

Stromversorgung und Kühlung für VoIP- und IP-Telefonie- anwendungen

Von Viswas Purani

**White paper /
Weißbuch Nr. 69**

APC[®]
Legendary Reliability[®]

Zusammenfassung

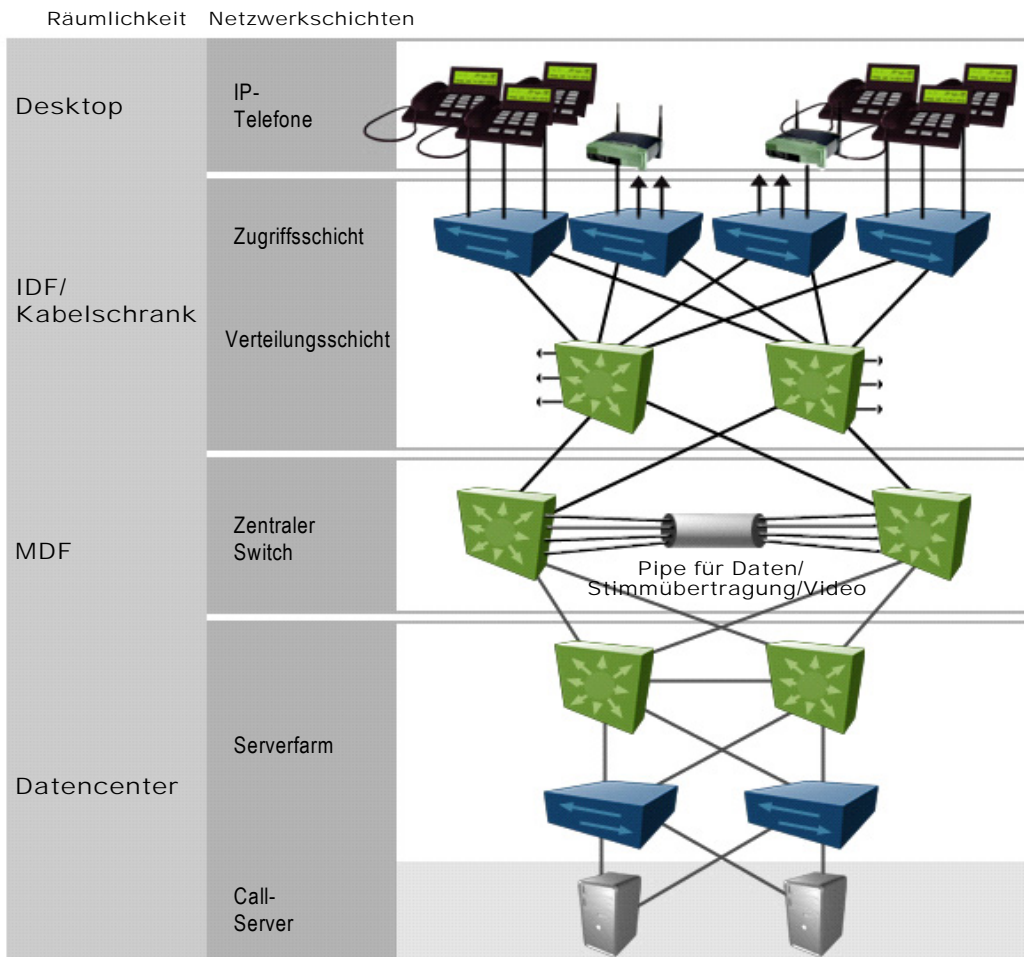
VoIP-Installationen (Voice over IP) können unerwartete bzw. ungeplante Anforderungen an die Stromversorgung und Kühlung in Verteilerräumen stellen. In den meisten Etagenvertei- lern stehen weder unterbrechungsfreie Stromversorgungen noch Möglichkeiten zur Lüftung oder Kühlung zum Schutz vor Überhitzung zur Verfügung. Kenntnisse der besonderen Anforderungen von VoIP-Geräten an Kühlung und Stromversorgung ermöglichen die Pla- nung einer erfolgreichen und kostengünstigen VoIP-Installation. Dieses Dokument be- schreibt, welche Anforderungen von VoIP an Stromversorgung und Kühlung bei der Pla- nung zu berücksichtigen sind, und zeigt einfache, schnelle, zuverlässige und kostengünsti- ge Verfahren für die Aktualisierung älterer sowie den Bau neuer Anlagen auf.

Einführung

Um herkömmliche Telekommunikationseinrichtungen und Telefonsysteme ersetzen zu können, müssen VoIP und IP-Telefonie eine vergleichbare oder höhere Verfügbarkeit aufweisen. Einer der Gründe für die hohe Verfügbarkeit des herkömmlichen Telefonsystems ist die eingebaute USV mit langer Überbrückungszeit, die den Strom für das Telefonieren von zentraler Stelle über die Telefonverkabelung an das Telefon liefert. Um die erwartete Verfügbarkeit zu erreichen, muss die IP-Telefonie dieses bewährte Prinzip übernehmen, dem Endgerät die Energie zusammen mit dem Signal bereitzustellen. Der herkömmliche Etagenverteiler, der passive Geräte wie Patchfelder und Hubs beherbergt, muss sich daher an die Anforderungen von Hochleistungs-Switches und -Routern sowie USV-Systemen mit langer Überbrückungszeit anpassen. Um einen kontinuierlichen Betrieb zu gewährleisten, werden Kühlung und Luftzirkulation in Etagenverteilern zu wichtigen Themen.

Ein typisches IP-Telefonienetzwerk ist aus Schichten aufgebaut, die jeweils aus den Komponenten in einer von vier möglichen Räumlichkeiten bestehen (Abbildung 1). Die Anforderungen dieser vier Räumlichkeiten an die Stromversorgung und die Kühlung unterscheiden sich wie in den folgenden Abschnitten gezeigt.

Abbildung 1 – Schichten und Räumlichkeiten eines typischen IP-Telefonienetzwerks



Endgeräte (Kommunikationsgeräte)

Typische Endgeräte sind IP-Telefone (Abb. 2a), WLAN Access Points (Abb. 2b) sowie Laptops mit Softphone-Programmen, die Standard-Telefoniefunktionen bieten. Solche IP-Telefone nehmen gewöhnlich 6 - 7 Watt an Leistung auf, wobei einige Geräte jedoch auch mehr Strom ziehen können. Der neue Normenentwurf IEEE 802.3af begrenzt den von solchen Geräten über CAT5-Kabel aufgenommenen Strom auf 350 mA und definiert, über welche Pins die Energie übertragen wird. Netzwerke, die diesem neuen Standard genügen, können ungefähr 15 W bis zu einer Entfernung von 100 m übertragen. Bei einer höheren Leistungsaufnahme müssen die Endgeräte externe Stromquellen verwenden, z. B. über externe Netzteile.

Abbildung 2a – IP-Telefon



Abbildung 2b – Access Point



Umgebung

Endgeräte sind gewöhnlich auf Schreibtischen platziert oder an der Wand montiert. Bei neu eingerichteten oder aktualisierten Netzwerken erfolgt die Stromversorgung meistens über die Datenverbindung. In einigen Fällen kann jedoch auch eine Steckdose als Stromquelle dienen.

Probleme

IP-Telefone müssen normalerweise ebenso verfügbar sein wie die von ihnen ersetzten herkömmlichen Telefone. Das größte Problem, das es hierbei zu lösen gilt, besteht darin, ihren kontinuierlichen Betrieb selbst bei einem längeren Stromausfall sicherzustellen.

Empfohlene Vorgehensweisen

Den Strom über die Datenverbindung an die Telefone zu senden (so genannte In-Line-Stromversorgung) stellt die beste Möglichkeit zur Lösung dieses Problems dar. Auf diese Weise ist es nicht mehr notwendig, die Stromversorgung durch externe Netzteile auf dem Schreibtisch zu gewährleisten. Der Strom wird jetzt über den Netzwerk-Switch im Etagenverteiler in das Telefon eingespeist, wobei der Switch durch ein USV-System mit langer Überbrückungszeit versorgt wird. Für Endgeräte, die an eine Steckdose angeschlossen werden (die also keine In-Line-Stromversorgung nutzen) kann ein USV-System mit langer Überbrückungszeit (vier, sechs, acht Stunden oder mehr) bereitgestellt werden.

