeiten sind die strengen Sicherheits-, Staubschutz- und Brandschutzmaßnahmen zu berücksichtigen. Die Montagen erfolgen abschnittsweise, so dass nicht das gesamte Rechenzentrum zu einer Baustelle wird. Nach und nach werden so die neuen Klima- und Kälteanlagen aufgebaut und die alten außer Betrieb genommen.

Für jede einzelne Umbauphase ist eine Bilanzierung der Kälteleistung vorzunehmen. Zu keinem Zeitpunkt darf die Gesamtleistung der alten und neuen Anlagen unter der abzuführenden Kühllast liegen. Dabei sind die je nach den Verfügbarkeitsklassen erforderlichen Redundanzen zu berücksichtigen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei Vorhandensein des notwendigen Platzes sowie sorgfältiger Planung und Ausführung ein Umbau im laufenden Betrieb ohne unkalkulierbare Risiken durchführbar ist.

### **Ausblick in die Zukunft**

Die zuvor beschriebenen Systeme stellen den augenblicklichen Stand der Technik dar. Doch die Entwicklung geht weiter. Schon skizzieren die Rechnerhersteller Szenarien, in denen Server mit Wasser gekühlt werden, das eine Temperatur von bis zu 50 °C haben kann. Damit würden die heutigen Kühltechniken über den Haufen geworfen und der Energieverbrauch zur Kühlung erneut deutlich verringert. Bei einer derartigen Technik könnte das Kühlwasser im Sommer ohne Kältemaschine mit Rückkühlern erzeugt und im Winter andernorts zur Gebäudeheizung eingesetzt werden. Doch dies ist eine Zukunftsvision und derzeit noch nicht realisierbar. Näher liegt der Einsatz einer Kühltechnik, die unter dem Begriff Kyoto-Cooling Eingang in die IT-Welt gefunden hat. Ihr Herzstück ist ein modifizierter Rotationswärmetauscher, durch den auf der Primärseite Außenluft und auf der Sekundärseite Umluft aus den Serverräumen strömt und der keine Feuchte austauscht. Die Zulufttemperatur liegt zwischen 20 und 25 °C, die Abluft etwa 10 K darüber. Solange die Außenluft kälter als die Zuluft ist, kann die Wärme durch den Austausch im Rotor ohne zusätzliche mechanische Kühlung abgeführt werden. Ein solches System erreicht seine energetischen Vorteile besonders in kühlen Regionen, wie dem nördlichen Europa.

Die Leistungen der Rechenzentren werden in den nächsten Jahren weiter steigen. Der von den Servern verursachte Energieverbrauch wird in fünf Jahren voraussichtlich um das Doppelte wachsen. Angesichts der globalen Bemühungen, Energie einzusparen und den CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu verringern, sind anhaltende Innovationen auf dem Gebiet der Klimatisierung von Rechenzentren erforderlich und wahrscheinlich.