

# Kapazitätsmanagement für Stromversorgung und Kühlung in Rechenzentren

Von Neil Rasmussen

Whitepaper Nr. 150

**APC**  
by Schneider Electric

## Zusammenfassung

IT-Systeme mit hoher Leistungsdichte stellen große Anforderungen an die Stromversorgung in modernen Rechenzentren. Die Installation und unkontrollierte Verbreitung dieser Art von Systemen kann zu unerwarteten Problemen mit der Infrastruktur für Stromversorgung und Kühlung führen. Dazu gehören Überhitzung, Überlastung und mangelnde Redundanz. Die Möglichkeit, die Kapazität der Stromversorgungs- und Kühlungssysteme auf Rack-Ebene zu messen und zu prognostizieren, ist heute unverzichtbar, um eine hohe Leistungsfähigkeit der Systeme zu gewährleisten und die Nutzung der physikalischen Infrastruktur zu optimieren. Dieses Dokument beschreibt die Grundlagen für das Kapazitätsmanagement von Stromversorgungs- und Kühlsystemen.

# Einführung

Nach Angaben von Gartner Inc. wissen die meisten Betreiber von Rechenzentren noch nicht einmal annähernd, wie hoch die Leistungsaufnahme ihrer Systeme oder die Kapazität ihrer aktuellen Stromversorgungs- und Kühlsysteme ist. Werden Systeme installiert, die die vorgesehene Kapazität des Rechenzentrums übersteigen, führt die zur Überlastung von Stromversorgung und Kühlung. Die Folge sind Ausfallzeiten durch Überlast, Überhitzung und verminderte Redundanz.

Die IT Infrastructure Library (ITIL) definiert den Begriff **Kapazitätsmanagement** als Disziplin, die sicherstellt, dass die Infrastruktur zum richtigen Zeitpunkt, im richtigen Umfang und zum angemessenen Preis bereitgestellt und so effizient wie möglich genutzt wird. Die wesentlichen Erfolgsfaktoren dabei sind:

- Bereitstellung exakter Kapazitätsprognosen
- Bereitstellung angemessener Kapazität zur Erfüllung der geschäftlichen Anforderungen

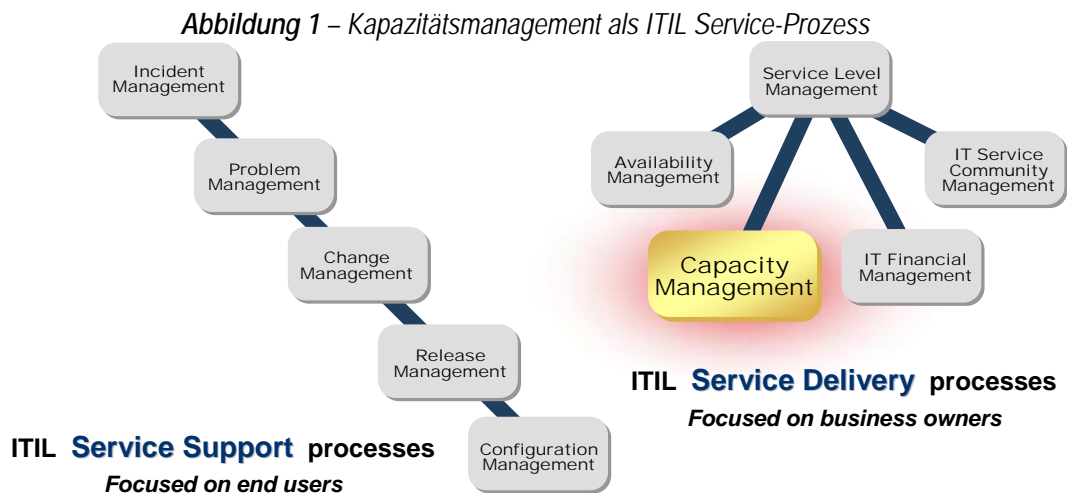
Informationen aus verschiedenen Bereichen des Unternehmens müssen erfasst werden, um zu definieren, welche IT-Systeme erforderlich sind (oder sein werden), welche Infrastruktur für Stromversorgung und Kühlung zur Unterstützung dieser IT-Lasten benötigt wird, welche Art von Vorsorge für Notfälle getroffen werden muss und wie hoch die Kosten dieser Infrastruktur sein werden.

Dieses Dokument wendet das ITIL-Konzept für Kapazitätsmanagement speziell für die Bereiche Stromversorgung, Kühlung und Raumkapazität in Rechenzentren an. Anhand eines Modells wird erläutert, wie die Quantifizierung der bereitgestellten und der erforderlichen Kapazität von Stromversorgung und Kühlung sowie die verschiedenen Arten der Kapazität berechnet werden. Dieses Modell kann als Vorgabe für die Beschreibung eines Kapazitätsmanagement-Systems oder für die Aufstellung von Richtlinien für Service-Level-Management dienen.

## KAPAZITÄTSMANAGEMENT ITIL-Definition

### Bereitstellung von Infrastruktur

Zur **richtigen Zeit**  
Im **richtigen Umfang**  
Zum **angemessenen Preis**  
UND → **Effiziente Nutzung**



## Hintergrund

In den seltensten Fällen sind Betreiber von Rechenzentren in der Lage, die Kapazität der Stromversorgung und Kühlung für ein bestimmtes Rack zu einzuschätzen. Die RZ-Manager verfügen in der Regel nicht über die Informationen, die das Unternehmen für die effiziente Implementierung neuer Systeme benötigt, und sind daher auch nicht in der Lage, so einfache Fragen wie die folgenden zu beantworten:

- Wo in meinem Rechenzentrum soll ich den nächsten Server installieren, ohne die Verfügbarkeit der vorhandenen Systeme zu beeinträchtigen?
- Wo ist – unter Berücksichtigung der Stromversorgung und Kühlung – der *beste* Standort für die neuen IT-Systeme?
- Kann ich neue Systeme ohne Beeinträchtigung von Redundanz und Backup-Autonomiezeit installieren?
- Werde ich auch bei Ausfällen oder während Wartungsarbeiten genügend Redundanz für meine Stromversorgung und Kühlung haben?
- Kann ich mit meiner vorhandenen Infrastruktur für Stromversorgung und Kühlung neue Hardwaretechnologie wie Blade-Server einsetzen?
- Muss ich meine Blade-Server im Raum verteilen, um einen zuverlässigen Betrieb sicherzustellen?
- Wann muss ich für zusätzliche Kapazität sorgen, weil ich an die Grenzen meiner aktuellen Infrastruktur für Stromversorgung und Kühlung stoße?

Die Ratlosigkeit angesichts dieser Fragen ist einerseits weit verbreitet, andererseits jedoch nicht akzeptabel. In Rechenzentren, die wesentlich überdimensioniert oder nicht ausgelastet sind, kann die zusätzliche Kapazität als „Sicherheitspuffer“ dienen und einen erfolgreichen Betrieb auch dann gewährleisten, wenn der Betreiber die Gesamtleistungsaufnahme aller Systeme nur grob schätzen kann. Dieser Mangel an Informationen kann die Verfügbarkeit einschränken und somit zu kürzeren, aber

tolerierbaren Ausfallzeiten führen. Auch wenn eine Überdimensionierung aus wirtschaftlicher Sicht nicht effizient ist, kann sie kurzfristig einen Sicherheitspuffer bieten, bis die erforderliche Kapazität der verfügbaren entspricht. Doch die drei folgenden Faktoren sorgen dafür, dass dieses mangelhafte Konzept für den Betrieb von Rechenzentren nicht länger tragbar ist:

- IT-Systeme mit extrem hoher Leistungsdichte
- Die Notwendigkeit, die Gesamtkosten (TCO) zu kontrollieren und die Kapazität der Anlagen vollständig auszunutzen
- Die dynamischen Veränderungen und der schnelle Austausch von IT-Systemen

Jeder dieser Faktoren sorgt erhöht den Druck auf die Betreiber von Rechenzentren. Sie müssen dafür sorgen, dass der Betrieb besser vorhersagbar wird.