IDF (Intermediate Distribution Frame)

IDF-Räumlichkeiten, Etagenverteiler genannt, enthalten Hubs, Layer 2&3 Zugriffs- und Verteilungs-Switches, Router, Patchfelder, USV-Systeme mit Batterie und verschiedene andere Telekommunikationsgeräte, die in einem zweistrebigen Rack montiert sind (Abb. 3a und 3b). Viele neue Switches besitzen die eingebaute Fähigkeit, Strom über Datenverbindungen zu übertragen (so genannte Endspan-Netzteile), um die Kommunikationsgeräte (Endgeräte) zu speisen. Für Switches ohne diese Fähigkeit steht ein entsprechend dimensioniertes „Midspan“-Netzteil zur Einspeisung von In-Line-Strom zur Verfügung.

Abbildung 3a – IDF (Etagenverteiler)

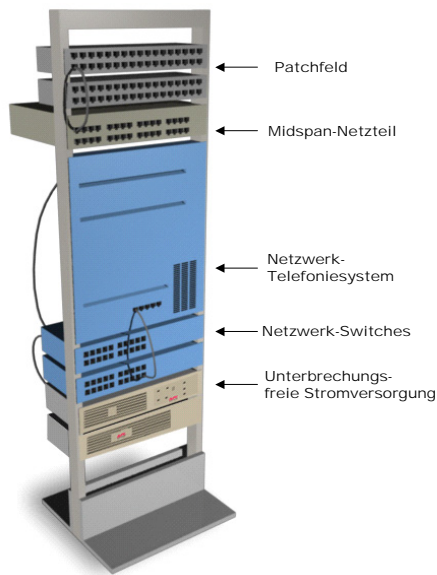
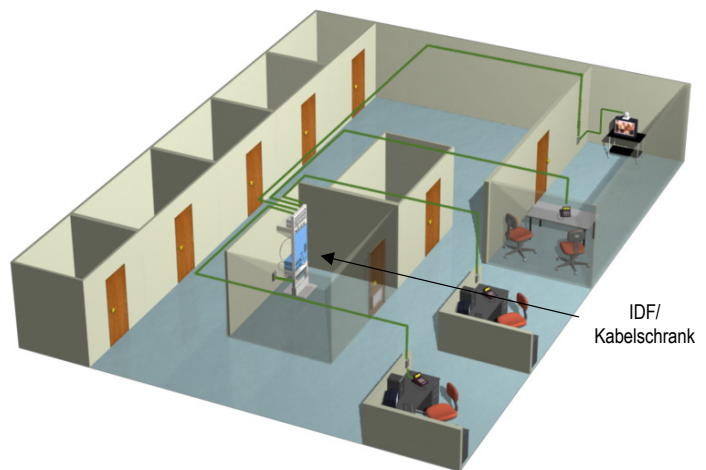


Abbildung 3b – Typisches IDF-Layout



Umgebung

Solche IDFs oder Etagenverteiler sind gewöhnlich in einem abgelegenen Raum des Gebäudes mit wenig oder gar keiner Lüftung und Beleuchtung verborgen. Sofern der Kunde nicht in ein neues Gebäude umzieht, wird er diese Etagenverteiler wahrscheinlich wiederverwenden wollen. Herkömmliche Telekommunikationsnetzwerke haben Etagenverteiler gewöhnlich für Auflegeblöcke, Patchfelder und einige wenige stapelbare Hubs oder Switches genutzt. Moderne IP-Telefonie-Infrastrukturen mit IT-Telefonie Switches verbrauchen deutlich mehr Strom und geben entsprechend mehr Wärme an die Umgebung ab. Diese neuen IP-Telefonie-Switches sind im Allgemeinen für 19-Zoll-Racks gebaut und weisen je nach Hersteller unterschiedliche Luftzirkulationsmuster auf, z. B. von Seite zu Seite oder von vorn nach hinten. Ein typischer Etagenverteiler besteht aus 1 - 3 Racks und zieht 500 bis 4000 W einphasigen Wechselstrom.

Probleme

Bei der Bereitstellung von VoIP und IP-Telefonie erfordern diese IDFs die größte Aufmerksamkeit, was die Stromversorgung und die Kühlung angeht. Sie haben je nach Netzwerkarchitektur und der Art des verwendeten Switches eine Leistungsaufnahme im Bereich von 500 bis 4000 W einphasig bei 230 V Wechselstrom. Den richtigen Steckdosentyp (z. B. IEC320C13 / 14 oder IEC309) und die richtige Leistung mit den richtigen Sicherungen für sämtliche Netzwerkgeräte, USV und PDU im Etagenverteiler zur Verfügung zu stellen, ist eine Herausforderung. Kühlung und Luftzirkulation in diesen Etagenverteilern stellen häufig ein größeres Problem dar, das aber oftmals ignoriert wird.

Empfohlene Vorgehensweisen

Die gesamte Ausstattung innerhalb des Etagenverteilers sollte durch ein USV-System geschützt sein.

Die Auswahl des USV-Systems beruht auf den folgenden Faktoren:

- Gesamte erforderliche Leistungsaufnahme in Watt
- Erforderliche Überbrückungszeit in Minuten
- Gewünschte Stufe der Redundanz oder Fehlertoleranz
- Erforderliche Spannung und Steckdosen

Das USV-System wird nach der Summe der Watt-Zahlen aller Lasten dimensioniert. Ein übliches USV-System für die Rackmontage wie die APC Smart-UPS (Abb. 4a) bietet eine Stromverfügbarkeit von ungefähr 99,99 % und ein N+1 redundantes USV-System mit integriertem Bypass wie die APC Symmetra RM (Abb. 4b) erreicht mit einer Stunde Überbrückungszeit einen Wert von 99,999 %. Solche Systeme genügen den Anforderungen der meisten Anwendungen. Einzelheiten zur Verfügbarkeitsanalyse finden Sie im Anhang.

Abbildung 4a – APC Smart-UPS



Abbildung 4b – APC Symmetra RM



USV-Produkte sind mit Batterien für verschiedenste Überbrückungszeiten erhältlich. Die Produkte der in Abb. 4a und 4b gezeigten Typen verfügen über modulare Batteriesysteme, mit denen sich die Überbrückungszeit auf bis zu 24 h verlängern lässt.

Höhe Verfügbarkeitswerte mit vier oder fünf Neunen hinter dem Komma können z.B. für lebenserhaltende Anwendungen wie Notrufdienste erforderlich sein. Solche Anforderungen können durch redundante Netzwerk-Switches mit redundanten Netzteilen, redundanten USV-Systemen und parallel zu wartenden elektrischen Anlagen mit Notstromgeneratoren erfüllt werden. Viele Unternehmen wie die American Power Conversion Corporation bieten eigens Beratungsdienste für Verfügbarkeitslösungen an, um Hochverfügbarkeits-Infrastrukturen für solche kritischen Netzwerke zu bewerten und zu empfehlen.

Schließlich müssen Sie die erforderlichen Stecker und Steckdosen des Etagenverteilers für sämtliche Geräte einschließlich der USV ermitteln. Im Idealfall sollten sämtliche Geräte direkt an der Rückseite der USV angeschlossen werden. Vermeiden Sie die Verwendung von zusätzlichen Steckdosenleisten oder Rack-PDUs. Bei vielen Geräten ist dies jedoch nicht immer möglich, sodass in diesem Fall eine Rack-PDU-Leiste verwendet werden sollte. Nehmen Sie in diesem Fall eine ausdrücklich für diesen Zweck entworfene Rack-PDU hoher Qualität. Die PDU sollte über genügend Steckdosen verfügen, um sämtliche vorhandenen Geräte anzuschließen, und zusätzlichen Platz für zukünftige Erweiterungen bieten. PDUs mit einer Anzeige der aktuellen Leistungsaufnahme sind zu bevorzugen, da sie Fehler durch menschliches Versagen, z. B. versehentliche Überlastung und daraus resultierenden Lastabfall, vermeiden helfen.

Der APC USV-Selektor unter <http://www.apcc.com/template/size/apc/> vereinfacht es Ihnen, das passende USV-Modell für die gewünschte Leistung, Redundanz, Spannung und Überbrückungszeit auszuwählen. Dieses System enthält Leistungsdaten für alle verbreiteten Switches, Server und Storage Systeme. So wird der Aufwand erspart, diese Daten zusammenzutragen. Der USV-Selektor bietet bei der Konfiguration einer USV verschiedenste Optionen für Steckdosen.

