



ÜBERLEGUNGEN ZU EINER HOCHVERFÜGBAREN, INTELLIGENTEN RACK-PDU

Whitepaper zum Thema Verfügbarkeit

Einleitung

Rechenzentren erleben derzeit eine Phase rasanten Wandels. Die verantwortlichen Manager können kaum mit dem Mix aus wachsenden Anforderungen an die Kapazitäten, knapper werdenden Budgets, immer neuen Energiesparinitiativen sowie den Herausforderungen neuer Technologien, wie Virtualisierung und Cloud Computing, Schritt halten.

Mit immer dynamischeren und komplexeren Umgebungen in Rechenzentren verfolgen viele Unternehmen einen zunehmend aktiveren Ansatz beim Datenmanagement und können die Betriebsabläufe in ihren Rechenzentren besser steuern. Dadurch können sie die Verfügbarkeit auch in stark verdichteten IT-Umgebungen aufrecht erhalten und sogar verbessern und dabei noch Kosten senken und die Effizienz steigern. Ein Bereich mit großem Verbesserungspotenzial sind die Racks. Und dabei gewinnen intelligente Rack-Stromverteilerleisten (Rack-PDUs) zunehmend an Bedeutung.

Als letztes Glied in der kritischen Stromversorgung von IT-Verbrauchern sind intelligente Rack-PDUs strategische Assets, um auch im Hinblick auf kürzere Reaktionszeiten auf Veränderungen der Kapazitäten und Dichte in Rechenzentren schneller reagieren zu können. Die Entwicklung im Bereich DCIM (Rechenzentrums-Infrastrukturmanagement) verleiht der Rolle intelligenter Rack-PDUs im Rechenzentrum noch zusätzliches Gewicht. Leiter von Rechenzentren profitieren von den Vorteilen der Technologie. Auf Rack-Ebene bestehen diese u. a. in der Verfügbarkeit des Stromverbrauchs von IT-Geräten, der Transparenz der Umgebungsbedingungen und der Möglichkeit, die Stromzufuhr zu IT-Geräten sowie Kapazitäten und Energieversorgung zu verwalten.

In diesem Whitepaper diskutieren wir die Überlegungen, die im Rahmen einer Investition in intelligente Rack-PDUs angestellt werden müssen, um sicherzustellen, dass diese auch tatsächlich in eine Hochverfügbarkeitslösung münden.

Beim Entwurf einer hochverfügbaren Lösung für intelligente Rack-PDUs müssen fünf Aspekte berücksichtigt werden:

1. Zuverlässigkeit
2. Funktionalität
3. Fehlertoleranz
4. Wartungsfreundlichkeit
5. Anpassbarkeit.

Zuverlässigkeit

Intelligente Rack-PDUs (**Abbildung 1**), die flexible und umfangreiche Möglichkeiten für die Remote-Verwaltung und die Echtzeitüberwachung bieten, liefern die besten Einblicke in den Stromverbrauch der IT und die Betriebsbedingungen im Rack. Diese neuen Rack-PDUs bieten erweiterte Funktionen an, bringen aber nur dann einen Nutzen, wenn ihre Kernfunktion nicht gefährdet oder eingeschränkt wird, nämlich unter allen Umständen die grundlegende Stromversorgung bereitzustellen. Um diese vorrangige Funktion intelligenter Rack-PDUs sicherzustellen, gilt es eine Reihe von Faktoren zu berücksichtigen.

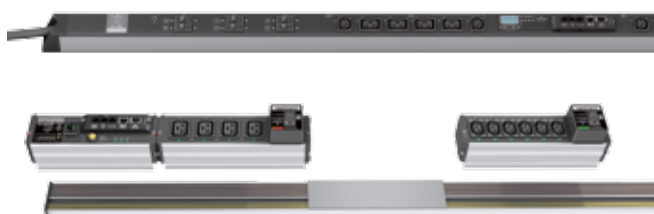


Abbildung 1. Der Nutzen moderner intelligenter und anpassbarer Rack-PDUs geht über die reine Stromverteilung hinaus. Sie steigern auch die Agilität, Effizienz und Verfügbarkeit von Unternehmen.