IT-Systeme mit hoher Leistungsdichte

IT-Systeme mit einer Gesamtleistungsaufnahme von mehr als 10 kW pro Rack werden als High-Density-Systeme eingestuft.

Vollständig bestückte Racks mit Servern erreichen eine Leistungsaufnahme zwischen 6 und 35 kW. Doch die meisten der heutigen Rechenzentren sind lediglich für eine Kapazität von

weniger als 2 kW pro Rack ausgelegt. Wie bereits erwähnt, werden in vielen Fällen immer mehr Systeme installiert, wodurch die Stromversorgungs- und Kühlsysteme überlastet werden. So kommt es schließlich zu Ausfällen aufgrund von Überlast und Überhitzung oder mangelnder Redundanz. Daher benötigen Betreiber von Rechenzentren exakte Daten, um fundiert zu entscheiden, wo sie neue Systeme einsetzen. Dies gilt für bestehende Rechenzentren ebenso wie für neue.

#### Faktor Nr. 1 Hohe Leistungsdichte

Überlastung  
Überhitzung  
Keine Redundanz

## Gesamtkosten (TCO)

Für die meisten Unternehmen ist eine beträchtliche Überdimensionierung von Rechenzentren nicht akzeptabel, denn die daraus resultierende Verschwendung von Kapital- und Betriebskosten ist immens.

Laut Schätzungen könnten mit einem angemessenen Kapazitätsmanagement in einem typischen

Rechenzentrum heute bis zu 30 Prozent mehr IT-Systeme eingesetzt

werden – bei unveränderter Kapazität der Stromversorgung und

Kühlung. Herkömmliche Rechenzentren sind heute nicht in der Lage,

diese Kapazität vollständig zu nutzen, wodurch die Systemeffizienz

sinkt und die Energiekosten um Vergleich zu Umgebungen mit

Kapazitätsmanagement etwa 20 Prozent höher liegen. Mit Hilfe von

Kapazitätsmanagement-Tools lassen sich die Ressourcen für Stromversorgung und Kühlung besser nutzen und Energiekosten senken.

#### Faktor Nr. 2 Kostendruck (TCO)

Ungenutzte Kapazität  
Reduzierte Effizienz  
Versteckter Energieverbrauch

## Dynamische Veränderungen

In einem typischen Rechenzentrum unterliegen die IT-Systeme stetigen Veränderungen. In der Regel werden die Geräte spätestens alle 3 Jahre ausgetauscht und nahezu täglich werden Modifikationen durchgeführt, Systeme ausgetauscht oder hinzugefügt. Folglich bleiben auch die Anforderungen an die Stromversorgung und Kühlung nicht konstant, sondern wechseln im Minutentakt, auch auf Grund der integrierten Power-Management-Funktionen der Geräte. Das bisher häufig angewandte Prinzip „Ausprobieren und hoffen, dass es funktioniert“ ist heute nicht mehr akzeptabel, da es nahezu unvermeidlich zu Überhitzung von Komponenten führt. Kapazitätsmanagement-Tools müssen daher sowohl Echtzeit-Funktionen als auch Planungshilfen bieten, um auf diese Herausforderungen reagieren zu können. Zudem müssen Tools kostengünstig, einfach zu installieren und zu bedienen und vorkonfiguriert sein.

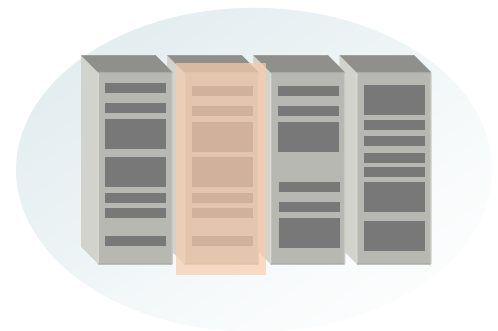
### Faktor Nr. 3 Veränderungen

Austausch im 3-Jahres-Zyklus  
Tägliche Änderungen  
Laständerungen im Minutentakt

## Verfügbare und erforderliche Kapazität

Um einfache Antworten auf die grundlegenden Fragen zur Kapazität zu finden, ist eine systematische Annäherung an das Kapazitätsmanagement erforderlich. Die Basis des Kapazitätsmanagements ist die Fähigkeit, die bereitgestellte und die erforderliche Kapazität für Stromversorgung und Kühlung in Zahlen auszudrücken.

Lässt sich die verfügbare und die erforderliche Stromversorgungs- und Kühlkapazität für einen Raum oder eine komplette Anlage bestimmen, ist das schon hilfreich. Doch wenn es um die Installation spezifischer IT-Systeme geht, sind detailliertere Informationen erforderlich. Andererseits sind diese Informationen für einzelne IT-Systeme schwer zu ermitteln und so detailliert auch nicht erforderlich. Eine effiziente und praktikable Möglichkeit dagegen ist die Messung und Planung der Stromversorgungs- und Kühlkapazität **auf der Rack-Ebene**. Und dieses Konzept wollen wir auch in diesem Dokument beschreiben (**Abbildung 2**).



Das in diesem Dokument vorgestellte Modell ermöglicht eine quantitative Analyse der verfügbaren und erforderlichen Kapazität für Stromversorgung und Kühlung auf Rack-Ebene anhand von vier wesentlichen Faktoren:

- Maximaler **potenzieller Bedarf** der Konfiguration
- Aktueller **tatsächlicher Bedarf**
- **Potenziell verfügbare Kapazität** für die Konfiguration
- Aktuell **tatsächlich verfügbare Kapazität**

Diese Informationen ermöglichen eine vollständige Beschreibung des aktuellen Status der Stromversorgung und Kühlung im Rechenzentrum auf der Rack-Ebene.

### Maximaler potenzieller Stromversorgungs- und Kühlbedarf der Konfiguration

Die Power-Management-Funktionen moderner Server können dazu führen, dass die Leistungsaufnahme im Betrieb um den Faktor 2 variiert. Der maximale potenzielle Bedarf der Konfiguration repräsentiert die Spitzenwerte, die bei diesen Schwankungen auf Rack-Ebene erreicht werden können. Diese Informationen lassen sich während der Systemkonfiguration durch Trendanalysen ermitteln, können direkt von den entsprechenden IT-Systemen erfasst und übertragen oder durch andere Verfahren bestimmt werden.

Der maximale Bedarf an Stromversorgungs- und Kühlkapazität ist immer größer oder gleich dem tatsächlichen Bedarf und ist eine wichtige Größe für das Kapazitätsmanagement.

