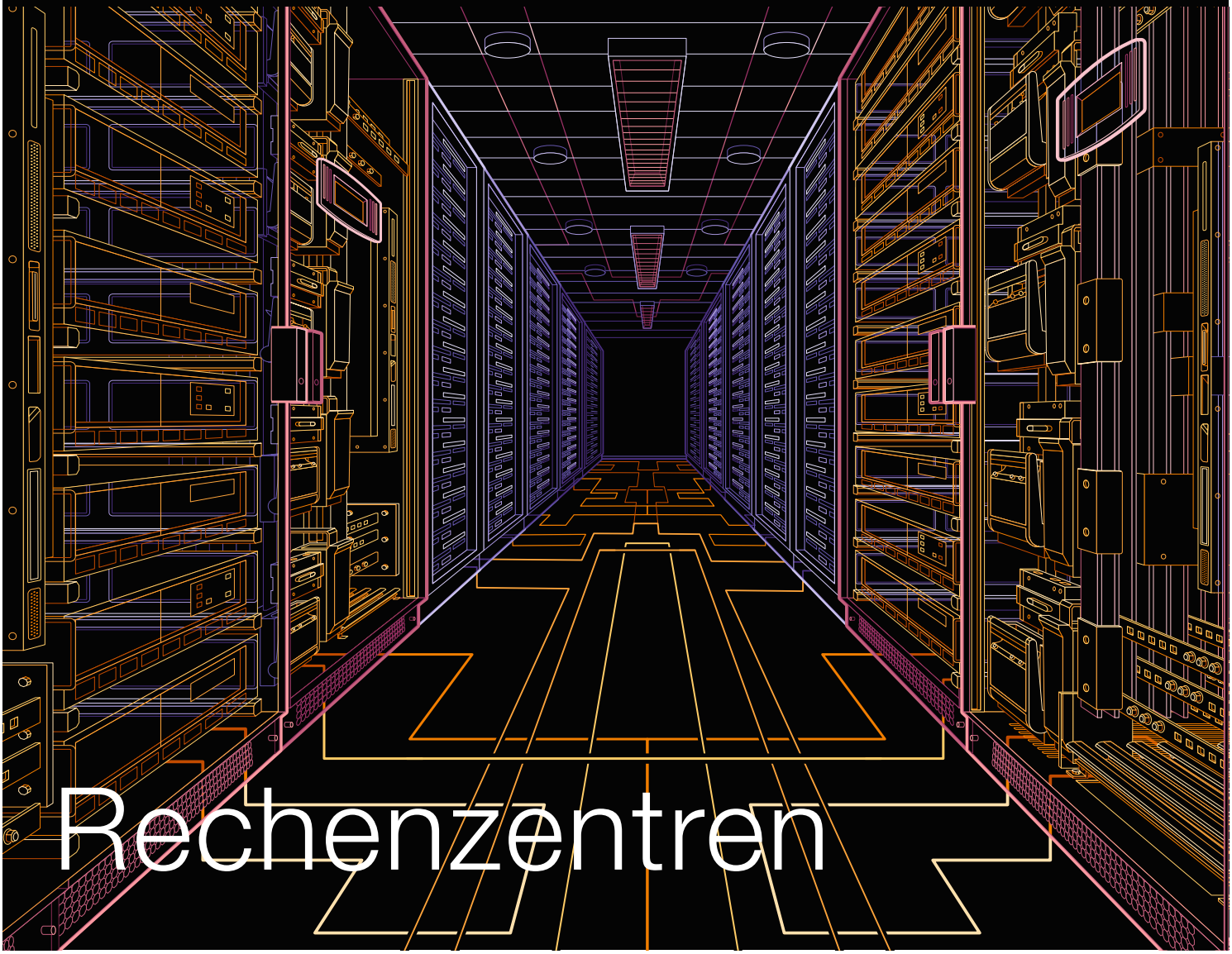
ABB review

4 | 13
de

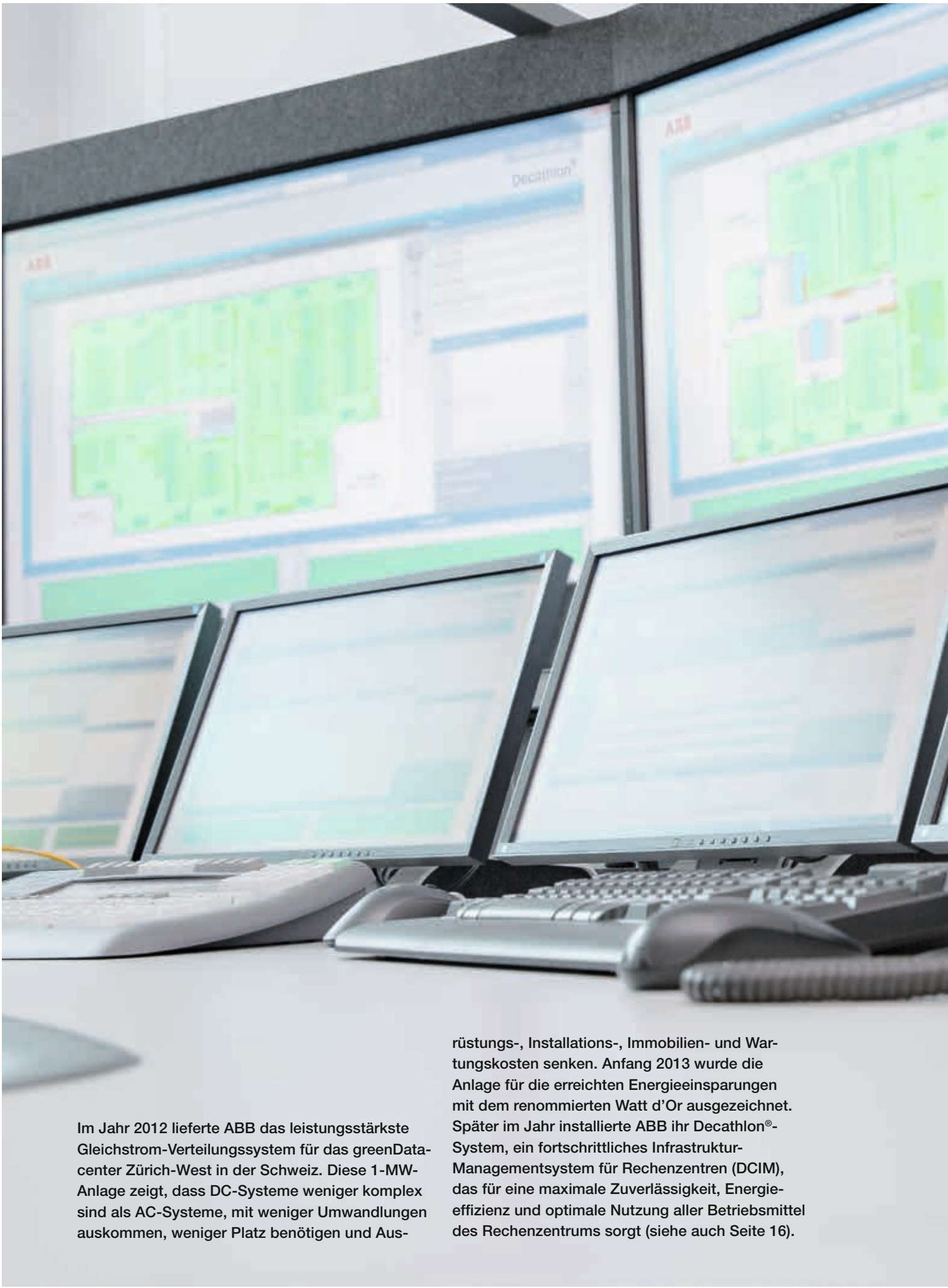
die ABB technik

Die unsichtbaren Helden des Internets 6
Gleichstrom – die perfekte Lösung für Rechenzentren 16
Sicherere Reserven für den Notfall 22
Lösungen für das Kühlproblem 53

Die technische Zeitschrift des ABB Konzerns



Power and productivity for a better world™



Im Jahr 2012 lieferte ABB das leistungsstärkste Gleichstrom-Verteilungssystem für das greenDatacenter Zürich-West in der Schweiz. Diese 1-MW-Anlage zeigt, dass DC-Systeme weniger komplex sind als AC-Systeme, mit weniger Umwandlungen auskommen, weniger Platz benötigen und Ausrüstungs-, Installations-, Immobilien- und Wartungskosten senken. Anfang 2013 wurde die Anlage für die erreichten Energieeinsparungen mit dem renommierten Watt d'Or ausgezeichnet. Später im Jahr installierte ABB ihr Decathlon®-System, ein fortschrittliches Infrastruktur-Managementsystem für Rechenzentren (DCIM), das für eine maximale Zuverlässigkeit, Energieeffizienz und optimale Nutzung aller Betriebsmittel des Rechenzentrums sorgt (siehe auch Seite 16).

Rechenzentren

7 **Im Blickpunkt: Rechenzentren**
Die Infrastruktur hinter einer digitalen Welt

11 **Auf Verfügbarkeit ausgelegt**
Definition der Verfügbarkeit von Rechenzentren mithilfe eines mehrstufigen Klassifizierungssystems

Stromversorgung von Rechenzentren

16 **Effizienter Gleichstrom**
Niederspannungs-Gleichstrominfrastruktur in Rechenzentren

22 **Zuverlässige Reserven**
Notstrom-Versorgungssysteme von ABB für Rechenzentren

29 **Leistungsgarantie**
Unterbrechungsfreie Stromversorgung für Rechenzentren

34 **Durchgängige Leistung**
Erhöhung der Zuverlässigkeit von Rechenzentren durch digitale statische Umschalter

Design und Betrieb von Rechenzentren

41 **Der Blick aufs Ganze**
Neue Konzepte für das Infrastruktur-Management in Rechenzentren

48 **Entscheidungen mit System**
Was kann ABB zum Design von Rechenzentren beitragen?

53 **Cool bleiben**
Optimales Design und Management von Kühlsystemen

58 **Der Blick in die Kristallkugel**
Optimierung des Designs von Rechenzentren

Transportwesen

64 **Einsteigen und Aufladen**
Schnellladung als Fahrkarte für einen sauberen Nahverkehr

70 **Alles unter Kontrolle**
DreDCU – eine zuverlässige und integrierte Steuerungsplattform für Antriebsmotoren auf Saugbaggerschiffen

Kommunikation und Partnerschaften

74 **Drahtlos und robust**
Vermaschte Wi-Fi-Kommunikation für die Industrie

79 **Die passende Lösung**
ABB sorgt zusammen mit einem Familienunternehmen für den Antrieb von schwimmenden Strömungspumpen

Index 2013

81 **Index 2013**
Das Jahr im Überblick

Rechenzentren und kritische Technologien

Claes Rytoft

Liebe Leserin, lieber Leser,
es mag manche überraschen, wie stark ABB mit der dynamischen und stetig wachsenden Rechenzentrumsbranche verbunden ist – und das schon von Beginn an.

Die Anfänge der kommerziellen Rechenzentren gehen zurück auf die Zeit der sogenannten Dotcom-Blase in den 1990er Jahren, als der Bedarf an schneller und durchgängiger Internet-Konnektivität rapide zunahm und die eigenen Ressourcen einzelner Unternehmen nicht mehr Schritt halten konnten. Es entstanden große „Internet Data Centers“ (IDCs), die immer umfangreichere Rechenaufgaben übernahmen. In seinem Buch „The Big Switch“ beschreibt Nicholas Carr, wie er im Jahr 2004 zum ersten Mal ein Rechenzentrum besucht. Er vergleicht es mit einem Kraftwerk – eine Rechenfabrik, die das Informationszeitalter antreibt, wie einst Kraftwerke das Industriezeitalter angetrieben haben.

Carrs Analogie ist zwar passend, aber sie erscheint nach heutigen Maßstäben noch stark untertrieben. Für nahezu jedes Unternehmen im 21. Jahrhundert stellt das Rechenzentrum die wichtigste IT-Ressource dar. Im Zuge der voranschreitenden Digitalisierung ist ein ununterbrochener Datenfluss für tägliche (oder gar sekündliche) Geschäftsvorgänge absolut entscheidend. Der IT-Branchenanalyst 451 Research rechnet mit einem Anstieg des globalen Datenverkehrs bis 2017 auf 11 Zettabyte im Monat (1 Zettabyte = 10^{21} Byte). Rechenzentren werden immer größer und komplexer, und ihr Betrieb wird immer teurer. Diese Ausgabe der *ABB Review* befasst sich mit diesen Entwicklungen und zeigt, wie Rechenzentren arbeiten und – was noch wichtiger ist – wie ihre Zuverlässigkeit sichergestellt werden kann.

Der Laie denkt bei Rechenzentren meist an Server, die Informationen verarbeiten. Doch ihre Stromversorgung und deren Steuerung (einschließlich Funktionen wie die Kühlung) sind ebenso wichtig. Da sich der weltweite Stromverbrauch von Rechenzentren rasch dem von Ländern wie Argentinien oder den Niederlanden nähert, gewinnt die effiziente Nutzung und Verwaltung dieser Energie (bei gleichzeitiger Sicherung einer extrem hohen Zuverlässigkeit) auch gesellschaftlich zunehmend an Bedeutung.

Aufbauend auf ihre Erfahrung in der Bereitstellung von Energie- und Automatisierungstechnik für kritische Anwendungen hat sich ABB auch als bedeutender Anbieter von Schlüsselkomponenten und -systemen für die IT-Branche etabliert. Während andere Anbieter Rechenzentren aus Komponenten zusammensetzen, die für den kommerziellen und den Bürobereich vorgesehen sind, bietet ABB Produkte und Systeme mit inhärenter Zuverlässigkeit, robustem Design und hoher Energieeffizienz. Der Mehrwert, den ABB für Rechenzentren bietet, zeigt sich nicht nur in der Qualität einzelner Produkte, sondern auch in der Fähigkeit des Unternehmens, ganze Systeme zu entwickeln und zu implementieren, die sowohl die Stromversorgung als auch die automatisierte Überwachung und Steuerung abdecken.

Weitere Artikel in dieser Ausgabe der *ABB Review* befassen sich mit einem Elektrobus, der in 15 Sekunden aufgeladen werden kann, der Automatisierung an Bord eines Baggerschiffs und einem robusten drahtlosen Kommunikationssystem für die Industrie.

Eine interessante Lektüre wünscht Ihnen

Claes Rytoft

Chief Technology Officer &
Group Senior Vice President
ABB Group

Decathlon
ABB
ABB

Im Blickpunkt: Rechenzentren

Die Infrastruktur hinter einer digitalen Welt

MIETEK GLINKOWSKI – In einer mobilen Gesellschaft wie der unsrigen konsumieren und erstellen die Menschen Unmengen von Daten. Das Internet, Suchmaschinen, mobile Anwendungen, Smartphones usw. sind allgegenwärtig und für uns mittlerweile selbstverständlich geworden. Tatsächlich sind all unsere mobilen Technologien und zunehmend auch alle Unternehmen von der Speicherung, Vernetzung und Verarbeitung digitaler Daten abhängig. Nahezu all dies erfolgt über oder in Rechenzentren. Diese bilden das Rückgrat und sind zweifelsohne die „stillen Helden" des Internet-Booms. Mittlerweile haben sich Rechenzentren zu einer bedeutenden Branche für die Ausführung missionskritischer Unternehmensanwendungen entwickelt. ABB bietet eine breite Palette von Produkten, integrierten Lösungen und Know-how für einen sicheren, zuverlässigen und effizienten Betrieb von Rechenzentren.

Titelbild
In der digitalen Welt von heute, in der riesige Mengen von Daten genutzt und gespeichert werden, hilft ABB Unternehmen bei der sicheren Ausführung missionskritischer Anwendungen.

Moderne Rechenzentren sind hochspezialisierte Anlagen voll komplizierter und miteinander verknüpfter Geräte und Systeme mit besonderen missionskritischen Anforderungen ➔ 1. Einige sind in kleinen Gebäuden mit einer Fläche von 200 m² untergebracht, andere erreichen die Größe von 15 Fußballfeldern (ca. 140.000 m²). Einige haben einen Energiebedarf von 500 kW, andere von 100 MW.

Die Rechenzentrumsbranche wächst mit rasender Geschwindigkeit. So lag die Zahl der weltweit installierten IT-Racks im Jahr 2012 bei 7,7 Millionen – was einem Zuwachs von 15 % gegenüber dem Vorjahr entspricht[1]. Das geschätzte Wachstum im Bereich der Rechenzentren liegt in den USA in diesem Jahr bei 25 %. Einige Länder wie die Türkei berichten sogar von einem Wachstum um die 60 %. Eine gute Beschreibung des Wachstums der Rechenzentrumsbranche liefert ein Bericht von Digital Realty[2]. ➔ 2 zeigt die wichtigsten Leistungsfaktoren und Merkmale für das Wachstum der Branche. Energieeffizienz und Datensicherheit gelten demnach als äußerst wichtig, während Konsolidierung, Konnektivität und Redundanz als sehr wichtig bis wichtig eingestuft wurden. ABB bietet kostengünstige Lösungen, die auf die Anforderungen heutiger Rechenzentren zugeschnitten sind.

1 Segmente der Rechenzentrumsbranche

Rechenzentren werden in einer Vielzahl von Branchen benötigt.

Colocation/Hosting
Viele kleine und mittelgroße Unternehmen können oder wollen sich keine eigene IT-Infrastruktur wie Rechenzentren leisten und vergeben daher ihre IT-Anforderungen an externe Colocation-Anbieter. Diese bieten IT-Dienstleistungen vom Web-Hosting bis hin zum vollständigen IT-Hosting für Unternehmen. Dieses Segment des Rechenzentrumsmarkts erzielt seine Umsätze vornehmlich aus der IT, wobei die Rechenzentren das Hauptangebot darstellen.

Finanzen
Banken und andere Finanzinstitutionen wie die New Yorker Börse (NYSE), die NASDAQ, die Tokioter Börse (TSE) usw. benötigen Rechenzentren und deren hohe Verfügbarkeit zur Abwicklung von Finanztransaktionen, doch Rechenzentren selbst sind nicht deren Einnahmequelle.

Telekommunikation
Von digitalen Festnetzdiensten bis hin zu mobilen und Smartphone-Diensten spielen Telekommunikationsanbieter eine wichtige Rolle in der Rechenzentrumsbranche. Heute sind praktisch alle Telefondienste digital, und viele nutzen die Konnektivität des Internets über VoIP. Große Unternehmen wie NTT, AT&T und T-Mobile besitzen, bauen und betreiben eigene Rechenzentren.

IT-Dienste
Mit dem Internet-Boom vor etwa 15 Jahren entstanden Unternehmen wie Google, Amazon, eBay oder Facebook. Obwohl Rechenzentren die wichtigsten Betriebsmittel dieser Unternehmen darstellen, erzielen sie ihre Umsätze aus unterschiedlichen Quellen von der Werbung bis hin zum Online-Shopping. Sie sind innovativ im Hinblick auf den Bau von Rechenzentren, die Bereitstellung von Diensten und die Bedienung ihrer Kunden.

Regierungen
Im Jahr 1999 betrieb die US-Bundesregierung 432 Rechenzentren. Bis 2013 stieg diese Zahl auf ca. 7.000*. Dies beinhaltet alle Bereiche von der Steuerbehörde über das Verteidigungsministerium bis hin zur Sozialversicherungsbehörde. Für Regierungsbehörden stellen Rechenzentren eine Kostenstelle dar.

Gesundheitswesen
Angesichts der zunehmenden Digitalisierung von Patientenakten und sämtlichen medizinischen Daten von privaten Arztbesuchen bis hin zu Krankenhausaufenthalten und größeren Operationen ist in diesem Segment ein rasches Wachstum zu erwarten. Für das Gesundheitswesen sind Rechenzentren ebenfalls eine Kostenstelle.

Unternehmen, Einzelhandel, Fertigung, Energieversorgung
Dieses Segment umfasst eine große Gruppe von privaten und börsennotierten Unternehmen in einer Vielzahl von Branchen wie Öl und Gas, Kunststoff, Einzelhandel, Strom-, Gas- und Wasserversorgung. Obwohl viele kleine und mittelgroße Unternehmen Colocation-Dienste nutzen, besitzen und betreiben größere Unternehmen eigene Rechenzentren. In Singapur betreibt BP z. B. sein Most of the World (MoW) Mega Data Centre, eines von vier Mega-Rechenzentren, über die BP seinen globalen IT-Betrieb abwickelt.

Cloud-Computing gilt nicht als eigenständiges Segment, sondern als Dienst innerhalb der Rechenzentrumsbranche. Es ist eine Möglichkeit, IT-Anwendungen auf mehrere physische Server oder gar Rechenzentren zu verteilen. Dabei gibt es keine direkte Beziehung zwischen einer Anwendung und einem physischen Gerät oder Rechenzentrum mehr. Ein gutes Beispiel hierfür ist die iTunes-Anwendung von Apple, bei der Daten – z. B. Musik, Videos, Filme – über eine Kombination von Servern und separaten Apple-Rechenzentren verteilt werden. Die Verteilung ist dynamisch, d. h. sie ist abhängig von Ressourcen, der Verfügbarkeit der IT (einschließlich Stromversorgung, Kühlung und mehreren anderen Faktoren), dem Internetverkehr usw.

Fußnote
* Government Accountability Office (Rechnungshof der US-Regierung) 2013, www.gao.gov

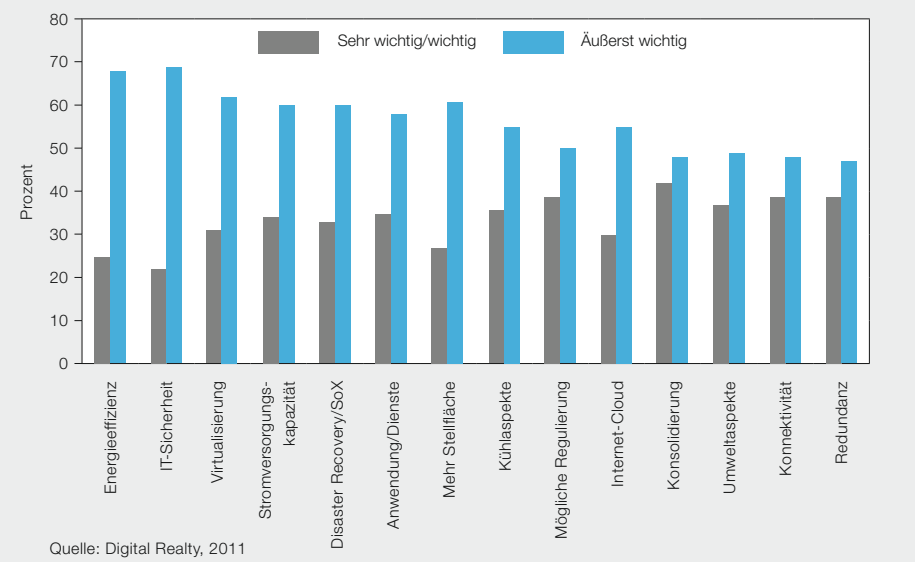
Rechenzentren benötigen große Mengen elektrischer Energie. Nach aktuellen Schätzungen werden bis zu 2 % der weltweit erzeugten Energie von Rechenzentren verbraucht[3]. Bei einer weltweit installierten Erzeugungskapazität von rund 5.000 GW[4] entspricht dies einem Verbrauch von 120 GW – doppelt so viel wie die Erzeugungskapazität von Mexiko und mehr als der Verbrauch von Ländern wie Spanien oder Italien.

Was ist ein Rechenzentrum?

Rechenzentren bestehen aus drei nebeneinander angeordneten Infrastrukturen: Informationstechnik (IT), Stromversorgung und Kühlung ➔ 3. Die drei Infrastrukturen müssen vollständig kompatibel, perfekt aufeinander abgestimmt und optimiert sein, um einen reibungslosen Betrieb der missionskritischen Einrichtung zu gewährleisten ➔ 4.

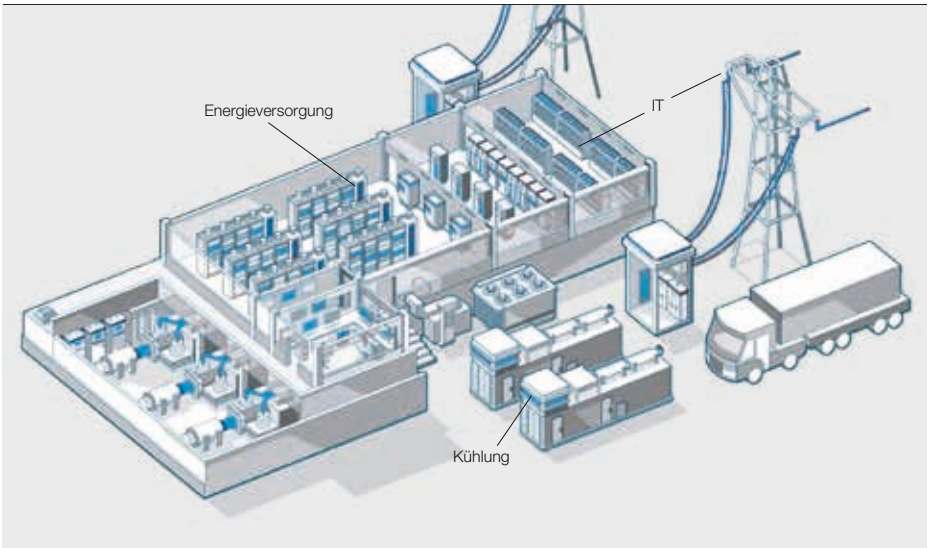
Die IT-Infrastruktur umfasst vornehmlich die IT-Ausrüstung mit der dazugehörigen Software. Die Ausrüstung lässt sich typischerweise in drei Kategorien einteilen: Server, Netzwerkswitche und Speicher. Jede Gruppe besitzt ihre eigene Funktion, doch in vielen Fällen beinhalten Server auch Speicher. In dieser Infrastruktur werden die Hauptfunktionen des Rechenzentrums umgesetzt und die IT-Dienste bereitgestellt. In Rechenzentren wird eine Vielzahl von Software, Virtualisierungen, Datenbanken, Web-Hosting-Diensten, Betriebssystemen und Clouds ausgeführt.

2 Wachstumsfaktoren der Rechenzentrumsbranche

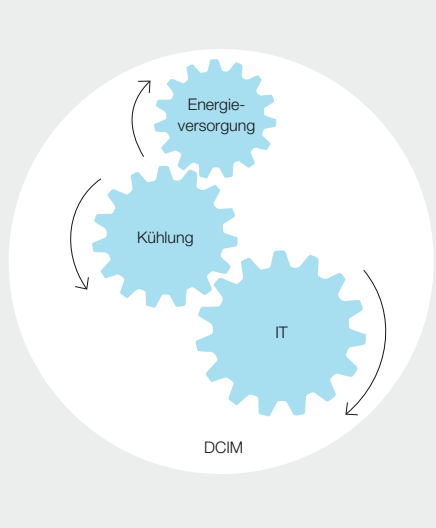


Quelle: Digital Realty, 2011

3 Typischer Aufbau eines Rechenzentrums



4 Infrastruktur von Rechenzentren



Die Infrastruktur von Rechenzentren beinhaltet das Zusammenspiel von IT, Energieversorgung, Kühlung und DCIM

Stromversorgung und Kühlung sind die beiden Infrastrukturen, die für den Betrieb der IT-Ausrüstung erforderlich sind. Der Strom kommt (außer in einigen Ausnahmefällen, in denen Brennstoffzellen eingesetzt werden) vornehmlich aus dem Netz und wird der IT-Ausrüstung über komplexe Topologien aus Transformatoren, Schaltanlagen, Notstromaggregaten (Verbrennungsmotoren und Generatoren), unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USVs), Stromschienen und automatischen Netzumschaltern zugeführt. Die vom Energieversorger (EVU) bereitgestellte elektrische Energie wird transformiert, umgeformt, konditioniert und an die Server in den IT-Racks verteilt.

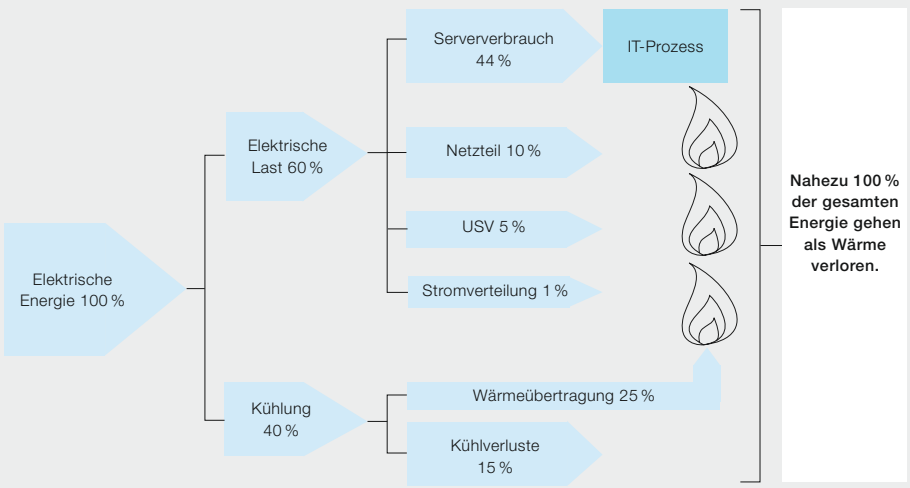
Die IT-Ausrüstung erzeugt viel Wärme. In einem typischen Rechenzentrum entfallen etwa 60 % des Energieverbrauchs auf die Stromversorgungsinfrastruktur und etwa 40 % auf die Kühlung → 5. Der Wert für die Effizienz der Energienutzung (Power Usage Efficiency, PUE) liegt in diesem Fall bei PUE = 100/55 = 1,82 und ist damit besser als der Branchendurchschnitt von 1,9. Die Stromversorgungsinfrastruktur kann in vier Komponenten unterteilt werden, wobei der IT-Prozess (die IT-Ausrüstung) 44 % der gesamten Energie benötigt. Nahezu die gesamte Elektrizität, die durch die Versorgungsinfrastruktur fließt und für die Kühlung verwendet wird, geht als Wärme verloren.