Hohe Hitzebeständigkeit

Aufgrund Ihrer Einbauposition hinten im Rack in Richtung Warmgang sind Rack-PDUs den extremsten Temperaturen ausgesetzt, die in Rechenzentren auftreten. (**Abbildung 2**) Nicht selten erreichen die Temperaturen dort 50 °C und mehr. Durch die zunehmende Leistungsdichte und die Tatsache, dass immer mehr Unternehmen zur Senkung der Energiekosten über höhere Temperaturen in Rechenzentren nachdenken, werden diese Temperaturen erwartungsgemäß noch weiter steigen. Daher ist es wichtig, dass Rack-PDUs so ausgelegt sind, dass sie Temperaturen von 55 °C und mehr tolerieren.

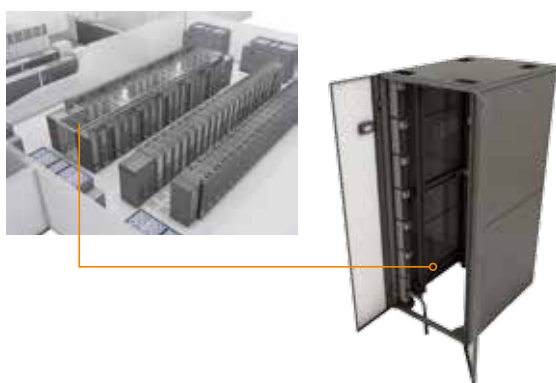


Abbildung 2. Durch ihre Lage auf der Rückseite des Racks in Richtung Warmgang können Rack-PDUs Temperaturen von über 50 °C ausgesetzt sein.

Geringe Leistungsaufnahme der PDU im Leerlauf

Um mehr Rechenleistung bereitzustellen, investieren Unternehmen in IT-Ausrüstung mit höherer Leistungsdichte, wodurch sich die Anzahl der Komponenten pro Rack-PDU erhöht. Die Baugröße ist jedoch insgesamt recht klein geblieben. Dabei muss man berücksichtigen, dass der höhere Stromverbrauch der Rack-PDU selbst die interne Belastung erhöht. Die Leistungsaufnahme der Rack-PDU im Leerlauf bestimmt, wie viel Wärme innerhalb der Rack-PDU abgegeben wird. Wenn die Leistungsaufnahme im Leerlauf sinkt, verringert sich auch die Abwärme im Inneren. Aus diesem Grund ist die Leistungsaufnahme im Leerlauf ein wichtiger Punkt und muss entsprechend berücksichtigt werden. Das gilt besonders bei der Planung von geschwichteten Rack-PDUs, die die Möglichkeit bieten, den Strom ein- oder auszuschalten bzw. über den Einsatz von Relais an allen Ausgängen Strom an angeschlossene IT-Geräte weiterzuleiten. Anbieter machen in der Regel keine genauen Angaben zur Leistungsaufnahme im Leerlauf, daher müssen diese angefordert werden.

Nachfolgend finden Sie einige wichtige Funktionen, die die Leistungsaufnahme intelligenter Rack-PDUs im Leerlauf auf gering halten.

- Alu-Konstruktion: Aluminium ist leitfähiger als Stahl und hilft, den Temperaturanstieg im Inneren zu minimieren. Außerdem verringert es das Gewicht der Rack-PDU, was auch die Montage erleichtert
- LCD-Display mit Hintergrundbeleuchtung: Nach einer bestimmten Zeit wechselt das Display automatisch in einen speziellen Stromsparmmodus
- Bistabile Relais: Diese auch Kipprelais oder Stromstoßschalter genannten Relais nehmen nur dann Leistung auf, wenn eine Zustandsänderung außerhalb des normalen Betriebs auftritt. Dadurch kann die allgemeine Leistungsaufnahme der Rack-PDU auf einem erheblich geringeren Niveau gehalten werden. Dank geschwichteter Rack-PDUs mit bistabilen Relais kann ein durchschnittlicher Rechenzentrumsbetreiber, der 100 Racks im Einsatz hat, jährlich bis zu 7600 EUR an Energiekosten sparen.