### Der aktuelle TATSÄCHLICHE Bedarf an Stromversorgung- und Kühlkapazität

Dieser Wert gibt für jedes Rack und jeden beliebigen Zeitpunkt an, wie viel Strom verbraucht und Hitze generiert wird. Idealerweise lassen sich die Daten durch Echtzeit-Messungen der Leistungsaufnahme auf Rack-Ebene ermitteln. Bei nahezu allen Systemen entspricht die Leistungsaufnahme in Watt der Wärmeerzeugung in Watt. Bei anderen Geräten – darunter auch Unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USV), Stromverteilungen (Power Distribution Units - PDUs), Klimaanlage und VoIP-Router – entspricht die Wärmeerzeugung in Watt *NICHT* der Leistungsaufnahme, lässt sich aber mathematisch ermitteln. Die Leistungsaufnahme des Racks kann über das Stromverteilersystem oder von den einzelnen IT-Systemen selbst gemessen werden. Die ermittelten Werte werden dann zusammengefasst und ergeben den Wert pro Rack.

### Die POTENZIELL maximal verfügbare Stromversorgungs- und Kühlkapazität für die Konfiguration

Damit wird die Stromversorgungs- und Kühlkapazität definiert, die von der installierten Infrastruktur potenziell für das Rack bereitgestellt werden kann. Die *potenziell verfügbare* Kapazität wird immer größer oder gleich der *tatsächlich* verfügbaren Kapazität sein. Wenn die potenziell verfügbare Kapazität größer als die tatsächlich verfügbare Kapazität ist, weist dies darauf hin, dass das System mit Einschränkungen arbeitet. Diese können durch verschiedene Faktoren verursacht werden, z.B.

- Blockierte Luftfilter im Kühlsystem
- Verminderte externe Hitzeableitung aufgrund extremer Umgebungsbedingungen
- Ausfall eines Stromversorgungsmoduls einer USV

Es gehört zu den wesentlichen Funktionen eines Kapazitätsmanagement-Systems, dass es erkennt, wenn die Werte der aktuell verfügbaren Kapazität vom spezifizierten Wert abweichen. Außerdem sollte es in der Lage sein, die Ursache für die Einschränkungen zu diagnostizieren.

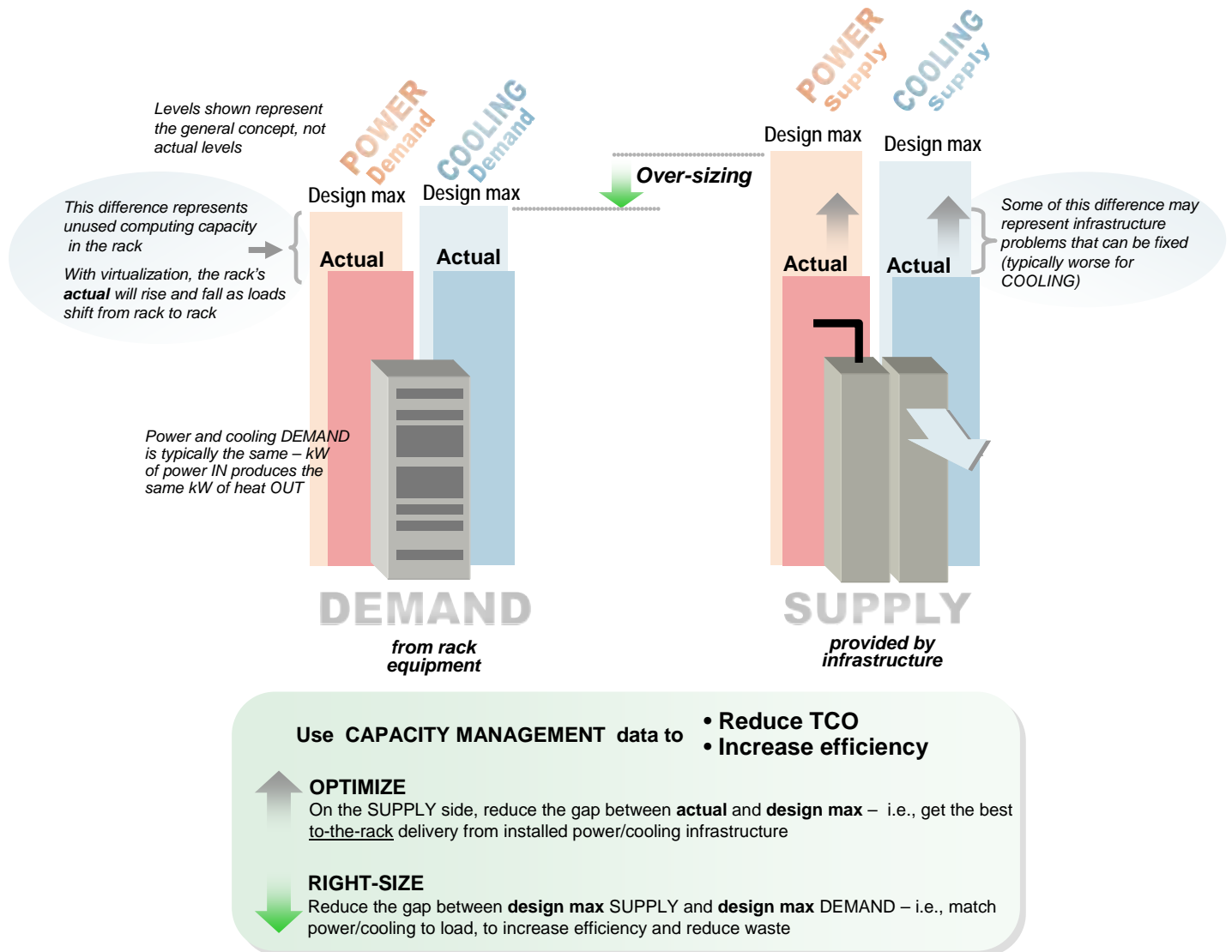
### Die aktuell TATSÄCHLICH verfügbare Stromversorgungs- und Kühlkapazität

Dieser Wert wird ermittelt auf Basis von Informationen aus der Stromverteilung und dem Kühlsystem des Rechenzentrums, der tatsächlichen aktuellen Kapazität des kompletten Stromversorgungs- und Kühlsystems sowie den Auswirkungen, die die verfügbare Kapazität auf andere Lasten hat.

Die tatsächlich verfügbare Stromversorgungskapazität für ein bestimmtes Rack ergibt sich aus der verfügbaren Kapazität der betreffenden Unterverteilung unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit ungenutzter Quellen in der Einspeisung z. B. Stromverteilern (PDUs) und USV-Systemen. In einigen Fällen wird die verfügbare Kapazität zusätzlich durch das Design oder die Konfiguration des Stromversorgungssystems beschränkt. So ist ein modulares System gegebenenfalls nicht vollständig bestückt oder das Design erfordert zwei Eingänge.

Die Bestimmung der tatsächlich verfügbaren Kühlkapazität für ein Rack ist in der Regel viel komplexer als die Bestimmung der verfügbaren Stromversorgung und zudem in hohem Maße abhängig von der Verteilung der Kühlluft. Im Gegensatz zur Stromverteilung, die über Kabel erfolgt, wird der Luftfluss in die Nähe einer Gruppe von Racks geführt, wo sich die Kühlluft durch die Lüfter der IT-Systeme verteilt. Dadurch ist die Berechnung der verfügbaren Kühlluft komplexer und kann nur mit Hilfe von computer-basierten Modellen durchgeführt werden. Erfolgt die Zuleitung und Ableitung von Kühlluft und Abluft direkt im Rack, lässt sich die Luftmenge exakter berechnen.