Um einen kontinuierlichen Betrieb (7 x 24 x 365) der Geräte im Etagenverteiler zu gewährleisten, müssen Probleme bei der Kühlung und Luftzirkulation erkannt und behoben werden. Der Energieverlust innerhalb des Etagenverteilers muss berechnet werden, um eine kostengünstige Lösung für das Problem zu finden (siehe Tabelle 1). Besonders wichtig ist hierbei zu erkennen, dass viele Netzwerk-Switches eine Menge Strom ziehen, was aber nicht bedeutet, dass sie ihn innerhalb des Etagenverteilers umsetzen.

Ein IP-Telefonie Switch mit Inline Power kann z. B. eine Leistung von 1800 W aufnehmen, davon aber nur 200 - 500 W innerhalb des Etagenverteilers umsetzen. Der Rest der Energie wird über das Netzwerk in die verschiedenen im Büro verteilten IP-Telefone eingespeist. Entsprechend wird deren Leistungsaufnahme am Arbeitsplatz in Wärme umgesetzt.

Tabelle 1 – Arbeitsblatt zur Berechnung der Abwärme in einem VoIP-Kabelschrank

Element	Erforderliche Daten	Berechnung der Abwärme	Zwischen-summe der Abwärme
Switches ohne In-Line-Stromversorgung, andere IT-Geräte (außer Midspan-Netzteilen)	Summe der angegebenen Leistungsaufnahme in Watt	Identisch mit Leistungsaufnahme in Watt	_____ Watt
Switches mit In-Line-Stromversorgung	Angegebene Leistungsaufnahme in Watt	0,6 x Leistungsaufnahme	_____ Watt
Midspan-Netzteile	Angegebene Leistungsaufnahme in Watt	0,4 x Leistungsaufnahme	_____ Watt
Beleuchtung	Leistungsaufnahme aller permanent eingeschalteten Beleuchtungskörper in Watt	Leistungsaufnahme	_____ Watt
USV-System	Leistungsaufnahme des USV-Systems (nicht die Last) in Watt	0,09 x USV-Leistungsaufnahme	_____ Watt
Gesamt:	Zwischensummen der obigen Elemente	Summe aller zuvor errechneten Abwärmewerte	_____ Watt

Nachdem Sie die im Etagenverteiler umgewandelte Energie berechnet haben, folgen Sie den Richtlinien aus Tabelle 2.

Tabelle 2 – Arbeitsblatt zu Kühlungslösungen für VoIP-Etagenverteiler

Gesamte Wärmelast im Etagenverteiler	Zustand	Analyse	Vorgehen
< 100 W	Gebäudegleichgewicht entspricht gewünschten Bedingungen.	Wärmeleitung und Wärmeaufnahme durch Wände ist ausreichend.	Keine
< 100 W	Gebäudegleichgewicht entspricht nicht den gewünschten Bedingungen, kein HVAC-System vorhanden.	Frischlufteinlass von außerhalb des Raums ist aufgrund von Temperatur und Verunreinigungen nicht geeignet.	Installieren Sie eine in sich abgeschlossene Computerklimaanlage in einem Schrank neben den Geräten.
100 - 500 W	HVAC-System in der abgehängten Decke, Gebäudegleichgewicht entspricht den gewünschten Bedingungen.	Frischlufteinlass von außerhalb des Schrankes ist ausreichend, wenn sie ins Innere gelangen kann, wobei die Tür jedoch den Luftstrom hemmen kann. Lassen Sie die Luft durch die Tür ein und saugen Sie sie über die HVAC-Ablufteinrichtung ab.	Bauen Sie ein Abluftgitter in das Lüftungssystem oben im Schrank ein und platzieren Sie einen Lüftungsschlitz in der unteren Hälfte der vorderen Tür.

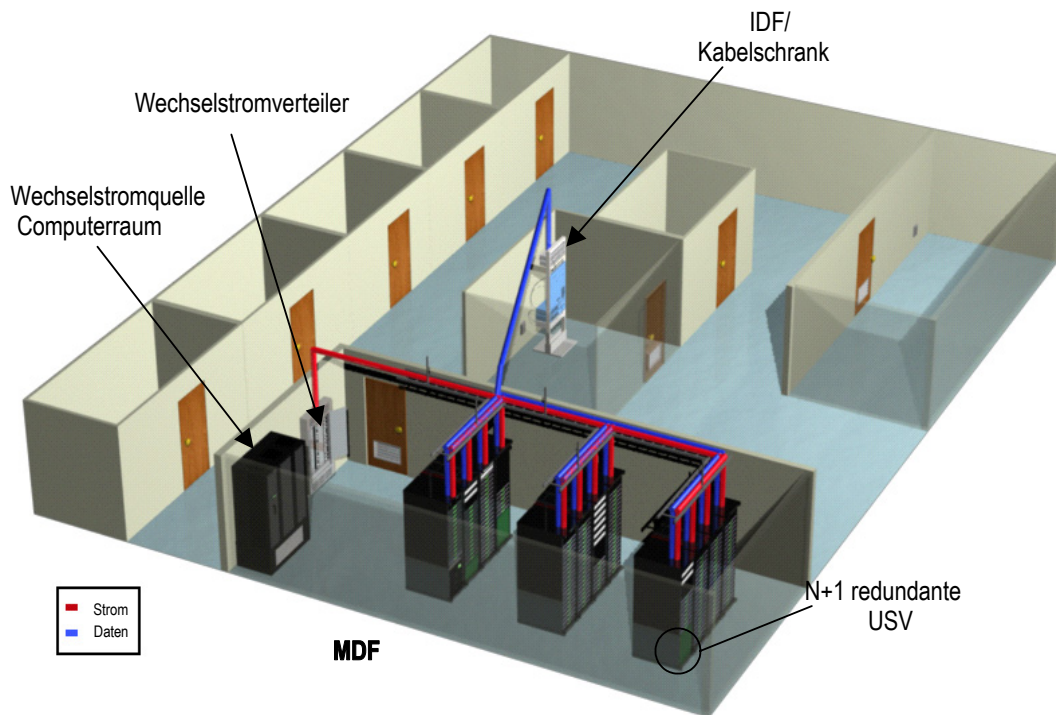
Gesamte Wärmelast im Etagenverteiler	Zustand	Analyse	Vorgehen
100 - 500 W	Kein Zugang zu einem HVAC-System. Gebäudegleichgewicht entspricht gewünschten Bedingungen.	Frischlufte von außerhalb des Schrankes ist ausreichend, wenn sie ins Innere gelangen kann, wobei die Tür jedoch den Luftstrom hemmen kann. Lassen Sie Luft im unteren Bereich der Tür herein und sorgen Sie für eine Abluftlösung im oberen Bereich der hinteren Tür.	Bauen Sie ein Abluftgitter oben in der Tür und einen einwärts gerichteten Lüftungsschlitz in der unteren Hälfte der vorderen Tür ein.
500 - 1000 W	HVAC-System in der abgehängten Decke, Gebäudegleichgewicht entspricht den gewünschten Bedingungen.	Frischlufte von außerhalb des Schrankes ist ausreichend, wenn sie kontinuierlich ins Innere gelangen kann, wobei die Tür jedoch den Luftstrom hemmen kann und ein kontinuierlicher Lüfterbetrieb erforderlich ist, aber nicht gegeben ist.	Bauen Sie ein Abluftgitter mit Ventilator oben im Schrank ein und platzieren Sie einen Lüftungsschlitz in der unteren Hälfte der vorderen Tür.
500 - 1000 W	Kein Zugang zu einem HVAC-System. Gebäudegleichgewicht entspricht gewünschten Bedingungen.	Frischlufte von außerhalb des Schrankes ist ausreichend, wenn sie kontinuierlich ins Innere gelangen kann, wozu jedoch keine Möglichkeit besteht.	Bauen Sie ein Abluftgitter mit Ventilator im oberen Bereich der hinteren Tür ein und platzieren Sie ein Lüftungsgitter in der unteren Hälfte der vorderen Tür.
> 1000 W	Zugängliches HVAC-System in der abgehängten Decke, Gebäudegleichgewicht entspricht den gewünschten Bedingungen.	Frischlufte von außerhalb des Schrankes ist ausreichend, wenn sie direkt an die Geräte gelangen und keine verbrauchte Luft von den Geräten wieder eingeführt werden kann.	Platzieren Sie die Geräte in einem abgeschlossenen Rack mit einem Reinigungssystem für heiße, verbrauchte Luft und bauen Sie ein Lüftungsgitter in der unteren Hälfte der vorderen Tür ein.
> 1000 W	Es besteht kein Zugang zu einem HVAC-System, das Gebäudegleichgewicht entspricht den gewünschten Bedingungen.	Luft durch die Tür zu bewegen ist nicht ausreichend, eine lokale Kühlung der verbrauchten Luft ist erforderlich.	Installieren Sie eine in sich abgeschlossene Computerklimaanlage in dem Schrank neben den Geräten.