Angemessener Überstromschutz

Aus Sicherheitsgründen schreiben Regulierungsbehörden vor, dass Rack-PDUs mit einem Überstromschutz (OCP) größer 16 A ausgestattet sein müssen. Wenn im Rechenzentrum kein angemessener OCP zum Einsatz kommt, kann das zu Auslöseereignissen führen, die die Verfügbarkeit aller an einen Nebenstromkreis angeschlossenen Verbraucher gefährden. Ein für Rack-PDUs angemessener OCP darf nicht hochempfindlich sein und muss über eine minimale MTTR (mittlere Reparaturzeit) verfügen. In intelligenten Rack-PDUs können verschiedene Überstromschutzeinrichtungen zum Einsatz kommen. Hierzu zählen u. a. Sicherungen, thermisch-magnetische Schutzschalter und hydraulisch-magnetische Schutzschalter.

Aufgrund der Ausfallzeiten, die mit dem Austausch von **Sicherungen** einhergehen, empfehlen einige Hersteller von Rack-PDUs, diese nicht in unternehmenskritischen Einrichtungen wie Rechenzentren zu verwenden. Wenn eine Sicherung durchbrennt, muss sie ersetzt werden. Das kann sehr zeitaufwendig und kostspielig sein. Meistens müssen dazu die vorgelagerten Schutzschalter der Etagen-PDU ausgeschaltet werden. Dazu ist in der Regel ein qualifizierter Elektriker erforderlich. Das führt zu erheblichen Ausfallzeiten und einer längeren MTTR.

Schutzschalter eignen sich besser für Anwendungen mit höherer Leistungsdichte und Leistungsaufnahme, in erster Linie weil sie schnell und problemlos zurückgesetzt werden können. **Thermisch-magnetische**

Schutzschalter sollen sofort auslösen, wenn der Stromschwellenwert erreicht ist. Außerdem reagieren sie empfindlicher auf Umgebungstemperaturen, was angesichts der Einbauposition der Rack-PDUs zu Problemen führt.

Hydraulisch-magnetische Schutzschalter sind gegenüber Stromspitzen toleranter und reagieren nicht so empfindlich auf sich ändernde Umgebungstemperaturen. Dadurch sind sie für intelligente Rack-PDUs bestens geeignet. Eine weitere wichtige Überlegung im Hinblick auf OCP ist die **Auslegung des Nebenstromkreises**.

Die OCP-Einheiten für Nebenstromkreise in den meisten Rack-PDUs sind auf 80 oder 100 Prozent ihrer Last ausgelegt. Das bedeutet, dass eine OCP-Einheit mit 20 A, die auf 80 Prozent ausgelegt ist, für einen maximalen Dauerstrom von 16 A eingesetzt werden kann.

Ein auf 100 Prozent ausgelegter OCP könnte einen maximalen Dauerstrom von 20 A sicherstellen und ist daher die beste Option, um mögliche Abschaltungen des Nebenstromkreises aufgrund geringer Überlasten zu minimieren. Und nicht zuletzt müssen alle verwendeten Schutzschalter eine Zulassung der entsprechenden Behörden haben, z. B. UL489 in allen Regionen.

Intelligente Einschaltstromverwaltung

Einschaltströme werden durch Stützkondensatoren verursacht, die die Stromladungen an den Server abgeben. Sie können für einige Zehntel-Mikrosekunden über 50 A erreichen. Um sicherzustellen, dass keine vorgelagerten Schutzschalter ausgelöst werden, müssen geschwitchte Rack-PDUs in Betracht gezogen werden, da sie den Überstrom sequenziell auf die Ausgänge verteilen können. Diese hohen Einschaltströme können sich auch negativ auf die Relais in den geschwitchten Rack-PDUs selbst auswirken. Für die intelligente Verwaltung der Einschaltströme in geschwitchten Rack-PDUs muss sichergestellt werden, dass das Öffnen und Schließen der Relais dahingehend synchronisiert werden, dass die Strom-/Spannungskurven sich nahe null kreuzen.