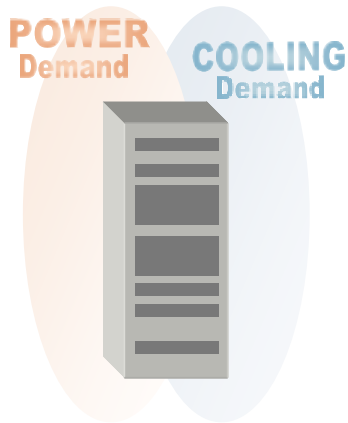
Abbildung 3 – Quantifizierung von Bedarf und verfügbarer Kapazität auf Rack-Ebene



## Kapazität auf der System-Ebene

Der Bedarf für Stromversorgung und Kühlung wird auf Rack-Ebene ermittelt. Die verfügbare Kapazität wird, wie im letzten Abschnitt beschrieben, ebenfalls auf Rack-Ebene ermittelt. Doch das Versorgungssystem für Strom und Kühlung ist nicht nach Racks geordnet, sondern ist ein hierarchisches System mit Komponenten wie USV-Systemen, Stromverteilungen (PDUs) und Klimageräten, die Gruppen von Racks versorgen. Hauptversorgungsmodule wie die Netzstromeinspeisung und Kühltürme sind ebenso Bestandteile der Versorgungssysteme, die ausreichend Kapazität für den Bedarf liefern müssen. Daher muss die

quantitative Bestimmung der Stromversorgungs- und Kühlkapazität nicht nur auf der Rack-Ebene erfolgen, sondern unter Berücksichtigung dieser Versorgungssysteme auch auf einer höheren Ebene.



Die Kapazität der Versorgung muss immer größer oder gleich dem Bedarf sein, um zu vermeiden, dass es zu Ausfällen im Rechenzentrum kommt. Das gilt für jedes einzelne Rack ebenso wie für jedes Versorgungsmodul, das Gruppen von Racks versorgt. Daher ist immer eine Überkapazität vorhanden. Beim Kapazitätsmanagement unterscheidet man zwischen vier verschiedenen Arten der Überkapazität:

- Reservekapazität
- Leerlaufkapazität
- Kapazität für Sicherheitsmargen
- Blockierte Kapazität

In den folgenden Abschnitten werden diese verschiedenen Arten von Überkapazität näher erläutert.

## Reservekapazität

Als Reservekapazität bezeichnet man vorhandene Überkapazität, die sofort für neue IT-Systeme genutzt werden kann. Das Bereithalten der Reservekapazität ist mit beträchtlichen Kapital- und Betriebskosten (für Beschaffung und Wartung der Stromversorgungs- und Kühlsysteme) verbunden. Darüber hinaus wirkt sich die Reservekapazität immer negativ auf die Effizienz des RZ-Betriebs aus und erhöht den Energieverbrauch.

In einer effizienten Kapazitätsmanagement-Architektur für ein Rechenzentrum, das kontinuierlich erweitert und verändert wird, lassen sich bestimmte Formen der Reservekapazität wie zusätzliche Anschlüsse an die

Netzstromversorgung kostengünstig realisieren. Zusätzliche Systeme für die Stromversorgung und Kühlung sollten jedoch idealerweise nur dann installiert werden, wenn sie aufgrund des gestiegenen Bedarfs auch wirklich benötigt werden.

Ein effizientes Kapazitätsmanagement-System muss für Wachstumsphasen geeignet sein und die quantitative Planung unterstützen. Weitere Informationen zur quantitativen Wachstumsplanung finden Sie im APC Whitepaper Nr. 143, „[Rechenzentrumsprojekte: Wachstumsmodelle](#)“.

## Leerkapazität

Leerkapazität ist die vorhandene Überkapazität, die für den potenziellen Maximalbedarf der aktuellen Konfiguration bereitgehalten wird. Die vorhandenen IT-Systeme benötigen diese Kapazität gegebenenfalls, wenn sie unter Spitzenlast arbeiten müssen, daher kann diese Leerkapazität nicht für neu installierte IT-Systeme genutzt werden.

Leerkapazität ist ein wachsendes Problem, das durch die Power Management-Funktionen von IT-Systemen verursacht wird. Leerkapazität muss für Zeiten vorgehalten werden, in denen das Power-Management von IT-Systemen in einen höheren Modus wechselt.

## Kapazität für Sicherheitsmarge

Kapazität für Sicherheitsmargen ist geplante Überkapazität, die zusätzlich zur Kapazität für den maximalen Bedarf der konfigurierten Stromversorgungs- und Kühlsysteme verfügbar ist. Durch diese Sicherheitsmarge kann der Systembetrieb auch dann fortgesetzt werden, wenn es bei der Berechnung des Maximalbedarfs für die Stromversorgung und Kühlung zu kleineren Fehlern kommt oder neue IT-Systeme ohne vorherige Absprache integriert werden. In der Regel liegt die Sicherheitsmarge im Bereich von 10 bis 20 Prozent, kann aber auch 30 Prozent oder mehr betragen, wenn es sich um Rechenzentren mit geringen Vorgaben für Änderungsprozeduren handelt. Diese Art der Überkapazität kann nicht für neue IT-Systeme genutzt werden.

## Blockierte Kapazität

Diese Art der Überkapazität kann aufgrund des Designs oder der Konfiguration nicht von IT-Systemen genutzt werden. Blockierte Kapazität weist auf mangelnde Abstimmung bei der Dimensionierung der folgenden Komponenten hin:

- Stellfläche und Platz im Rack
- Stromversorgung
- Stromverteilung
- Kühlung
- Verteilung der Kühlluft

Ein einzelnes IT-System erfordert einen bestimmten Teil der Kapazität der genannten Komponenten. Doch diese Komponenten stellen nahezu niemals exakt die Kapazität bereit, die das jeweilige IT-System benötigt.

So gibt es beispielsweise an einem Ort genügend Platz im Rack, aber keine verfügbare Kühlkapazität dafür, oder an einem anderen Standort ist genügend Stromversorgungskapazität, aber kein Einschub im Rack verfügbar. Häufig ist eine der genannten Komponenten vorhanden, kann aber nicht genutzt werden, weil die anderen vier fehlen oder nicht mit ausreichender Kapazität verfügbar sind. Blockierte Kapazität ist nicht erstrebenswert und kann die Leistungsfähigkeit eines Rechenzentrums beträchtlich einschränken. Leider gibt es in den meisten Rechenzentren im großen Umfang blockierte Kapazität. Nachfolgend finden Sie ein paar verbreitete Beispiele:

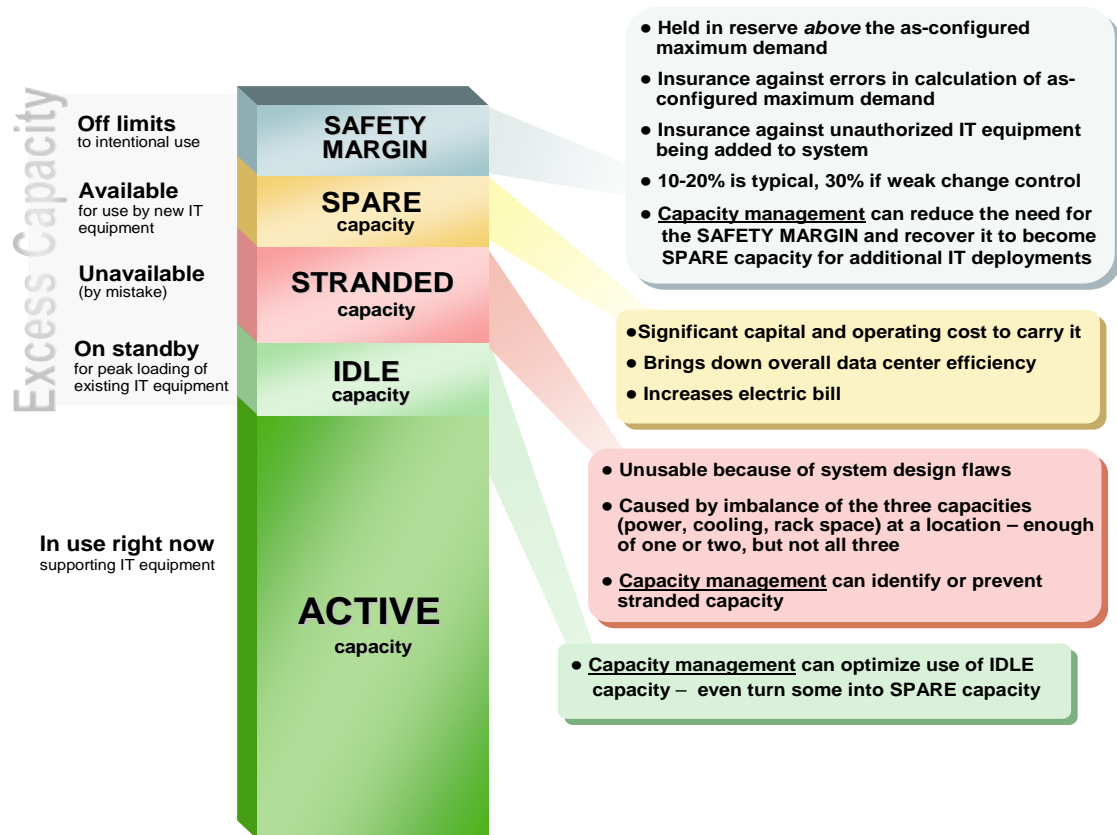
- Ein Klimagerät verfügt über genügend Kapazität, aber es fehlt eine adäquate Verteilung der Kühlluft
- Ein Stromverteiler verfügt über genügend Kapazität, aber es gibt keinen Platz mehr für Leistungsschalter
- Es gibt genügend freien Stellplatz, aber nicht mehr genügend Kapazität der Stromversorgung
- Die Klimageräte befinden sich am falschen Standort
- Einige Stromverteiler sind überlastet, während andere noch genügend Kapazität haben
- Einige Bereiche sind überhitzt, während andere kalt sind

Je nach Situation und Architektur der Stromversorgungs- und Kühlsysteme kann es sich als unmöglich erweisen, die blockierte Kapazität freizugeben. In anderen Fällen können aber auch geringe Investitionen ausreichen, um blockierte in nutzbare Kapazität zu verwandeln. In der Regel aber ist die Freisetzung der blockierten Kapazität mit Kosten verbunden. Häufig ist es erforderlich, einen Teil der Installation zu demontieren oder neue Komponenten für Stromversorgung und Kühlung zu installieren.

Blockierte Kapazität ist ein unangenehmes Problem für die Betreiber von Rechenzentren, denn es ist – den Nutzern oder der Geschäftsleitung – schwer zu erklären, warum ein Rechenzentrum mit einer installierten Stromversorgungs- und Kühlkapazität von 1 MW keine neuen Blade-Server kühlen kann, wenn nur 200 kW der Gesamtkapazität nutzbar sind.

Ein effizientes Kapazitätsmanagement-System hilft nicht nur bei der Erfassung blockierte Kapazität, sondern vor allem auch bei der Vermeidung dieser Effizienzprobleme.

Abbildung 5 – Verschiedene Arten der Überkapazität



## Kapazitätsmanagement

In den vorausgegangenen Abschnitten dieses Dokuments haben wir die Rahmenbedingungen für die Berechnung der verfügbaren und der erforderlichen Stromversorgungs- und Kühlkapazität erläutert. Das ITIL Framework hingegen definiert die Funktionen, die ein Kapazitätsmanagement-Prozess abdecken muss, wie folgt:

- Überwachung der Performance
- Überwachung der Auslastung
- Prognose der verfügbaren Kapazität
- Bedarfsprognose
- Modellierung

Die genannten Funktionen bilden die Grundlage für die Einhaltung der vom ITIL- definierten Ziele des Kapazitätsmanagements, zu denen exakte Kapazitätsprognosen und die Bereitstellung von genügend Kapazität für die Geschäftsanforderungen gehören.

Ein Kapazitätsmanagement-System für Stromversorgung und Kühlung könnte so aussehen, dass Messungen von Technikern als Basis für die nachfolgenden Berechnungen dienen. In ähnlicher Form wird dieses Konzept sogar in einigen Rechenzentren umgesetzt. Doch angesichts von Trends wie Server-Virtualisierung und IT-Systemen, deren Leistungsaufnahme und Kühlbedarf sich kontinuierlich dynamisch verändert, ist der Einsatz von vernetzten Überwachungslösungen für Stromversorgungs- und Kühlsysteme in Kombination mit Kapazitätsmanagement-Software die einzige praktikable und realistische Lösung. Für den Anwender bietet so ein System die folgende Funktionalität:

- Darstellung der Kapazitätsdaten
- Aufstellung eines Kapazitätsplans
- Alarmer bei Verstößen gegen den Kapazitätsplan
- Modellierung vorgeschlagener Änderungen

### Darstellung der Kapazitätsdaten

Der aktuelle Status von verfügbarer Kapazität und Bedarf im Rechenzentrum sowie Angaben zu Reservekapazität und blockierter Kapazität sowie anderen Faktoren, die wir hier bereits beschrieben haben, sollten für drei Ebenen dargestellt werden:

- *Raum-Ebene*: Bedarf und verfügbare Versorgung sowie verschiedene Kapazitäten für den gesamten Raum. Zu den Systemen gehören typischerweise eine USV für das Gebäude, ein Generator, Wärmetauscher, Kühltürme und Komponenten für den Servicezugang.
- *Reihen-Ebene*: Bedarf und verfügbare Kapazität für Stromversorgung und Kühlung bezogen auf eine Reihe oder einen logischen Bereich im Rechenzentrum. Häufig geht es dabei um Verteilersysteme für Stromversorgung oder Kühlung, die Rack-Reihen versorgen, z. B. PDUs oder reihenorientierte Kühlsysteme. Informationen auf dieser Ebene sind besonders wertvoll für die Planung, wenn noch keine Details für bestimmte Racks verfügbar sind.
- *Rack-Ebene*: Bedarf und verfügbare Kapazität für Stromversorgung und Kühlung bezogen auf ein bestimmtes Rack oder Gehäuse. Informationen auf dieser Ebene sind erforderlich, um Probleme im Rack zu diagnostizieren oder Auswirkungen durch die Installation bestimmter IT-Systeme zu analysieren. Auch Angaben zu Stromverteilern im Rack und rack-orientierten Kühlsystemen können einbezogen werden.

Ein effizientes Kapazitätsmanagement-System präsentiert die oben aufgeführten Informationen in einem hierarchischen Modell, zu dem auch eine grafische Darstellung vom Grundriss des Rechenzentrums gehört. **Abbildung 6** zeigt die Raum-Ebene, **Abbildung 7** die Rack-Ebene.