Diese Wärme muss abgeführt werden, um sicherzustellen, dass die Betriebstemperaturen der Ausrüstung innerhalb der Toleranzen bleiben und die Umge-

Fußnoten

1 Data Center Dynamics Converged – Media Pack 2012
2 What is Driving the US Market? Digital Realty Trust, 2011
3 Die Schätzungen variieren zwischen 1,1 % und 2,5 %. Vgl. verschiedene Quellen: www.analyticspress.com/data centers.html, www.greenpeace.org, www.forbes.com
4 Daten von 2010, www.eia.gov

5 Vereinfachte Energiebilanz für ein typisches Rechenzentrum



60 % der elektrischen Energie werden von der Stromversorgungsinfrastruktur und 40 % von der Kühlung verbraucht.

Der PUE-Wert (Power Usage Effectiveness) wäre mit 100/55 = 1,82* besser als der Branchendurchschnitt. USV-Verluste und der gesamte Energiebedarf für die Kühlung zählen zum sogenannten Overhead.

Die Stromversorgungsinfrastruktur kann in vier Komponenten unterteilt werden, wobei der IT-Prozess (IT-Ausrüstung) 44 % der gesamten Energie benötigt.

Fußnote

* Der aufmerksame Leser mag sich wundern, dass der Wert für P_{Last} 55 und nicht 60 beträgt. Die Differenz von 5 % ist auf die aufgeführten USV-Verluste zurückzuführen.

bung für Personal zugänglich ist. Zur Steuerung dieser Umgebungsbedingungen nutzen Rechenzentren verschiedene hochentwickelte Kühlsysteme wie Flüssigkeitskühlung, Luftkühlung, Tauchkühlung, Warmgangeinhausung, Kaltgangeinhausung sowie Klima- und Lüftungsanlagen für EDV-Räume (sog. CRACS – Computer Room Air Conditioners bzw. CRAHs – Computer Room Air Handlers). Die Kühlung ist die Hauptkomponente des sogenannten Overheads, d. h. dem nicht IT-bezogenen Verbrauch, der für PUE-Werte von über 1,0 verantwortlich ist ➔ 6.

Eine weitere Komponente der Infrastruktur, die zunehmend an Bedeutung gewinnt, ist das Infrastruktur-Management von Rechenzentren (Data Center Infrastructure Management, DCIM). DCIM ist eine Plattform zur Erfassung, Steuerung, Integration, Überwachung und Verwaltung aller Systeme im Rechenzentrum. Sicherzustellen, dass die Temperatursensoren der CRAC-Einheiten korrekt auf die Temperaturanforderungen der Server-Motherboards abgestimmt sind, ist ebenso wenig eine leichte Aufgabe wie dafür zu sorgen, dass die einzelnen Abzweige der elektrischen Stromversorgung gleichmäßig belastet und keine Kabel oder Leistungsschalter überlastet werden. Ebenso muss die Übersicht über die Standorte, Nutzungszwecke, Austauschintervalle und Besitzer (im Fall von Colocation-Anbietern) der IT-Ausrüstung behalten werden. All diese und weitere Funktionen können von einer DCIM-Plattform unterstützt werden.

6 Kennwerte

Der PUE-Wert (Power Usage Effectiveness) ist die gängigste Leistungskennzahl (Key Performance Indicator, KPI) für Rechenzentren. Er ist definiert als

$$\text{PUE} = \frac{P_{Gesamt}}{P_{IT\ Last}}$$

wobei P_{Gesamt} der Gesamtleistungsaufnahme des Rechenzentrums und $P_{IT\text{-}Last}$ der Leistungsaufnahme der IT-Ausrüstung entspricht. PUE ist per Definition immer größer als 1,0. Alles über 1,0 ist der sogenannte „Overhead“, d. h. die Energie, die von anderen nicht IT-bezogenen Verbrauchern wie Kühl-, Beleuchtungs- oder Sicherheitssystemen benötigt wird.

Im Jahr 2007 lag der durchschnittliche PUE-Wert laut der US-amerikanischen Umweltschutzbehörde EPA bei 1,9 (d. h. 90 % Overhead). Laut einem Bericht von Digital Realty aus dem Jahr 2012 stehen Nicht-IT-Unternehmen mit einem PUE-Wert von etwa 2,9 noch schlechter da.

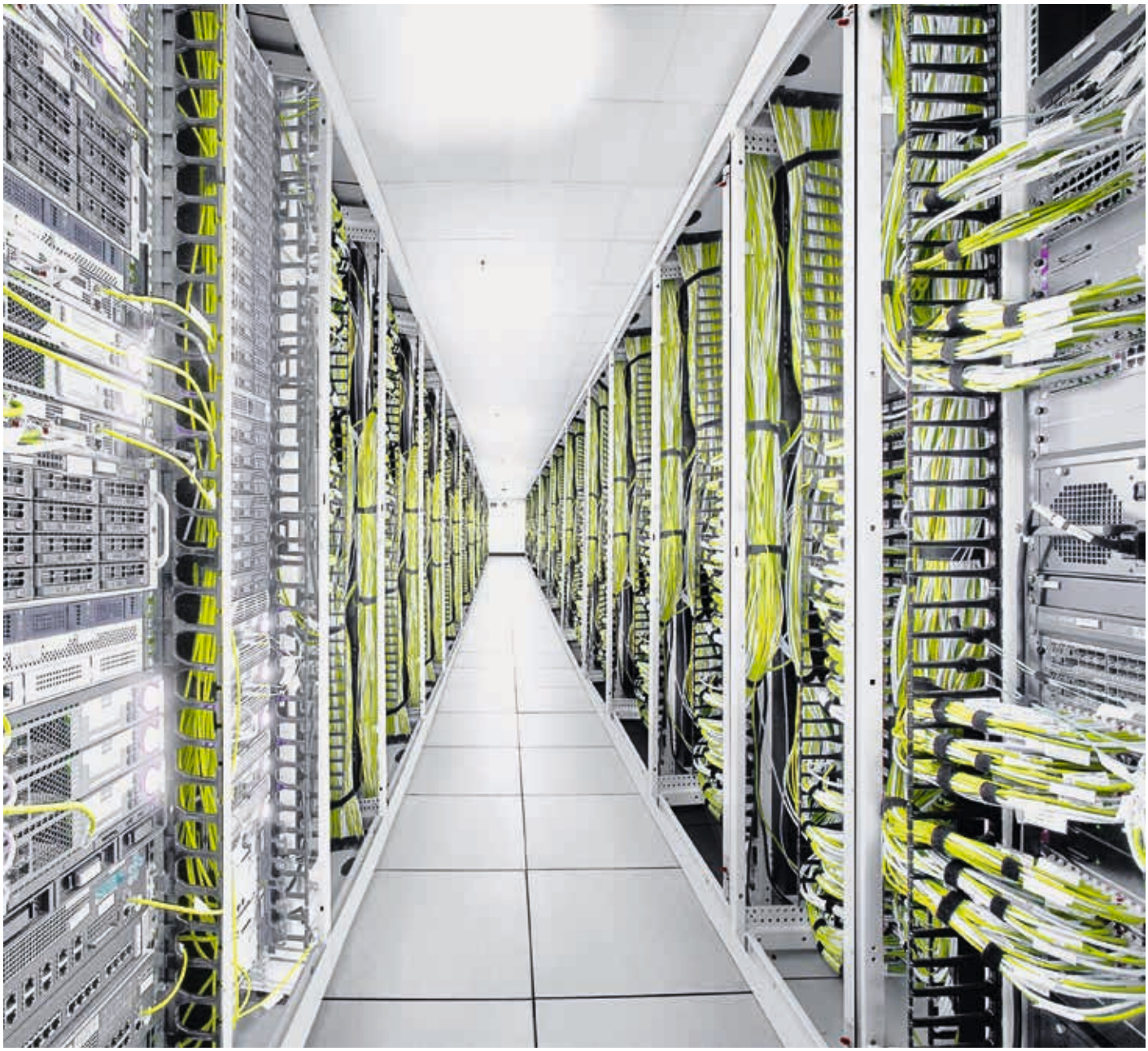
Doch beim Energieverbrauch spielen mehr Faktoren eine Rolle als der PUE-Wert. Verbessert der Betreiber eines Rechenzentrums den Energieverbrauch der IT-Last, indem er z. B. alte Server durch neuere Technik ersetzt, aber das Kühlsystem beibehält, steigt der PUE-Wert, da sich der Nenner der PUE-Gleichung verringert.

Dies hält möglicherweise einige Betreiber davon ab, ihre Anlagen zu modernisieren. In anderen Fällen setzen Rechenzentren beim Versuch, ihren PUE-Wert zu verbessern, auf eine wasserintensivere Kühlung, was aber mit einem höheren Wasserverbrauch einhergeht. Aus diesem Grund wurde eine Reihe neuer KPIs eingeführt, die auch die Effizienz der Wassernutzung (Water Usage Effectiveness, WUE) berücksichtigen. CUE (Carbon Usage Effectiveness) ist ein Wert für die aufgrund des Energieverbrauchs des Rechenzentrums anfallenden CO_2- und CO_2-äquivalenten Emissionen geteilt durch den Energiebedarf der IT-Ausrüstung. Angegeben wird der Wert in $kgCO_2e/kWh$.

Diese umfasst häufig entsprechende Hard- und Software zur Erfassung, Verarbeitung und Darstellung der relevanten Daten (z. B. Temperatur, Spannung, Strom, Luftdurchsatz, Alarme) und ermöglicht es dem Betriebspersonal, fundierte Entscheidungen zu treffen. DCIM gilt als der „Klebstoff“, der sämtliche Komponenten eines Rechenzentrums zusammenhält – ein allumfassender Schirm für das Rechenzentrumsgeschäft.

Mietek Glinkowski
ABB Data Centers
Raleigh, NC, USA
mietek.glinkowski@us.abb.com

Weiterführende Informationen
www.abb.com/datacenters



Auf Verfügbarkeit ausgelegt

Definition der Verfügbarkeit von Rechenzentren mithilfe eines mehrstufigen Klassifizierungssystems

MIETEK GLINKOWSKI – Jedes System kann ausfallen – das ist eine Tatsache, mit der sich jede Branche auseinandersetzen muss. Das oberste Ziel der Rechenzentrumsbranche ist die Sicherung eines durchgängigen Systembetriebs. Laut Schätzungen von Branchenanalysten kostet ein einstündiger Ausfall in einem Rechenzentrum durchschnittlich 350.000 US-Dollar – Kosten, die weiter steigen werden, da immer mehr Unternehmen auf die Speicherung, Vernetzung und Verarbeitung von digitalen Daten in Rechenzentren angewiesen sind. Aufgrund der hohen Kosten, die bereits kurzzeitige Ausfälle in Rechenzentren verursachen, ist die Verfügbarkeit die bedeutendste Triebfeder für die Auslegung, den Betrieb und die Wartung von Rechenzentren.

Oberstes Ziel der Rechenzentrumsbranche ist die Sicherung eines durchgängigen Systembetriebs.

1 Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit werden häufig missverstanden und mit der Qualität eines Systems oder Produkts verwechselt. Zuverlässigkeit ist definiert als eine Funktion der Zeit:
$R(t) = e^{-\lambda t}$
wobei $R(t)$ der Zuverlässigkeit, t der Zeit und $\lambda = Tf/Tp$ einer Ausfallrate entspricht. Tf ist die Gesamtzahl der Ausfälle im Zeitraum Tp. Je länger das System in Betrieb ist, desto niedriger ist der Wert für die Zuverlässigkeit. Der Parameter λ ist ein Kehrwert der mittleren Betriebsdauer zwischen Ausfällen (Mean Time Between Failures, MTBF). Ein weiterer wichtiger Parameter ist die mittlere Reparaturzeit (Mean Time To Repair, MTTR), die für die Reparatur eines ausgefallenen Systems oder Geräts benötigt wird. Beide Parameter zusammen bestimmen die inhärente Verfügbarkeit *(Ai)* eines Systems bzw. Geräts:
$Ai = MTBF/(MFTBF + MTTR)$.

Erweitert man den Begriff der Verfügbarkeit um geplante wartungsbedingte Ausfallzeiten, erhält man die sogenannte betriebliche oder operationelle Verfügbarkeit *Ao*.

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sind keine festen Zahlen. Sie sind beide Funktionen von bestimmten Komponenten des Systems sowie der Systemtopologie, die bestimmt, wie kritisch diese Komponenten für die Funktion des Rechenzentrums sind. Daher muss die Zuverlässigkeit an verschiedenen Stellen des Systems beurteilt werden, an denen die IT-Last mit Energie versorgt wird.

Wie bereits erwähnt, sind Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit nicht gleichbedeutend mit Qualität. Letztere bezieht sich auf den Zustand neuer Ausrüstung bei Auslieferung an den Kunden. Zuverlässigkeit und somit auch Verfügbarkeit wird über einen Zeitraum gemessen, was neben der Qualität auch die Auswirkungen von Alterung und Belastung der Geräte innerhalb des Systems beinhaltet.

Eine höhere Zuverlässigkeit lässt sich durch Redundanz (der Ausrüstung und Versorgungswege) erreichen. Je mehr Ausrüstung vorhanden ist, desto größer ist allerdings die Wahrscheinlichkeit, dass eine oder mehrere Komponenten ausfallen. Bei jedem Systementwurf muss ein Mittelweg gefunden werden zwischen dem Maß an Redundanz und der damit verbundenen Komplexität und dem Gewinn an Zuverlässigkeit. Gute Systementwürfe müssen die Ausrüstung optimal nutzen und ein ausreichendes Maß an Redundanz und Reserven für eine zuverlässige Energieversorgung bereitstellen.

Bei der Verfügbarkeit eines Rechenzentrums geht es darum, die Erwartungen der Nutzer an die Betriebszeit (Uptime) zu erfüllen. Die hohe Verfügbarkeit derzeitiger Rechenzentren wurde vorwiegend durch Redundanz im Aufbau, in der Ausrüstung (sowohl der IT als auch der Elektrotechnik), der elektrischen Versorgungswege und der Software erreicht → 1. Zur Bestimmung der Verfügbarkeit von Rechenzentren gibt es mehrere Klassifizierungssysteme. Sich rasch verändernde Technologien, der Wunsch, sich von anderen abzuheben, Umweltaspekte und vor allem Kostendruck führen häufig dazu, dass Rechenzentren von ihrem Aufbau her zwischen zwei Klassifizierungen fallen oder gar gänzlich davon abweichen. Die Tier-Klassifikation des Uptime Institute gilt – auch wenn sie nicht immer befolgt wird – als wichtige Branchenrichtlinie und wird daher auch in diesem Artikel als Bezugsgröße verwendet. Hierbei handelt es sich um ein vierstufiges System, bei dem jede Stufe (engl. „Tier“) eine bestimmte Verfügbarkeit als Richtlinie für die Auslegung der Rechenzentrumsinfrastruktur beschreibt → 2. Je höher die Tier-Stufe, desto höher die Verfügbarkeit.

In der kostengünstigsten und leistungsärmsten Stufe (Tier I) beträgt die angestrebte Verfügbarkeit 99,671 %, was einer jährlichen IT-Ausfallzeit von 28,8 Stunden entspricht. Die höchste Stufe (Tier IV) bietet eine Verfügbarkeit von 99,995 % bei einer jährlichen IT-Ausfallzeit von 24 Minuten. Die Designs der verschiedenen Tier-Stufen können unterschiedliche Leistungsdichten von 200 W/m² bis 1.500 W/m² beinhalten. Für Energietechniker ist es wichtig zu wissen, dass mit der Tier-Stufe auch die vom Energieversorger bereitgestellte Spannung steigt. Dies hat vornehmlich damit zu tun, dass die Verfügbarkeit der elektrischen Energie innerhalb eines Versorgungssystems von der Niederspannungs-(NS-)Verteilung (NS) über die Mittelspannungs-(MS-)Verteilung zum Hoch-spannungs-(HS-)Übertragungssystem generell zunimmt. Je näher man sich am starren Knoten eines großen Stromversorgungsnetzes befindet, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit einer Störung oder eines Stromausfalls.

Tier I

Diese Architektur ist die einfachste und bietet somit die geringste Verfügbarkeit und Leistungsdichte der IT-Last. Dieses Designkonzept wird auch mit N bezeichnet, was bedeutet, dass für „n“ IT-Lasten

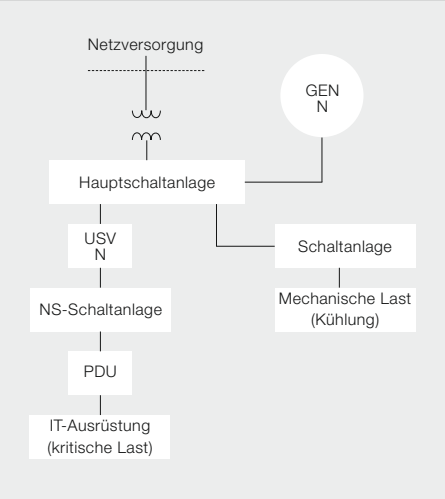
Titelbild
Wie kann die richtige Auslegung eines Rechenzentrums dabei helfen, die hohen Anforderungen an die Verfügbarkeit zu erfüllen?

2 Gemeinsamkeiten und Unterschiede der Tier-Kategorien

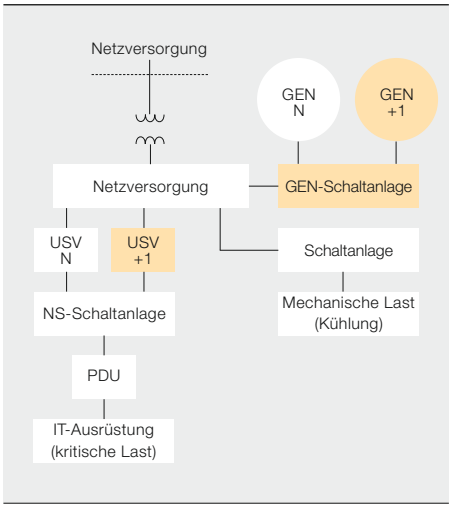
	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Anzahl der Versorgungswege	**Nur 1**	**Nur 1**	**1 aktiver 1 passiver**	**2 aktive**
Redundante Komponenten	N	N +1	N +1	2 (N +1) oder S + S
Netzspannung	208, 480	208, 480	12–15 kV	12–15 kV
Jährl. standortbedingte IT-Ausfallzeit	28,8 Std.	22,0 Std.	1,6 Std.	0,4 Std.
Standortverfügbarkeit	99,671 %	99,749 %	99,982 %	99,995 %

© The Uptime Institute

3 Tier-I-Design (N)



4 Tier-II-Design (N+1)



„n“ unterbrechungsfreie Stromversorgungseinheiten (USVs) und Notstromaggregate erforderlich sind. → 3 zeigt die grundlegenden Komponenten eines Rechenzentrums, die im Folgenden beschrieben werden.

Netzversorgung

Die Netzversorgungskomponente in einer Tier-I-Klassifizierung speist einen Eingangstransformator, der die Spannung von der MS-Ebene auf die NS-Ebene heruntertransformiert.

Notstromaggregat

Hierbei handelt es sich typischerweise um einen von einem Dieselmotor angetriebenen Generator, der im Falle eines Netzausfalls eine langfristige Reservestromversorgung bereitstellt. Die Dauer der Versorgung ist durch den Kraftstoffvorrat im Tank definiert und liegt in der Regel zwischen 24 und 72 Stunden. Diese Zeit kann durch einen priorisierten Kraftstoffliefervertrag verlängert werden. Beim Generator handelt es sich üblicherweise um eine Synchronmaschine mit einer Leistung zwischen einigen Hundert Kilowatt und 2–3 MW.

Automatischer Netzumschalter

Ein spezieller automatischer Netzumschalter (Automatic Transfer Switch, ATS) mit Schutz- und Steuerlogik ermöglicht ein nahtloses Umschalten von der Netzversorgung zum Notstromaggregat unter verschiedenen Bedingungen. Die meiste Zeit befindet sich der Umschalter zwischen dem Netzanschluss und dem Generator im „Open-before-Close“-Modus, d. h. wenn die Netzversorgung ausfällt, wird die Netzverbindung unterbrochen und die Verbindung zum Generator erst hergestellt, wenn der Generator angefahren ist, die gewünschte Drehzahl und Erregung erreicht hat und synchronisiert ist. Das Anfahren des Notstromaggregats kann einige Sekunden, bei mehreren Aggregaten auch bis zu einer Minute dauern.

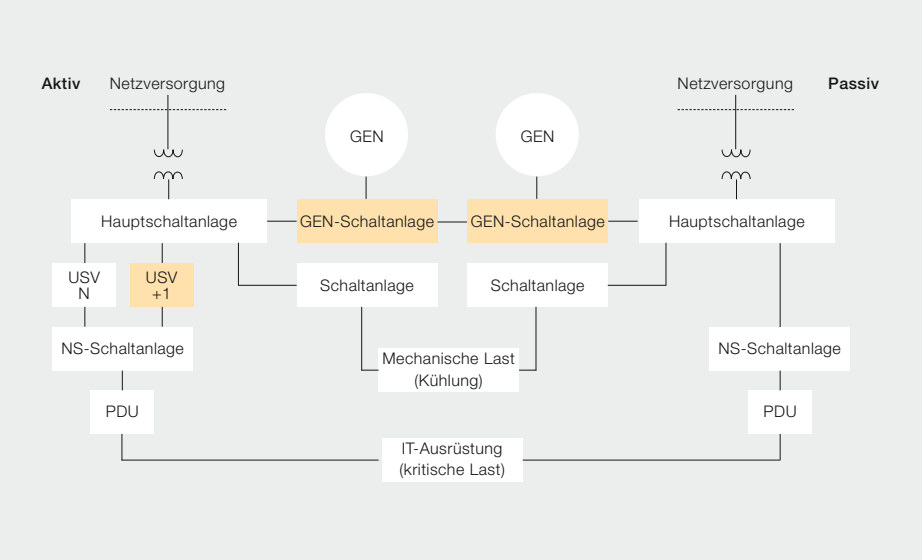
Unterbrechungsfreie Stromversorgungen

Bei unterbrechungsfreien Stromversorgungen (USVs) werden drei Technologien unterschieden: Standby- oder Offline-USV, Line-Interactive- oder netzinteraktive USV, Double-Conversion- oder Online- bzw. Doppelwandler-USV. Die weitaus populärste Variante ist die Dop-

Die hohe Verfügbarkeit derzeitiger Rechenzentren wurde vorwiegend durch Redundanz im Aufbau, in der Ausrüstung, der Versorgungswege und der Software erreicht.

Die Bereitstellung des passiven Versorgungswegs erhöht die Kosten für das gesamte System und kompliziert die Steuerung, Koordinierung und Wartung.

5 Tier-III-Design (aktiv-passiv), keine USV im passiven Versorgungsweg



pelwandler-USV, bei der der gesamte durch die USV fließende Strom zuerst in Gleichstrom und dann wieder in Wechselstrom umgewandelt und somit von sämtlichen netzseitigen Störungen, Transienten, Über- und Unterspannungen und anderen die Netzqualität beeinträchtigenden Effekten bereinigt wird. Die Gleichstromschiene in der Mitte ist zusätzlich mit einer Batteriebank verbunden, die bei einem Stromausfall kurzfristig Strom bereitstellt. Die Umschaltung zwischen der Netzversorgung und der internen Batterieversorgung erfolgt nahtlos und verzögerungsfrei. Die Dauer der kurzfristigen Versorgung wird durch die Größe der Batteriebank bestimmt und liegt typischerweise zwischen 2–3 min und 7–10 min.

Schaltanlagen

In Rechenzentren werden Schaltanlagen benötigt, um den Strom an die vielen verschiedenen IT-Geräte (kritische Lasten), Kühlsysteme (Pumpen, Lüfter, Ventile, Kompressoren usw.) und andere Hilfseinrichtungen zu verteilen. Die Leistungsschalter in den Schaltanlagen bieten außerdem Schutz gegen Fehler und andere anormale Bedingungen. In einer Tier-I-Anlage sind alle Schaltanlagen Niederspannungsanlagen (Nennspannung weniger als ~1 kV).

Stromverteiler

Stromverteilungseinheiten (Power Distribution Units, PDUs) bestehen aus Leistungsschaltern, Zählereinheiten und – in Nordamerika – NS-Transformatoren. Sie dienen der weiteren Verteilung des Stroms zu den IT-Racks, übernehmen Schutzfunktionen und messen die Leistung (Spannung und Strom) zu den einzelnen Verbrauchern.

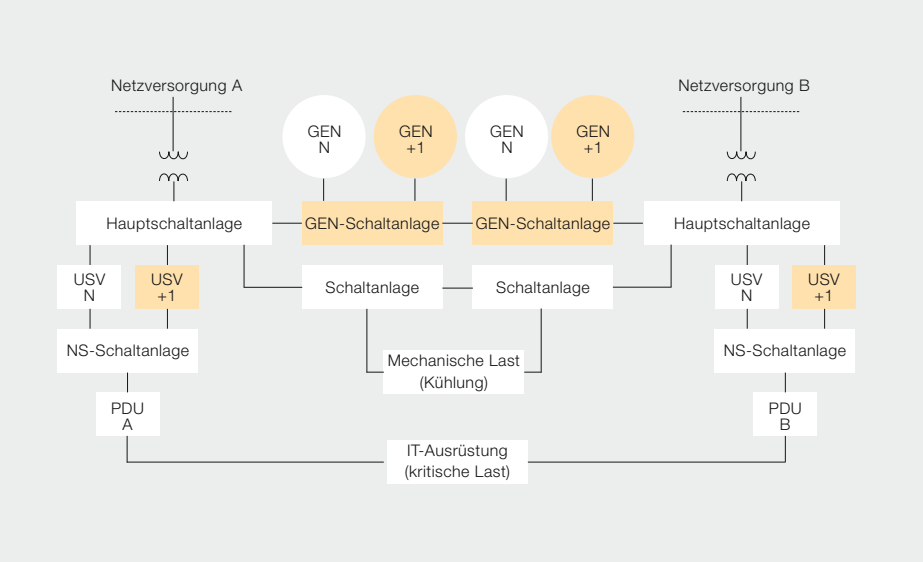
Netzteile

Netzteile gehören zur IT-Ausrüstung. Ähnlich wie die Netzteile von Desktop-Computern wandeln sie die Eingangsspannung von 220 V oder 110 V in die von den verschiedenen IT-Geräten (z. B. Server, Netzwerkkomponenten und Speichersysteme) benötigte Gleichspannung um. Am weitesten verbreitet sind transformatorlose Schaltnetzteile (SNT). Aufgrund der erforderlichen Redundanz der Stromverteilung in Tier-III- und Tier-IV-Konfigurationen werden immer mehr Netzteile mit doppelten Wechselstromeingängen ausgestattet.

Tier II

Diese Architektur wird auch als N+1 bezeichnet → 4. Der Hauptunterschied zwischen einer Tier-I- und einer Tier-II-Klassifizierung ist das Vorhandensein eines zusätzlichen Notstromaggregats und einer zusätzlichen USV. Dies bietet ein gewisses Maß an Redundanz der kritischsten Systemkomponenten für eine kurz- und langfristige Reserve. Alle anderen Komponenten des Systems sind im Wesentlichen gleich. Selbst mit dieser Redundanz gibt es noch immer verschiedene einzelne Ausfallpunkte (Single Points Of Failure, SPOFs) auf dem Versorgungsweg zur IT-Last.

6 Tier-IV-Design (2N+1), zwei gleichzeitig aktive Versorgungswege



Bei jedem Systemdesign muss ein Mittelweg zwischen Redundanz, Komplexität und Zuverlässigkeit gefunden werden.

Tier III

Tier-III-Systeme werden auch als Aktiv-Passiv-Systeme bezeichnet → 5. In einer Tier-III-Klassifizierung muss der elektrische Versorgungsweg doppelt vorhanden sein. Neben den redundanten kritischen Komponenten muss es einen zweiten Weg parallel zur kritischen IT-Last geben, falls der erste Weg ausfällt. Dieser zweite Weg kann passiv sein, d. h. er wird nur im Notfall verwendet. Eine Tier-III-Klassifizierung erfordert außerdem einen zweiten Netzanschluss. Die Bereitstellung des passiven Versorgungswegs erhöht die Kosten für das gesamte System und kompliziert die Steuerung, Koordinierung, Wartung usw. Außerdem gibt es eine zusätzliche Schaltanlage und einen Motorschaltschrank, die einen vollständigen Betrieb des Rechenzentrums über den passiven Weg ermöglichen. Die IT-Ausrüstung kann so im vollen Umfang von den zwei Versorgungswegen profitieren und z. B. für jeden Server Doppelnetzteile nutzen. Dadurch wird die Anzahl der SPOFs deutlich reduziert. Doch da der passive Versorgungsweg keine USV erfordert, ist das System im Notfall den Netzbedingungen und möglichen Problemen mit der Netzqualität oder gar Ausfällen ausgesetzt.

Tier IV

Das Tier-IV-Design wird auch als 2N+1-System bezeichnet und ist die höchste Klassifizierungsstufe für Rechenzentren → 6. Nur eine relativ kleine Zahl von Rechenzentren auf der Welt ist als Tier IV zertifiziert. Hierbei handelt es sich um vollständig redundante, duale Systeme, die aktiv parallel betrieben werden. Aufgrund der Redundanz muss jeder Versorgungsweg für 100 % der Last ausgelegt sein, d. h. die maximale Nutzung der beiden Wege unter normalen Betriebsbedingungen beträgt 50 %. Außerdem verfügen manche Tier-IV-Designs über N+1 USVs und Notstromaggregate in jedem Weg, was die Komplexität und die Kosten weiter erhöht, aber gleichzeitig den wertvollen Bruchteil eines Prozents (genau 0,01 %) an Verfügbarkeit sichert. Das Ziel der Tier-IV-Verfügbarkeit ist eine standortbedingte maximale Ausfallzeit für den Endnutzer von 24 Minuten im Jahr (was einem Ausfall in fünf Jahren entspricht).