Schließlich ist eine Überwachung der Umgebungsbedingungen (z. B. Temperatur und Luftfeuchtigkeit) in solchen Schränken unbedingt empfehlenswert, um abweichende Bedingungen rechtzeitig zu erkennen, ausreichend Zeit für vorbeugende Maßnahmen zu haben und Ausfallzeiten zu verringern.

MDF (Main Distribution Frame)

MDFs werden auch als MERs (Main Equipment Rooms) oder POPs (Point of Presence) bezeichnet. Sie enthalten besonders wichtige VoIP- und IP-Telefoniegeräte wie Layer-3 Switches, Router und verschiedene andere Netzwerk-, IT- und Telekommunikationsausstattung (Abb. 5). Die typischen E1- und E3-Leitungen enden in MDFs und gewähren Anschlussmöglichkeiten an das Internet-Backbone.

Abbildung 5 – Main Distribution Frame



Umgebung

MDFs befinden sich im Allgemeinen im Keller oder im Erdgeschoss, um einen optimalen Service-Zugang zu gewähren. Ein typischer MDF hat ungefähr 4 - 12 Racks für Geräte und zieht 4 bis 40 kW ein- oder dreiphasigen Wechselstrom von 230 V. Manche Geräte erfordern unter Umständen auch 48 V Gleichstrom. Die Mehrzahl der Racks im MDF sind offene zweistrebige Modelle, in denen sich verschiedene IP-Telefonie Switches und IT-Geräte montieren lassen. Diese Geräte können unterschiedliche Luftzirkulationsmuster aufweisen, z. B. von einer Seite zur anderen oder von vorn nach hinten, und eignen sich für die Montage in 19- oder 23-Zoll-Racks. Die Mehrzahl der neuen IP-Telefonie- und IT-Geräte ist jedoch für die Montage in 19-Zoll-Racks gedacht.

Probleme

Einige MDF-Räume weisen keine USV auf, viele verfügen nicht über ausreichende Überbrückungszeit und oftmals gibt es auch kein dediziertes, präzises Luftkühlungssystem.

Empfohlene Vorgehensweisen

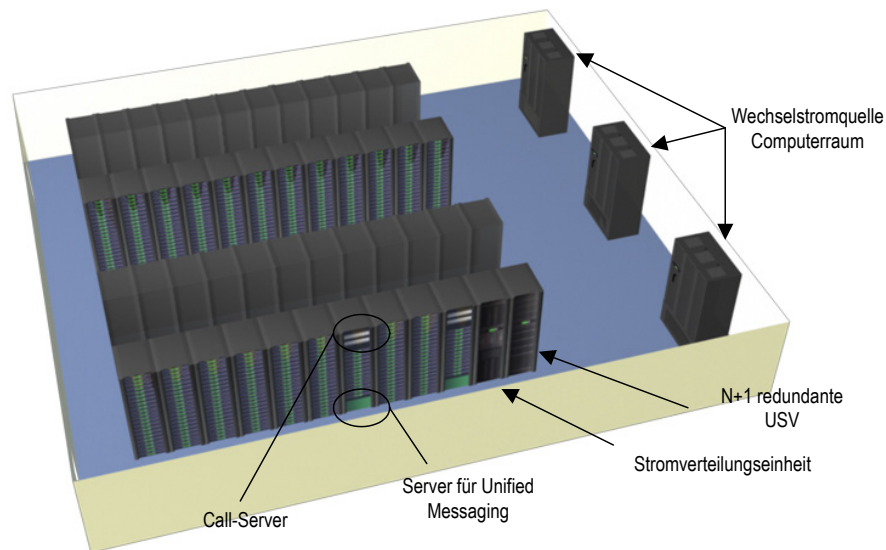
Da MDFs eine Vielzahl verschiedener kritischer Netzwerk-, IT- und Telefoniegeräte beherbergen, sollten sie wie kleine Datacenter oder Computerräume behandelt werden. Um eine Stromverfügbarkeit von ungefähr 99,999 % zu erreichen, sollte der MDF-Raum durch eine modulare, redundante USV mit internem Bypass und mindestens 30 Minuten Überbrückungszeit geschützt sein. Höhere Überbrückungszeiten mit höherer Verfügbarkeit (vier oder fünf Neunen hinter dem Komma) lassen sich durch redundante Switches mit redundanten Netzwerk-Switches mit redundanten Netzteilen, redundanten USV-Systemen und parallel zu wartenden elektrischen Anlagen mit Notstromgenerator erreichen. Unternehmen wie die American Power Conversion Corporation bieten eigens Beratungsdienste für Verfügbarkeitslösungen an, um Hochverfügbarkeits-Architekturen für solche kritischen Netzwerkinfrastrukturen zu bewerten und zu empfehlen.

MDFs sollten über eigene Präzisionsklimaanlagen mit Überwachung der Umgebungsbedingungen verfügen. Für kritische Anwendungen mit höherer Verfügbarkeit werden redundante Klimaanlagen empfohlen. Racks mit hoher Leistungsdichte (> 3 kW / Rack) sollten zusätzliche Luftumwälz- und -absaugereinheiten verwenden, um „hot spots“ zu vermeiden. Anders als Server- und Storage-Systeme weisen Switches eine Luftzirkulation von einer Seite zur anderen auf. Dies führt bei der Installation in Umgebungen mit geschlossenen Racks zu besonderen Problemen. Mehr über diese Probleme erfahren Sie im APC White Paper / Weißbuch Nr. 50, „Cooling Solutions for Rack Equipment with Side-to-Side Airflow“.

Datencenter und Serverfarmen

Datencenter oder Serverfarmen (Abb. 6) beherbergen sämtliche Anwendungsserver für die IP-Telefonie mit ihrer Software, z. B. Call-Manager, Unified Messaging usw. Je nach Netzwerkarchitektur und Größe der Organisation enthalten sie auch die Core Switches (Layer 3) und die Distribution Switches (Layer 2). Je nach Größe (klein, mittel oder groß) kann ein typisches Datacenter Dutzende oder gar Hunderte von Racks umfassen, in denen wiederum Dutzende oder Hunderte von Servern montiert sind und verschiedene IT-, Netzwerk- und Rechnersysteme geschäftsentscheidende Anwendungen wie ERP, CRM und andere Web-basierte Dienste ausführen.

Abbildung 6 – Typisches Datacenter oder Serverfarm



Umgebung

Datencenter befinden sich im Allgemeinen in der Zentrale des Unternehmens und nehmen mindestens 10 kW ein- oder dreiphasigen Wechselstrom von 400 V auf. Die Werte können jedoch bis auf Hunderte von Kilowatt dreiphasigen Wechselstroms von 480 V ansteigen. Auch wenn einige Telekommunikationslasten 48 V Gleichstrom verlangen, sind hauptsächlich Wechselstromlasten anzutreffen. Die Mehrzahl der Datacenter ist mit batteriegepufferten USVs, Notstromgeneratoren und geeigneten Klimaanlage ausgerüstet.

Probleme

IP-Telefonie-Server und -Switches bilden im Grunde genommen inkrementelle Lasten für das Datacenter, die höhere Überbrückungszeiten, Redundanz und Verfügbarkeit erfordern als andere IT- und Netzwerkgeräte.