Dimensionierung des Eingangskabels

Wenn Sie sich für im Stern geschaltete Rack-PDUs entscheiden, müssen Sie sicherstellen, dass das Stromzufuhrkabel richtig dimensioniert ist, um im Falle von asymmetrischen Lasten Nullleiterströme verarbeiten zu können.

Sicherung von Stromkabel und Buchse

Mechanismen zur Sicherung von Stromkabel und Anschlussbuchse sichern die physische Verbindung und stellen sicher, dass Stromkabel nicht versehentlich aus der Buchse gezogen werden und dadurch einen unerwarteten Spannungsabfall verursachen. **(Abbildung 3)** Die weltweit gängigsten Standards für Rack-PDU-Netzanschlüsse sind IEC320 C13 und C19. IEC-Buchsen sind international akzeptiert und für Ausgangsspannungen bis zu 250 V geeignet.



Abbildung 3. Buchsen und Stromkabel mit Sicherungen verhindern eine versehentliche Unterbrechung der Netzverbindung von IT-Geräten.

Funktionalität

Intelligente Rack-PDUs müssen drohende Probleme schon melden können, bevor diese eintreten. Einstellungen für Warnungen und kritische Schwellenwerte für den Strom stellen sicher, dass keine Überlastbedingungen auf Rack-PDUs einwirken, die den Schutzschalter auslösen und die angeschlossenen Verbraucher abschalten könnten. Beim Einstellen der Stromkonfiguration muss darauf geachtet werden, dass in einem typischen 2N-Szenario auf Rack-Ebene die Schwellenwerte für die Nebenstromkreise auf unter 50 % der allgemeinen Rack-PDU-Auslegung festgelegt werden.

Elektronische OCP (Software)

In Kombination mit der proaktiven Überwachung schaltet diese Funktion alle nicht verwendeten Ausgänge in einem Nebenstromkreis ab, der die aktuell eingestellten Schwellenwerte überschreitet. Im Grunde verhindert das, dass jemand zusätzliche Geräte an einen ungenutzten Ausgang anschließt und dadurch den Stromkreis überlastet. Außerdem müssen intelligente Rack-PDUs die folgenden zusätzlichen Parameter überwachen, um eine hohe Verfügbarkeit sicherzustellen:

1. Phasenströme mit Benachrichtigungen für asymmetrische Verbraucher
2. Temperatur im Rack über integrierte Sensoren sowie die Fähigkeit, eine automatische Abschaltung der Anschlüsse für den Fall zu konfigurieren, dass die Temperaturen kritische Schwellenwerte überschreiten
3. Status der Schutzschalter. (In der Regel in Rack-PDUs mit Mess- und Schaltfähigkeit bis hin zur Anschlussebene. In Rack-PDUs, die nur Messungen auf der Ebene des Nebenstromkreises zulassen, könnte anstelle des Schutzschalterstatus der untere kritische Schwellenwert überwacht werden.)

Alle Benachrichtigungen müssen in Standardformaten, wie SMS, SNMP-Trap oder E-Mail, ausgegeben werden. Die PDUs müssen in eine zentrale Verwaltungssoftware integrierbar sein, damit sie problemlos verwaltet werden können.

Fehlertoleranz

Intelligente Rack-PDUs müssen so konstruiert sein, dass der Verlust einer Phase nicht zum Stromabfall in den restlichen Phasen führt. Außerdem müssen intelligente Rack-PDUs, abgesehen von ihrem erweiterten Funktionsangebot, bei einem Ausfall dieser intelligenten Funktionen auch weiterhin die grundlegende Stromverteilung sicherstellen.