Tier-IV-Designs sind vollständig redundante, duale Systeme, die aktiv parallel betrieben werden.

Anstehende Veränderungen

Die Verfügbarkeit und Ausfallzeit der Tier-Strukturen sind nicht die einzigen Faktoren, die es zu berücksichtigen gilt. Unterbrechungen können unterschiedliche Auswirkungen auf den Betrieb der missionskritischen Einrichtung haben. So haben zehn kurze Unterbrechungen der Serverstromversorgung von je 50 ms Dauer innerhalb eines Jahres eine deutlich nachteiligere Auswirkung auf den Serverbetrieb als z. B. eine längere Unterbrechung von 500 ms im gleichen Zeitraum. Auch wenn die jährliche Verfügbarkeit in beiden Fällen gleich ist (eine Gesamtausfallzeit von 0,5 s), müssen die Server im ersten Fall zehnmal im Jahr neu gestartet werden, wobei Daten verloren gehen können. Im zweiten Fall ist es nur ein Neustart pro Jahr.

Um das gesamte „Ökosystem“ von Rechenzentren so zu entwerfen, zu implementieren und zu optimieren, dass eine maximale Verfügbarkeit sichergestellt ist, sind hoch qualifizierte technische Ressourcen erforderlich. Die traditionelle Auffassung von Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit verändert sich rasch. Höhere Systemspannungen, ausgeklügeltere Schaltkonzepte, breitere Betriebsmöglichkeiten für IT-Ausrüstung und vor allem die Einführung ausfallsicherer Software und des Cloud-Computings eröffnen neue Dimensionen für die Zuverlässigkeit von Rechenzentren. Man darf also gespannt bleiben!

Mietek Glinkowski
ABB Data Centers
Raleigh, NC, USA
mietek.glinkowski@us.abb.com

Effizienter Gleichstrom

Niederspannungs-Gleichstrom-infrastruktur in Rechenzentren

ANDRÉ SCHÄRER – Betrachtet man alle Rechenzentren weltweit, so werden jährlich rund 80 Mio. MWh an Energie verbraucht, was etwa 2 % der weltweiten CO_2-Emissionen entspricht. In Kürze werden diese Werte den Verbrauch von Ländern wie Argentinien oder den Niederlanden erreichen. Jährlich kommen weltweit mehr als 5,75 Mio. neue Server hinzu, d. h. die weltweiten CO_2-Emissionen aus Rechenzentren werden sich bis zum Jahr 2020 vervierfachen, wenn sich der Strommix nicht grundlegend ändert oder keine Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz getroffen werden. Die Anschlussleistung eines mittelgroßen Rechenzentrums entspricht etwa der von 25.000 Haushalten in den USA (bzw. fast doppelt so vielen in Europa). Ein wichtiges Werkzeug zur Senkung des Energieverbrauchs von Rechenzentren ist der Gleichstrom. Zu seinen entscheidenden Vorteilen gehören geringere Verluste, da Umwandlungs- und Transformationsschritte innerhalb der Versorgungskette wegfallen. So können die Verluste zwischen der Netzeinspeisung und den Servern um 10 % gesenkt werden.

Bei Gleichstrom finden insgesamt zwei Umwandlungen weniger statt.

Der Ruf nach Energieeffizienz und einem flächendeckenden Einsatz erneuerbarer Energien wird immer größer ➔ 1. Eine wichtige Lösung, die von ABB vorangetrieben wird, ist der Einsatz von Gleichstrom (DC) in Rechenzentren.

Gleichstromtechnologie

Nach anfänglichen Disputen zwischen den Befürwortern des Wechselstroms (Nicola Tesla und George Westinghouse) und dem Befürworter des Gleichstroms (Thomas A. Edison) während des sogenannten „Stromkriegs“ gegen Ende des 19. Jahrhunderts setzte sich der Wechselstrom schließlich durch und dominiert nun schon seit über 100 Jahren die Stromübertragung und -verteilung.

Doch das bedeutet nicht, dass der Gleichstrom von der Bildfläche verschwand. Im heutigen digitalen Zeitalter sind immer mehr mit Gleichstrom betriebene Geräte im Einsatz – Unterhaltungselektronik, industrielle IT, Kommunikationstechnik, Elektrofahrzeuge, um nur einige Beispiele zu nennen. Am anderen Ende der Energieversorgungskette stehen Photovoltaikanlagen und Brennstoffzellen (sowie einige Windparks), die Gleichstrom erzeugen. Auch bei der Stromübertragung gibt es eine wichtige Ausnahme zum sonst vorherrschenden Wechselstrom: die Hochspannungs-Gleichstromübertragung (HGÜ), die eine verlustarme Übertragung hoher Leistungen über große Entfernungen ermöglicht. ABB spielt seit fast 60 Jahren eine führende Rolle als Entwickler und Lieferant dieser Technik.

Mit zunehmender Bedeutung des Gleichstroms in den Bereichen Energieerzeugung, -übertragung, -speicherung und -nutzung liegt immer mehr Elektrizität entlang der Versorgungskette mindestens einmal in Form von Gleichstrom vor. Zwar sind einige Umwandlungen erforderlich, doch in manchen Fällen werden die jeweiligen Spannungen und Frequenzen nur noch aus historischen Gründen verwendet, während die damit verbundenen Umwandlungen vermeidbare Energieverluste verursachen. Fortschritte in der Leistungselektronik haben ABB dazu veranlasst, den Einsatz von

Titelbild
Im Jahr 2012 lieferte ABB das weltweit leistungsstärkste DC-Verteilungssystem für das greenDatacenter Zürich-West.

Dieses Pilotprojekt ist eine einmalige Lösung, die eigens für den ABB-Kunden Green Datacenter AG in Rekordzeit entwickelt, installiert und in Betrieb genommen wurde.

1 Der Weg zu einer höheren Effizienz

Es gibt verschiedene Ansätze, Rechenzentren ökologischer zu gestalten; die Gleichstromtechnologie ist nicht der einzige Weg, um dieses Ziel zu erreichen. Weitere Ansätze bieten der Standort und das Design des Rechenzentrums, technische Fortschritte bei den Servertechnologien und der Kühlung, eine bessere Auslastung und operationelle Philosophien.

Grundsätzlich führt eine Optimierung, die sich nur auf einzelne Komponenten beschränkt, eher zu einem suboptimalen Gesamtsystem. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Betrachtung des Gesamtsystems einschließlich des Zusammenspiels zwischen den Besitzern/Betreibern von Rechenzentren und deren Hardwarelieferanten.

Wechselstrom zu überdenken und die Gleichstromtechnik in Bereichen voranzutreiben, in denen mit ihrer Hilfe Energie eingespart werden kann.

Das weltweit leistungsstärkste Gleichstrom-Rechenzentrum

Rechenzentren eignen sich besonders für eine Versorgung mit Gleichstrom, da sie eine Vielzahl identischer oder zumindest ähnlicher Verbraucher (Server, Netzwerkkomponenten, Speicher usw.) enthalten, was die Zahl der erforderlichen Spannungsniveaus reduziert.

Im Jahr 2011 beschloss die Green Datacenter AG, die Betreiberin des Rechenzentrumsgeschäfts des Internetproviders green.ch, die 1.100-m²-Erweiterung ihres 3.300 m² großen Rechenzentrums in Zürich-West ➔ Titelbild mit Gleichstromtechnik auszurüsten, und wählte ABB als Partner.

Dieser Artikel wirft einen Blick auf das Konzept der DC-Verteilung, die speziell für dieses Rechenzentrum bereitgestellt wurde. Dabei handelt es sich um eine kunden- und projektspezifische Lösung, die in dieser Form kein Standardprodukt darstellt.

Technische Lösung

Um die Effizienzvorteile im großen Maßstab demonstrieren zu können, wurde entschieden, das DC-Versorgungssystem auf eine Leistung von knapp 1 MW auszulegen ➔ 3. Weltweit sind bereits einige kleinere und ähnliche Systeme im Einsatz, die jedoch hauptsächlich Forschungs- und Entwicklungszwecken dienen.

Für die Gleichstromversorgung wurde eine Leerlaufspannung von 400 V gewählt. Einerseits gilt es, die Spannung möglichst hoch zu halten, um die Verluste und die benötigte Kupfermenge zu minimieren. Andererseits müssen die Sicherheit des Personals und die Kompatibilität mit der zu versorgenden Ausrüstung berücksichtigt werden. (Zudem gibt es Anzeichen dafür, dass sich 380 V zum Standard für die DC-Versorgung und -Verteilung entwickeln könnte. Gremien wie die IEC, NEMA und EMerge Alliance[1] befassen sich bereits seit geraumer Zeit eingehend mit diesem Thema.)

Entlang der gesamten DC-Versorgungskette kommt bewährte und industrieerprobte ABB-Technologie zum Einsatz, um eine hohe Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sicherzustellen. Die zentrale Gleichrichtereinheit wurde zwar eigens für dieses Projekt entwickelt, in deren Kern befindet sich aber modernste, modulare Leistungselektronik, wie sie in einer Vielzahl anderer Anwendungen Verwendung findet.

Vom Netz bis zum Server

Die redundante Netzeinspeisung durch das lokale Energieversorgungsunternehmen (EVU) erfolgt auf der 16-kV-Mittelspannungsebene von zwei unabhängigen Unterwerken. Diese Einspeisungen werden zusammen mit der Notstrom-Einspeisung eines Dieselgenerators auf eine gasisolierte Mittelspannungs-Schaltanlage vom Typ ABB ZX0 geführt. Ein ABB-Leitsystem vom Typ Tanomat sorgt automatisch dafür, dass abhängig vom Betriebszustand (Normalbetrieb, Notstrombetrieb, Testbetrieb, Rückspeisung ins Netz) die richtigen Schalter in die richtige Stellung gebracht werden.

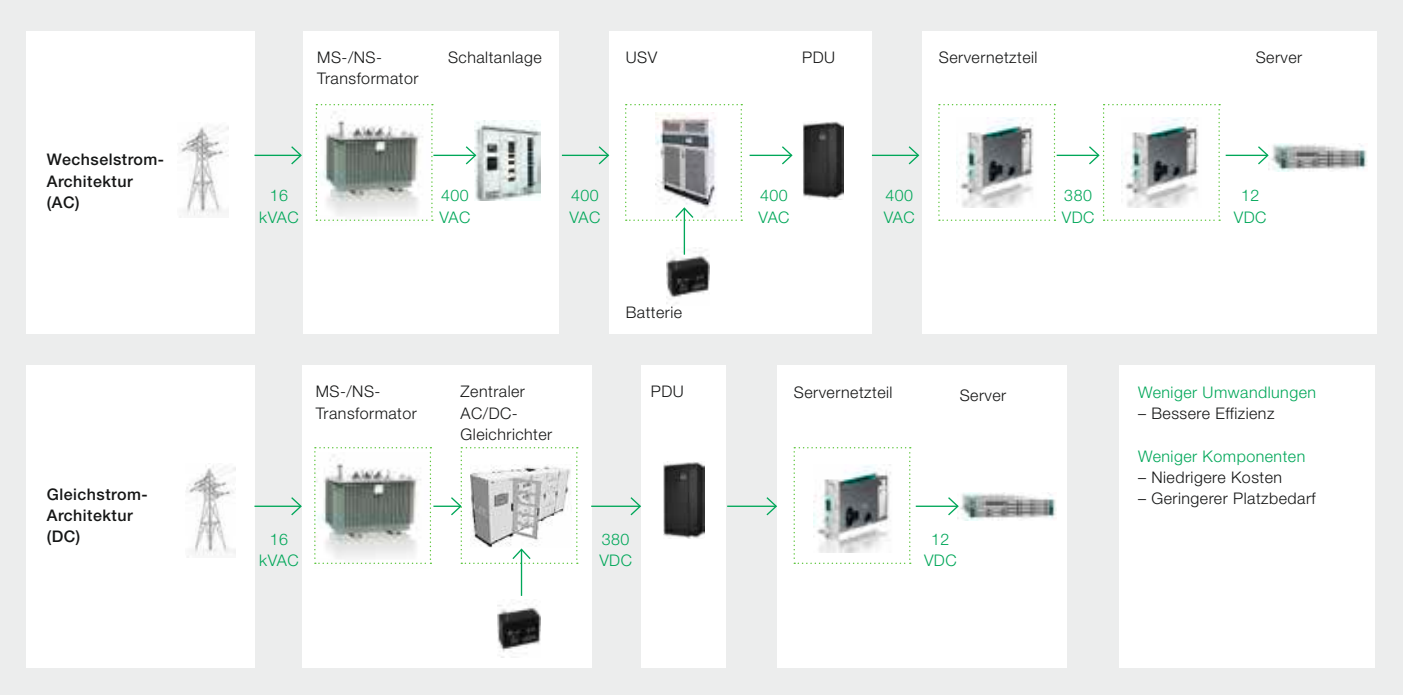
Gleichrichtung

Der Ausgang der Mittelspannungs-Schaltanlage ist direkt mit der zentralen

Fußnote

1 Ein offener Industrieverband, der sich die schnelle Einführung einer sicheren Gleichstromverteilung in kommerziellen Gebäuden durch die Entwicklung von Standards zum Ziel gesetzt hat.

2 Eine DC-Versorgung von Rechenzentren erfordert weniger Komponenten und ist mit geringeren Verlusten verbunden als eine AC-Versorgung.



Gleichrichtereinheit verbunden. Diese besteht aus einem Mittelspannungs-Lasttrennschalter gefolgt von einem hocheffizienten 3-Wicklungs-Trockentransformator von ABB mit einer Scheinleistung von 1.100 kVA, der die Spannung von 16 kV auf Niederspannungsniveau heruntertransformiert. Zwei parallele, thyristorbasierte 6-Puls-Gleichrichtermodule vom Typ ABB DCS800 sorgen anschließend für die eigentliche Gleichrichtung. Dieser Schritt erfolgt jeweils einmal für die Energieversorgung der Server (Hauptversorgung) und für die Ladung der Batterien, die bei voller Leistung eine Autonomiezeit von rund 10 Minuten garantieren.

Die Gleichrichtermodule sind ausgangsseitig in Reihe geschaltet. Dies erlaubt einen Mittelpunktabgriff, der auf Erde gelegt werden kann. Damit ergibt sich ein Dreileiter-System mit den Leitern L+ (+200 V), M und L– (–200 V), wobei die Verbraucher zwischen L+ und L– geschaltet werden.

Die nachfolgende Niederspannungs-Schaltanlage vom Typ ABB MNS® hat zwei Funktionen: Zum einen stellt sie die Schnittstelle zu den Batterien dar, und zum anderen dient sie der Verteilung der Energie an die sogenannten PDUs (Power Distribution Units) vom Typ MNS iS, die sich direkt neben den IT-Räumen befinden und eine Art Unterverteilung bilden.

Die MNS-Schaltanlage ist für eine Betriebsspannung von 400 V DC und einen maximalen Dauerstrom von 3.000 A ausgelegt. Um im Normalbetrieb und bei einem Kurzschluss die Sicherheit des Personals und der Anlage zu gewährleisten, wurde die Schaltanlage von einem unabhängigen Labor rigoros geprüft und zertifiziert. Das Zertifikat attestiert einen maximalen Bemessungsstoßstrom-Festigkeit von 65 kA, wodurch den Gegebenheiten des Projekts Rechnung getragen wird (z. B. Beitrag der Batterien im Kurzschlussfall usw.).

Power Distribution Units

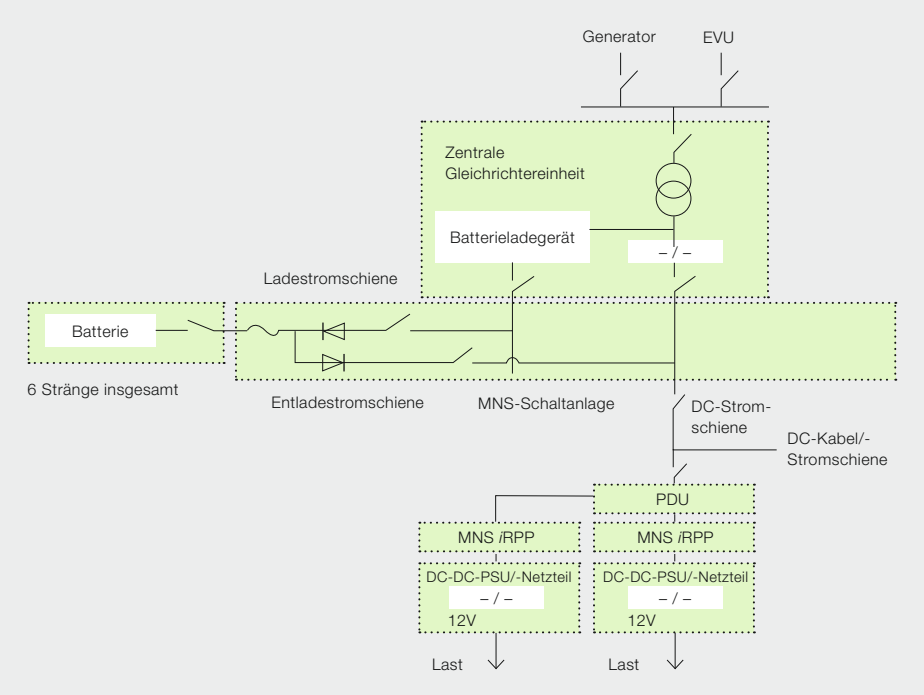
Zwei redundante 400-V-Gleichstrom-PDUs vom Typ MNS iS verteilen die Energie innerhalb der IT-Räume und speisen schließlich die Server. Je nach Kundenanforderungen können zusätzlich die neu am Markt eingeführten ABB MNS iRPP Remote Power Panels eingesetzt werden, um eine feinere Verteilung zu erreichen. Die MNS iS PDUs basieren auf demselben Niederspannungs-Schaltanlagensystem (MNS) wie die oben beschriebene Hauptverteilung und weisen – bis auf den Nennstrom von je 1.000 A – dieselben Leistungsdaten auf.

Jeder Abgang enthält eine hochpräzise Messung auf Basis des Shunt-Messprinzips. Dies ermöglicht nicht nur eine individuelle Energiemessung, sondern auch eine prädiktive Wartung, z. B. durch

Um im Normalbetrieb und bei einem Kurzschluss die Sicherheit von Personal und Ausrüstung zu gewährleisten, wurden rigorose Prüfungen durchgeführt.

Die Diskussionen über die Vorteile einer DC-Versorgung in Rechenzentren werden oft auf die Energieeffizienz reduziert, obwohl Gleichstrom viele weitere Vorteile bietet.

3 Gleichstromversorgung für das greenDatacenter



Messung und Aufzeichnung der Temperatur in jedem Leiter (L+ und L–) in Echtzeit. Stellt das übergeordnete Leitsystem einen anormalen Zustand oder negativen Trend fest, kann proaktiv eingegriffen werden, um einen gefährlichen Zustand oder eine Störung zu verhindern.

Server

Den Abschluss der Energieversorgungskette bildet ein Rack mit verschiedenen Industriestandard-Servern. Ein Aufbau mit einem HP X1800 G2 Netzwerkspeichersystem, vier HP ProLiant DL385 G7 Servern, einem c3000 Blade-System mit drei Blades vom Typ HP BL465c G7 CTO und einem HP 5500-24G DC EI Switch dient zu Demonstrationszwecken, wobei ABB einige Anwendungen darauf betreibt, um die Kapazität zu nutzen.

Es besteht die Ansicht, dass sich mit DC versorgte IT-Hardware von AC-versorgter Hardware unterscheidet, was jedoch nicht der Fall ist. Tatsächlich sind die Server identisch, der einzige Unterschied liegt im Netzteil. Bei Gleichstrom kann es im Innern technisch vereinfacht werden (z. B. Wegfall des Gleichrichters), was sich positiv auf die Energieeffizienz auswirkt (laut Angaben von Power-One liegt die Verbesserung im Vergleich zu einem modernen AC-Netzteil bei 3 % und mehr). Abgesehen vom Anschluss gibt es äußerlich keine sichtbaren Unterschiede (identischer Formfaktor).

Systemvergleich

Vergleicht man die in diesem Projekt umgesetzte DC-Versorgung mit einer herkömmlichen AC-Versorgung (wie sie bei Green ebenfalls zum Einsatz kommt), zeigt sich, dass bei Gleichstrom insgesamt zwei Umwandlungen weniger stattfinden → 2. Zunächst fällt die traditionelle unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) mit Gleichrichter und Wechselrichter weg. Außerdem kann auf die Gleichrichtung am Eingang des Servernetzteils verzichtet werden.

In einem AC-Rechenzentrum in Nordamerika (wo der ANSI-Standard vorherrscht) befindet sich innerhalb der PDU ein zusätzlicher Transformator, um hauptsächlich aus Gründen der Personensicherheit 480/277 V auf das Niveau von 208/120 V herunterzutransformieren. In diesem Fall entfällt bei einer DC-Lösung ebenfalls eine Transformation.

Ergebnisse

Die Energieeffizienz von der Netzeinspeisung bis zum Server (einschließlich Servernetzteil) kann bei Verwendung von Gleichstrom durch die reduzierte Zahl von Umwandlungen und anderen Effekten gegenüber Wechselstrom je nach Last um bis zu 10 % verbessert werden. Zudem wird die erforderlich Kühlung im IT-Raum reduziert, was den Energiebedarf zusätzlich verringert.

4 Vorteile der neuen DC-Lösung (Markteinführung 2015)

- Minimale harmonische Verzerrungen durch eine aktive AC/DC-Eingangsstufe
- Stabiler, geregelter 380-V-DC-Ausgang mit geringer Welligkeit ermöglicht den Einsatz sogenannter Schmalband-Netzteile mit hoher Effizienz
- Hervorragende Gleichrichtereffizienz über einen großen Leistungsbereich
- Deutlich geringere Systemkosten als ein modernes AC-USV-System
- Geringster Platzbedarf und einfacher Zugang
- Vollständig integrierte und modulare Plattform, schrittweise skalierbar
- Mikronetz-fähig (einfache Integration von Batterien und alternativen Energiequellen ohne Regeleinrichtungen zum Parallelschalten/Synchronisieren)
- Anschluss von vorhandenen AC-Komponenten und -Systemen
- Kurzschlussfeste Ausführung
- Bauartgeprüfter Aufbau

Mit zunehmender Bedeutung des Gleichstroms in der Energieerzeugung, -übertragung, -speicherung und -nutzung liegt immer mehr Elektrizität entlang der Versorgungskette mindestens einmal in Form von Gleichstrom vor.

Die Diskussionen über die Vorteile einer Gleichstromversorgung in Rechenzentren werden oft auf die Energieeffizienz reduziert, während die anderen Vorteile von Gleichstrom nur selten erwähnt werden. Im beschriebenen Projekt konnten anhand von Vergleichsmessungen und realen Daten folgende Ergebnisse erzielt werden:

- 10 % verbesserte Energieeffizienz (ohne Berücksichtigung des reduzierten Bedarfs an Kühlleistung im IT-Raum)
- 15 % niedrigere Investitionskosten für die elektrischen Komponenten der Stromversorgung des Rechenzentrums
- 25 % geringerer Platzbedarf für die elektrischen Komponenten der Stromversorgung des Rechenzentrums

Wenn weniger Komponenten eingesetzt werden, erhöht sich zudem die Zuverlässigkeit, und die Wahrscheinlichkeit eines menschlichen Fehlverhaltens wird reduziert.

Die Kosten für Installation, Betrieb und Wartung sinken ebenfalls aufgrund der einfacheren Architektur und der reduzierten Ausstattung. Die Einsparungen bei den Installationskosten liegen um 20 %. Dieser Wert basiert auf den im Projekt gewonnenen Erfahrungen. Zu den Betriebs- und Wartungskosten können momentan noch keine qualifizierten Aussagen getroffen werden.

Eine ausgewogene, auf Fakten basierende Evaluation von DC- und AC-Systemen muss alle Aspekte von den Planungs- und Baukosten bis hin zu den Betriebs- und Wartungskosten berücksichtigen.

Neue Generation

Wie bereits erwähnt, ist dieses Pilotprojekt eine einmalige Lösung, die eigens für den ABB-Kunden Green Datacenter AG in Rekordzeit entwickelt, installiert und in Betrieb genommen wurde.

Zurzeit entwickelt ABB eine neue DC-Lösung für Rechenzenten, die die Stromversorgungsarchitektur weiter revolutionieren wird. Das Standardprodukt wird spätestens 2015 auf den Markt kommen und die in ➔ 4 aufgeführten Vorteile bieten.

Gleichstrom und DC-Mikronetze

Die Gleichstromtechnologie ist nicht das A und O für Rechenzentren. Es gibt Anwendungen, bei denen Wechselstrom besser geeignet ist. Um optimale Ergebnisse erzielen zu können, müssen Rechenzentren ganzheitlich betrachtet und durchgängig geplant werden – von der Netzeinspeisung bis hin zum Server. In kleineren Rechenzentren mögen die Einsparungen zudem nicht hoch genug sein, um ein DC-System zu rechtfertigen. Daher kommt die Gleichstromtechnologie vorzugsweise für neue und große Rechenzentren infrage, während die Vorteile bei Sanierungen und kleinen Erweiterungen von bestehenden AC-Anlagen schwinden.

Weiteren Schwung erhält diese Technologie aber auch bei der Betrachtung des Rechenzentrums als DC-Mikronetz, womit es nicht mehr nur Verbraucher ist (Energie als Kostenfaktor), sondern durch lokale Erzeugung auch zum Erzeuger wird (Energie als Umsatzquelle). In einem solchen Szenario kann die Leistung in beiden Richtungen fließen. Durch den Wegfall zahlreicher Umwandlungen werden die Zusammenschaltung und Kompatibilität aller Systeme vor Ort vereinfacht. Dies können alternative Energiequellen (Photovoltaik, Wind, Brennstoffzellen usw.), Energiespeicher (z. B. Batterien) und Verbraucher im Rechenzentrum sein.

Die Idee des Rechenzentrums als Mikronetz ist keine langfristige Vision – es gibt bereits Initiativen und laufende Projekte in diesem Bereich.

André Schärer
ABB Low Voltage Systems
Lenzburg, Schweiz
andre.schaerer@ch.abb.com

Zuverlässige Reserven

Notstrom-Versorgungssysteme von ABB für Rechenzentren

MANFRED FAHR, RALPH SCHMIDHAUSER, JOHN RABER – Rechenzentren gehören zu den am wenigsten sichtbaren und gleichzeitig wichtigsten Teilen unserer modernen Infrastruktur. Die dort gespeicherten Informationen – Bankdaten, Patientenakten, Unternehmensdaten, Rentenunterlagen, Steuererklärungen, die Schätze sozialer Medien (auf Facebook werden täglich über 300 Millionen neue Fotos hochgeladen) und eine Fülle weiterer Daten – sind, in unterschiedlichem Maße, für das moderne Leben wichtig. Die Gesellschaft ist mittlerweile so abhängig von Rechenzentren, dass eine 100%ige Verfügbarkeit zu einem wesentlichen Aspekt ihres Betriebs geworden ist. Doch trotz aller Vorkehrungen beim Design und Betrieb von Rechenzentren kann es immer wieder zu längeren Ausfällen der externen Stromversorgung kommen. Solche Blackouts führen zu Datenverlust, Nichtverfügbarkeit wichtiger Dienste, Risiken für die Hardware und manchmal auch zu finanziellen Einbußen in Millionenhöhe. Aus diesem Grund spielen zuverlässige Notstromsysteme für die Rechenzentrumsbranche zunehmend eine missionskritische Rolle.

1 Notstromaggregate von ABB bieten eine zuverlässige Reservestromversorgung für Rechenzentren.

Äußere Bedrohungen für das Stromnetz lassen sich nur schwer oder unmöglich kontrollieren. Jedes Jahr verursachen Stürme und Unwetter – wie der jüngste Supersturm Sandy in den USA – erhebliche Stromausfälle, die viele Notstromsysteme über ihre Leistungsgrenzen hinaus belasten. Baubedingte Vorfälle sind eine weitere häufige Ursache für Stromausfälle. Doch auch ohne solche Ereignisse haben Energieversorger häufig mit alternden, zunehmend dezentralisierten und unberechenbaren Stromnetzen zu kämpfen. Für Rechenzentren sind äußerst zuverlässige Notstrom-Versorgungssysteme daher unverzichtbar.

Qualität ist oberstes Gebot

Die meisten Rechenzentren nutzen unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USVs) in Kombination mit Notstrom-Dieselgeneratoren (Notstromaggregaten) zum Schutz gegen Unterbrechungen oder den vollständigen Ausfall der Stromversorgung. Das Design und die Installation von Notstromaggregaten und deren Steuerungssystemen sind jedoch häufig zu stark vereinfacht und mangelhaft ausgeführt. Dies führt zu internen und „hausgemachten“ Bedrohungen, die unterschätzt oder gar völlig übersehen werden. Nicht standardisierte Steuerungssysteme und unpassende oder minderwertige Systemkomponenten können zu kritischen Ausfallpunkten (Single Points of Failure) führen, wodurch sich das Ausfallrisiko ausgerechnet dann erhöht, wenn eine zuverlässige Stromversorgung am meisten gebraucht wird. Auch mangelhafte Installationspraktiken können teuer werden. So wurde kürzlich ein globaler internetbasierter Anbieter zu einer Strafe von über einer halben Million US-Dollar verurteilt, weil er im US-Bundesstaat Virginia Dieselgeneratoren installiert und wiederholt betrieben hatte, ohne die erforderlichen Umweltgenehmigungen eingeholt zu haben [1]. Unsachgemäß installierte Notstromaggregate werden generell zu einem Problem.