Empfohlene Vorgehensweisen

Auch wenn viele Datacenter über ihre eigenen USV und Generatoren verfügen, kann es notwendig sein, eine separate, redundante USV mit langer Überbrückungszeit für die IP-Telefoniegeräte zur Verfügung zu stellen. Ermitteln Sie die IP-Telefoniegeräte, die längere Überbrückungszeiten und eine höhere Verfügbarkeit benötigen, und platzieren Sie sie zusammen in einem eigenen Bereich des Datacenters und in eigenen Racks. Statten Sie sie mit einer eigenen USV mit längerer Betriebsdauer und je nach Bedarf mit einer N+1, einer 2N oder einer 2(N+1) Verfügbarkeit aus. Dieses Prinzip der „gezielten Verfügbarkeit“ hilft die Verfügbarkeit von geschäftskritischen IP-Telefoniegeräten zu erhöhen, ohne große Investitionen für das gesamte Datacenter treffen zu müssen. Höhere Ebenen der Redundanz wie redundante Einspeisungen, redundante Generatoren und redundante N+1-USV-Systeme stellen eine redundante Stromversorgung bis hin zum Endgerät (z.B. Server, andere wichtige Geräte im Rack) sicher, und sollten für hochgradig verfügbare Datacenter und Netzwerke eingesetzt werden.

Stellen Sie sicher, dass die Klimaanlage des Datacenters ausreichend Kapazität für die neuen zusätzlichen IP-Telefoniegeräte aufweist. Redundante Klimaanlagen können eingesetzt werden, um eine höhere Verfügbarkeit zu erzielen. Racks mit hoher Leistungsdichte (> 3 kW / Rack) sollten zusätzliche Luftumwälz- und -absaugereinheiten verwenden, um „hot spots“ zu vermeiden. Vermeidbare Fehler, die bei der Installation von Kühlsystemen und Racks in Datacentern oder Netzwerkräumen regelmäßig gemacht werden, gefährden die Verfügbarkeit und erhöhen die Kosten. Weitere Informationen zu diesem Thema bietet das APC White Paper / Weißbuch Nr. 49, „Vermeidbare Fehler, die die Kühlleistung in Datacentern und Serverräumen beeinträchtigen“.

Zusammenfassung

Die Verwendung von Kommunikationsgeräten in Büroumgebungen ruft keine Probleme hervor. Ebenso gibt es keine größeren Probleme in Datacentern oder Serverfarmen, da IP-Telefoniegeräte nur geringfügige Lasten hervorrufen. Es kann jedoch für eine „gezielte Verfügbarkeit“ für kritische IP-Telefonie-Server und -Switches gesorgt werden. Bei MDFs können begrenzt Probleme bezüglich der erforderlichen Überbrückungszeit auftreten, die sich aber durch die Bereitstellung eines Generators oder einer größeren Batterie in einer USV lösen lassen. Die größten Probleme bezüglich Stromversorgung und Kühlung treten in Etagenverteilern auf. Kleine, dedizierte USV-Systeme mit erweiterter Überbrückungszeit bilden im Vergleich zu einer großen, zentralen USV, die alle Etagenverteiler versorgt, eine kostengünstige Lösung. Die Kühlung ist in Etagenverteilern ein besonderes Problem, wobei in manchen Fällen jedoch eine einfache Lüftung ausreicht. In manchen Fällen ist eine gezielte punktuelle Kühlung notwendig.

Bibliografie

1. [APC White Paper #37: „Avoiding Costs From Oversizing Data Center and Network Room Infrastructure“](#)
2. [APC White Paper #5: „Cooling Imperatives for Data Centers and Network Rooms“](#)
3. [APC White Paper #24: „Effect of UPS on System Availability“](#)
4. [APC White Paper #43: „Dynamic Power Variations in Data Centers and Network Rooms“](#)
5. [APC White Paper #1: „Die verschiedenen Arten von USV-Systemen“](#)
6. [APC White Paper / Weißbuch Nr. 50 „Cooling Solutions for Rack Equipment with Side-to-Side Airflow“](#)
7. [APC White Paper / Weißbuch Nr. 49 „Vermeidbare Fehler, die die Kühlleistung in Datacentern und Serverräumen beeinträchtigen“](#)

Quellen

1. [American Power Conversion Corporation](#)
2. [Avaya](#)
3. [Cisco Systems](#)
4. [Nortel Networks](#)
5. [3COM](#)
6. [IEEE](#)

Über den Autor:

Viswas Purani ist Director Emerging Technologies and Applications bei APC in Rhode Island, USA. Er kann 16 Jahre Erfahrung in elektronischer Stromversorgung in aller Welt vorweisen. In diesem Gebiet hat er in Indien einen Bachelor-Grad erhalten und beteiligte sich am Technologietransfer von USV- und Gleichstrom- / Wechselstromanlagen führender europäischer und amerikanischer Hersteller nach Indien. Er hält einen US-amerikanischen Master-Diplom für Verwaltung im Bereich International Business und hat erfolgreich ein Unternehmen zur Unterstützung von Datacentern im Nahen Osten und eine Motorola-Halbleiterauslieferung im Westen von Indien gegründet. Seit sieben Jahren arbeitet er bei APC als Produkt- und Programm-Manager für die Produktreihen Symmetra und InfrastruXure, sodass er mit ihrem Entwurf, ihrer Entwicklung, ihrer Veröffentlichung und dem Support in aller Welt vertraut ist.

Anhang

Der Ansatz der Verfügbarkeitsanalyse

Das Availability Science Center von APC verwendet einen integrierten Ansatz zur Verfügbarkeitsanalyse, um die Ebene der Verfügbarkeit zu berechnen. Dieser Ansatz kombiniert die RDB- (Reliability Block Diagramm) und die Modelldarstellung des Raumzustandes, um die Umgebung darzustellen. RBDs werden verwendet, um architektonische Teilsysteme darzustellen, während Raumzustandsdiagramme – auch Markov-Diagramme genannt – die verschiedenen Zustände anzeigen, in denen eine elektrische Installation auftreten kann. Wenn die Stromversorgung ausfällt, schaltet die USV z. B. auf Batteriebetrieb um. Alle Datenquellen für die Analyse beruhen auf Organisationen wie der IEEE oder RAC (Tabelle A2), die in der Branche allgemein anerkannt sind. Die statistischen Verfügbarkeits-ebenen gründen sich auf unabhängig überprüfte Voraussetzungen.

Joanne Bechta Dugan, Ph.D., Professor an der University of Virginia

„[Ich] schätze diese Analyse als glaubwürdig und methodisch korrekt ein. Die Verwendung von RBDs und Markov-Modellen ist ein hervorragender Ansatz, der die Flexibilität und Genauigkeit der Markov-Modelle mit der Einfachheit der RBDs kombiniert.“

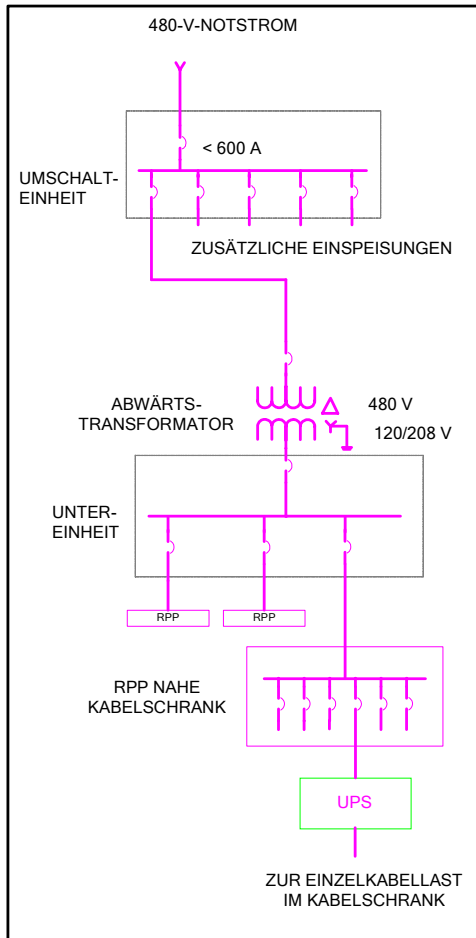
Eine Verfügbarkeitsanalyse wird durchgeführt, um den Einfluss verschiedener elektrotechnischer Architekturen zu quantifizieren. Die Verfügbarkeiten von 26 verschiedenen Architekturen wurden berechnet und miteinander verglichen. Sechs Architekturen wurden als die GUTEN, BESSEREN und BESTEN Architekturen für Etagenverteiler und Datacenter ausgewählt. Die Auswahl erfolgte aufgrund der Kompromisse, die zwischen Kosten und Verfügbarkeit zu schließen sind. Diese sechs Architekturen und ihre Verfügbarkeitsergebnisse sind weiter hinten dargestellt.