Die Fehlertoleranz bei Verlust einer der wichtigen intelligenten Fähigkeiten (d. h. Switching, Messung und externe Anschlüsse) beruht auf der Auslegung dieser Fähigkeiten.

Messung

Strom in Stromkreisen kann über Shunts, Stromfühler oder Hall-Sensoren gemessen werden. Da **Shunts** in der Hochspannungsleitung angesiedelt sind, führt ein Problem mit einem Shunt selbst häufig zur Unterbrechung der Stromzufuhr im Primärstromkreis. **Stromwandler und Hall-Sensoren** andererseits sind Spulen, die vom Primärstromkreis isoliert sind. Werden diese Sensoren also nicht mehr mit Strom versorgt, hat das nur geringe Auswirkungen auf den Stromfluss in der Hauptleitung. **Darüber hinaus haben** Stromwandler gegenüber Hall-Sensoren den Vorteil, dass sie präziser arbeiten.

Switching

Das Switching innerhalb von Rack-PDUs ist sehr wichtig für den Fernzugriff auf die angeschlossenen Geräte, und wird durch den Einsatz von Relais an jedem Anschluss realisiert. Folgende drei Arten von Relais kommen in den Rack-PDUs zum Einsatz: Schließer, Öffner und bistabile Relais.

- **Schließer** müssen mit Strom versorgt werden, damit der Strom über die Anschlüsse an die angeschlossenen Verbraucher weitergeleitet wird. Tritt bei der Stromversorgung der Relais ein Problem auf, bleiben diese geöffnet und die nachgelagerten Ausgänge werden nicht mit Strom versorgt
- **Öffner** benötigen nur zum Öffnen der Ausgangskontakte Strom. Im normalen Betrieb sind sie geschlossen. Genauer gesagt heißt das, dass bei Problemen mit der Stromversorgung der Relais die grundlegende Stromversorgung der angeschlossenen Verbraucher weiterhin sichergestellt ist
- **Bistabile** Relais (auch Kipprelais oder Stromstoßschalter) funktionieren im Normalbetrieb wie Öffner, da sie bei Stromausfall auch weiterhin die Stromversorgung sicherstellen. Ihr großer Vorteil liegt jedoch darin, dass sie den Zustand ändern können, wenn nach einem Stromausfall wieder Strom fließt. Die Ausgänge können ein- bzw. Ausgeschaltet oder wieder in die Position zurückgesetzt werden, die sie vor dem Stromausfall hatten. Strom wird von bistabilen Relais nur zum Wechseln des Zustands benötigt. Sie erhalten die Funktionstüchtigkeit der Ausgänge auch ohne Strom. Außerdem verbrauchen sie im Normalbetrieb kaum Strom, was dem Stromverbrauch der Rack-PDUs im Allgemeinen zugute kommt. (**Abbildung 4**).

Externe Konnektivität

Falls das primäre Netzwerk, an das die Rack-PDU angeschlossen ist, ausfällt, können einige Rack-PDUs über redundante Kommunikationsverbindungen zu externen Verwaltungsgeräten, wie seriellen Konsolen oder KVM-Switches, weiterhin angesprochen werden. Aber auch wenn die externe Kommunikation mit der Rack-PDU einmal nicht verfügbar ist, muss die Rack-PDU so konzipiert sein, dass die grundlegende Stromversorgung und der Betrieb der lokalen Verwaltungsmodi, wie Onboard-Display, nicht betroffen sind. Rack-PDUs müssen daher unbedingt über einen automatisierten Verwaltungspfad verfügen, der die Grundversorgung mit Strom aufrecht erhält. Dieser automatisierte Verwaltungspfad stellt auch sicher, dass bei Unterbrechung der Stromversorgung an einer Phase einer intelligenten Drei-Phasen-Rack-PDU die Ausgänge, die an die nicht betroffenen Phasen angeschlossen sind, weiterhin mit Strom versorgt werden.