Kurz gesagt hängen die Leistungsfähigkeit, Funktionalität und Zuverlässigkeit jedes Notstromsystems stark von den Fähigkeiten des Steuerungssystems, der Qualität aller Systemkomponenten und der Professionalität der Installation ab. Darüber hinaus müssen bei der Entwicklung erstklassiger Notstromkonzepte alle Anforderungen und Vorzüge berücksichtigt werden, nicht nur die technischen Merkmale ➔ 1.

Skalierbarkeit

Bei der Auslegung moderner Reservestromsysteme ist Skalierbarkeit ein absolutes Muss. Die Steuerungs- und Versorgungssysteme müssen nahtlos mit einem steigenden Energiebedarf mitwachsen und an veränderte Bedürfnisse und Prioritäten der Kunden angepasst werden können. Dies muss jedoch ohne Beeinträchtigung der Qualität oder Zuverlässigkeit und ohne Systemabschaltungen möglich sein.

Oftmals sehen die Geschäftsmodelle von Rechenzentren im Laufe der Zeit eine schrittweise Erweiterung vor. Ein modernes Notstromsystem muss so ausgelegt sein, dass es vom Erstbetrieb bis zur letzten Ausbaustufe die volle Funktionalität bietet. Dies erfordert eine sorgfältige Planung des Versorgungskonzepts, der Kommunikationsstruktur, der Steuerungssysteme und der Gebäudeinfrastruktur. Standardisierte Komponenten, die aufwärts und abwärts kompatibel sind und eine langfristige Verfügbarkeit bieten, ermöglichen Änderungen und Erweiterungen über viele Jahre hinweg, ohne dass ganze Systeme ausgetauscht werden müssen.

Das Herzstück des ABB-Notstromkonzepts bildet die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS).

Titelbild
Rechenzentren, die eine 100%ige Verfügbarkeit anstreben, benötigen für den Fall, dass die externe Stromversorgung für längere Zeit ausfällt, ein äußerst zuverlässiges Notstromsystem. Welche Eigenschaften muss ein solches System besitzen?

2 Die ABB-Steuerschränke bilden das Herzstück des Notstromversorgungskonzepts.

Die Leistungsfähigkeit, Funktionalität und Zuverlässigkeit jedes Notstromsystems hängen stark von den Fähigkeiten des Steuerungssystems, der Qualität aller Systemkomponenten und der Professionalität der Installation ab.

ABB-Systemkonzepte sind darauf ausgelegt, schrittweise Erweiterungen oder Änderungen ohne Systemabschaltungen zu unterstützen. Außerdem ermöglichen sie das unabhängige Testen neuer Erweiterungsstufen, ohne den laufenden Rechenzentrumsbetrieb zu gefährden.

Kritikalität

Konzepte und Philosophien zur Kritikalität der Stromversorgung unterscheiden sich von Branche zu Branche erheblich, und in vielen Fällen haben Kunden ganz individuelle Vorstellungen. Darüber hinaus können Verbraucher nicht mehr einfach danach eingeteilt werden, ob sie nur durch eine USV unterstützt werden, ein Notstromsystem benötigen oder nur vom Stromnetz gespeist werden. Stattdessen muss unterschieden werden, ob die Verbraucher mittelfristige, kurze oder überhaupt keine Unterbrechungen der Versorgung tolerieren. Dies hat Auswirkungen auf das Konzept des Notstromsystems sowie die Auswahl und Dimensionierung der Systemkomponenten. Die Zuverlässigkeit kann weiter erhöht werden, indem die Zahl der weniger kritischen Verbraucher reduziert und nur die wichtigsten Server versorgt werden.

Steuerung der Notstromversorgung

Das Angebot von ABB im Bereich der Notstromversorgung umfasst neue Anlagen sowie die Modernisierung kompletter Steuerungssysteme für Notstromversorgungsgruppen und Hauptverteilungssysteme. Das Herzstück des ABB-Notstromkonzepts bildet die speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) → 2–4. Die SPS hat die Aufgabe, die Dieselmotoren und Generatoren der einzelnen Notstromversorgungsgruppen zu steuern und mit anderen Steuerungssystemen, einzelnen Verbrauchern, USVs, Schaltanlagen und Prozessleitsystemen zu kommunizieren. Die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit eines Stromversorgungssystems hängen in hohem Maße von der Qualität und den Fähigkeiten des Steuerungssystems und seinen Komponenten ab bzw. werden dadurch begrenzt.

Die SPS ist ein wichtiger Bestandteil jedes kritischen Stromversorgungskonzepts und stellt einen einzelnen Ausfallpunkt dar, dessen Versagen katastrophale Folgen haben kann. Um dieses Risiko zu mindern, basieren die Steuerungssysteme von ABB auf standardisierten Komponenten und sind mit allen anderen relevanten ABB-Produkten kompatibel. So können jederzeit ohne Unterbrechung konzeptionelle Änderungen, Funktionalitätsupgrades und Kapazitätserweiterungen vorgenommen werden, ohne die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit des Systems zu beeinträchtigen.

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

ABB entwickelt und liefert nicht nur vollständig integrierte Produkte für die Not- und Reservestromversorgung, sondern auch komplette schlüsselfertige Systeme. Die Tatsache, dass Planung, Engineering und Installation des gesamten Systems einschließlich der Hilfseinrichtungen in einer Hand liegen, ermöglicht eine nahtlose Integration, erleichtert zukünftige Erweiterungen und vereinfacht den Service und die Instandhaltung, während die verringerte Zahl an Schnittstellen für eine hohe Zuverlässigkeit

3 Steuerschränke können bei einem Ausbau des Rechenzentrums einfach erweitert werden.

Für Rechenzentren sind äußerst zuverlässige Notstrom-Versorgungssysteme unverzichtbar.

sorgt. Durch die Bündelung von elektrischen Systemkomponenten wie Nieder- und Mittelspannungs-Schaltanlagen, Transformatoren und Steuerungssystemen mit Hilfssystemen wie Kraftstoffsysteme, Auspuffanlagen, Belüftung und Kühlung in einem einzigen Auftrag braucht sich der Kunden keine Gedanken um Lieferung, Integration, Inbetriebnahme, Wartung und Service zu machen.

Hochwertige standardisierte Produkte verkürzen außerdem die Servicezeiten bei der Wartung oder bei Störungen. Die Komponenten können schnell und einfach ersetzt werden, der Service wird vereinfacht, und einige Module können sogar bei laufendem Betrieb getauscht werden.

Fortschrittliche Technik

ABB kann bei der Entwicklung von Notstromkonzepten auf eine breite Palette von Technologien zurückgreifen. Ein äußerst leistungsfähiges und skalierbares Steuerungssystem ermöglicht den Einsatz von Technologien wie rotierenden Diesel-USV-Anlagen oder sogar die Integration von Druckluft-Energiespeicherlösungen.

Die modernsten Stromversorgungstechnologien für Rechenzentren basieren auf Gleichstrom (DC). Einer der führenden Dienstleister für Informations- und Kommunikationstechnik (IKR) in der Schweiz, green.ch, hat ABB mit der Entwicklung und Installation eines fortschrittlichen DC-Stromverteilungssystems für ein neues, modernes Rechenzentrum beauftragt (siehe auch Seite 16–21 in diesem Heft). Gleichstromtechnik reduziert die Umwandlungsverluste und ist bei der Stromverteilung in Rechenzentren um 10 bis 20 % energieeffizienter als herkömmliche Wechselstromtechnik (AC). DC-Systeme sind zudem weniger komplex und benötigen weniger Platz, was die Ausrüstungs-, Installations-, Immobilien- und Wartungskosten senkt und Einsparungen bei den Gesamtanlagenkosten von bis zu 30 % ermöglicht. Im Rechenzentrum von green.ch kommen Notstromaggregate von ABB zum Einsatz → 5.

Die fortschrittliche SPS AC500 im Herzen des Leitsystems vom Typ ABB Master dient als Schnittstelle zum Infrastruktur-Management-System für Rechenzentren (DCIM) Decathlon von ABB. Integrierte Kommunikationsringe auf Lichtwellenleiterbasis ermöglichen eine kontinuierliche Kommunikation des Controllers für

Hochwertige standardisierte Produkte verkürzen die Servicezeiten bei der Wartung oder bei Störungen. Die Komponenten können schnell und einfach ersetzt werden, der Service wird vereinfacht, und einige Module können sogar bei laufendem Betrieb getauscht werden.

die Notstromversorgung mit den vor- und nachgelagerten Systemen und Komponenten. Der Kunde kann die Notstromsysteme lokal überwachen, analysieren und steuern und bei Bedarf die Versorgungssicherheit und den Betrieb aus der Ferne optimieren.

Dienste zur Fernüberwachung und -benachrichtigung wurden entwickelt, um kritische Informationen auf tragbare Geräte wie Mobiltelefone weiterzuleiten. Dies ermöglicht eine sofortige Reaktion auf Bedrohungen und erleichtert die Planung präventiver Maßnahmen, um eine 100%ige Verfügbarkeit zu gewährleisten. Darüber hinaus kann der Stromversorger per Fernzugriff auf das System zugreifen und in Spitzenlastzeiten zusätzlichen Strom hinzukaufen.

Hochwertige Dieselmotoren

ABB nutzt ausschließlich hochwertige Dieselmotoren von angesehenen OEM-Herstellern (Original Equipment Manufacturer), um die strengsten Umweltauflagen erfüllen oder gar übertreffen zu können. Durch geeignete Auspuffanlagen können die Emissionen und Geräuschpegel der Motoren weiter reduziert werden.

Die Notstromaggregate von ABB entsprechen den im International Building Code (IBC) festgelegten Vorschriften zur strukturellen Integrität. Der IBC ist eine umfassende Sammlung von baulichen Anforderungen, die dabei helfen, Verletzungen und Schäden bei Erdbeben und ähnlichen Ereignissen zu verhindern. Der IBC und andere Bauvorschriften verlangen, dass missionskritische Systeme bei einer Katastrophe den gleichen Kräften standhalten wie die Gebäude, in denen sie sich befinden. Um die Standards zur Erdbebenfestigkeit gemäß IBC zu erfüllen, muss eine solche Anlage durch seismische Analysen und dreiachsige Rütteltischprüfungen geprüft und zertifiziert werden.

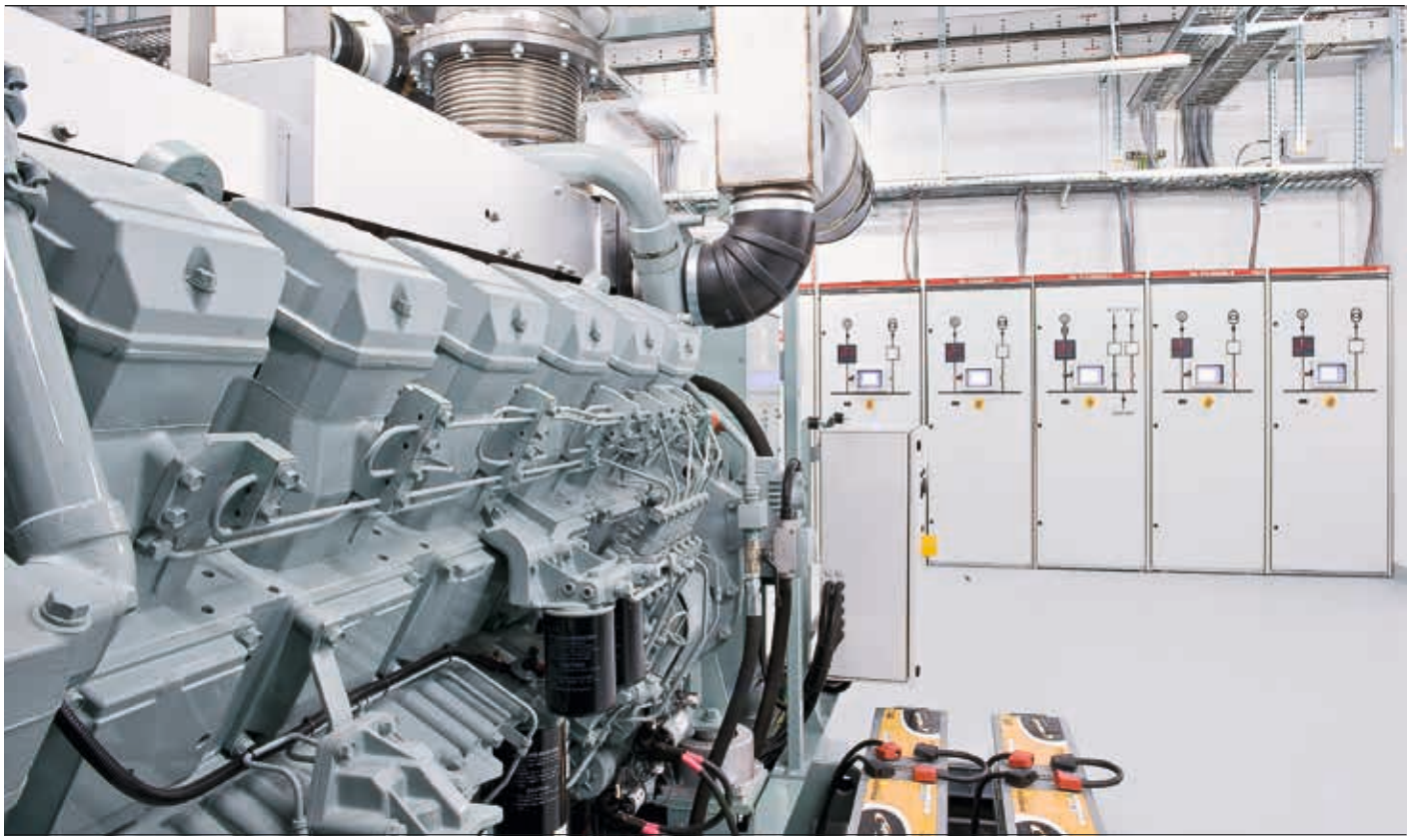
4 Das Innere eines Steuerschranks

Der IBC ist in Nordamerika weit verbreitet, und ABB hat bereits viele der darin enthaltenen Standards in ihren Produkten ungesetzt.

Alle stationären industriellen gas- (IGLC) und dieselbetriebenen (IDLC) Stromaggregate mit Flüssigkeitskühlung von ABB erfüllen die IBC-Anforderungen zur Windlastbeständigkeit. Diese variieren je nach Expositionskategorie und Belegung. So verlangt ein lebenswichtiges Gebäude wie ein Krankenhaus einen höheren Sicherheitsfaktor als eine Fertigungsanlage oder ein Einkaufszentrum. Zur Bestimmung der Windwiderstandsfähigkeit der Aggregate in verschiedenen Situationen wurde eine mathematische Modellierung verschiedener Szenarien und der damit verbundenen Belastungen durchgeführt.

Die Generatoren von ABB entsprechen außerdem dem Sicherheitsstandard UL 2200 des Underwriters Laboratory (UL). UL 2200 ist die am weitesten verbreitete Sicherheitszertifizierung in den USA. Wird das Aggregat mit 600 V oder weniger betrieben und ist es für die Installation und Verwendung an normalen Standorten ge-

5 Stromaggregate und Hauptsteuerschränke (im Hintergrund), wie sie an green.ch geliefert wurden



Bei der Auslegung moderner Reservestromsysteme ist Skalierbarkeit ein absolutes Muss.

mäß dem National Electric Code NFPA-70 vorgesehen, kann es nach UL 2200 ausgeführt werden. Das bedeutet, dass die Einheit rigorosen Prüfungen unterzogen wurde, um sicherzustellen, dass sie eine längere Betriebszeit (Uptime) aufweist, höhere Sicherheitsstandards erfüllt und eine geringere Ausfallwahrscheinlichkeit besitzt als eine entsprechende nicht zertifizierte Einheit.

Geschäftsmodelle

Da Notstromsysteme für Rechenzentren bedeutende Investitionen darstellen, kann eine flexible Bereitstellung und Finanzierung fast ebenso wichtig sein wie die technischen Spezifikationen. Leasing- und Full-Service-Modelle ermöglichen z. B. eine genaue Planung der Betriebsausgaben und die Vermeidung unerwarteter Kosten, während gleichzeitig ein Höchstmaß an Zuverlässigkeit gewährleistet ist. Andere Finanzierungsmodelle beinhalten Upgrades, Erweiterungen und neue Technologieplattformen. Mietmodelle vermeiden hohe Investitionsausgaben, unterstützen eine schnelle Projektausführung, bieten Flexibilität für zukünftiges Wachstum und ermöglichen eine klare und einfache Kontrolle der Finanzen.

Die technischen und finanziellen Konzepte lassen auch Übergangslösungen zu. So kann zusätzlicher Bedarf einfach durch die Bereitstellung temporärer Versorgungseinheiten gedeckt werden, während Versorgungslücken bei Erweiterungsarbeiten bequem durch containerisierte Systeme überbrückt werden können, ohne dass riskante und kostspielige Abschaltungen oder Beeinträchtigungen der Verfügbarkeit in Kauf genommen werden müssen.

Mit steigender Anzahl und Größe von Rechenzentren werden auch immer fortschrittlichere und leistungsfähigere Notstromsysteme erforderlich. ABB wird diese Technologie weiterentwickeln, um sicherzustellen, dass Rechenzentren auch künftig die an sie gestellten Anforderungen erfüllen und ihren Kunden eine 100 %ige Verfügbarkeit bieten können.

Manfred Fahr
Ralph Schmidhauser
ABB Low Voltage Products
Lenzburg, Schweiz
manfred.fahr@ch.abb.com
ralph.schmidhauser@ch.abb.com

John Raber
Baldor Electric Company,
ein Unternehmen des ABB-Konzerns
Oshkosh, WI, USA
john.raber@baldor.abb.com

Literaturhinweis

[1] New York Times (2012): „Power, Pollution and the Internet“. http://www.nytimes.com/2012/09/23/technology/data-centers-waste-vast-amountsof-energy-belying-industry-image.html?pagewanted=all&_r=0 (abgerufen am 1. August 2013)

Leistungs-garantie

Unterbrechungsfreie Stromversorgung für Rechenzentren

JUHA LANTTA – Die Artikel in dieser Ausgabe der *ABB Review* zeigen, wie abhängig die moderne Gesellschaft von Rechenzentren ist. Um Ausfallzeiten im Rechenzentrumsbetrieb zu vermeiden, muss eine durchgängige Versorgung mit sauberem, d. h. störungsfreiem, Strom gewährleistet sein. Die entscheidende Komponente hierbei ist die unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV). Aufgrund ihrer zentralen Bedeutung ist Zuverlässigkeit einer der Eckpfeiler der USV-Designphilosophie von ABB. Und da Rechenzentren bedeutende Stromverbraucher sind, bringt die hohe Energieeffizienz der USV-Systeme von ABB eine willkommene Senkung der Stromkosten für die Betreiber mit sich. Auch wenn sich die Leistungsschutzanforderungen einzelner Rechenzentren unterscheiden, lässt sich bei entsprechender Optimierung der Lösung für jeden Fall die geeignete Kombination aus erforderlicher Zuverlässigkeit und angemessenen Betriebskosten (Investitionskosten und Unterhaltskosten) erreichen, ohne dass dafür notwendigerweise Kompromisse in Kauf genommen werden müssen.

Titelbild
Störungen in der Stromversorgung von Rechenzentren können jederzeit auftreten und die Integrität des durchgängigen Rechenzentrumsbetriebs gefährden. Das Problem lässt sich durch die Wahl der richtigen USV vermeiden. Das Bild zeigt eine USV vom Typ ABB Conceptpower DPA 500.

Netzstörungen treten in vielen Formen auf. Neben kompletten Stromausfällen und Blackouts kann die Spannung vorübergehend absinken oder ansteigen. Dies kann kurzzeitig oder über längere Zeiträume geschehen (sog. Brownouts oder Überspannungen). Außerdem kann es zu elektrischem Rauchen, zu Schwankungen der Netzfrequenz oder zu Oberwellen in der Spannung kommen.

Beseitigung durch eine USV

Eine USV sorgt für eine Konditionierung des ankommenden Stroms und beseitigt Spitzen, Schwankungen, Rauschen und Oberwellen → 1. Bei einem vollständigen Stromausfall liefern Batterien oder andere Energiespeichersysteme den notwendigen Strom. Dauert der Ausfall länger an, wird ein Reservegenerator zugeschaltet. So ist sichergestellt, dass das Rechenzentrum rund um die Uhr verfügbar ist und keine Daten beschädigt werden oder verloren gehen.

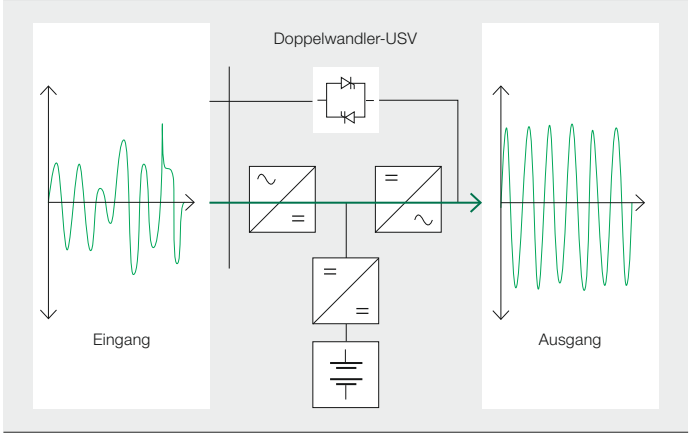
> Eine USV sorgt für eine Konditionierung des ankommenden Stroms und beseitigt Spitzen, Schwankungen, Rauschen und Oberwellen.

Anwendungen in Rechenzentren

In einem Rechenzentrum besteht die Hauptaufgabe der USV darin, die Server zu schützen. Dabei kann die USV zentral oder neben jeder Serverreihe platziert werden (End of Row). Ein zentrales Leistungsschutzkonzept ist in den meisten Fällen für große Rechenzentren geeignet, während letzteres normalerweise in kleineren Rechenzentren zu finden ist.

Doch Server sind nicht die einzigen Elemente in einem Rechenzentrum, die durch eine USV geschützt werden müssen. Auch die für die Kühlung und Sicherheit verantwortlichen Hilfseinrichtungen und -systeme (häufig auch als „mechanische Last“ bezeichnet) sind für den reibungslosen Betrieb des Rechenzentrums entscheidend. Auch für diese bietet ABB zuverlässige Lösungen zur Reservestromversorgung.

1 Netzstörungen



2 Eigenschaften der vier Tier-Stufen der Stromversorgungsinfrastruktur

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Anzahl der Versorgungswege	Nur 1	Nur 1	1 aktiver 1 passiver	2 aktive
Redundanz	N	N+1	N+1	S+S oder 2 (N+1)
Wartung im Betrieb	Nein	Nein	Ja	Ja
Fehlertoleranz	Keine	Keine	Keine	Ja
Standortverfügbarkeit (%)	99,670	99,750	99,980	99,990

In einer „System-plus-System“-Konfiguration mit zwei getrennten USV-Systemen, jeweils mit einer Redundanz von N+1, sind Arbeiten an der Infrastruktur ohne Störung der kritischen Last möglich.

Aufbau und Klassifizierung von Rechenzentren

Der genaue Aufbau eines Rechenzentrums hängt von seiner Größe, Leistungsdichte und Kritikalität ab. Die Stromversorgung ist Teil der Anlageninfrastruktur, und die Tier-Klassifizierung (I-IV) des Uptime Institute liefert Richtlinien und Hilfestellung für ein besseres Verständnis der Leistungsschutzanforderungen von Rechenzentren ➔ 2:

- Tier I: einfachste Infrastruktur (nicht redundant)
- Tier II: Infrastruktur mit redundanten Komponenten
- Tier III: im laufenden Betrieb wartbare Infrastruktur
- Tier IV: fehlertolerante Infrastruktur

Verfügbarkeit der Stromversorgung

Die Ausrüstung von IT-Lasten mit zwei Stromanschlüssen (Dual-Cord) ermöglichte die Entwicklung des dualen Stromschienenkonzepts, das in Tier-IV-Anwendungen zum Einsatz kommt. Die fehlertolerante Tier-IV-Stromversorgungsinfrastruktur ist in kritischen Rechenzentren heute weit verbreitet, auch wenn das Rechenzentrum selbst nicht Tier-IV-zertifiziert ist. Der Grund hierfür liegt in der relativen Bedeutung des Leistungsschutzes gegenüber den Kosten. Das Design ist in der Lage, einem katastrophalen Ausfall auf beiden Seiten der Versorgung standzuhalten. Außerdem ermöglicht es die Wartung im laufenden Betrieb, und es können sogar Arbeiten an der Infrastruktur vorgenommen werden, ohne dass die kritische Last gestört wird. Erreicht wird dies durch eine sogenannte „System-plus-System“-Konfiguration mit zwei getrennten USV-Systemen mit einer Redundanz von N+1, d. h. mit einer USV-Einheit mehr als zur Deckung des erwarteten Höchstbedarfs erforderlich ist ➔ 3.

Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

USVs spielen eine wichtige Rolle bei der Sicherung der Zuverlässigkeit der IT und somit der Datenverfügbarkeit. Umso wichtiger ist die Zuverlässigkeit der USV selbst. Jedes Mal, wenn eine USV ausfällt und nicht zur Verfügung steht, sind missionskritische elektrische Verbraucher gefährdet. Der sicherste Weg, die Verfügbarkeit der Stromversorgung zu erhöhen, besteht darin, die Redundanz des USV-Systems zu optimieren und seine Wartungs- und Reparaturzeit zu verkürzen.

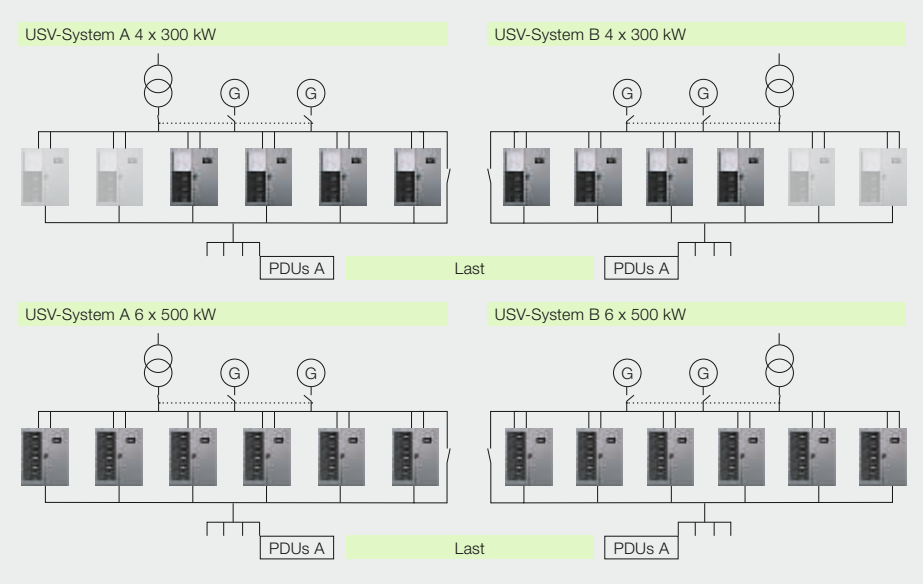
Die Verfügbarkeit – ein Maß dafür, wie gut ein System ist – wird formell definiert als

$$MTBF / (MTBF + MTTR) \times 100\,\%,$$

wobei MTBF der mittleren Betriebsdauer zwischen Ausfällen (Mean Time Between Failures) und MTTR der mittleren Reparaturzeit (Mean Time To Repair) in Stunden entspricht. Dies sind gängige Parameter in der USV-Branche, die sich beide auf die Systemverfügbarkeit auswirken. Modulare USV-Konzepte minimieren die MTTR eines Systems.

Das USV-System Conceptpower DPA 500 von ABB gewährleistet die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit durch eine sogenannte dezentrale Parallelarchitektur (DPA) ➔ 4. Das bedeutet, dass jedes USV-Modul die komplette, für den Gesamtbetrieb des Systems erforderliche Hard- und Software beinhaltet. Die Module nutzen keine gemeinsamen Komponenten – jedes USV-Modul verfügt über einen eigenen unabhängigen statischen Bypass, Gleichrichter, Wechselrichter, eine eigene logische Steuerung, Bedienkonsole, ein Batterieladegerät und eigene Batterien.

3 Tier-IV-Stromversorgungsystem mit 6 + 6 USV-Einheiten



4 Die Conceptpower DPA 500 USV von ABB ist bis 3 MW skalierbar.

Da alle kritischen Komponenten doppelt vorhanden und zwischen den einzelnen Einheiten aufgeteilt sind, können mögliche einzelne Ausfallpunkte (Single Points of Failure) ausgeschlossen werden. In dem unwahrscheinlichen Fall, dass ein USV-Modul ausfällt, arbeitet das Gesamtsystem normal weiter, nur mit der Kapazität eines Moduls weniger. Das ausgefallene Modul wird vollständig getrennt und hat keine Auswirkung auf die im Betrieb befindlichen Module.

Die Module des ABB Conceptpower DPA-Systems können ohne Risiko für die kritische Last und ohne Abschalten oder Umschalten auf reine Netzversorgung entfernt und eingesetzt werden ➔ 5. Dieses einzigartige Merkmal unterstützt die Anforderungen an eine durchgängige Verfügbarkeit, verkürzt die mittlere Reparaturzeit (MTTR), reduziert die Notwendigkeit zur Bevorratung spezieller Ersatzteile und vereinfacht Systemaktualisierungen.

Diese Online-Swap-Technologie und erhebliche Reduzierungen der Reparaturzeit können Rechenzentren dabei helfen, eine Verfügbarkeit von „sechs Neunen“ (99,9999 %) zu erreichen – ein äußerst wünschenswertes Ziel auf dem Weg zur vollständigen Vermeidung von Ausfallzeiten („Zero Downtime“).