Architekturen für Etagenverteiler oder IDFs

GUT

EINZELKABELLAST
Batterielaufzeit = 1 h

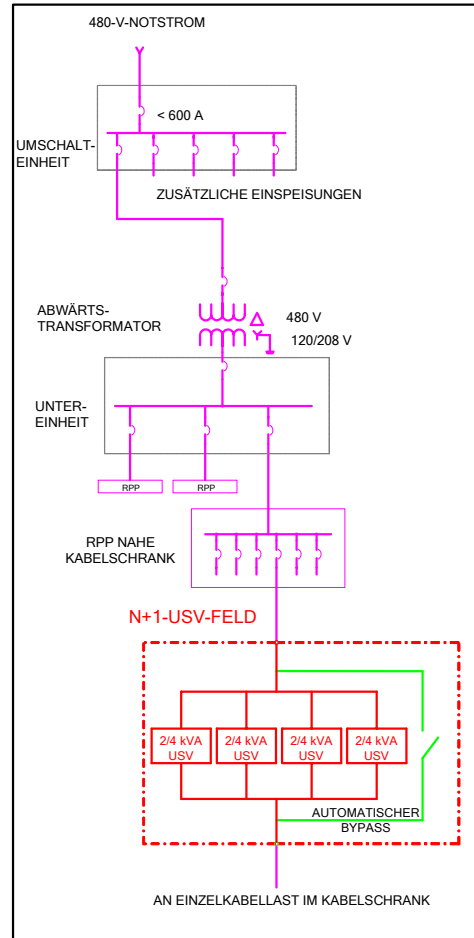
4 - 9 s
99,9979872 %



BESSER

EINZELKABELLAST
Batterielaufzeit = 1 h

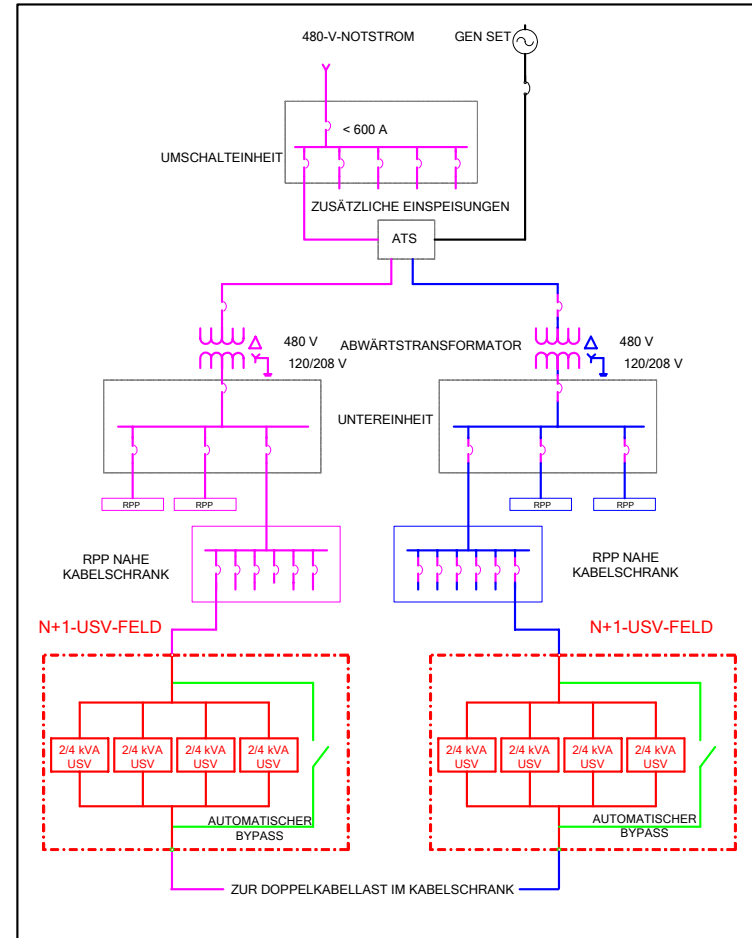
5 - 9 s
99,99938958 %



AM BESTEN

DOPPELKABELLAST
Batterielaufzeit = 1 h

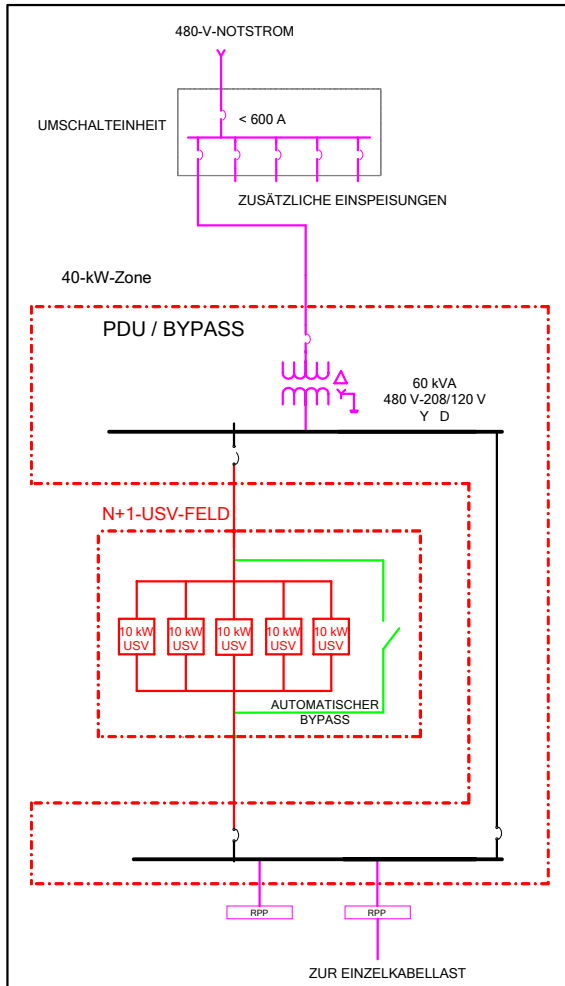
6 - 9 s
99,99995489 %



Architekturen für Datacenter oder MDFs

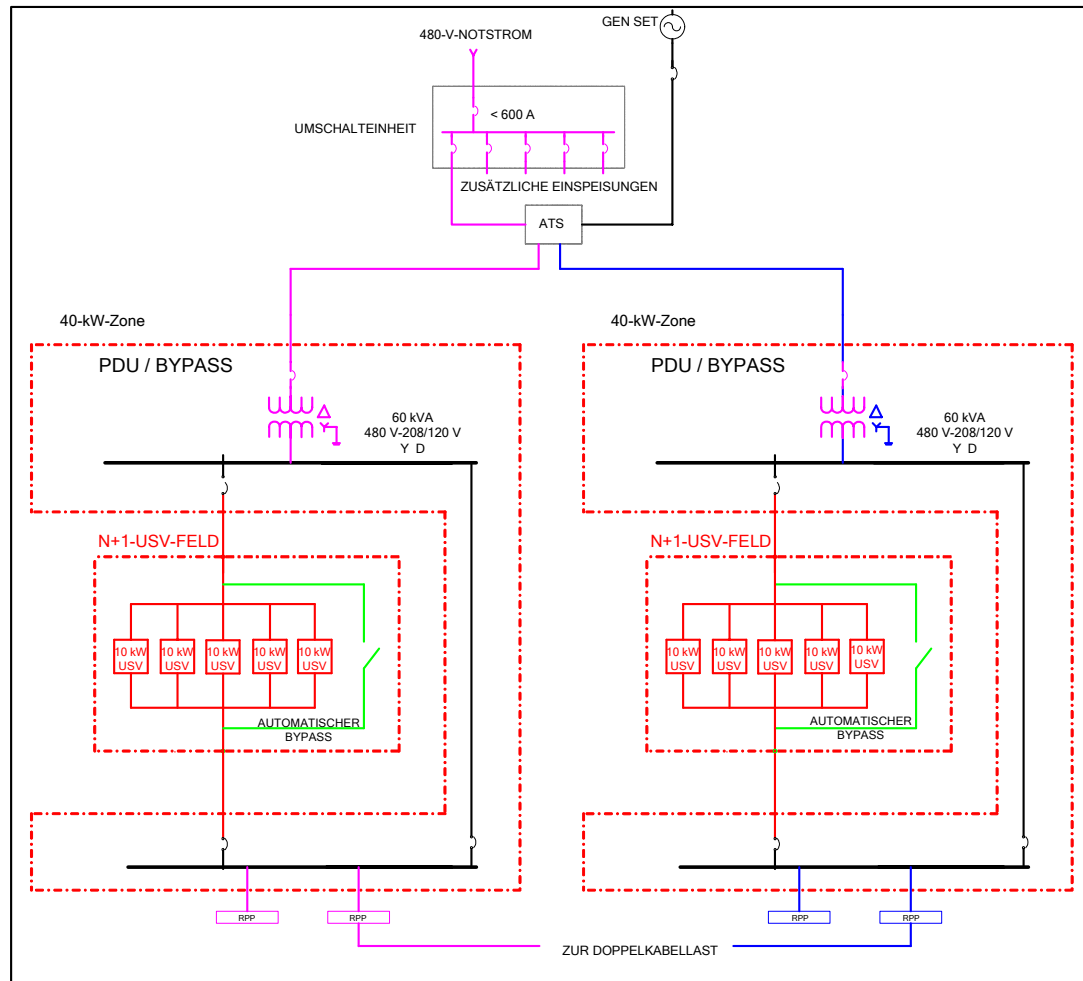
GUT

EINZELKABELLAST
 Batterielaufzeit = 1/2 h
 4 - 9 s
 99,99860878 %



BESSER

DOPPELKABELLAST
 Batterielaufzeit = 1/2 h
 6 - 9 s
 99,99994652 %

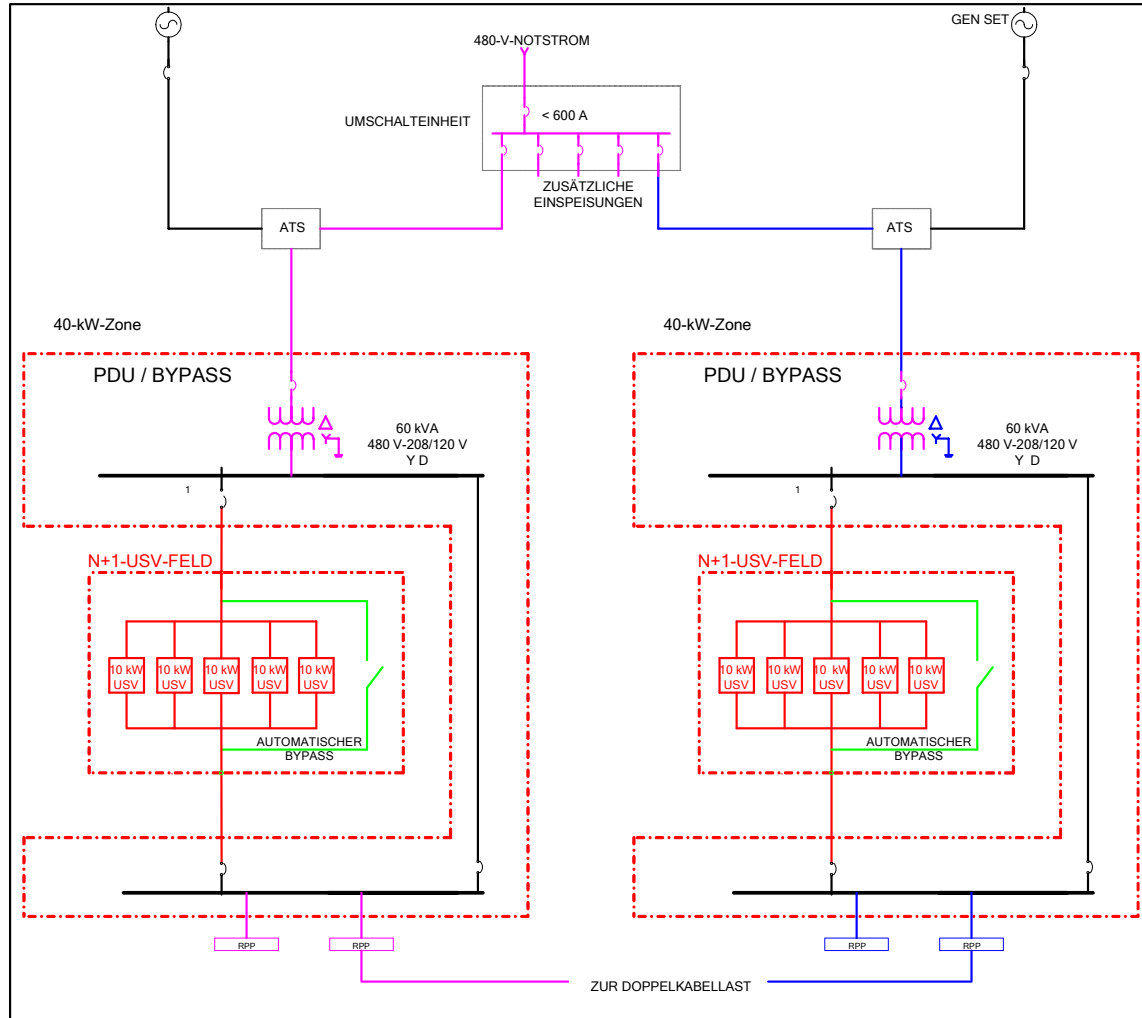


Architekturen für Datacenter oder MDFs

OPTIMAL

DOPPELKABELLAST
 Batterielaufzeit = 1/2 h

7 - 9 s
 99,9999517 %



In der Analyse verwendete Daten

Die meisten Daten für die Modellierung der Architekturen stammen von Drittquellen. Die Daten für den Rack-ATS beruhen auf den Erfahrungswerten für dieses APC-Produkt, das seit ungefähr fünf Jahren auf dem Markt ist und eine bedeutende Verbreitung erfahren hat. In der Analyse wurden die folgenden Schlüsselkomponenten verwendet.