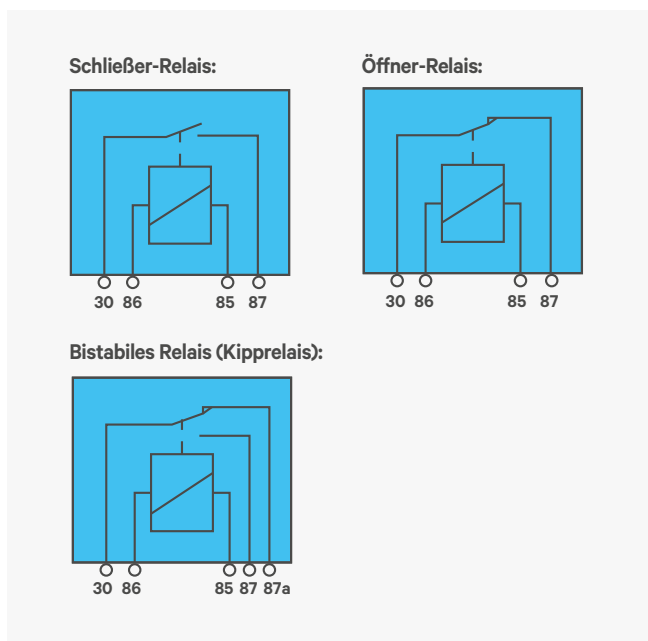


Abbildung 4. Bistabile Relais (auch Kipprelais oder Stromstoßschalter) stellen bei Stromausfall auch die grundlegende Stromversorgung sicher.

Wartungsfreundlichkeit

Angesichts der zunehmenden Komplexität und steigenden Anforderungen an die Rechenleistung von Rechenzentren bleiben ungeplante Rechenzentrumsausfälle wegen der Betriebsunterbrechungen, Einnahmeausfälle und dem Ansehensverlust, die sie mit sich bringen, für Unternehmen auch künftig eine erhebliche Bedrohung. Eine im Jahr 2013 vom Ponemon Institute durchgeführte und von Vertiv™ unterstützte Umfrage unter Mitarbeitern von Rechenzentren in den USA ergab, dass eine überwältigende Mehrheit der Befragten (91 %) in den

vergangenen 24 Monaten einen ungeplanten Ausfall des Rechenzentrums miterlebt hatte.

Nach der Häufigkeit des Auftretens befragt, gaben die Teilnehmer für die letzten beiden Jahre im Schnitt zwei Komplettausfälle an. Teilweise oder auf bestimmte Racks begrenzte Ausfälle traten im gleichen Zeitraum sechs Mal auf. Laut den Angaben der Befragten konnten Komplettausfälle im Durchschnitt nach 107 Minuten und Teilausfälle nach 152 Minuten behoben werden.

(Abbildung 5) Der zweite Teil der Studie bezifferte die Kosten eines ungeplanten Rechenzentrumsausfalls auf etwas mehr als 5.800 EUR pro Minute.

Die Studie liefert eine gute Datenbasis für eine weitergehende Diskussion über Ausfallzeiten von Rechenzentren und die möglichen Maßnahmen zur Steigerung der Verfügbarkeit. Sie unterstreicht jedoch auch, wie wichtig es ist, die mittlere Reparaturzeit (MTTR) beim Ausfall einer intelligenten Rack-PDU zu minimieren.

Zur Steigerung der Wartungsfreundlichkeit müssen drei Faktoren berücksichtigt werden.