USV-Topologien

Nach ihrem Betriebsverhalten lassen sich USVs allgemein in drei Kategorien einteilen: Standby-, netzinteraktive und Doppelwandler-USV.

Standby-Systeme (auch Offline-USVs genannt) haben für gewöhnlich eine geringere Leistung (bis zu 5 kVA) und versorgen die kritische Last ohne aktive Spannungswandlung direkt vom Netz ➔ 6. Fällt der Bypass aus, wird die Last auf den Wechselrichter umgeschaltet. Bei einem Ausfall des Netzes sorgt eine vom Netz geladene Batterie für eine stabile Stromversorgung.

USVs spielen eine wichtige Rolle bei der Sicherung der IT-Zuverlässigkeit und somit der Datenverfügbarkeit. Umso wichtiger ist die Zuverlässigkeit der USV selbst.

Wie bei Standby-Modellen wird auch bei netzinteraktiven USVs die kritische Last direkt von Netz gespeist und bei Ausfall des Bypasses auf den Wechselrichter umgeschaltet ➔ 7. Die Batterie, das Lagegerät und die Wechselrichtereinheiten werden auf die gleiche Weise genutzt wie beim Offline-System, doch aufgrund der zusätzlichen Regelschaltungen in der Bypassleitung werden kleine Unter- und Überspannungen, die auftreten können, häufig mithilfe eines Transformators mit umschaltbaren Wicklungen ausgeregelt. Damit wird die Last weniger häufig auf den batteriegespeisten Wechselrichter umgeschaltet. Die Netzspannung wird aktiv überwacht, und sobald die Eingangsspannung oder -frequenz den zulässigen Bereich verlässt, sichern ein Wechselrichter und eine Batterie die Stromversorgung der Last.

Netzinteraktive USV-Topologien werden normalerweise für niedrige Nennleistungen (bis zu 10 kVA) verwendet, wo sie häufig mit Standby-USVs konkurrieren. Sie sind zwar teurer, aber in der Lage, die Last gegen lang andauernde Brownouts zu schützen.

Es gibt größere Systeme auf dem Markt, bei denen ein aktiver automatischer Spannungsregler (AVR) den Stufentransformator ersetzt. Diese netzinteraktiven USV-Systeme sind in der Lage, mehrere Hundert kVA bereitzustellen.

Die am weitesten verbreitete USV-Topologie, sowohl im Hinblick auf die Nennleistung (500 W bis 5 MW) als auch auf die Anwendung, ist die Doppelwandler- oder Online-Topologie. Wie der Name schon sagt, wird der eingehende Wech-

selstrom (AC) kontinuierlich durch einen Gleichrichter in Gleichstrom (DC) und anschließend durch einen Wechselrichter wieder in Wechselstrom umgewandelt. Auf diese Weise kann unter allen Versorgungsbedingungen (Netz oder Generator) eine perfekt saubere Wellenform erzeugt werden.

Dieses USV-Design bietet das höchste Maß an kritischer Versorgungsintegrität. Die Last wird zu jeder Zeit mit aufbereitetem Strom versorgt.

Die Doppelwandler-Technologie wird für kritische Anwendungen wie Rechenzentren eingesetzt. Da sie zur Lastverteilung in parallelen Konfigurationen betrieben werden kann, bietet sie das für solche Anwendungen gewünschte Maß an Redundanz.

5 Module der DPA 500 können ohne Abschalten des Systems ausgetauscht werden.

Klassifizierung von USVs

Zur Normung der Eigenschaften von USVs hat die IEC (in der IEC 62040-3) ein dreistufiges Schema zur Klassifizierung von USVs nach dem Verhalten der Ausgangsspannung eingeführt:

- Stufe 1: Abhängigkeit des USV-Ausgangs von der Stromversorgung am Eingang
- Stufe 2: Spannungswellenform am USV-Ausgang
- Stufe 3: dynamische Toleranzkurven des USV-Ausgangs

Die Eigenschaften entsprechend der drei Stufen werden in einer Kennung nach dem Muster AAA-BB-CCC zusammengefasst. Die USVs von ABB entsprechen in allen Stufen der höchsten Klasse und sind somit als „VFI-SS-111“ zertifiziert. Dies bedeutet:

- VFI (Voltage and Frequency Independent): Die Ausgangsspannung ist unabhängig von sämtlichen Schwankungen der Netzspannung und -frequenz und wird innerhalb der Grenzen der IEC 61000-2-4 geregelt. Normalerweise erfüllen nur Doppelwandler-USVs die VFI-Kriterien, während z. B. Standby-USVs der untersten Klasse angehören (VFD – Voltage and Frequency Dependent).
- SS: Der Gesamtverzerrungsfaktor der Ausgangsspannung liegt bei allen linearen Lasten und nicht linearen Referenzlasten unter 0,08 (IEC 61000-2-2).
- 111: Bezieht sich auf drei Toleranzkurven, die die Grenzen der Ausgangsspannung in Abhängigkeit von der Dauer in dynamischen Situationen beschreiben. Die erste Ziffer beschreibt das Verhalten bei Änderungen der Betriebsart (z. B. Normalbetrieb – Energiespeicherbetrieb – Bypassbetrieb). Die zweite Ziffer beschreibt das Verhalten bei Lastsprüngen mit linearer Last und die dritte bei Lastsprüngen mit nicht linearer Last. Nur wenn dieser Teil der Kennung „111“ ist, kann der Nutzer sicher sein, dass kritische Lasten optimal geschützt sind. Dieser Code kennzeichnet die Qualität der Ausgangsspannung unter allen Betriebsbedingungen.

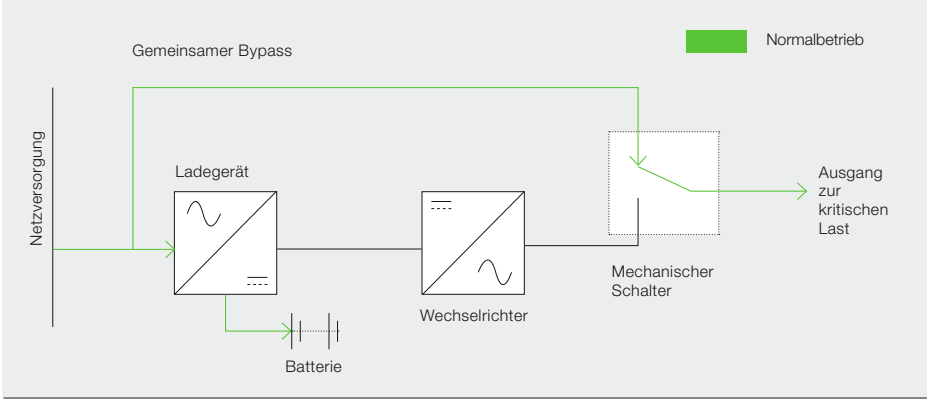
Jedes USV-Modul beinhaltet die komplette, für den Gesamtbetrieb des Systems erforderliche Hard- und Software. So ist bei einem Ausfall die volle Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit gewährleistet.

Energiespeichersysteme

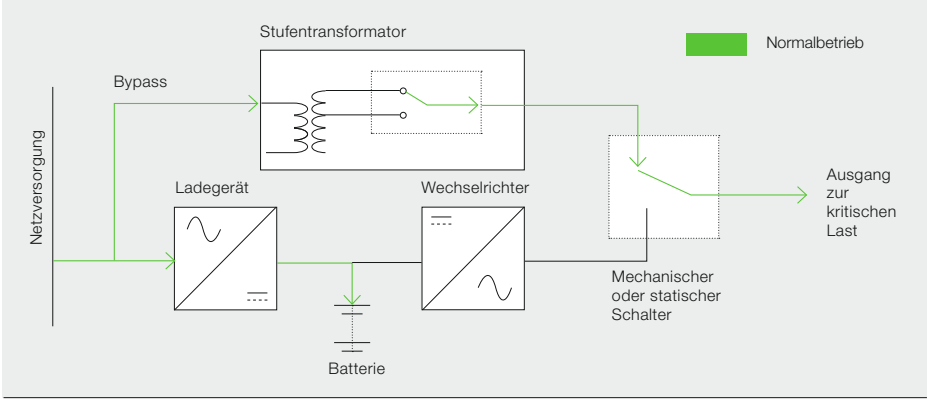
Nahezu alle USV-Hersteller (rund 99 %) verwenden Batterien, um die Energie zu speichern, die dann zum Einsatz kommt, wenn die Netzversorgung ausfällt oder außerhalb der Toleranzen liegt. Eine Alternative zu Batterien sind Schwungräder, die Energie in Form von kinetischer Energie speichern. Sie sind unempfindlich gegen zyklische Belastung, erfordern wenig Kühlung und können in einem breiten Temperaturbereich arbeiten. Allerdings sind die Anschaffungskosten für ein Schwungradsystem deutlich höher als für ein batteriebasiertes System. Außerdem kann die Last nur für Sekunden und nicht wie bei einem Batteriesystem für einige Minuten unterstützt werden.

Wasserstoff-Brennstoffzellen nutzen die Tatsache, dass bei der chemischen Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser elektrische Energie erzeugt wird. Allerdings sind Brennstoffzellen erheblich teurer als Batterien. Außerdem ist Wasserstoff ein explosives Gas, sodass bei der Lagerung besondere Vorsicht geboten ist. Doch obwohl die Brennstoffzellenlösungen noch in den Kinderschuhen stecken, sind sie als Leistungsreserve für USV-Systeme durchaus vielversprechend.

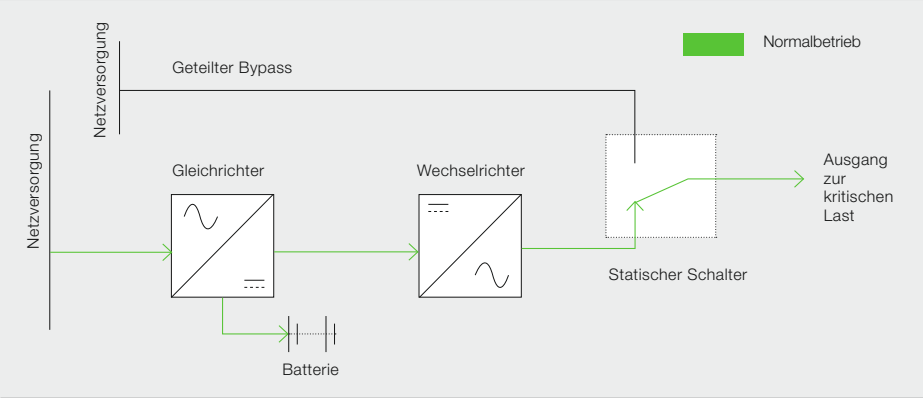
6 Standby-USV



7 Netzinteraktive USV



8 Doppelwandler-USV



Geringe Gesamtbetriebskosten

USV-Systeme von ABB zeichnen sich durch äußerst niedrige Gesamtbetriebskosten aus. Dies ist zum Teil auf die oben beschriebene Skalierbarkeit und Modularität, aber auch auf ihre erstklassige Energieeffizienz zurückzuführen. So erreicht die Conceptpower DPA 500 einen Wirkungsgrad von bis zu 96 %. Ihre Effizienzkurve ist sehr flach, d. h. es sind bedeutende Einsparungen unter allen Betriebsbedingungen möglich. Damit weist das Produkt unter allen vergleichbaren USV-Systemen die niedrigsten Betriebskosten auf.

Der PUE-Wert (Power Usage Effectiveness) ist ein in der Rechenzentrumsbranche gängiges Maß für die Effizienz der Energienutzung. Der PUE-Wert entspricht dem Gesamtenergieverbrauch des Rechenzentrums geteilt durch die Energieaufnahme der IT-Ausrüstung. Das Ziel von Rechenzentren ist ein PUE-Wert möglichst nahe eins, und eine hohe Effizienz der USV hilft dabei, dies zu erreichen.

Ein bedeutender Kostenfaktor für Rechenzentren ist die Kühlung. Aufgrund ihrer geringeren Leistungsaufnahme benötigen hocheffiziente USVs weniger Kühlung, was weitere Einsparungen ermöglicht. USV-Lösungen sind zudem äußerst platzsparend – ideal für Rechenzentren in Regionen mit hohen Grundstückspreisen oder begrenztem Platzangebot.

USV-Entwicklungen

Es ist zu erwarten, dass die Zahl, Größe und Komplexität von Rechenzentren in Zukunft weiter steigen wird, womit sich auch die Anforderungen an USV-Produkte erhöhen. Gleichzeitig erfordern fortschrittliche modulare und containerisierte Rechenzentren vielseitigere Leistungsschutzkonzepte. Doch da die durchgängige Verfügbarkeit der Stromversorgung der einzige Existenzgrund für USVs ist, werden Zuverlässigkeit und Wartbarkeit weiterhin wichtige Eckpfeiler für das USV-Design bleiben.

Allerdings werden Aspekte wie Gesamtbetriebskosten und Nachhaltigkeit die Entwicklung noch energieeffizienterer Technologien vorantreiben.

Transformatorlose USVs werden weiterhin den Markt bestimmen. Der Platzbedarf von USVs lässt sich zwar weiter verringern, nicht aber das für die Leitung hoher Ströme erforderliche Kupfer. So wird es alternative oder ergänzende USV-Lösungen geben, die auf der Mittelspannungsebene (MS) arbeiten. Aufgrund der relativ geringeren Ströme können MS-USVs realisiert werden, die für mehrere Dutzend Megawatt ausgelegt sind und sehr große Lastblöcke oder gar ganze Rechenzentren versorgen.

Alternative Energiequellen, Smart Grids, Infrastruktur-Management-Lösungen für Rechenzentren (DCIM) usw. werden neue Maßstäbe setzen. Natürlich werden auch andere, bisher unerwartete Konzepte auftauchen – schließlich gehören Rechenzentren zu den wachstumsstärksten und sich am schnellsten entwickelnden Branchen der Welt und sind als solche fruchtbare Quellen der Inspiration.

Juha Lantta
Newave SA, ein Unternehmen des ABB-Konzerns
Quartino, Schweiz
juha.lantta@ch.abb.com

Durchgängige Leistung

Erhöhung der Zuverlässigkeit von Rechenzentren durch digitale statische Umschalter

CHRISTOPHER BELCASTRO, HANS PFITZER – Die Informationen, die durch ein Rechenzentrum fließen, sind in vielen Fällen entscheidend für die reibungslose Funktion unserer modernen Gesellschaft. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass ein Rechenzentrum jederzeit verfügbar ist. Da das Stromnetz nicht immer verlässlich ist, verfügt jedes Rechenzentrum über eine Reservestromversorgung. Eine Verschlechterung oder ein Ausfall der Netzversorgung muss sofort erkannt und die Reservestromversorgung so schnell eingesetzt werden, dass sich der Wechsel im Rechenzentrum nicht bemerkbar macht. Statische Umschalter sind hierfür perfekt geeignet und haben sich längst als fester Bestandteil aller missionskritischen Rechenzentrumsarchitekturen etabliert.

Ein Umschalter (auch „Transferschalter“ genannt) ist ein elektrisches Gerät, mit dem eine Last entweder manuell oder automatisch von einer Stromquelle auf eine andere umgeschaltet werden kann. Vor 30 Jahren revolutionierte das zum ABB-Konzern gehörige Unternehmen Cyberex die Stromverteilung mit der Erfindung des digitalen statischen Umschalters (Digital Static Transfer Switch, DSTS). Seitdem hat Cyberex mehr Einheiten installiert als jeder andere Hersteller. Der DSTS von ABB nutzt Leistungshalbleiter – spezielle steuerbare Siliziumgleichrichter (Silicon-Controlled Rectifiers, SCRs) – als schnelle, nicht brückende Schaltgeräte zur Versorgung kritischer Verbraucher mit hochwertigem Strom. „Digital“ bezieht sich auf die implementierten Technologien – digitale Signalverarbeitungshardware und patentierte Software zur Analyse der Wellenformen der Stromquelle in Echtzeit und zur logischen Steuerung des DSTS.

Titelbild
Der digitale statische Umschalter von ABB kann bei schwankender Versorgungsqualität sofort auf eine andere Stromquelle umschalten. Das Ergebnis ist eine durchgängige, konditionierte Stromversorgung der kritischen Last in Rechenzentren.

Grundeigenschaften des STS

Die Zwei-Quellen-DSTSs von ABB sind für die Versorgung kritischer Lasten in Anwendungen ausgelegt, die eine durchgängige, konditionierte Stromversorgung ohne Ausfallzeiten („Zero Downtime“) erfordern [1, 2]. Der DSTS wird von zwei unabhängigen Stromquellen („bevorzugt“ und „alternativ“) gespeist, die in allen Betriebsarten voneinander getrennt bleiben.

Die Versorgungsqualität jeder Quelle wird kontinuierlich im Hinblick auf die Spannung, Phase und Wellenform überwacht. Liegt die Qualität einer Quelle für eine bestimmte Zeit außerhalb benutzerdefinierter Grenzen, schaltet der DSTS auf die andere Quelle um. Die Umschaltzeit von der Erkennung einer Unregelmäßigkeit bis zum Abschluss des Wechsels beträgt typischerweise ein Viertel einer Spannungsperiode bzw. ca. 4 ms. Die Umschaltung erfolgt nicht brückend, d. h. mit vorheriger Unterbrechung (Break-before Make). Auf diese Weise kann die Rechenzentrumslast auch vor sehr kurzen Unterbrechungen bzw. Über- oder Unterspannungen in der primären Stromquelle geschützt werden.

Bei den nachfolgend beschriebenen DSTSs von ABB handelt es sich um dreiphasige Einheiten mit einem Betriebsbereich zwischen 100 und 4.000 A bei 208 bis 600 V ➔ 1.

Um eine Wartung ohne Ausfallzeiten zu ermöglichen, verfügen die DSTSs über steckbare Kompaktlastschalter (sog. Molded Case Switches, MCSs), die eine Isolierung zur regelmäßigen Wartung und geführten Umgehung ermöglichen. Die MCSs beinhalten eine Kurzschlussauslösung, während eine Fehlauslösung durch eine fehlende Überlastabschaltung verhindert wird. Ein traditioneller Zwei-Quellen-DSTS beinhaltet sechs MCS: zwei an den Eingängen für die Stromquellen (isoliert), zwei Bypass-MCSs zur Umgehung (Wartung) und zwei parallele MCSs am Ausgang, um das Entstehen kritischer Ausfallpunkte (Single Points of Failure) durch die Schaltelemente zu verhindern und eine Isolierung der SCRs zu Wartungszwecken zu ermöglichen ➔ 2.

1 Ein DSTS von ABB

Zuverlässigkeit

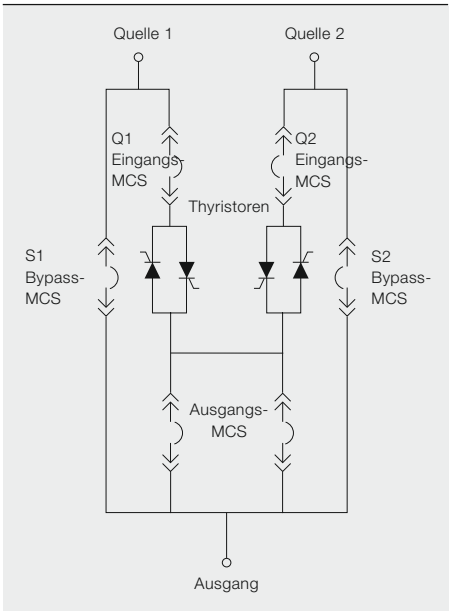
Die oben beschriebenen Merkmale sind nicht die einzigen Aspekte, die zur hohen Zuverlässigkeit der DSTS von ABB beitragen:

- Typ-II-SCRs bieten eine optimale, mit dem vorgeschalteten Schutz koordinierte Fehlerklärung.
- Redundante Ausgangsschalter verhindern das Entstehen eines kritischen Ausfallpunkts.
- Infrarot-Ports ermöglichen die thermische Überwachung von kritischen Lastanschlüssen ohne Gefährdung durch Entfernen von Panels.
- Redundante Netzteile verhindern Logikausfälle.

Der DSTS wird von zwei unabhängigen Stromquellen gespeist, die in allen Betriebsarten voneinander getrennt bleiben. Spannung, Phase und Wellenform jeder Quelle werden kontinuierlich überwacht.

Mit DIR kann der Einschaltspitzenstrom auf weniger als das 1,2-fache des Transformator-Vollaststroms begrenzt werden.

2 Prinzipschaltbild eines typischen STS mit sechs kompakten Lastschaltern (MCS)



– Redundante Kühllüfter mit Ausfallerkennung verhindern Überhitzen oder Lastverlust aufgrund eines Lüfterausfalls.
– SCR-Kurzschlusserkennung verhindert Lastverlust bei einem Ausfall.
– Nachgeschaltete Fehlererkennung und -isolierung verhindert die Ausbreitung von Hochstromfehlern auf andere vorgelagerte Verteilungssysteme.

Seit 2004 verzeichnet der DSTS eine Verfügbarkeit von 99,9999 % („sechs Neunen“). Seine Betriebseffizienz beträgt 99,60 % bei halber Last und 99,73 % bei Volllast.

Verfügbarkeit von Rechenzentren

In der heutigen Geschäftslandschaft müssen Rechenzentren eine extrem hohe Zuverlässigkeit und Effizienz ausweisen. Die Verfügbarkeit von Rechenzentren – eine Kennzahl, die mit „Neunen“ ausgedrückt wird ➔ 3 – ist allgemein definiert als:
Verfügbarkeit = *MTBF/(MTBF+MTTR),*
wobei:
MTBF = mittlerer Ausfallabstand
= Betriebszeit
MTTR = mittlere Ausfalldauer
= Ausfallzeit.

Mit zunehmender Zuverlässigkeit und Wartbarkeit steigt also auch die Verfügbarkeit. Der Bedarf an einem einheitlichen Standard zur Klassifizierung der Zuverlässigkeit und Wartbarkeit von Rechenzentren wurde Mitte der 1990er Jahre deutlich. Infolgedessen hat das Uptime Institute eine vierstufige Klassifizierung entwickelt, die seit 1995 in Gebrauch ist ➔ 3.

Rechenzentrumsarchitektur – Relevanz des DSTS

Die Bedeutung und Flexibilität des DSTS kann anhand von einigen einfache Konfigurationen, wie sie in Rechenzentren zu finden sind, aufgezeigt werden.

Parallel-redundantes Design (N+1)

Im Allgemeinen umfasst ein N+1-redundantes Design parallele USV-Module gleicher Leistung und Konfiguration, die mit einer gemeinsamen Ausgangsstromschiene verbunden sind ➔ 4a. Die Konfiguration ist N+1-redundant, wenn ein System (N) über mindestens ein zusätzliches, autonomes Reserveelement (+1) verfügt. Das zusätzliche USV-Modul sorgt für eine bessere Verfügbarkeit als die N-Konfiguration, während die Struktur eine einfachere Erweiterung ermöglicht, falls die Anforderungen an die Anlage steigen. Doch die Konfiguration ist auch mit einigen Nachteilen verbunden:
– Kritische Ausfallpunkte durch die gemeinsame Lastschiene und Lasten mit nur einem Stromanschluss (Single-Corded)
– Fehler können sich durch jedes parallel-redundante Modul ausbreiten.
– Niedrige Effizienz durch geringe Belastung der USVs
– USV-Module müssen die gleichen Nenndaten besitzen.

3 Die Vier-Tier-Klassifizierung von Rechenzentren

Tier-Stufe	Verfügbarkeit (%)	Ausfallzeit (h/a)	Durchschn. Ausfallzeit über 20 Jahre	Gängige Bezeichnungen	Anforderungen
Tier I	99,671	28,82	96,07	N	Nicht redundante Kapazitätskomponenten und ein einzelner, nicht redundanter Versorgungsweg zu den Serverlasten
Tier II	99,741	22,69	75,63	Parallel-redundant, N+1	Redundante Kapazitätskomponenten und ein einzelner, nicht redundanter Versorgungsweg zu den Serverlasten
Tier III	99,982	1,58	5,26	Verteilt-redundant	Redundante Kapazitätskomponenten und redundante Versorgungswege zu den Serverlasten
Tier IV	99,995	0,44	1,46	System-plus-System, Multiple Parallel Bus, 2N, 2N+1, 2N+2	Mehrere isolierte Systeme mit redundanten Kapazitätskomponenten und mehrere aktive Versorgungswege zu den Serverlasten

Der DSTS von ABB kann als Zwei- oder Drei-Quellen-Umschalter für Anwendungen mit höherer Verfügbarkeit eingesetzt werden.

Verteilt-redundantes Design

Ein verteilt-redundantes oder „Catcher"-Design zeichnet sich durch unabhängige Einspeisungen von drei oder mehr USV-Modulen aus, die mit zwei oder mehr STSs gekoppelt sind ➔ 4b. Die Vorteile im Vergleich zu parallel-redundanten Architekturen (N+1) sind:

- Hohe Verfügbarkeit bei geringeren Kosten
- Höhere Effizienz als parallel-redundante und 2(N+1)-Designs
- Höhere Zahl von Punkten mit konditioniertem Strom durch USV und DSTS
- Fehler breiten sich nur durch ein USV-Modul aus.
- Reduzierung der kritischen Ausfallpunkte

Der Nachteil ist:

- Der DSTS ist nicht in der Lage, mehrere gleichzeitige USV-Ausfälle zu unterstützen.

System-plus-System-Design ohne STS (2N)

System-plus-System-Topologien (2N-Konfigurationen) sind die zuverlässigsten und teuersten Designs in der Rechenzentrumsbranche ➔ 5a. Hier kommen typischerweise Lasten mit zwei Stromanschlüssen (Dual-Corded) zum Einsatz.

Die Vorteile sind:

- Beseitigung kritischer Ausfallpunkte innerhalb der gesamten Architektur durch getrennte Stromquellen und Versorgungswege
- Redundanz innerhalb des gesamten Systems
- Möglichkeit zur Wartung vorgelagerter Ausrüstung ohne Umschalten in den Bypass-Modus
- Durchgängig konditionierter Strom

Die Nachteile sind:

- Hohe Kosten und hoher Platzbedarf
- Weniger effizient durch geringe Belastung
- Bei einem USV-Ausfall werden nicht beide Eingänge einer Last versorgt.

System-plus-System-Design mit STS

Tier-III- und Tier-IV-Systeme versorgen redundante Lasten mit zwei Stromanschlüssen durchgängig mit Strom. Sie bieten aber keine redundante Stromverfügbarkeit für Lasten mit zwei Stromanschlüssen, die an beiden Anschlüssen durchgängig hochwertigen Strom benötigen. Eine Möglichkeit, diese zusätzliche Zuverlässigkeit bereitzustellen, ist der Einsatz von STSs ➔ 5b.

Die Vorteile dieses Ansatzes sind:

- Ein Höchstmaß an Verfügbarkeit
- Durchgängiger konditionierter Strom an mehreren Punkten
- Beseitigung kritischer Ausfallpunkte innerhalb der Architektur durch getrennte Stromquellen und Versorgungswege (vollständige Redundanz)
- Möglichkeit zur Wartung vorgelagerter Ausrüstung wie Schaltanlagen ohne Umschalten in den Bypass-Modus
- Der STS bietet Redundanz für Lasten mit zwei Stromanschlüssen und schützt gegen den Ausfall einer Quelle.
- Wirksame Beseitigung von vorgelagerten Versorgungsqualitätsproblemen ohne Störung der nachgelagerten Komponenten

Die Nachteile sind:

- Hohe Kosten und hoher Platzbedarf
- Niedrige Effizienz durch geringe Belastung der USVs

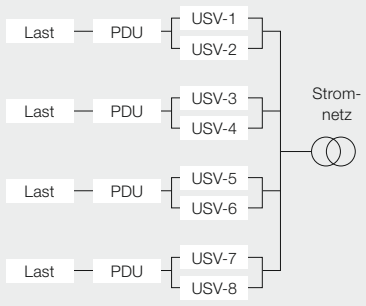
Vergleich der vorgelagerten Komponenten

Den genannten Komponenten vorgelagert sind typischerweise ein Netzanschluss und ein Reservegenerator, die von einem automatischen Umschalter (Automatic Transfer Switch, ATS) geschaltet werden ➔ 6a. Obwohl kostengünstig, ist diese Lösung mit längeren Umschaltzeiten, einem verzögerten Anlaufen der Reservestromerzeugung und einem unvorhersehbaren Leistungsverhalten des Generators verbunden.

Der DSTS von ABB kann als Zwei- oder Drei-Quellen-Umschalter für Anwendungen mit höherer Verfügbarkeit eingesetzt werden ➔ 6b. Die Wahrscheinlichkeit eines gleichzeitigen Stromausfalls in einem vollständig redundanten System mit zwei Einspeisungen ist relativ gering. In Verbindung mit zwei unabhängigen Einspeisungen von zwei getrennten Umspannwerken ist ein DSTS der ATS-Lösung in puncto Schutz, Schaltleistung und -geschwindigkeit sowie anlagenweite Verteilungseffizienz überlegen. Cyberex hat bereits zahlreiche große DSTSs an Einspeisepunkten von Rechenzentren und

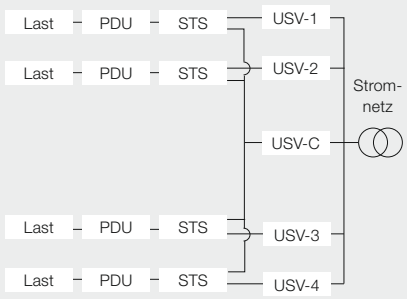
Digitale Signalverarbeitungshardware und patentierte Software analysieren die Wellenformen in Echtzeit und steuern den DSTS.