Abbildung 6 – Beispiel für einen RZ-Grundriss im APC Capacity Manager

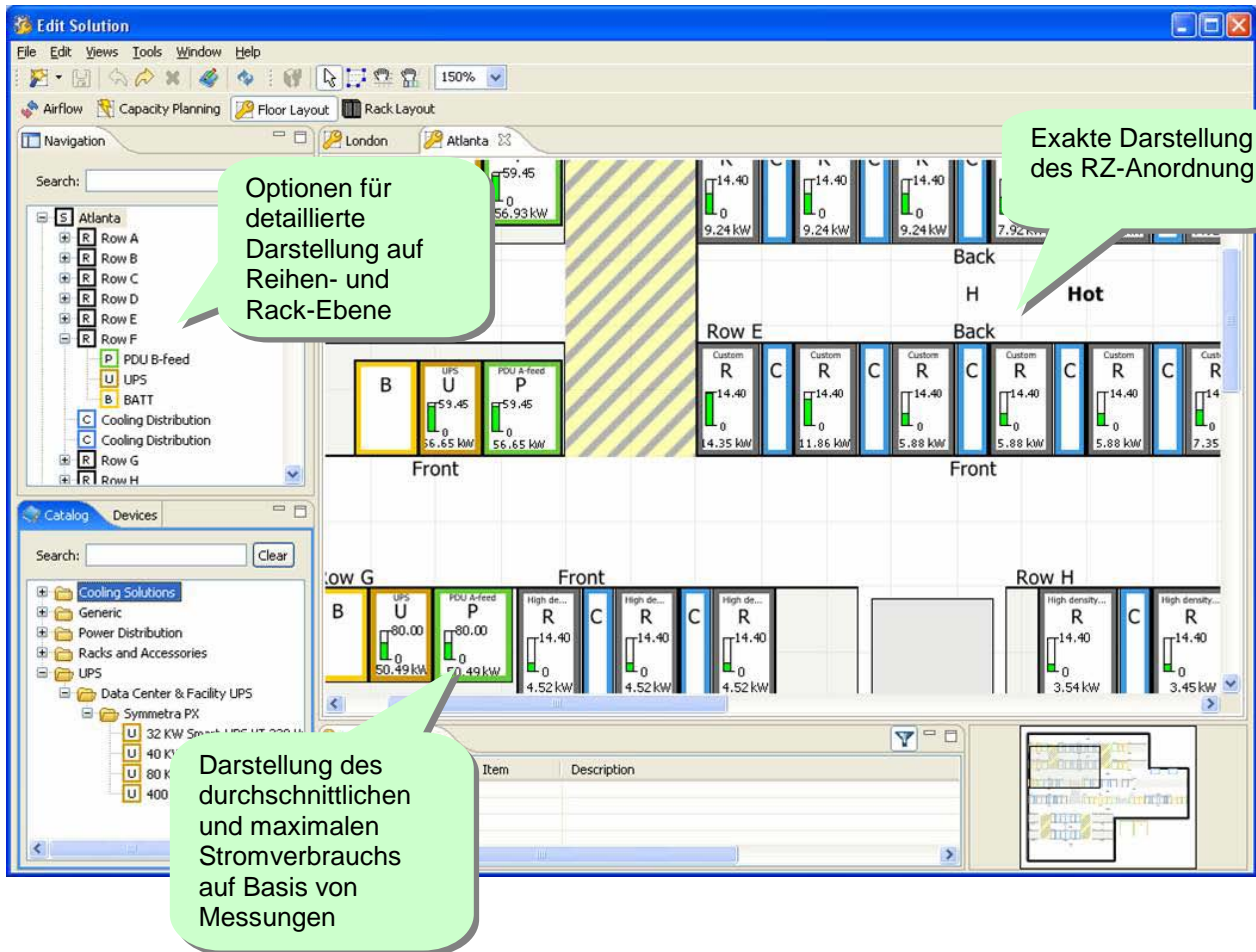
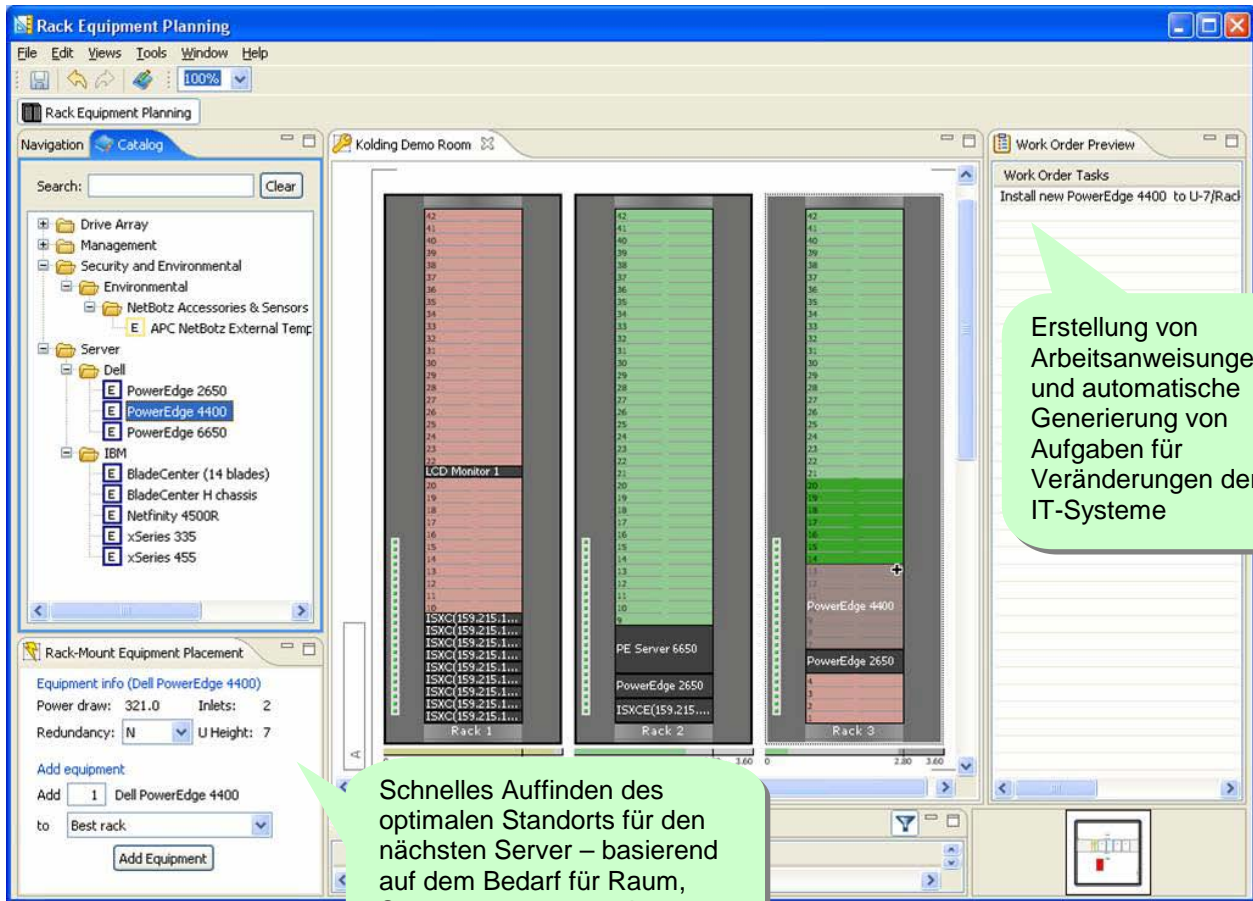


Abbildung 7 – Beispiel für die Darstellung der Rack-Ebene im APC Capacity Manager



Erstellung von Arbeitsanweisungen und automatische Generierung von Aufgaben für Veränderungen der IT-Systeme

Schnelles Auffinden des optimalen Standorts für den nächsten Server – basierend auf dem Bedarf für Raum, Stromversorgung und Kühlung

## Kapazitätsplanung

Während der Konzeption des Rechenzentrums muss ein Kapazitätsplan aufgestellt werden. Nachdem die Stromversorgungs- und Kühlsysteme im Rechenzentrum installiert sind, werden diese im Kapazitätsplan einerseits Teil der Versorgungssysteme, andererseits schränken sie die Planung aber auch ein. Durch den Einsatz aktueller, skalierbarer Stromversorgungs- und Kühllösungen lässt sich eine Kapazitätsplanung realisieren, die problemlos an Wachstumsstrategien angepasst werden kann, um die Aufwendungen für die Kapazität und die elektrische Effizienz gleichermaßen zu optimieren.