- 1. Art des Überspannungsschutzes:** Wie in diesem Whitepaper bereits erwähnt, können Schutzschalter nach einem Auslösen in der Regel zurückgesetzt werden, während Sicherungen ausgetauscht werden müssen. Den Austausch der Sicherungen muss in der Regel ein Elektriker durchführen und die Stromzufuhr muss in dieser Zeit unterbrochen werden. Das ist nicht nur eine Frage der Zeit, sondern auch der Koordination der technischen Mitarbeiter
- 2. Modularität:** Modularität in Kombination mit Hot-Swap-Fähigkeit stellt eine kürzere MTTR sicher. Achten Sie beim Design auf eine modulare Kommunikationskarte, die ohne Unterbrechung des Betriebs und der grundlegenden Stromversorgung ausgetauscht werden kann. Bei einigen Rack-PDUs sind auch Stromeingänge und -ausgänge modular ausgelegt
- 3. Switching:** Wenn eine Rack-PDU schaltbar ist, kann sichergestellt werden, dass angeschlossene IT-Geräte bei Fehlfunktion per Fernzugriff aus- und/oder eingeschaltet bzw. dass der Strom ohne physischen Eingriff im Rechenzentrum umgeleitet werden kann. Um sicherzustellen, dass die Stromzufuhr zum entsprechenden Gerät umgeleitet wird, müssen Sie beim Zuordnen von IT-Ausrüstung an die Anschlüsse der Rack-PDU besondere Sorgfalt walten lassen. Rack-PDUs, die in Lösungen zum Zugriff auf und zur Steuerung von IT-Geräten in Rechenzentren integrierbar sind, erleichtern eine solche Zuordnung und sorgen für eine geringe Fehlerquote.

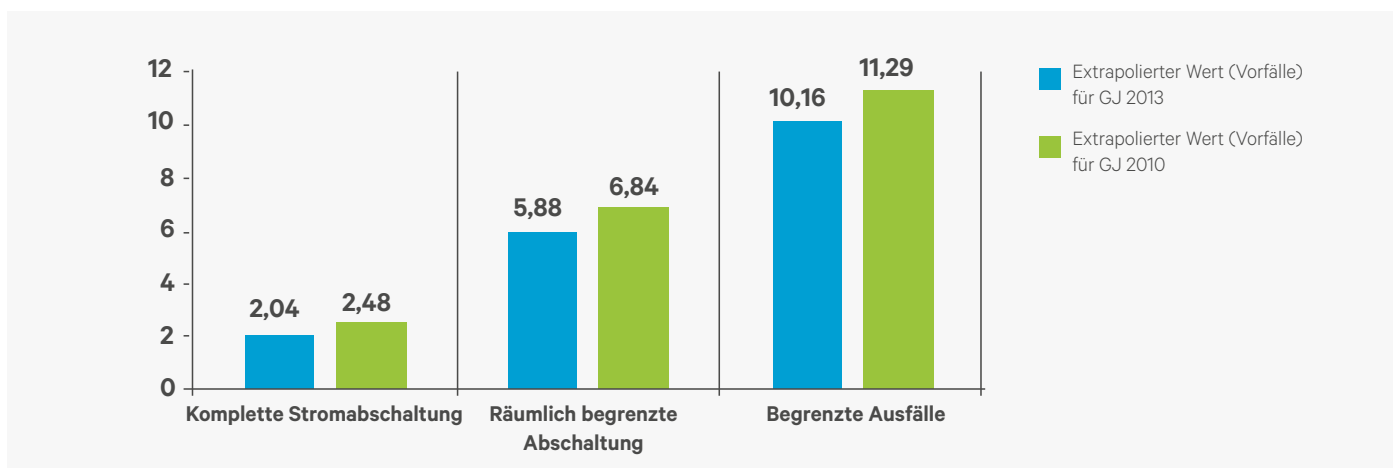


Abbildung 5. Häufigkeit von Rechenzentrumsausfällen über zwei Jahre laut einer Studie des Ponemon Institute im Jahr 2013.

Anpassbarkeit

Aufgrund der rasanten Veränderungen, denen sie unterliegen, besteht eine der größten Herausforderungen moderner Rechenzentren darin, immer die aktuellen Anforderungen zu erfüllen und dabei gleichzeitig die Anpassbarkeit an den künftigen Bedarf sicherzustellen. In der Vergangenheit hat man dazu einfach die Infrastruktursysteme überdimensioniert und die Rechenzentren im Laufe der Zeit „hineinwachsen“ lassen. Diese Strategie findet wegen der hohen Kosten und Energieverbrauchswerte aber in immer weniger Rechenzentren Anwendung. Das gilt auch auf Rack-Ebene. Wenn sie auf Rack-Ebene flexibel sind, können Rechenzentren besser an die ständigen Veränderungen, meistens eine höhere Leistungsdichte und ein Mehrbedarf an Effizienz und Kontrolle, angepasst werden.