4 Parallel-redundantes Design (N+1) mit vier Lasten vs. verteilt-redundantes „Catcher"-Design



	Parallel-redundante (N+1) USV – ein Netzteil pro Last
Verfügbarkeit (%)	99,976 (drei Neunen)
Ausfallzeit (h/a)	2,08
Stromunterbrechungen/20 Jahre	6,95
Kosten ($)	1,7 Millionen

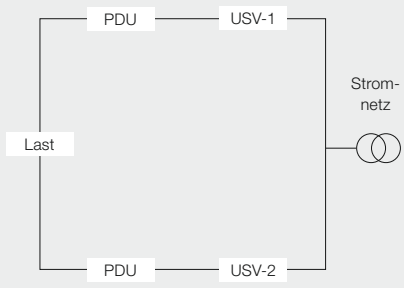
4a N+1-Design



	Verteilt-redundantes Catcher-System – ein Netzteil pro Last
Verfügbarkeit (%)	99,976 (drei Neunen)
Ausfallzeit (h/a)	2,10
Stromunterbrechungen/20 Jahre	6,99
Kosten ($)	1,28 Millionen

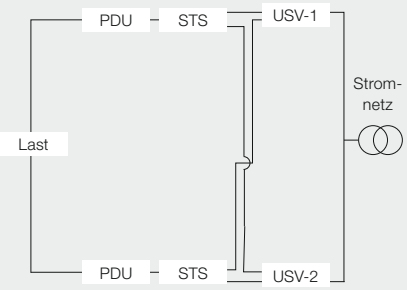
4b Verteilt-redundantes „Catcher"-Design

5 System-plus-System ohne STS vs. System-plus-System mit STS



	Doppel-USV – zwei Netzteile pro Last
Verfügbarkeit (%)	99,987 (drei Neunen)
Ausfallzeit (h/a)	1,12
Stromunterbrechungen/20 Jahre	3,73
Kosten ($)	460,000

5a System-plus-System-Design ohne STS (2N)



	Doppel-USV mit STS – zwei Netzteile pro Last
Verfügbarkeit (%)	99,99999 (sieben Neunen)
Ausfallzeit (h/a)	0,0005
Stromunterbrechungen/20 Jahre	0,0017
Kosten ($)	540,000

5b Mit STS (2N)

USV = Unterbrechungsfreie Stromversorgung / PDU = Power Distribution Unit (Stromverteiler)

Industrieanlagen installiert. Trotz der höheren Kosten und der Tatsache, dass er zwei Netzstromquellen erfordert, bietet der DSTS-Ansatz zahlreiche Vorteile, z. B.:

- Ein Höchstmaß an Verfügbarkeit der vorgelagerten Komponenten
- Beseitigung aller von den Energieversorgern ausgehenden Unregelmäßigkeiten in der Stromversorgung und Versorgung aller nachgelagerten Komponenten mit durchgängigem Strom
- Möglichkeit zur Wartung einer Netzstromquelle bei gleichzeitiger Bereitstellung von durchgängigem, konditioniertem Strom aus einer zweiten Netzstromquelle
- Extrem effiziente elektrische Verteilung
- Flexibilität zur Erweiterung um eine dritte Quelle (z. B. einen Reservegenerator)
- Niedrigere Kosten als USVs

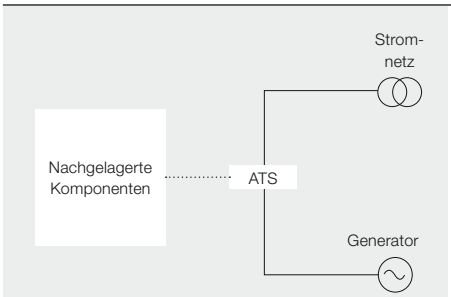
Weitere Merkmale des digitalen STS

Neben den oben beschriebenen Vorteilen besitzt der DSTS noch einige weitere erwähnenswerte Merkmale.

Dynamische Einschaltstrombegrenzung (DIR)

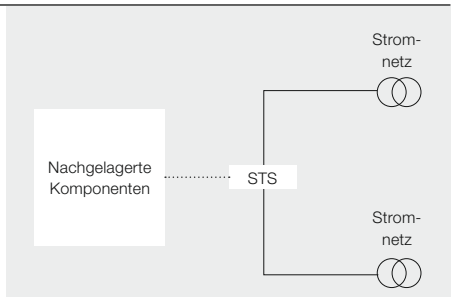
Der DIR-Algorithmus (Dynamic Inrush Restraint) begrenzt den Einschaltstrom nachgelagerter Transformatoren beim Umschalten zwischen zwei phasenverschobenen Stromquellen. Dazu wird der magnetische Fluss des Transformators kontinuierlich überwacht, und das Umschalten wird zeitlich genau so abgestimmt, dass der magnetische Fluss den Sättigungspunkt des Trafokerns nicht übersteigt. Beim Einschalten eines Transformators kann es zu Stromspitzen kommen die 5- bis 12-mal so hoch sind wie der Volllaststrom (FLA). Beim Umschalten zwischen phasenverschobenen Stromquellen entstehen Einschaltspitzen bis zum 20-fachen des FLA → 7.

6 Vergleich der vorgelagerten Komponenten



	Eine Quelle, ein Generator – vorgeschalteter ATS
Verfügbarkeit (%)	99,994 (vier Neunen)
Ausfallzeit (h/a)	0,49
Stromunterbre-chungen /20 Jahre	1,64

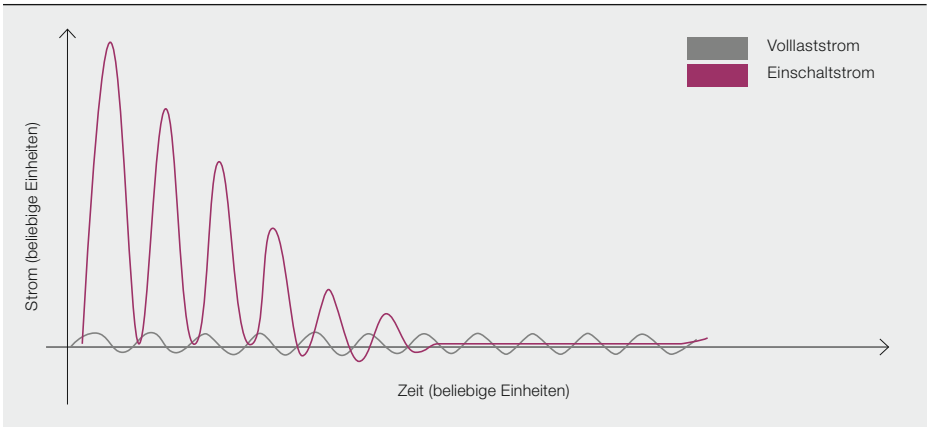
6a Netzversorgung und Generator mit ATS



	Zwei Quellen – vorgeschalteter STS
Verfügbarkeit (%)	99,9998 (fünf Neunen)
Ausfallzeit (h/a)	0,013
Stromunterbre-chungen /20 Jahre	0,044

6b Doppelte Netzversorgung mit STS

7 Transformator-Einschaltstrom (kann bei einem Volllaststrom von 600 A bis zu 7.200 A betragen) ohne Verwendung des DIR-Algorithmus



Mit DIR kann der Einschaltspitzenstrom auf weniger als das 1,2-fache des Transformator-Vollaststroms begrenzt werden.

Versorgungsqualität/Erkennungsalgorithmen

Zwei digitale Signalprozessoren tasten die Quellen 10.000-mal in der Sekunde ab und erkennen Störungen und Ausfälle in der Versorgung mithilfe patentierter Algorithmen innerhalb von 2 ms. Dies ermöglicht eine Umschaltung innerhalb einer Viertelperiode.

Sanfter Wechsel

Zum Umschalten von einem Satz aktiver SCRs auf einen Satz inaktiver SCRs entfernt der Umschaltalgorithmus des DSTS ein Gate-Signal an zwei in entgegengesetzter Richtung parallel geschalteten SCRs, die zusammen Wechselstrom in beide Richtungen führen. Der Umschaltvorgang ist einfach:

1) Entfernen eines Gate-Signals an der aktiven Quelle bei Erkennung einer schlechten Versorgungsqualität oder auf manuelle Anforderung
2) Erfassen des Stroms durch die beiden aktiven SCRs zur Erkennung des stromführenden Zustands jeder Komponente über einen bestimmten Zeitraum
3) Sind beide Zustände bestimmt, wird ein Gate-Signal an den entsprechenden SCR im inaktiven Satz angelegt. Dies ermöglicht den Stromfluss durch diese Komponente und verhindert gleichzeitig, dass Strom zwischen den Quellen fließt.
4) Sobald der SCR abkommutiert, wird das Gate-Signal an der entgegengesetzten Komponente aktiviert, um die Umschaltung abzuschließen.

Zuverlässigkeit sorgt für Verfügbarkeit

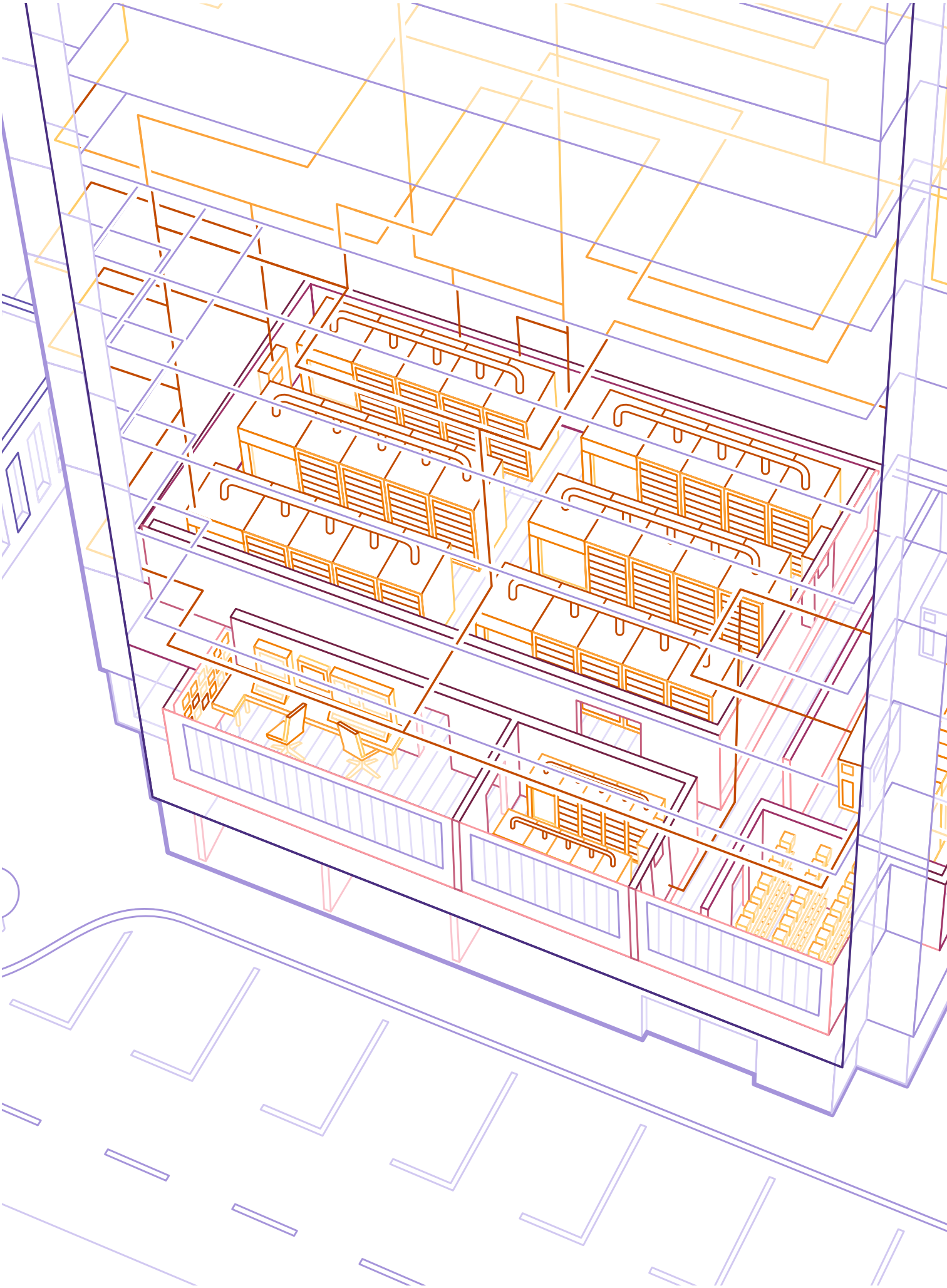
Der ABB DSTS ist in der Lage, vorgelagerte Versorgungsqualitätsprobleme zu beseitigen, ohne die nachgelagerten Komponenten zu stören. Er kann als kostengünstiger Ersatz für einen vorgelagerten ATS oder sogar ein anlagenweites USV-System eingesetzt werden und so zur Verbesserung der Zuverlässigkeit beitragen – bei gleichzeitiger Reduzierung des Platzbedarfs, Erhöhung der elektrischen Wirkungsgrade und Reduzierung der Gesamtkosten.

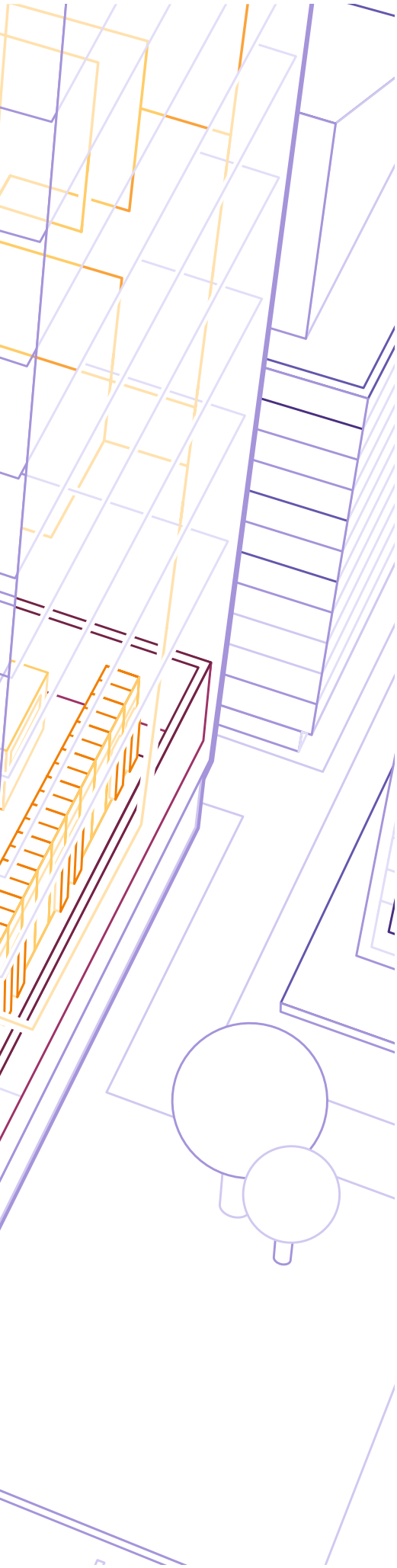
In System-plus-System-Konfigurationen lässt sich die höchste Verfügbarkeit durch einen DSTS mit gegenseitiger Einspeisung über eine doppelte Stromschiene erreichen. Diese Architektur bietet mehrere Redundanzebenen, die kritische Ausfallpunkte bis hin zu den Netzteilen für Lasten mit zwei Stromanschlüssen beseitigen. Darüber hinaus bietet ein DSTS hervorragende Fehlerisolierungseigenschaften und erhöhten Schutz bei Wartungsarbeiten, während er gleichzeitig die durchgängige Versorgung von kritischen Lasten mit konditioniertem Strom gewährleistet.

Christopher Belcastro
Hans Pfitzer
ABB Low Voltage Products
Richmond, VA, USA
christopher.belcastro@tnb.com
hans.pfitzer@tnb.com

Literaturhinweise

[1] IEEE Gold Book Std 493–1990: "Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems". New York, 1991
[2] T. A. Short: „Distribution Reliability and Power Quality." 1st Edition. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006





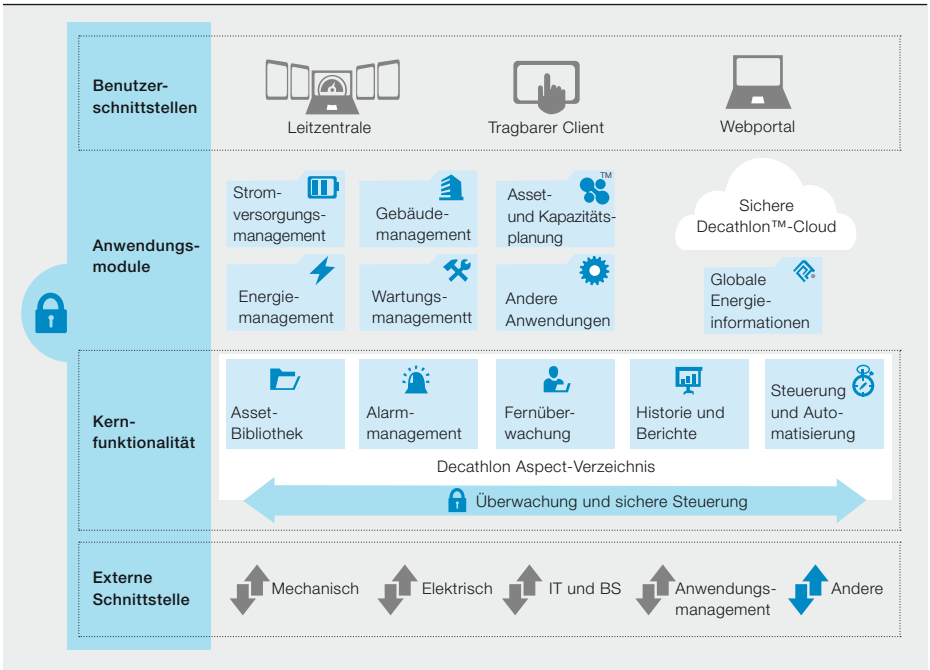
Der Blick aufs Ganze

Neue Konzepte für das Infrastruktur-Management in Rechenzentren

JIM SHANAHAN – Rechenzentren haben sich von kleinen Serverräumen zu gigantischen Computerhallen entwickelt, die in vielen Ländern mehr als 2 % der des Netzstroms verbrauchen. Was mit dieser Entwicklung häufig nicht Schritt gehalten hat, sind die eingesetzten Automatisierungssysteme. Mittlerweile hat die Branche erkannt, dass moderne DCIM-Tools (Data Center Infrastructure Management) skalierbare Lösungen auf der Basis fortschrittlicher Technologien bieten müssen, um denjenigen, die sie optimal zu nutzen wissen, einen Wettbewerbsvorsprung verschaffen zu können. ABB hilft diesen Kunden dabei, sich in einer schnelllebigen Branche von Mitbewerbern abzuheben.

Titelbild
Fortschrittliche Tools für die integrierte Verwaltung aller Aspekte eines Rechenzentrums sind von entscheidender Bedeutung, wenn es darum geht, sich als Betreiber abzuheben und im harten Rechenzentrumsgeschäft zu behaupten.

1 Decathlon-Architektur



Die Art und Weise, wie Rechenzentren betrieben werden, spiegelt sich normalerweise in deren Aufbau wider. So ist der Anlagenbetrieb (mechanische und elektrische Systeme) häufig vom IT- und Serverbetrieb abgekoppelt. Dieser „Silo-Ansatz“ erschwert den Überblick über das Geschehen im Rechenzentrum als Ganzes, obwohl für wichtige Entscheidungen das Gesamtbild berücksichtigt werden muss.

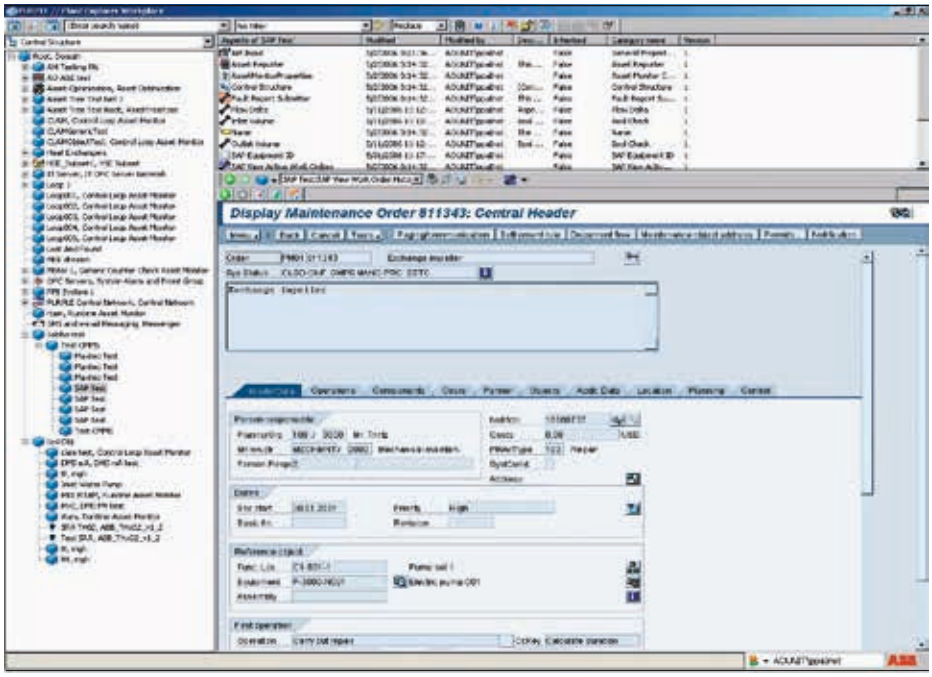
ABB hat auf bewährte Lösungen aus anderen Branchen zurückgegriffen und diese mit neuen, rechenzentrumsspezifischen Bibliotheken und Anwendungen kombiniert.

Der Begriff DCIM mag zunächst verwirrend erscheinen, da er mit einer großen Bedeutungsbreite verwendet wird. Die von führenden Industrieforschungsunternehmen veröffentlichen Definitionen für DCIM sind sich jedoch in folgenden Punkten einig:

– DCIM erfordert Instrumentierung zur Erfassung und Normierungen von Kennzahlen für Rechenzentren.
– DCIM analysiert diese Daten und liefert nutzbare Informationen über das Rechenzentrumsmanagement.
– DCIM ist keine eigenständige Lösung, sondern Bestandteil einer umfassenden Managementstrategie für Rechenzentren.

Für den IT-Techniker kann DCIM ein Werkzeug zur Verwaltung von Serverstandorten, Konfigurationen und Anwendungslasten sein; für den Anlagenmanager kann es ein System zur Steuerung und Überwachung der mechanischen und elektrischen Ausrüstung sein, und für die Geschäftsführung kann es ein Mittel sein, um Rechenzentren miteinander zu vergleichen und Unternehmensdaten (Business Intelligence) wirksam zu nutzen. Decathlon™ von ABB ist eine der fortschrittlichsten zurzeit auf dem Markt erhältlichen DCIM-Lösungen. Das hardware- und softwarebasierte System bietet die nötigen Werkzeuge zur Verwaltung eines flexiblen Netzwerks aus Stromversorgungs-, Kühl- und IT-Systemen. Die Informationen werden in einer einzigen Bedienerumgebung und über eine einzige Datenquelle bereitgestellt, was dabei hilft, Informationsbarrieren zu

2 Workflow-Integration von Decathlon – CMMS-Arbeitsauftrag



Decathlon nutzt gewonnene Erkenntnisse aus der Automatisierung in der Prozessindustrie und wendet diese auf Rechenzentren an.

beseitigen. Das IT- und Anlagenpersonal kann effektiver zusammenarbeiten und sich bei der Identifizierung und Umsetzung von Verbesserungen im Rechenzentrum auf eine „einzige Wahrheit“ stützen.

In jüngerer Zeit sind umfassende, konvergierte DCIM-Lösungen auf den Markt gekommen, die eine durchgängige Transparenz bieten. So kann derjenige, der die Stromrechnung bezahlt, die Effizienz des Rechenzentrums bezogen auf die Arbeitslast pro kWh messen – z. B. die Anzahl der SAP-Transaktionen pro MW oder die Zahl der verarbeiteten E-Mails pro Dollar. Diese Transparenz bietet den Eigentümern und Betreibern neue Möglichkeiten zur Optimierung und unterstützt eine effiziente Rechenzentrumsorganisation. ABB hat bei der Entwicklung von Decathlon auf bewährte Lösungen aus anderen Branchen zurückgegriffen und diese mit neuen, rechenzentrumsspezifischen Bibliotheken und Anwendungen kombiniert ➔ 1. Neben „normalen“ DCIM-Funktionen bietet Decathlon Funktionen für die gehobene Regelung, das Wartungsmanagement und die strategische Energiebeschaffung. Außerdem ist das System in der Lage, mithilfe eines als „Software Defined Power“ bezeichneten Konzepts Rechenlasten basierend auf den Kosten oder der Verfügbarkeit von Energie zwischen Rechenzentren zu verschieben.

Ein Rechenzentrum wandelt im Wesentlichen elektrische Leistung in Transaktionen um und erzeugt dabei große Mengen von Daten und Wärme (die abgeführt werden muss). Es ist hilfreich, die gesamte Wirkungskette etwas genauer zu betrachten, um einige der damit verbundenen Mechanismen, einige neuere Ideen in Bezug auf ihre Verwaltung und den Nutzen einer konvergierten DCIM-Lösung zu verstehen.

Kühlung

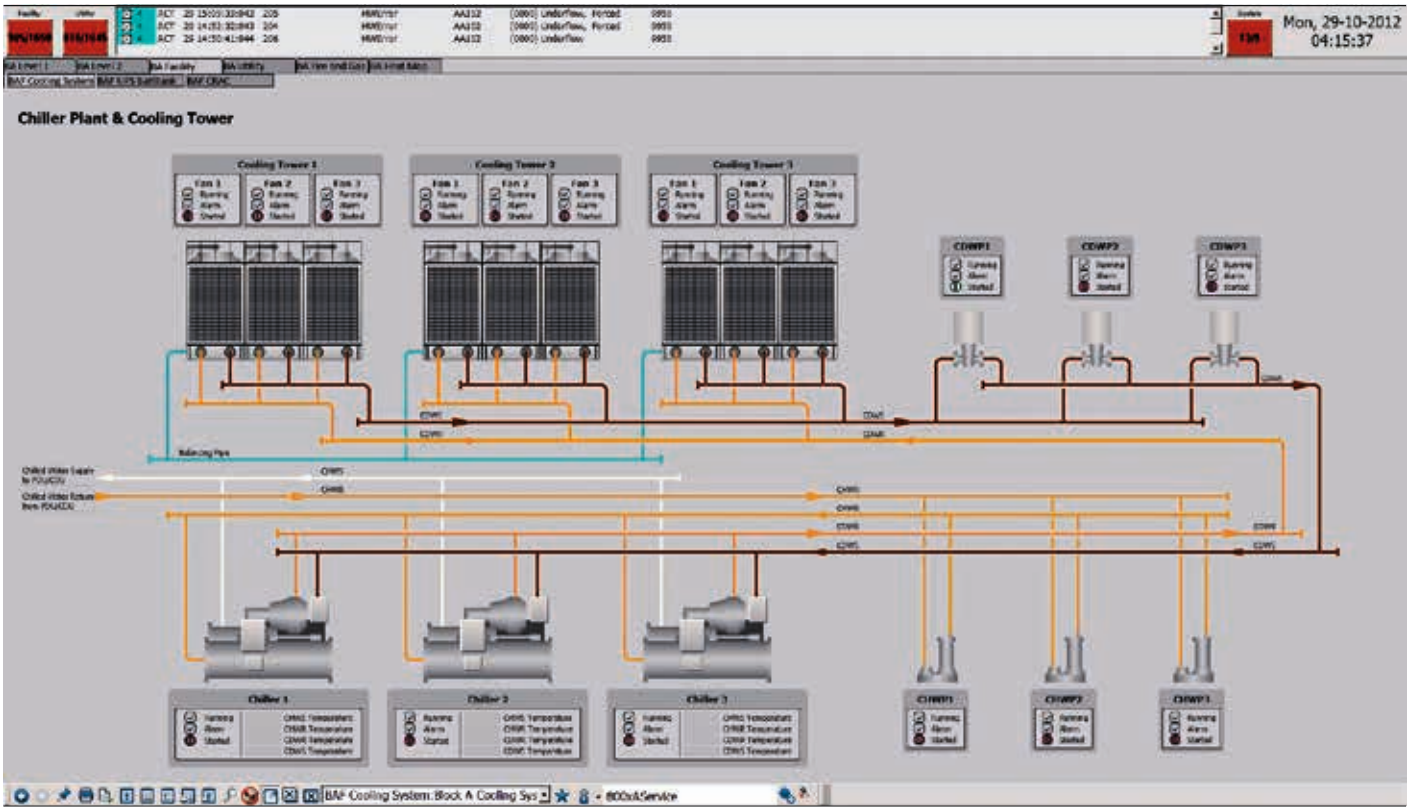
Ausgangspunkt für ein DCIM-Projekt ist häufig die Notwendigkeit zur Regulierung oder Überwachung der physischen Umgebung der Server. In den letzten Jahren hat man damit begonnen, die Eintrittstemperatur am Server zu erhöhen, um den Kühlbedarf zu senken und so die Effizienz zu steigern. Heute sind Kaltgangtemperaturen an den Servereintritten von über 27 °C nicht selten. Das bedeutet, dass die Warmgangtemperatur am Serveraustritt über 40 °C betragen kann. Einige Aufgaben wie das Bewegen von Servern oder Kabeln im Warmgang, in dem für den Menschen nun unzumutbare Bedingungen herrschen, können von ABB-Robotern übernommen werden.