Im Fokus der ITIL-Vorgaben steht dabei nicht nur die Bereitstellung von genügend Kapazität, sondern vor allem die Bereitstellung einer **angemessenen** Kapazität. Allzu häufig konzentrieren sich die Planer auf die Bereitstellung ausreichender Kapazität anstatt auf die richtige Dimensionierung für die tatsächlich zu versorgenden IT-Lasten. In der Regel führt dies zu einer Überdimensionierung mit entsprechend überhöhten Ausgaben für Investitionen, Energiekosten, Serviceverträge und Wasserverbrauch.

Design-Tools für Rechenzentren vereinfachen die Kapazitätsplanung und sollten daher in das Kapazitätsmanagement-System integrierbar sein. Ein Beispiel für eine entsprechende Suite mit Software-Tools sind APC *InfraStruXure Designer* für das RZ-Design, die Management-Plattform APC *InfraStruXure Central* und *APC Capacity Manager*.

## Alarmierung bei Verstößen gegen die Kapazitätsplanung

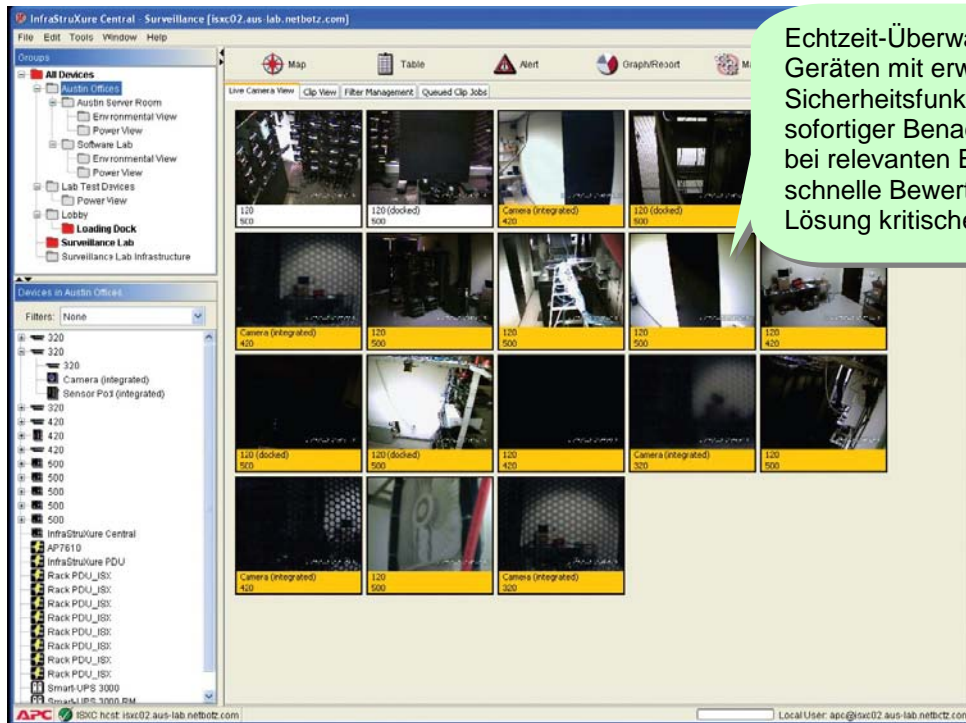
Alarmer sollen ausgelöst werden, wenn der Systemstatus von den Vorgaben des Kapazitätsmanagement-Plans abweicht. Diese Warnmeldungen können lokal in Form optischer oder akustischer Signale ausgegeben oder über das Management-System als Webpage, E-Mail usw. übermittelt werden.

Kapazitätsbedingte Alarmer werden bei folgenden Ereignissen generiert:

- Anstieg des Stromverbrauchs der in einem Rack installierten Systeme über den im Kapazitätsmanagement-System festgelegten Schwellenwert für ein Rack, eine Reihe oder einen Raum
- Reduktion der verfügbaren Kühlleistung auf Reihen- Rack- oder Raumebene durch Ausfälle oder Leistungsverlust von Subsystemen der Stromversorgung oder Kühlung
- Stromversorgungs- und/oder Kühlsysteme können aufgrund von Einschränkungen nicht mehr die im Kapazitätsmanagement-System definierte Redundanz bieten

Bei vielen der genannten Ereignisse tritt kein echter Hardware-Fehler auf, daher würde bei herkömmlichen Überwachungssystemen kein Alarm ausgelöst. So haben auch die meisten von einem Kapazitätsmanagement-System ausgelösten Alarmer einen präventiven Charakter. Und in einem Rechenzentrum ergänzt das Kapazitätsmanagement-System andere Lösungen wie die Echtzeit-Überwachung für Fehler, Sicherheit, Leckage und Temperatur. Ein Beispiel für ein Überwachungssystem, das sowohl Echtzeit-Alarmer als auch kapazitätsbedingte Alarmer auslösen kann, ist APC *InfraStruXure Central* (**Abbildung 8**).

Abbildung 8 – APC InfraStruXure Central, ein Beispiel für ein zentralisiertes Überwachungssystem



## Modellierung von Änderungen

Neben der Überwachung aktueller Betriebsbedingungen muss ein effizientes Kapazitätsmanagement-System auch die Möglichkeit bieten, die Kapazität rückblickend und für zukünftige Szenarien zu betrachten.

Beispiele für Zukunftsszenarien:

- Simulation von Fehlerbedingungen, z. B. Ausfall von ein oder zwei Stromversorgungs- oder Kühlsystemen
- Analyse des geplanten Wachstums im Zusammenhang mit der aktuellen Kapazitätsauslastung
- Vorschläge für zusätzliche Systeme, Austausch und Standortänderungen
- Trendanalysen basierend auf historischen Daten

Das Kapazitätsmanagement-System muss eine Bewertung dieser Szenarien unter Berücksichtigung der aktuellen Kapazitätsmanagement-Planung ermöglichen. Ein effizientes Modell kann den Anwender dabei unterstützen, das beste Szenario auszuwählen, um beispielsweise die Energieeffizienz oder die Raumnutzung zu optimieren.