1. Abschlusswiderstände
2. Sicherungsautomaten
3. USV-System
4. Stromverteilungseinheit (PDU)
5. Statischer Transfer-Switch (STS)
6. Rack-ATS (Automatischer Transfer Switch)
7. Generator
8. ATS (Automatischer Transfer Switch)

Die PDU wird in drei grundlegende Unterkomponenten aufgeteilt: Sicherungsautomaten, Abwärts-Transformator und Abschlusswiderstände. Diese Teilanalyse wird auf der Grundlage einer Hauptsicherung, einer Zweigstromsicherung und der Abschlusswiderstände in Reihe ausgewertet. Tabelle A2 enthält die Werte und Quellen der

Fehlerrate $\left(\frac{1}{MTTF}\right)$ und die Daten der Wiederherstellungsrate $\left(\frac{1}{MTTR}\right)$ für jede Teilkomponente, wobei MTTF

die durchschnittliche Zeit bis zu einem Fehler (Mean Time To Failure) und MTTR die durchschnittliche Zeit zur Wiederherstellung (Mean Time To Recover) ist.

In der Analyse verwendete Annahmen

Um ein gültiges Modell zu erstellen, müssen wie bei jeder Verfügbarkeitsanalyse Annahmen gemacht werden. Sie sind in Tabelle A1 aufgelistet.