In solchen extremen Umgebungen ist eine enge Temperaturregelung entscheidend, um eine Überhitzung der Server zu verhindern. Eine Möglichkeit besteht darin, nicht nur die Umgebungstemperaturen um die Racks herum zu betrachten, sondern auch die Onboard-Temperaturen in den Servern. Hierzu werden die CPU-Temperaturen jedes Servers über ein Simple Network Management Protocol (SNMP) erfasst und für jedes Rack mit üblicherweise 30 bis 40 Servern gemittelt. Durch Regelung der Umgebungsbedingungen auf Grundlage der CPU-Temperatur – dem wärmsten Teil des Rechenzentrums – kann die Effizienz erhöht werden, während Probleme mit einzelnen Servern frühzeitig erkannt werden können. (Mehr über die Kühlung von Rechenzentren lesen Sie im Artikel auf Seite 53 dieses Hefts.)

Gebäudemanagement

Ein Gebäudemanagementsystem (Building Management System, BMS) überwacht und steuert die Umwelt- und Sicherheitssysteme (z. B. für Beleuchtung, Belüftung und Brandschutz) in einem Gebäude. Angesichts der wachsenden Bedenken hinsichtlich des Energieverbrauchs sind die Funktionen von BMS mittlerweile auf mehr Energieeffizienz ausgerichtet. Doch ein BMS ist nicht in der Lage, die schnelle und dynamische Expansion (und Konsolidierung) der Betriebsabläufe in Rechenzentren zu bewältigen, bei denen Daten von Tausenden Onboard-Sensoren an verschiedenen Standorten zur Optimierung der Betriebszeiten und anderer Faktoren herangezogen werden. Decathlon, das auf der Plattform des ABB Extended Automation System 800xA basiert, erfasst, normiert, speichert und analysiert

3 Übersichtsgrafik einer Kühlanlage



die großen Datenmengen aus den IT- und Gebäudesystemen. Darüber hinaus kann Decathlon zur Optimierung des Rechenzentrums auf bewährte Steuerungs- und Automatisierungstechnik, z. B. in Form von gehobener Prozessregelung, Auto-Tuning und gehobener Alarmbehandlung zurückgreifen. Zur Überwachung und Optimierung der Rechenzentrumsleistung ist ein traditionelles BMS problematischer und teurer, da es nicht für eine breite und granulare Datenerfassung, Analyse und Benutzerkonfiguration ausgelegt ist.

Überwachung der Stromversorgung

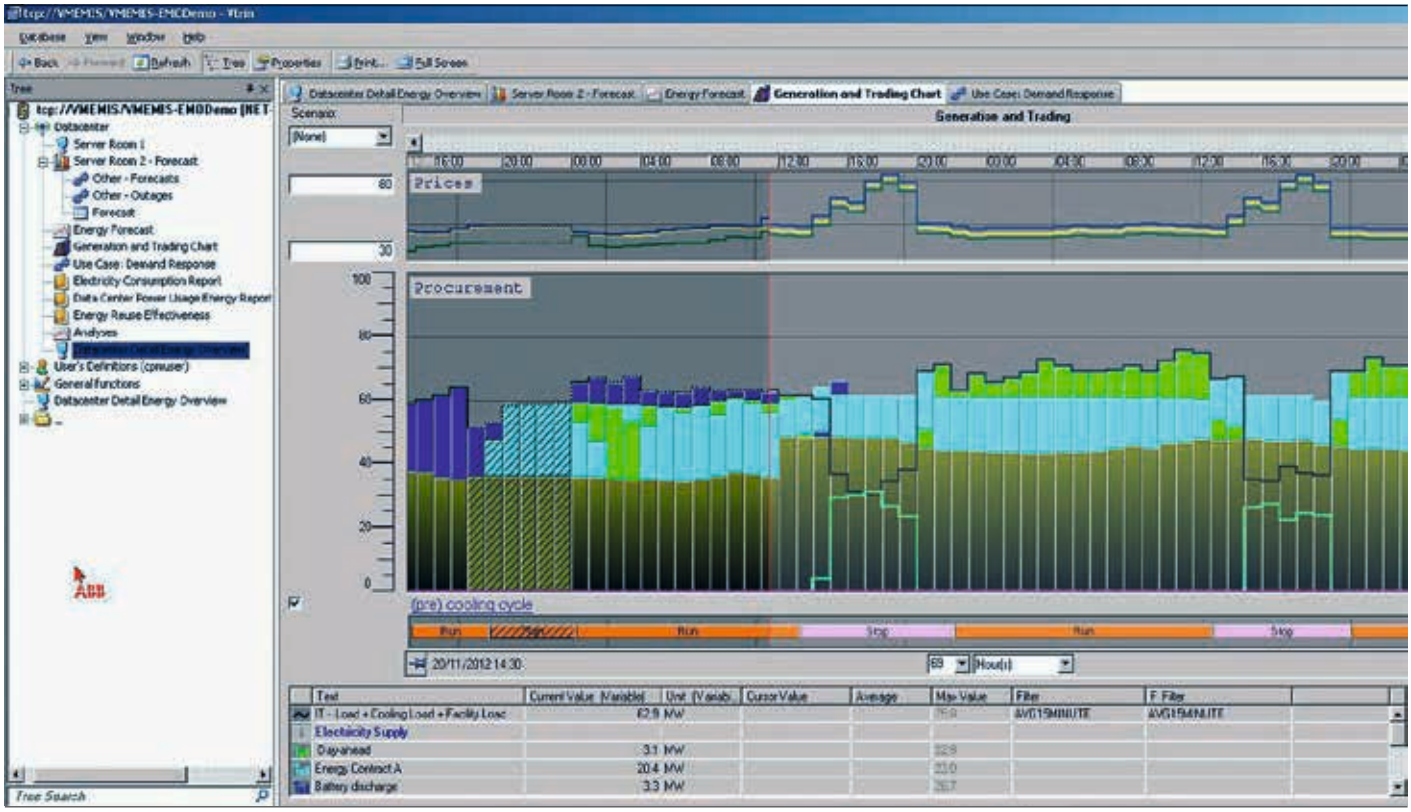
Auf der elektrischen Seite bietet die Stromversorgungskette eines Rechenzentrums vom Netz bis zum Prozessor unzählige Möglichkeiten zur Überwachung und Optimierung. Decathlon misst und meldet nicht nur die Daten von installierten Stromzählern, wobei die Daten nach Benutzer, Bereich und Quelle aufgeschlüsselt werden können, sondern es analysiert auch Netzqualitätsereignisse wie Spannungsspitzen, verwaltet Leistungsschalter für den Lastabwurf oder die Alarmierung und liefert eine Visualisierung der gesamten Stromversorgungsstruktur vom Netzanschluss bis zum Motherboard jedes Servers.

> Decathlon kann einem neuen Server automatisch eine optimale Rackposition zuweisen, um die vorhandenen Strom-, Kühl- und Netzwerkanschlüsse bestmöglich zu nutzen.

Kapazitätsmanagement

Ein Server durchläuft von seiner Anlieferung im Rechenzentrum bis zu seiner Außerbetriebnahme nach drei Jahren zahlreiche Phasen wie das Einsetzen im Rack, das Imaging, Burn-In-Tests, die Einbindung in die Stromversorgungs- und Netzwerkinfrastruktur, die Aufnahme des Live-Betriebs usw. Alle diese Stufen müssen verfolgt und verwaltet werden. Dies geschieht mithilfe einer Asset-Management- und Kapazitätsplanungsanwendung. Decathlon greift dabei auf Nlyte oder andere Lösungen von Technologiepartnern zu und syn-

4 Diagramme zu Energieerzeugung und -handel



chronisiert die Informationen zu den Serverstandorten mit seiner internen Datenbank. Die Anwendung ist in der Lage, einem neuen Server automatisch ein optimales Rack und eine optimale Position innerhalb des Racks zuzuweisen, um eine bestmögliche Nutzung vorhandener Strom-, Kühl- und Netzwerkanschlüsse zu gewährleisten. Dies kann die Lebensdauer des gesamten Rechenzentrums verlängern, da sichergestellt ist, dass alle verfügbaren Kapazitäten genutzt werden und keine Stromversorgungs-, Kühl- oder Netzwerkkapazitäten „brach liegen“. Darüber hinaus gibt das System Arbeitsaufträge aus, die den gesamten Prozess zum Hinzufügen, Versetzen oder Austauschen von Servern lenken. Außerdem kann es verfolgen, welche virtuellen Maschinen, Betriebssysteme und Anwendungen auf den jeweiligen physischen Servern laufen. Durch Kombination der Informationen zum physischen Standort und den Verbindungen des Servers aus dem Asset-Management-System mit den Echtzeitinformationen aus der Serverumgebung und den Onboard-Parametern kann Decathlon den Regelkreis schließen und eine enge Regelung und erweiterte Berichterstellung ermöglichen, die über die traditionellen Silos des Anlagen- und IT-Betriebs hinausgehen.

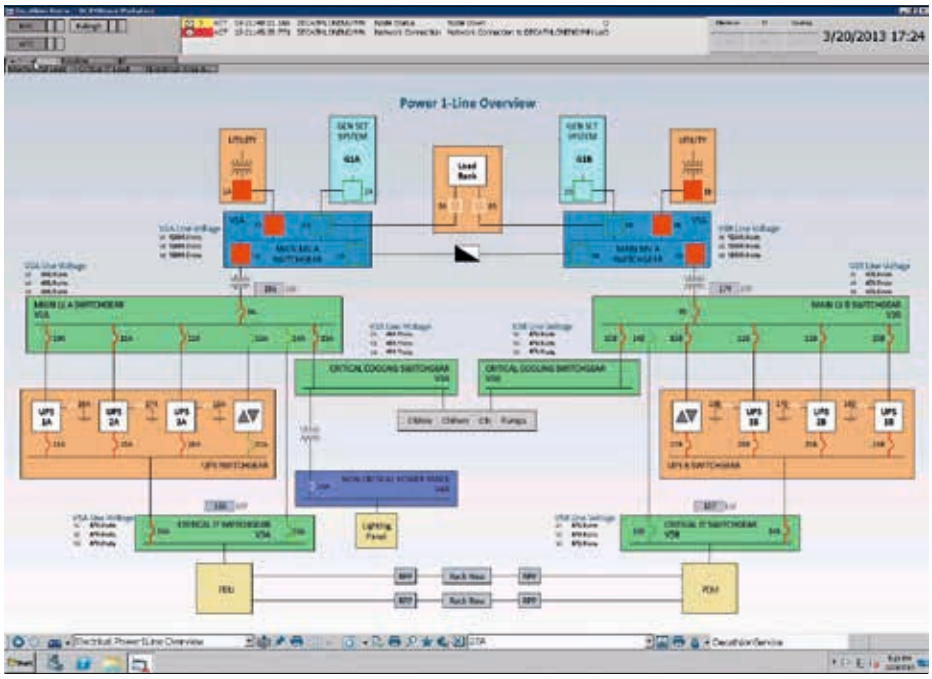
Durch Regelung der Umgebungsbedingungen auf Grundlage der CPU-Temperatur kann die Effizienz erhöht werden, während Probleme mit einzelnen Servern frühzeitig erkannt werden können.

Zustand von Assets

Neben IT-Assets wie Servern und Netzwerkswitchen umfasst ein normales Rechenzentrum auch Reservegeneratoren, USVs, Batterien, Schaltanlagen, Kühlaggregate (Chiller), Pumpen, Lüftungsanlagen (CRAH) oder Klimaanlagen (CRAC) für EDV-Räume, Brandmelde- und Brandbekämpfungssysteme, Zugangskontrollsysteme, Leckerkennungssysteme usw., die alle regelmäßig gewartet werden

Die Rechenlast kann von einer Serverbank auf eine andere oder von einem Rechenzentrum auf ein anderes verlagert werden, um Energie zu sparen oder wenn es aus Kosten- oder Verfügbarkeitsgründen notwendig ist.

5 Typisches Einliniendiagramm der Stromversorgung in Decathlon



müssen. Decathlon kann an einige branchenübliche computergestützte Wartungsmanagementsysteme (CMMS) wie SAP oder Maximo angebunden oder mit einem CMMS von ABB wie ServicePro oder Ventyx Ellipse kombiniert werden → 2. Darüber hinaus ist Decathlon in der Lage, den korrekten Betrieb von kritischen Komponenten mithilfe von Asset-Monitoren zu überwachen und sicherzustellen. Sobald bestimmte Werte den zulässigen Bereich verlassen, kann ein Wartungsauftrag ausgegeben werden, noch bevor die Ausrüstung in einen Alarmzustand übergeht. Diese zustandsbasierte Instandhaltung wird ergänzt durch den Service des Decathlon Remote Operations Center (ROC), wo Experten für Rechenzentren zur Unterstützung der verantwortlichen Techniker bereitstehen, um zu verhindern, dass sich ein Vorfall zu einem Ausfall entwickelt.

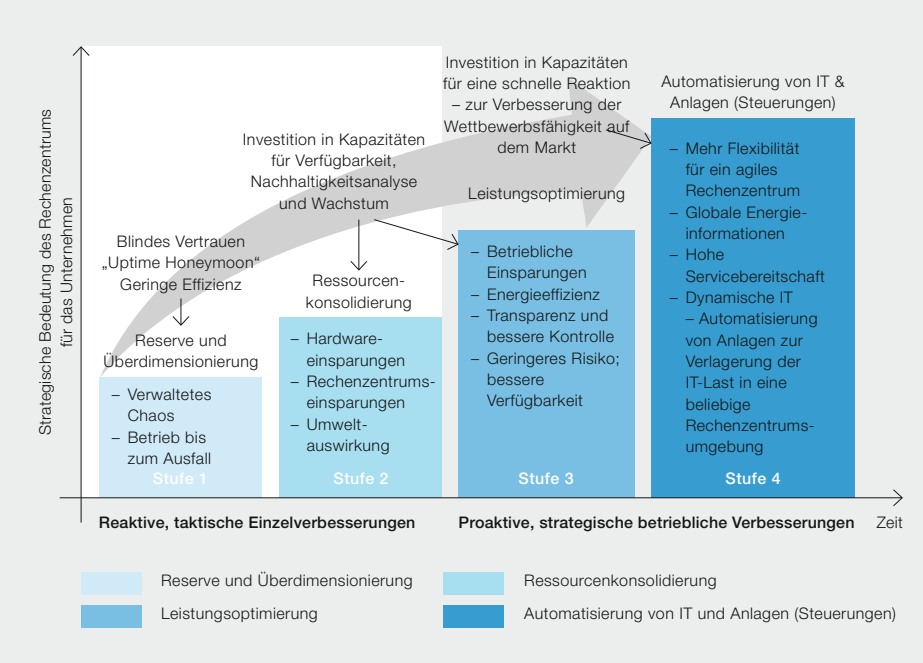
Lastverlagerung

Decathlon ist in der Lage, die CPU-Nutzung sämtlicher Server in einem oder mehreren Rechenzentren zu überwachen. Mithilfe der sogenannten Run-Book-Automatisierung und durch die Integration von Virtualisierungslösungen kann die Rechenlast von einer Serverbank auf eine andere oder von einem Rechenzentrum auf ein anderes verlagert werden. Dies kann vorgenommen werden, um Energie zu sparen, wobei ungenutzte Server in einen Ruhezustand versetzt werden, oder wenn es aus Kosten- oder Verfügbarkeitsgründen notwendig ist. Globale Energieinformationen (Global Energy Intelligence, GEI) liefern dem Eigentümer des Rechenzentrums eine Schnittstelle zu allen Energiemärkten der Welt, sodass IT-Lasten auf Grundlage der Verhältnisse auf dem Strommarkt oder Demand-Response-Anforderungen zwischen Rechenzentren verschoben werden können. Dank der Investition von ABB in das in Santa Clara (USA) ansässige Unternehmen Power Assure stehen GEI, Run-Book-Automatisierung und Power Capping (zur Begrenzung des maximalen Strombedarfs) auch in Decathlon zur Verfügung. Durch das Ventyx-Produktangebot kann Decathlon außerdem mit Strompreis- und Energiehandelsfunktionen ausgestattet werden.

Clevere Energieversorgung

Decathlon nutzt die Funktionen des Energy Manager, einer Lösung, die in der Zellstoff- und Papierindustrie und anderen Branchen erfolgreich eingesetzt wird, in Verbindung mit GEI, um Rechenzentren dabei zu helfen, ihren Spitzenstrombedarf zu minimieren oder ihre Netzanbindung gewinnbringend zu nutzen – z. B. durch die Rückspeisung von Strom aus den Reservegeneratoren im Rahmen eines Demand-Response-Programms. Anstatt die Generatoren einem monatlichen Test zu unterziehen, bei dem die erzeugte Energie in eine Lastbank abgeführt wird, werden die Generatoren eingeschaltet, wenn im Netz Strom benötigt

6 Reifegradmodell für Rechenzentren



wird, wodurch der Eigentümer bedeutende Umsätze generieren kann. Darüber hinaus verbessert diese bidirektionale Netzanbindung die Ausfallsicherheit des Rechenzentrums gegenüber einer herkömmlichen Anordnung mit automatischem Netzumschalter (Automatic Transfer Switch, ATS).

Die Effizienz der Server kann durch Power Capping erhöht werden. Hierbei wird die maximale Leistungsaufnahme von CPUs mit unkritischen Aufgaben zu bestimmten Zeiten begrenzt. Eine bessere Auslastung ohne erhöhtes Risiko lässt sich durch Anpassung der Recheninfrastruktur an den aktuellen Bedarf erreichen. Decathlon bestimmt die optimale Kapazität, die für eine bestimmte IT-Last erforderlich ist, und passt die Serververfügbarkeit zusammen mit der notwendigen Kühlung und den anlagentechnischen Ressourcen dynamisch und in Echtzeit an. Dies führt wiederum zu einer deutlich besseren Betriebseffizienz und verringerten Energiekosten. (Siehe auch den Artikel über die Optimierung des Rechenzentrumsdesigns auf Seite 48 dieses Hefts.)

Hohe Transparenz

Decathlon stellt dem Benutzer alle diese Informationen über eine einzige Bedienerschnittstelle zur Verfügung ➔ 3–5. Grundlegende Messgrößen für die Effizienz eines Rechenzentrums wie der PUE-Wert (Power Usage Effectiveness) werden in konfigurierbaren Dashboards und Berichten durch umfassendere Metriken wie CADE (Corporate Average Data Center Efficiency) ergänzt, die die Serverauslastung berücksichtigen. Noch ist unklar, welche umfassendere Metrik den PUE-Wert als Kennzahl für die Effizienz von Rechenzentren ablösen wird. Mit seiner durchgängigen Transparenz bietet Decathlon den Eigentümern oder Betreibern von Rechenzentren einen einzigartigen und umfassenden Einblick in ihre Systeme mit der Möglichkeit, eigene Leistungskennzahlen zu konfigurieren.

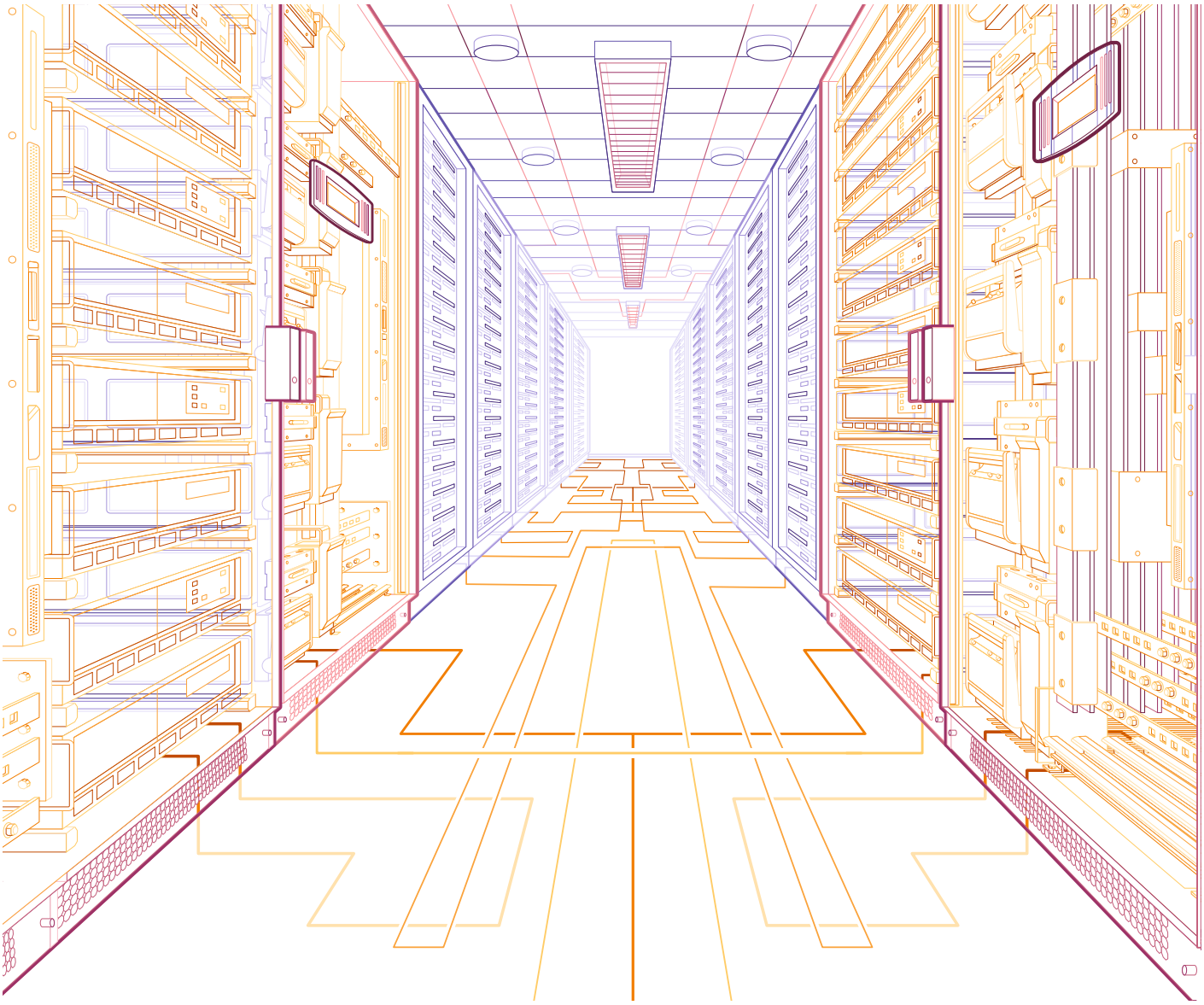
> Decathlon hilft Rechenzentren dabei, ihren Spitzenstrombedarf zu minimieren oder durch Rückspeisung von Strom aus den Reservegeneratoren Umsätze zu generieren.

Apps und Module

Decathlon ist ein modulares System, d. h. nach erfolgter Installation des Kernsystems können ohne Weiteres zusätzliche Anwendungsmodule hinzugefügt werden. In der Praxis trägt jede Anwendung zur Erweiterung und wirksamen Nutzung der Kerndatenbank bei, sodass die Visualisierungs-, Berichterstellungs- und Analyseanwendungen ein immer umfassenderes Bild des Rechenzentrums liefern, wenn weitere mechanische, elektrische oder IT-Komponenten und Systeme hinzugefügt werden. Entschließt sich ein Rechenzentrum dazu, eine DCIM-Lösung zu implementieren, kann es im Reifegradmodell für Rechenzentren in überschaubaren Schritten aufsteigen, anstatt alle Verbesserungen gleichzeitig umsetzen zu müssen. Die meisten Eigentümer, die mit der Implementierung eines DCIM beginnen, befinden sich auf den Stufen 1 oder 2 des Modells ➔ 6.

So mancher Betreiber hat mit einer neuen Anlage möglicherweise einige Jahre lang einen „Uptime Honeymoon“ erlebt, bevor allmählich deutlich wurde, wie wichtig die Echtzeitüberwachung und Wartung ist, um Zwischenfälle und Ausfälle zu vermeiden. In diesem Fall kann eine Stromversorgungs-Management-Lösung dabei helfen, die Betriebszeit der Ausrüstung durch frühzeitige Warnung vor Problemen wie Leistungsschalterauslösungen oder Spannungsspitzen zu verbessern, während Asset-Monitore den Ausfall kritischer Komponenten durch zustandsabhängige Instandhaltung verhindern können. „Reifere“ Betreiber können ihren Netzanschluss von einer Kostenstelle durch Installation einer bidirektionalen Netzanbindung und Teilnahme an einem Demand-Response-Programm in eine Einnahmequelle verwandeln und dabei gleichzeitig die Betriebszeit verbessern.

Jim Shanahan
ABB Process Automation, Control Technologies
Dublin, Irland
jim.shanahan@ie.abb.com



Entscheidungen mit System

Was kann ABB zum Design von Rechenzentren beitragen?

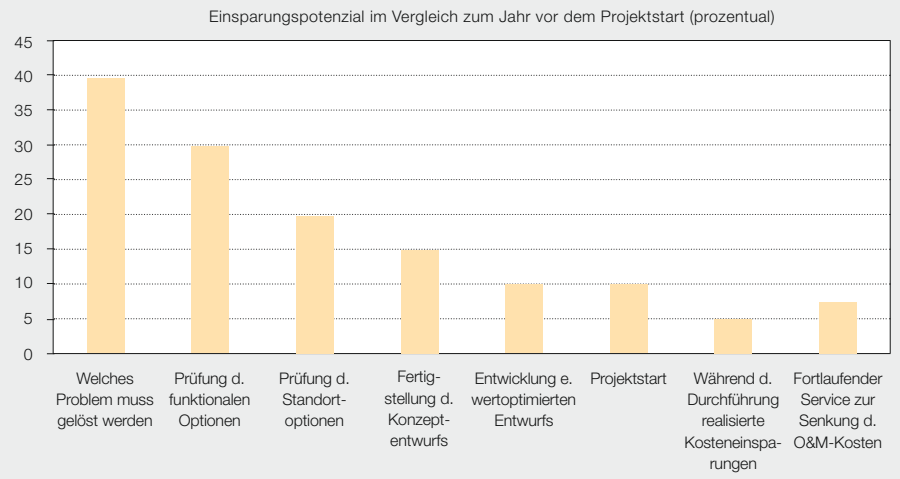
PATRICK KOMISCHKE – Das Design sollte stets vom Zweck des Endprodukts bestimmt werden, und dieser sollte sich in den Anforderungen des Kunden bzw. Endnutzers widerspiegeln. Diese Anforderungen – einschließlich Vorschriften und Industriestandards – werden bei der Produktentwicklung mit den Fähigkeiten und Kompetenzen des Anbieters kombiniert. Das Design der Elektrifizierung eines Rechenzentrums erfolgt in einem sehr dynamischen Umfeld. Es ist kein komplett neues Gebiet der Technik, doch die Bandbreite der Designansätze und die rasche Entwicklung von Technologien und Kundenanforderungen bringen zahlreiche Herausforderungen mit sich. Dies zeigt sich auch in der Tatsache, dass es verschiedene Standards für das Design von Rechenzentren gibt.

Am Anfang des Designprozesses für ein Rechenzentrum steht die Identifizierung der zu erwartenden Lastanforderungen und der erforderlichen Zuverlässigkeit. Die Definition der Zuverlässigkeit erfolgt mithilfe des Tier-Konzepts. Weitere zu berücksichtigende Parameter sind der geografische und physische Standort sowie Sicherheitsaspekte und die erforderliche Kompatibilität mit anderen Systemen.

Ein typisches Design beginnt mit dem Hochspannungs-(HS-)Anschluss, über den Strom aus unabhängigen Quellen bezogen wird. Als Stromquellen können öffentliche Netze oder unabhängige Energieversorger dienen. Von hier aus fließt der Strom durch die Mittelspannungs-(MS-) und Niederspannungs-(NS-)Verteilung, die verschiedene Quellen miteinander kombiniert und die Energie dorthin verteilt, wo sie benötigt wird. In erster Linie sind dies die Server-Racks, aber auch alle Hilfssysteme, die den zuverlässigen und sicheren Betrieb eines Rechenzentrums unterstützen. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um Hardware, doch um eine nahtlose Integration und Kooperation zu gewährleisten, werden mehrere Steuerungssysteme auf der Basis unterschiedlicher Softwareplattformen eingesetzt, die diese Komponenten miteinander kombinieren. Diese große Bandbreite an Disziplinen und Technologien erfordert eine Organisation, die über eine breite Palette von technischen Ressourcen und das dazugehörige Wissen verfügt. Außerdem ist es wichtig, bei der Wahl des optimalen Designs eng mit dem Kunden zusammenzuarbeiten.

Titelbild
Beim Design eines Rechenzentrums geht es nicht nur um die Wahl zwischen unzähligen Anbietern und Produkten, sondern auch zwischen verschiedenen Design- und Betriebsphilosophien. Frühzeitig getroffene Entscheidungen wirken sich dabei über die gesamte Lebensdauer des Rechenzentrums aus. Was ist also der beste Weg durch das Labyrinth aus Entscheidungen?

1 Vorteile des ABB-Systemansatzes



- Geringere Projektrisiken
- Vergabe des Systemprojekts auf der Grundlage einer festen Pauschale (ABB wird nach Ergebnissen, nicht nach Aufwand bezahlt)
- Ein mit dem Kunden und dem Eigentümer koordinierter, integrierter Projektzeitplan
- Reduzierung der Zahl der am Projekt beteiligten Unternehmen und somit der zu koordinierende Schnittstellen
- Unterstützung der Projektorganisation in allen Disziplinen durch ABB-Experten
- Direkte Beteiligung des ABB-Fabrikpersonals
- Ein verantwortlicher Leiter in jeder ABB-Fabrik für die zu liefernde Ausrüstung
- Reduzierung von Lieferengpässen durch Zusicherung von priorisierten Produktionsplätzen in ABB-Fabriken
- Reduzierung der Risiken im Zusammenhang mit neuen Technologien durch Echtzeit-Zugang zu Experten in der Fabrik
- Niedrigere Auftragskosten

ABB verfügt über die erforderliche globale Technologie, die Projektdurchführungskompetenz, das Projekt-/Disziplin-/Produktengineering sowie das notwendige Know-how zur Integration externer Auftragnehmer, um eine optimale Kombination aus Technik, Projekt-Engineering, Projektmanagement und lokaler Kompetenz für eine kostengünstige Lösung bereitzustellen.