# Überwachung von Stromversorgung und Kühlung für IT-Systeme

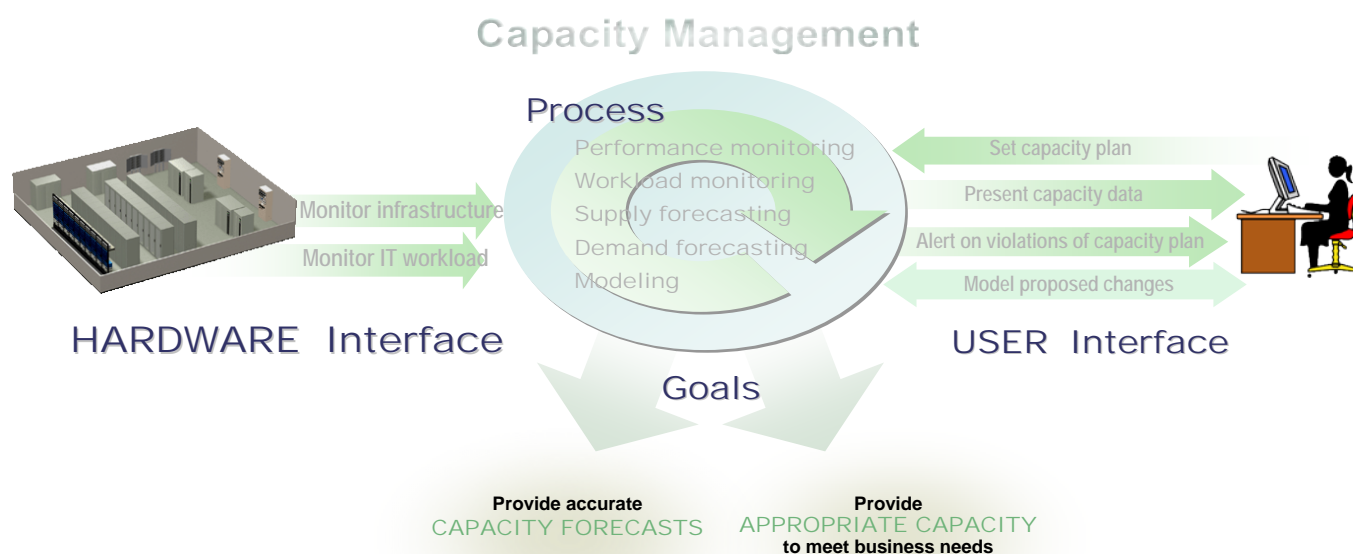
Für die meisten Zwecke ist es ausreichend, wenn man das Rack als eine Art Blackbox betrachtet, die Strom verbraucht, ohne dass genauer auf die Anzahl, die Art oder den Standort der einzelnen IT-Systeme im Rack eingegangen wird. Das hier beschriebene Kapazitätsmanagement-System ist nur zu einem geringen Teil abhängig von gerätespezifischen Informationen, so lange wie der Stromverbrauch auf Rack-Ebene direkt definiert oder gemessen werden kann. Ist der Stromverbrauch bekannt, lassen sich die Anforderungen an die Kühlung mit hoher Genauigkeit schätzen. Bleiben diese Werte für das Rack innerhalb der Grenzen des Kapazitätsplans, werden keine weiteren Informationen benötigt, um sicherzustellen, dass die Stromversorgungs- und Kühlsysteme die Anforderungen erfüllen. Stehen die richtigen Tools zur Verfügung, bietet das Kapazitätsmanagement viele Vorteile für den Betrieb von IT-Umgebungen, ohne dass dafür eine detaillierte Bestandsverwaltung der IT-Systeme erforderlich ist. Dennoch kann es Vorteile bieten, Informationen über die einzelnen IT-Komponenten im Rack zu haben, oder direkt mit den IT-Systemen zu kommunizieren. So sind unter anderem die folgenden Informationen verfügbar:

- Die Stromverbrauchskennwerte einzelner IT-Komponenten
- Die minimalen und maximalen Werte der Leistungsaufnahme mit zeitlichen Variationen
- Spezielle Anforderungen für die Belüftung oder spezielle Lüfter-Betriebsmodi
- HE-Bedarf im Rack (erforderliche Raumkapazität)
- Daten für die exakte Bewertung von Modifikationen (Hinzufügen, Entfernen, Ändern von Systemen)

Um die Daten eines Geräteverwaltungssystems nutzen zu können, müssen die Daten vom Kapazitätsmanagement-System eingelesen und verarbeitet werden können.

Im Allgemeinen verfügen die meisten kleineren und mittleren Rechenzentren nicht über die Prozesse und das erforderliche Personal, um eine nach Racks geordnete Bestandsverwaltung für die Installation und Modifikation der IT-Systeme zu unterhalten. Daher kann ein Kapazitätsmanagement-System in diesen Fällen keine derartigen Informationen nutzen. Sind diese Informationen jedoch in Zukunft verfügbar, sollten sie problemlos integriert werden können. Wenn Unternehmen weiter wachsen, können sie auch von einer einfacheren Version des Kapazitätsmanagements auf eine komplexere Lösung umsteigen, die zusätzlich Änderungsmanagement und Bestandsverwaltung umfasst. Die Interaktion zwischen Änderungsmanagement und Kapazitätsmanagement ist bidirektional, da das Änderungsmanagement in hohem Maße abhängig ist von Informationen aus dem Kapazitätsmanagement-System, anhand derer sich die Auswirkungen der Veränderungen abschätzen lassen.

Abbildung 9 – Kapazitätsmanagement-System im Überblick



## Fazit

Kapazitätsmanagement ist ein wesentlicher Bestandteil der effizienten Planung und des wirtschaftlichen Betriebs von Rechenzentren. Der Bedarf für ein Kapazitätsmanagement-System steigt mit der zunehmenden Dichte, Größe und Komplexität eines Rechenzentrums. Die Methodik des Kapazitätsmanagements wurde in diesem Dokument beschrieben. Es wurde deutlich, dass das Kapazitätsmanagement nicht abhängig ist von detaillierten Informationen zu IT-Systemen auf Rack-Ebene und im Vergleich zu herkömmlichen Bestandsverwaltungslösungen weniger Aufwand für Implementierung und Wartung erfordert, wobei es ähnliche Vorteile bietet. Wird ein Kapazitätsmanagement-System implementiert wie hier beschrieben, kann es wichtige Informationen zum Status des Rechenzentrums liefern, die herkömmliche Überwachungssysteme nicht bieten.

## Über den Autor:

**Neil Rasmussen** ist Senior VP of Innovation bei APC, der IT Business Unit von Schneider Electric. Er arbeitet mit dem weltgrößten F&E-Budget für die Stromversorgungs-, Kühlungs- und Rack-Infrastruktur kritischer Netzwerke.

Neil Rasmussen ist Inhaber von 14 Patenten für die Stromversorgungs- und Kühlungs-Infrastruktur hocheffizienter Rechenzentren mit hoher Leistungsdichte. Er hat über 50 Whitepaper zum Thema Stromversorgungs- und Kühlsysteme veröffentlicht, viele davon sind in über 10 Sprachen verfügbar. Neuere Veröffentlichungen konzentrieren sich zunehmend auf die Optimierung der Energieeffizienz. Rasmussen ist ein international angesehener Redner zum Thema Energieeffizienz von Rechenzentren. Zurzeit arbeitet er an der Entwicklung von hocheffizienten, skalierbaren Lösungen mit hoher Leistungsdichte für die Rechenzentrums-Infrastruktur und zeichnet als Hauptarchitekt verantwortlich für die Entwicklung des InfraStruXure-Systems von APC.

Vor der Gründung von APC im Jahre 1981 graduierte Neil Rasmussen am MIT zum Bachelor und Master in Elektrotechnik. Hier veröffentlichte er auch seine Dissertation zur Analyse einer 200 MW-Stromversorgung des Tokamak-Fusionsreaktors. Von 1979 bis 1981 arbeitete er bei den MIT Lincoln Laboratories an der Entwicklung von Schwungrad-Energiespeichersystemen und Solarstromsystemen.