Der Änderungsbedarf kann durch eine Konsolidierung, den Umzug von einem Server oder Netzwerk auf einen anderen Server/in ein anderes Netzwerk oder durch zusätzliches neues Gerät entstehen. Um beispielsweise eine höhere Rack-Dichte zu realisieren, muss die Änderung nahtlos erfolgen und vorhandene Investitionen müssen geschützt werden. Mit intelligenten, anpassbaren Rack-PDUs mit separaten Netzanschlussmodulen ist eine schnelle Reaktion auf diese Veränderungen möglich. Zusätzlich stellen Hot-Swap-fähige, modulare Stromausgänge den Schutz der ursprünglichen Investitionen sicher und minimieren die Ausfallzeiten, wenn sich die Serverarchitektur innerhalb des Racks ändert. Auch eine modulare PDU (Vertiv Knürr PowerTrans2) kann, als Schnittstelle zwischen der Niederspannungs-Stromversorgung und den Rack-PDUs, Veränderungen unterstützen. Durch ihre Flexibilität können Rack-Layouts ergänzt oder verändert und Schnittstellenanforderungen geändert werden, ohne Ausfallzeiten in der Stromversorgung riskieren zu müssen. (Abbildung 6)

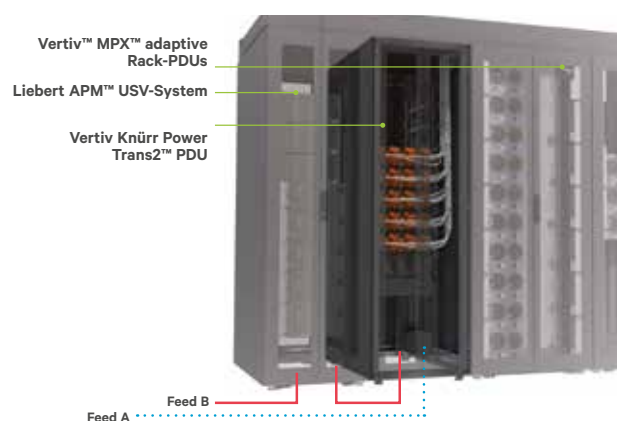


Abbildung 6. Vertiv Knürr PowerTrans2™, hier in Kombination mit Liebert® APM™ USV und MPX™ Rack-PDU, kann zur Unterstützung der Stromverteilung an das Rack verwendet werden.

Fazit

Durch die zunehmende Verdichtung in Rechenzentren kann heutzutage ein einziges Rack dieselbe Rechenleistung unterstützen, für die früher ein ganzer Raum erforderlich war. Dank der Transparenz der Bedingungen im Rack können viele der gängigsten Bedrohungen gegenüber der Rack-Ausrüstung abgewendet werden. Dazu gehören u. a. Unterbrechungen der Stromversorgung, versehentliche oder böswillige Manipulationen sowie Schäden durch Wasser, Rauch sowie übermäßige Feuchtigkeit oder hohe Temperaturen.

Moderne intelligente Rack-PDUs liefern den besten Einblick in den Stromverbrauch der IT im Rack. Außerdem bieten sie ein Ausmaß an Überwachungs- und Steuerungsmöglichkeiten, das vor wenigen Jahren noch undenkbar war. Um jedoch sicherzustellen, dass die Technologie die Vorteile einer Hochverfügbarkeitslösung auch tatsächlich in vollem Umfang liefert, muss besonders auf das Design der Rack-PDU, ihren Funktionsumfang, ihre MTTR und ihre Flexibilität geachtet werden.