Table A1 – Annahmen für die Analyse

Annahme	Beschreibung
Zuverlässigkeitsdaten	Die meisten Daten für die Modellierung der Architekturen stammen von Drittquellen. Wenn keine Daten zur Verfügung standen, wurden Branchenschätzungen verwendet. Tabelle A2 enthält eine Zusammenfassung der Zuverlässigkeitsdaten.
Fehlerquoten der Komponenten	Alle Komponenten in der Analyse weisen eine konstante Fehlerquote auf. Dies ist die beste Annahme, vorausgesetzt, dass das Gerät nur während seiner geplanten Lebensdauer eingesetzt wird. Wenn Produkte über ihre voraussichtliche Lebensdauer hinaus eingesetzt werden, müsste eine nichtlineare Beziehung in die Fehlerrate berücksichtigt werden.
Reparaturteams	Es wird vorausgesetzt, dass für „n“ Komponenten in Reihe „n“ Mitglieder des Reparaturpersonals zur Verfügung stehen.
Systemkomponenten bleiben in Betrieb	Es wird vorausgesetzt, dass alle Komponenten des Systems in Betrieb bleiben, während ausgefallene Komponenten repariert werden.
Unabhängigkeit der Fehler	Diese Modelle gehen von der Konstruktion der beschriebenen Architekturen nach den Richtlinien der Branche aus. Dies führt aufgrund der physischen und elektrischen Isolierung dazu, dass Fehler mit gemeinsamer Ursache und eine Fortpflanzung von Fehlern sehr unwahrscheinlich sind.
Fehlerquote der Verkabelung	Die Verkabelung zwischen den Komponenten der einzelnen Architekturen wurde nicht in die Berechnungen einbezogen, da ihre Fehlerquote zu gering ist, um mit Sicherheit und statistischer Bedeutsamkeit vorausgesagt werden kann. Frühere Arbeiten haben außerdem bereits gezeigt, dass eine derart geringe Fehlerquote die Gesamtverfügbarkeit nur minimal beeinflusst. Allerdings wurden größere Abschlusseinheiten mit einbezogen.
Menschliches Versagen	Ausfallzeiten aufgrund von menschlichem Versagen wurden in dieser Analyse nicht berücksichtigt. Obwohl dies eine bedeutende Ursache für Ausfallzeiten in Datacentern ist, besteht der Hauptzweck dieser Modelle darin, die Architekturen der Strominfrastruktur zu vergleichen und physische Schwächen innerhalb dieser Architekturen aufzuspüren. Außerdem fehlen Daten darüber, wie menschliches Versagen die Verfügbarkeit beeinflusst.
Verfügbarkeit des Stroms ist das Hauptmaß	Diese Analyse liefert Angaben in Form der Verfügbarkeit des Stroms. Die Verfügbarkeit des Geschäftsprozesses wird gewöhnlich geringer sein, da die Wiederherstellung der Stromversorgung nicht sofort zu einer Wiederaufnahme der Geschäftsaktivitäten führt. IT-Systeme weisen gewöhnlich eine Neustart-Zeit auf, die eine in dieser Analyse nicht erfasste Nicht-Verfügbarkeit hervorruft.
Kein Nutzen aus Fehlerisolierung	Ein Fehler bei einer kritischen Last wird als Fehler gewertet, der einem Fehler bei allen Lasten auf einmal gleichwertig ist. In manchen Anwendungen wirkt sich das Versagen einer einzelnen Last weniger stark auf das Geschäft aus als ein Ausfall aller kritischen Lasten. In dieser Analyse wurde nur eine Last berücksichtigt.

Tabelle A2 – Komponenten und Werte

Baugruppe	Fehlerquote	Wiederherstellungsquote	Datenquelle	Kommentar
Notstromaggregat	3,887E-003	30,487	EPRI-Daten für Aggregatstrom wurden gesammelt und der gewichtete Durchschnitt aller verteilten Stromdaten berechnet.	Diese Daten hängen sehr stark von der geographischen Lage ab.
Diesel-Generator	1,0274E-04	0,25641	IEEE Gold Book Std 493-1997, S. 406	Die Fehlerquote berechnet sich nach Betriebsstunden. 0,01350 Fehler pro Startversuch lt. Tabelle 3 - 4, S. 44.
Automatic Transfer Switch	9,7949E-06	0,17422	Untersuchung der Zuverlässigkeit / Verfügbarkeit – ASHARE-Paper Nr. 4489.	
Abschlusswiderstand, 0 - 600 V	1,498E-08	0,26316	IEEE Gold Book Std 493-1997, S. 41	
6 Abschlusswiderstände	8,6988E-08	0,26316	Berechnet aus den Werten des IEEE Gold Book Std 493-1997, S. 41	Stromaufwärts vom Transformator gibt es einen Abschlusswiderstand pro Leiter. Da es 2 Sätze von Abschlusswiderständen zwischen den Komponenten gibt, wird eine Gesamtzahl von sechs verwendet.
8 Abschlusswiderstände	1,1598E-07	0,26316	Berechnet aus den Werten des IEEE Gold Book Std 493-1997, S. 41	Stromabwärts vom Transformator gibt es einen Abschlusswiderstand pro Leiter zzgl. des neutralen. Da es 2 Sätze von Abschlusswiderständen zwischen den Komponenten gibt, wird eine Gesamtzahl von acht verwendet.
Stromunterbrecher	3,9954E-07	0,45455	IEEE Gold Book Std 493-1997, S. 40	Fest (einschließlich gelötete Fassung), 0 - 600 A

Baugruppe	Fehlerquote	Wiederherstellungsquote	Datenquelle	Kommentar
PDU-Transformator, abwärts	7,0776E-07	0,01667	MTBF aus IEEE Gold Book Std 493-1997, S. 40, MTTR ein Durchschnittswert von Marcus Transformer Data and Square D.	<100 kVA
Statischer Transfer-Switch	4,1600E-06	0,16667	Gordon Associates, Raleigh, NC	Die Fehlerquote enthält die Steuerung; die Wiederherstellungsquote wurde von ASHRAE für einen STS dieser Größe nicht angegeben, weshalb ein Wert vom STS für 600-1000 A verwendet wurde.
USV-Backplane	7,0000E-07	0,25000	Abschätzung auf der Grundlage der Symmetra-Felddaten	
USV mit Bypass	4,00E-06	3,00000	Fehlerquote aus Power Quality Magazine, Feb. 2001, Wiederherstellungsquote aufgrund der Annahme, dass ein Ersatzteil vorhanden ist.	Diese Fehlerdaten setzen eine modulare USV mit Bypass voraus.
USV ohne Bypass	3,64E-05	3,00000	Fehlerquote aus Power Quality Magazine, Feb. 2001, Wiederherstellungsquote aufgrund der Annahme, dass das Reparaturteam nach 4 Stunden eintrifft und 4 Stunden zur Reparatur benötigt.	USV ohne Bypass MTBF beträgt 27.440 h ohne Bypass nach MGE „Poser Systems Applications Guide“
Rack ATS Switch	2,00E-06	3,00000	Felddaten des APC Redundant Switch	Die MTTF des APC Rack ATS wurde zu 2 Millionen Stunden berechnet. Ein vorsichtiger Wert von 500.000 Stunden wurde verwendet.

Raumzustandsmodelle

Sechs Raumzustandsmodelle wurden verwendet, um die verschiedenen Zustände darzustellen, die die sechs Architekturen annehmen können. Zusätzlich zu den Zuverlässigkeitsdaten wurden andere Variablen für die Verwendung in den Raumzustandsmodellen definiert (Tabelle A3).

Tabelle A3 – Variablen der Raumzustandsmodelle

Variable	Wert	Datenquelle	Kommentar
PbypassFailSwitch	0,001	Branchendurchschnitt	Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Bypass bei einem Versagen der USV nicht erfolgreich auf das Notstromaggregat umschaltet.
Pbatfailed	0,001	Gordon Associates, Raleigh, NC	Wahrscheinlichkeit, dass die USV-Last beim Umschalten auf die Batterie abfällt. Einschließlich Steuerung
Pbatfailed (redundante USV)	0,000001	Quadrat der obigen Werte	Geht davon aus, dass beide USV-Batteriesysteme vollständig unabhängig voneinander sind
Tbat	1 oder ½ Stunde		Batterielaufzeit hängt vom Szenario ab
Pgenfail_start	0,0135	IEEE Gold Book Std 493-1997, S. 44	Wahrscheinlichkeit dafür, dass der Generator nicht startet. Die Fehlerquote berechnet sich nach Betriebsstunden. 0,01350 Fehler pro Startversuch lt. Tabelle 3-4 S. 44. Diese Wahrscheinlichkeit gilt auch für ATS.
Pgenfail_start (redundante USV)	0,00911	50 x Quadrat der obigen Werte	Pgenfailed wird um den Faktor 50 reduziert, um gemeinsame Fehlerquellen bei redundanten Generatorsätzen auszuschließen.
Tgen_start	0,05278	Branchendurchschnitt	Zeitverzug des Generatorstarts aufgrund eines Stromausfalls. Entspricht 190 Sekunden.