- Niedrigere Projektmanagementkosten für den Kunden
- Niedrigere Projektdurchführungskosten
- Geringere Gewährleistungs-, Betriebs- und Wartungskosten für den Kunden
- Große ABB-Kompetenzbandbreite
- Globale ABB-Kompetenz in der Rechenzentrumsbranche
- Technische Experten aus verschiedenen Disziplinen und Fabriken sichern die bestmögliche Lösung aus einer Hand
- Geringere Betriebskosten (siehe Grafik)

Was ist anders am ABB-Ansatz?

ABB besitzt langjährige und umfassende Erfahrung als Produktlieferant für Rechenzentrumsanwendungen. In den vergangenen Jahren wurden verstärkt Anstrengungen unternommen, diese Produkte zu Paketen zu bündeln und Kunden ein breiteres Produktportfolio aus einer Hand anzubieten. Das wahre Potenzial und der Vorteil des Angebots von ABB liegen jedoch im OEM-Systemansatz (Original Equipment Manufacturer). Dieser kombiniert die Stärken des umfangreichen ABB-Produktportfolios mit der Kompetenz eines OEM-Systemintegrators. Das heißt, die Produkte kommen nicht nur von einem einzigen Anbieter, sondern werden von diesem in ein System integriert und dem Kunden bereitgestellt.

Durch verschiedene Akquisen ist es ABB in den letzten Jahren gelungen, ihr Produktportfolio weiter auszubauen, sodass das Unternehmen nun in der Lage ist, nahezu das gesamte Spektrum der Elektrifizierung von Rechenzentren abzudecken. Und sollte sich einmal eine Lücke auftun, sorgt der Systemansatz dafür, dass ein Drittanbieterprodukt gewählt und nahtlos in das ABB-Angebot integriert werden kann.

2 Traditionelle Möglichkeiten der Fremdvergabe

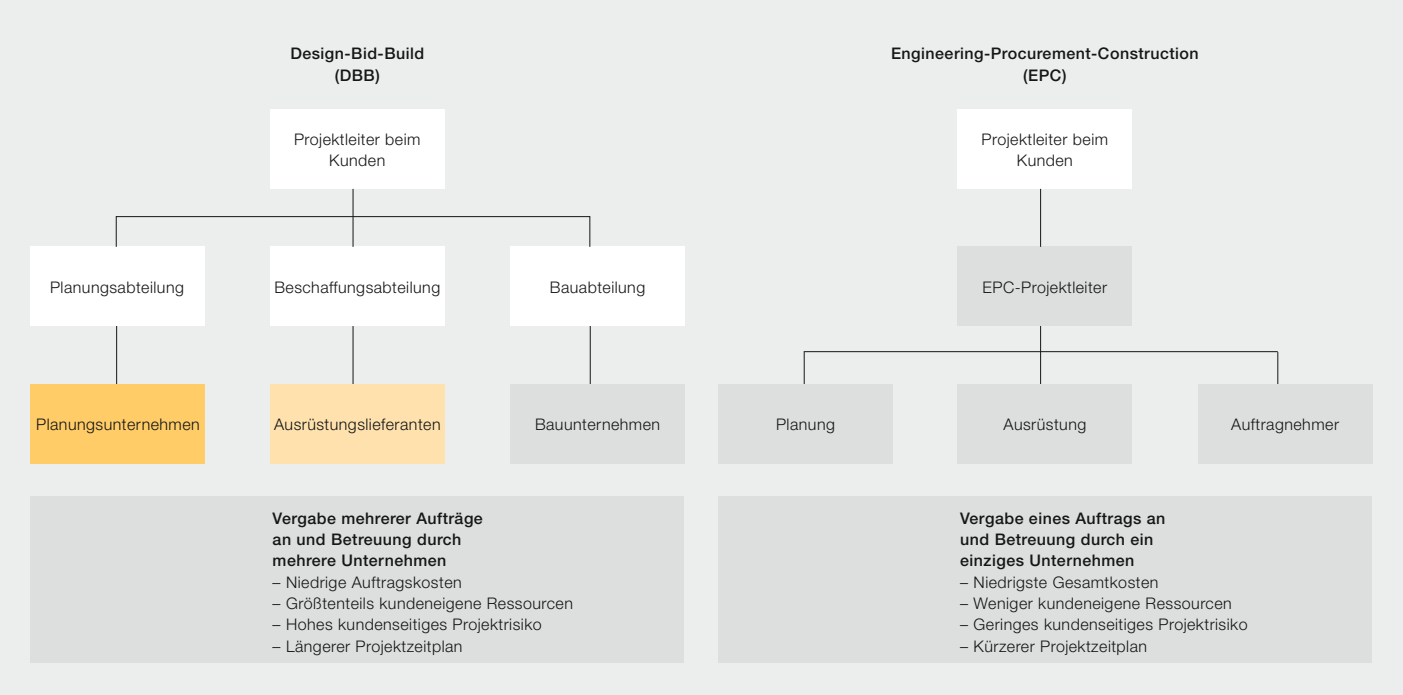


ABB ist nun in der Lage, nahezu das gesamte Spektrum der Elektrifizierung von Rechenzentren abzudecken.

Der Systemansatz, der einem Generalunternehmer- oder EPC-Konzept (Engineering, Procurement, Construction) entspricht, bietet erhebliche Vorteile für Kunden und Investoren in der Rechenzentrumsbranche → 1–2.

Internes ABB-Projekt

Um den Systemansatz zu testen und zu festigen, startete ABB 2012 ein internes Projekt mit dem Ziel, ein 20-MW-Tier-III-Rechenzentrum unter maximaler Nutzung von ABB-Produkten zu konzipieren, wobei man sich so nahe wie möglich an markttypische Lösungen hielt.
Das Ziel bestand als darin, den Systemansatz durch die Verwendung von ABB-Produkten und Produkten der kürzlich erworbenen Unternehmen Baldor und Thomas & Betts zu gewährleisten und diese in eine ABB-Rechenzentrumslösung zu integrieren.

Die Ergebnisse des Projekts waren Prinzipschaltbilder, physische Layouts, Spezifikationen und weiteres Material, die als Grundlage für die Bereitstellung der Rechenzentrumsausrüstung und der Integration aus einer Hand (Systemansatz) bei gleichzeitiger Ausrichtung an Kunden- und Marktanforderungen genutzt werden können. Dieses interne Projekt führte zur erfolgreichen Markteinführung des definierten Systemansatzes.

Der Designansatz im Detail

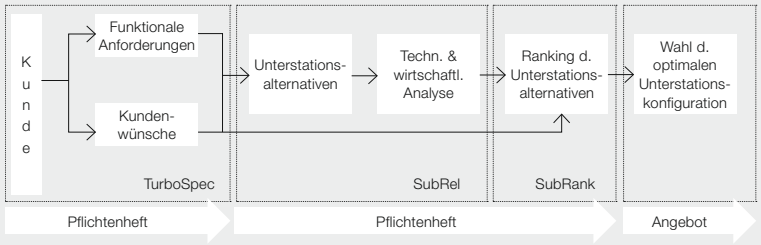
Ausgehend von der HS-Seite musste das Design verschiedene Lösungen wie luft- und gasisolierte Schaltanlagen (AIS und GIS) → 5, verschiedene Transformatortypen und Steuerungssysteme berücksichtigen, um die Zuverlässigkeit, aber auch eine korrekte Anbindung und Integration auf der Netzseite sicherzustellen. Die Frage, ob AIS oder GIS, ist ein viel diskutiertes Thema und ein sehr gutes Beispiel für den Vorteil des Systemansatzes. Bevor eine Entscheidung getroffen wird, kann ABB einen Blick auf das Stromnetz werfen, in das das Rechenzentrum eingebunden werden soll, und in Zusammenarbeit mit dem Kunden und dem betreffenden Energieversorger eine Empfehlung geben. Ein Beispiel für den Evaluierungsprozess ist in → 3 dargestellt. → 4 zeigt einige Faktoren für diese Evaluierung.

Neben dieser System-/Netzanalyse können weitere Faktoren wie der physische Standort und Sicherheitsanforderungen eine Rolle spielen. → 5 zeigt ein Beispiel für einen physischen Vergleich zwischen AIS und GIS (mit erheblichen Platzeinsparungen).

Die gleichen Designschritte und -analysen gelten auch für die MS-Seite, wobei zusätzlich die Integration von Lasten und Subsystemen wie Generatoren als Optionen berücksichtigt werden müssen. Entscheidungen wie Innenraum oder Freiluft, physisch zusammen mit dem Rechenzentrum oder nicht, Geräusche, Sicherheit usw. müssen geprüft und getroffen werden. ABB verfügt über das entsprechende Know-how, um auch diesen Teil in die optimale Lösung einzubinden.

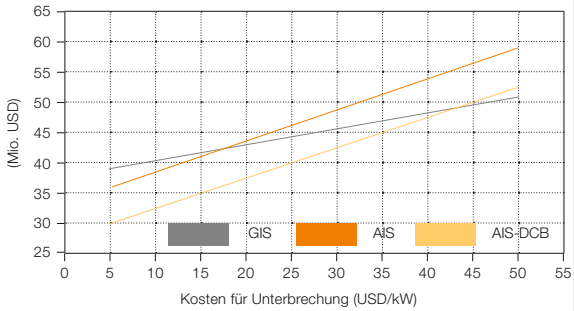
Die zahlenmäßig bedeutendste Auswahl an ABB-Produkten, die bei diesem internen Projekt betrachtet wurde, findet sich auf der NS-Ebene und an der Schnittstelle zur Serverstruktur. Es bleiben jedoch einige Lücken, für die ABB keine Produkte besitzt, um eine bestimmte Funktion abzudecken, oder für die zwar ein Produkt existiert, das aber schwer zu integrieren ist. Hier wird erneut der Nutzen des Systemansatzes deutlich, denn ABB kann Entscheidungen über die Integration eines Drittanbieter-Produkts unterstützten oder ein internes Entwicklungsvorhaben initiieren.

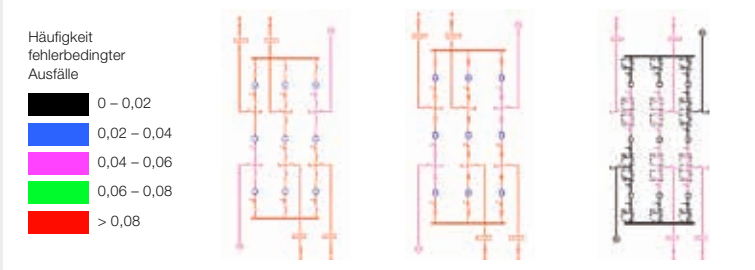
3 Optimierungsprozess für Unterstationen

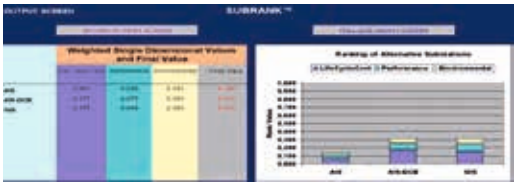


Eckpfeiler der Methodik

1 Erfassung der funktionalen Anforderungen
2 Identifizierung von Alternativen
3 Zuverlässigkeitsanalyse
4 Wirtschaftliche Analyse
5 Ranking der Alternativen
6 Wahl der optimalen Lösung







Konfiguration	Ges. AH/ Jahr	Ges. AD (h/a)	Fehlerbed. AH/Jahr	Fehlerbed. AD (h/a)	Wartungsbed. AH/Jahr	Wartungsbed. AD (h/a)
AIS	0,94748	14,57	0,09748	3,17	0,85	11,40
AIS-DCB	0,54136	13,01	0,09136	3,21	0,45	9,80
GIS	0,36770	12,69	0,05100	3,16	0,32	9,53

AH = Ausfallhäufigkeit / AD = Ausfalldauer

4 Faktoren für die Beurteilung

Werkzeuge für die Beurteilung

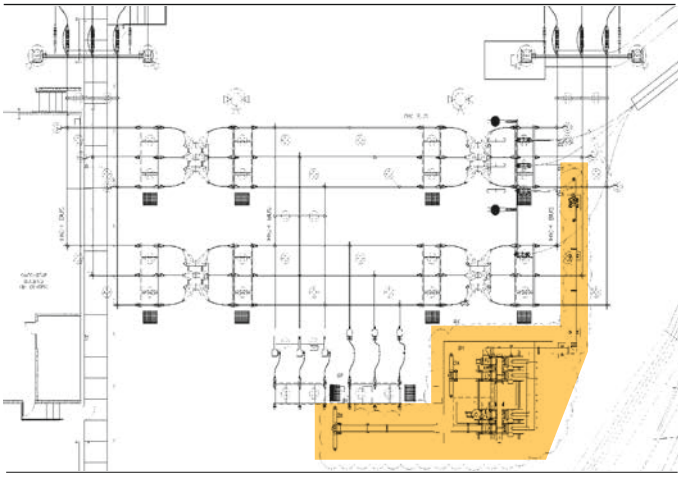
Lebenszykluskosten
- Anschaffungskosten
- Zuverlässigkeitskosten
- Betriebs- & Wartungskosten

Leistungsfähigkeit
- Flexibilität
- Sicherheit
- Automatisierungsgrad
- Alter der Technologie

Umweltfaktoren
- Umweltauswirkung
- Luftverschmutzungs-verträglichkeit
- Aussehen/Ästhetik
- Erzeugter Geräuschpegel
- Erzeugtes elektromagn. Feld
- Störung von Funk/Fernsehen
- Entsorgungsaspekte

Ranking von Systemalternativen

5 ABB Hochspannungs-Schaltanlage (Platzbedarf einer AIS gegenüber einer GIS)



GIS-Unterstationen benötigen bei höherer Zuverlässigkeit nur etwa 15 % des Platzes von herkömmlichen Anlagen.

Neben den traditionellen HS-/MS-/NS-Bereichen beinhaltet das ABB-Portfolio noch weitere Produkte und Softwarelösungen, die in die Rechenzentrumslandschaft passen und zur Kombination, Verknüpfung und Erweiterung der oben genannten Lösungen genutzt werden können. Hierzu gehört auch das Systemintegrationswissen von ABB, das zur Kombination von Produkten zu einem System unentbehrlich ist. Mithilfe des Systemansatzes und durch Nutzung des umfangreichen Wissens aus allen Teilen des Unternehmens kann so eine optimale Lösung für jeden Kunden bereitgestellt werden.

Blick in die Zukunft

Angesichts der Einschränkungen im Bereich der elektrischen Infrastruktur – z. B. in Form von begrenzten qualifizierten Ressourcen im eigenen Unternehmen – erkennen Kunden zunehmend den Mehrwert des ABB-Systemansatzes. Doch auch für Kunden, die sich für ABB-Produkte interessieren und diese inhouse mit Lösungen kombinieren möchten, bietet ABB die passende Lösung.

Patrick Komischke
ABB Power Systems
Raleigh, NC, USA
patrick.komischke@us.abb.com

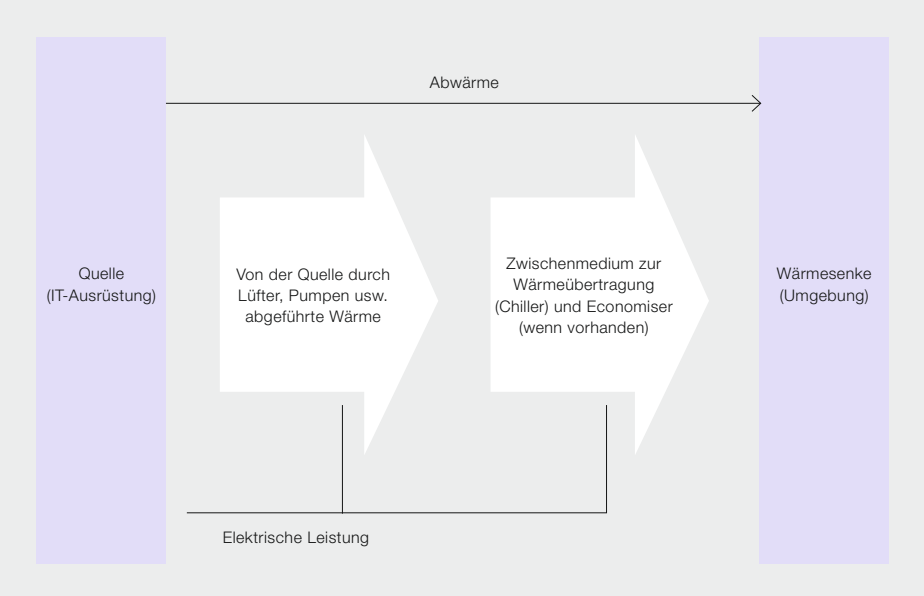
Cool bleiben

Optimales Design und Management von Kühlsystemen

SHRIKANT BHAT, CARSTEN FRANKE, LENNART MERKERT, NAVEEN BHUTANI –
Die anfallende Wärme stellt eines der größten Probleme in Rechenzentren dar. Tatsächlich entfallen bis zu 45 % des gesamten Energiebedarfs eines Rechenzentrums auf die Kühlung der Server-Racks [1] – ein Wert, der mit der Entwicklung immer kompakterer Server und somit zunehmender Leistungsdichten weiter stiegen wird. Kühltechnologien, Energiemanagement- und entsprechende Steuerungssysteme entwickeln sich rasch, um dieses zunehmende Wärmeproblem zu bekämpfen. Moderne Kühlsysteme, die dieser Herausforderung gewachsen sein wollen, müssen einem radikalen Ansatz folgen, der auf eine verbesserte Energieeffizienz, integriertes Management und eine hohe Verfügbarkeit des gesamten Rechenzentrums setzt. Bei der Bewältigung dieser Herausforderungen kommt ABB ihre Erfahrung im Management kritischer elektrischer Systeme und komplexer industrieller Prozesse zugute.

Titelbild
Ein großer Teil der von einem Rechenzentrum verbrauchten Energie geht als Abwärme verloren. Die Bewältigung solch großer Wärmemengen auf so engem Raum erfordert hochentwickelte Kühltechnologien und -verfahren. Foto: © Michelle Kiener

1 Wärmefluss in Rechenzentren



Bis vor Kurzem basierten Wärmemanagementverfahren für Rechenzentren auf den gleichen Methoden, wie sie auch zur Kühlung von Gebäuden verwendet werden. Thermisch gesehen wurde ein Server wie ein Mensch behandelt, was recht gut funktionierte. Doch der Wärmefluss von kommerziellen Mikroprozessoren hat in den letzten zehn Jahren von etwa 1 W/cm² auf 100 W/cm² zugenommen und wird wohl noch weiter steigen [2]. Dies bedeutet eine enorme Steigerung der Anforderungen an die Kühlsysteme.

Aufgabe der Kühlung in einem Rechenzentrum ist es, die von der IT-Ausrüstung (Wärmequelle) erzeugte Wärme an die Umgebung (Wärmesenke) abzuführen. Dies geschieht in zwei Schritten: Zuerst wird die Wärme über ein Medium (Luft oder Wasser) aus den Server-Racks abtransportiert und dann an die Umgebung abgegeben ➔ 1. Bei beiden Schritten wird elektrische Energie verbraucht. Das Ziel von Maßnahmen zur Verbesserung der Kühleffizienz besteht darin, die zur Abfuhr der Wärme erforderliche Energie zu reduzieren und so viel wie möglich davon zurückzugewinnen und wiederzuverwenden. Dies kann durch Neuerungen im Design des Kühlsystems und mithilfe innovativer Betriebsstrategien – z. B. durch intelligente Sensorik und Überwachung und integriertes Systemmanagement – erreicht werden.

Der Entwurf und das Management von Kühlsystemen umfasst mehrere wichtige Bereiche, die im Folgenden näher betrachtet werden sollen ➔ 2.

Neue Kühltechnologien

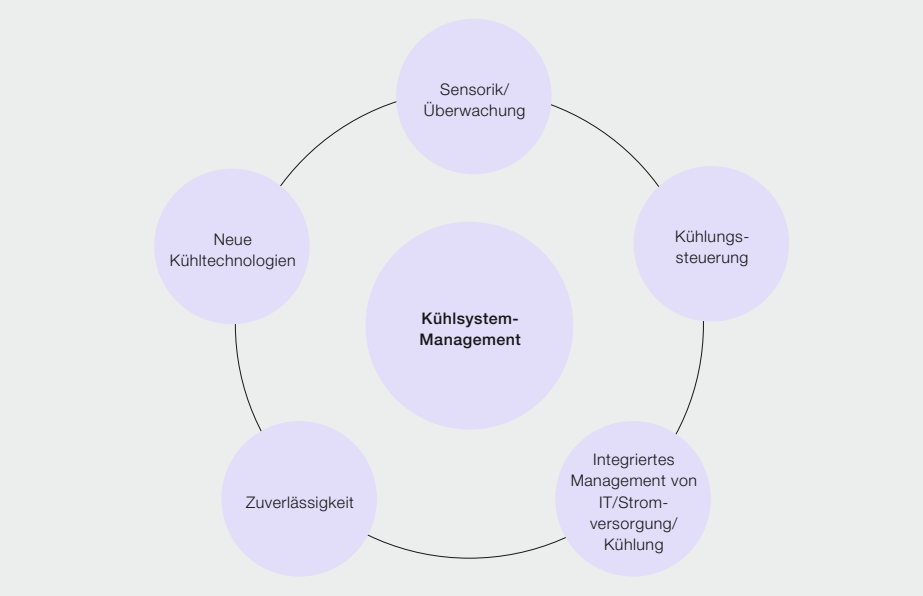
Es gibt verschiedene Kühltechnologien mit unterschiedlicher kommerzieller Reife, von denen einige vielversprechende Ergebnisse liefern ➔ 3. Die Gangeinhausung wird z. B. bereits kommerziell genutzt und kann den Wirkungsgrad des Systems um bis zu 30 % verbessern [3]. Die On-Chip-Kühlung befindet sich in der Vorlaufforschungsphase und soll Berichten zufolge eine Temperatursenkung um bis zu 15 °C bei Wärmeflüssen von bis zu 1.300 W/cm² ermöglichen [4]. Flüssigkeitskühlungen, die den Energieverbrauch im Vergleich zu herkömmlichen luftgekühlten Systemen um bis zu 50 % reduzieren sollen, werden zurzeit kommerzialisiert. Von der Membran-Lufttrocknung und Verdunstungskühlung wird eine Senkung des Energiebedarfs gegenüber herkömmlichen mechanischen Brüdenkompressionssystemen um bis zu 86,2 % berichtet [5].
Die Wärmeabfuhr in einem Rechenzentrum kann durch einen mit Sonnenenergie betriebenen Absorptionskühler unterstützt werden, durch den die Effizienz des Energieeinsatzes (Power Usage Effektiveness, PUE) auf unter eins gesenkt werden kann. (Absorptionskühler nutzen heißes Wasser aus dem primären Kühlkreislauf und gelegentlich Sonnenenergie, um einen zusätzlichen Kühlkreislauf zu betreiben).

Flüssigkeitskühlung, Absorptionskühlung und verdunstungsbasierte Kühlung sind in anderen Industriezweigen bereits gängige Praxis. Doch Rechenzentren stellen aufgrund der inhomogenen Wärmeerzeugung in Verbindung mit einem äußerst dynamischen Lastverhalten und den hohen Zuverlässigkeitsanforderungen einzigartige Herausforderungen an die Kühlung. ABB verfügt nicht nur über das erforderliche Know-how zur Sicherung einer hohen Zuverlässigkeit von kritischen elektrischen Systemkomponenten, sondern auch über umfangreiche Erfahrung auf dem Gebiet des integrierten Prozessmanagements. Diese Fähigkeiten kommen dem Unternehmen bei der Bewältigung der Herausforderungen, die mit der Integration neuer Kühltechnologien in Rechenzenten verbunden sind, zugute.

Überwachung und Sensorik

Der erste Schritt zum Management und zur Steuerung der Kühlung besteht darin, das thermische Verhalten des Rechenzentrums zu überwachen. Gefährliche heiße Stellen können mithilfe von Infrarot- oder drahtlosen Sensoren erkannt werden. Virtuelle Sensoren (sog. Softsensoren), die bereits zur Verfügung stehende Daten mit detaillierten numerischen Strömungsmodellen oder empirischen Modellen kombinieren, stellen ein weiteres wichtiges Werkzeug dar.

2 Schwerpunktbereiche des Kühlsystem-Managements



Ebenfalls wichtig ist die relative Bewertung neuer Technologien:

- Was sind die derzeitigen Kühltechnologien und deren Einschränkungen?
- Welche fortschrittlichen Lösungen können in das Kühlsystem integriert werden?
- Bis zu welchem Grad ist eine Integration oder Anpassung machbar, und was sind die Systemeinschränkungen?
- Welche Auswirkungen hat eine neue Lösung auf die Zuverlässigkeit des gesamten Kühl- und IT-Systems?
- Welchen Mehrwert (Kostenvorteile, Kapitalrendite usw.) bietet die neu hinzugefügte Ressource?

ABB hat bereits Konzepte wie Infrarot-Sensorik, drahtlose Kommunikation, Softsensoren und Fingerprinting in verschiedenen Anwendungen im Bereich der Energie- und Automatisierungstechnik eingesetzt. Dieses Know-how kann – mit entsprechenden Anpassungen – auf die Leistungsüberwachung von Rechenzentren ausgedehnt werden.

Kühlungssteuerung

Das Kühlsystem eines Rechenzentrums umfasst ein Kühlaggregat (Chiller), einen Kühlturm, Pumpen und einen Wärmespeicher → 4. Häufig kommt ein Economiser hinzu, der eine Form der „freien Kühlung“ ermöglicht. Economiser unterstützen die vorhandene Kühlung, indem Sie kältere Außenluft ansaugen und dazu nutzen, den Energieverbrauch des Chillers zu reduzieren. Die Außenluft strömt durch einen oder mehrere Filtersätze, in denen Partikel aufgefangen werden, die die Hardware erwärmen könnten. Außerdem wird die Luft aufbereitet, um die passende relative Luftfeuchtigkeit sicherzustellen.

Um ein solches Kühlsystem auf integrierte Weise zu optimieren, müssen die Nettokosten für den Strom minimiert und gleichzeitig die Kühlanforderungen der IT-Last erfüllt werden. Dies führt häufig zu einem komplexen Demand-Response-Problem, das Eingaben in Form von Wettervorhersagen, Energiepreisen und Last-vs.-Effizienz-Kurven für die gesamte betroffene Ausrüstung beinhaltet. Es hat sich gezeigt, dass ein integriertes Kühlkonzept, das nur die Integration eines Economisers in Verbindung mit modellprädiktiven Regelungsstrategien für die Temperaturregelung vorsieht, die Kühlmanagementkosten um bis zu 30 % reduzieren kann [6]. Dies könnte durch den Einsatz zusätzlicher Speicher und ein entsprechendes Demand-Response-Management zur Nutzung von Energiepreisschwankungen weiter verbessert werden.

Ein modularer Ansatz

Modulare Kühleinheiten bieten Rechenzentren die Möglichkeit, ihre Kapazitäten schrittweise auszubauen. Aufgrund ihrer großen Beliebtheit haben sich solche Einheiten mittlerweile zu einem De-facto-Designstandard entwickelt. Allerdings stellen sie aufgrund der Wechselwirkung mit anderen Einrichtungen wie dem Chiller, Verdampfer und Economiser eine

IT-Lastmanagement, Kühlung und Stromversorgung sind häufig entkoppelt, d. h. IT-Jobs werden ohne Rücksicht auf die Kühl- oder Energieanforderungen gestartet. Um dies zu vermeiden, ist eine Koordination aller drei Subsysteme erforderlich.

Um ein Kühlsystem auf integrierte Weise zu optimieren, müssen die Nettokosten für den Strom minimiert und gleichzeitig die Kühlanforderungen der IT-Last erfüllt werden.

3 Treiber für neue Kühlkonzepte mit Anwendungsbeispielen

Treiber	Anwendungs-beispiele	Anmerkungen
Thermo-dynamischer Wirkungsgrad	Gangeinhausung On-Chip-Kühlung	Bemühungen zur Minimierung der Energie- und Exergieverluste durch lokale Wärmeabfuhr und Verhindern des Mischens unterschiedlicher Temperatur-ströme
Werkstoffe	Flüssigkeitskühlung Membran-Luft-trocknung und Ver-dunstungskühlung	Neue Werkstoffe ermöglichen einen höheren Wirkungsgrad und eine schnelle Wärmeabfuhr.
Abwärmerück-gewinnung	Absorptions-kühlung	Die Nutzung der Abwärme von Rechenzentren zur Kühlung gehört zu den vielversprechendsten Möglichkeiten.
Integration erneuerbarer Energien	Solare Kühlung	Die solare Kühlung ist eine der vielversprechendsten Möglichkeiten zur Kühlung von Rechenzentren mithilfe erneuerbarer Energien.

Herausforderung für die integrierte Kühlungssteuerung dar und bringen zusätzliche Randbedingungen für das oben beschriebene Problem mit sich.

Die ABB cpmPlus Energy Manager Software ist in der Lage, solche integrierten Demand-Response-Probleme zu bewältigen und Kunden dabei zu helfen, zusätzliche Vorteile zu realisieren.

Integriertes Management von Energie, IT und Kühlung

In nahezu allen bestehenden Rechenzenten ist das Management der IT-Last nicht mit dem Kühlungsmanagement oder der Stromversorgung gekoppelt. Das bedeutet, dass die Software für das IT-Lastmanagement unabhängige Entscheidungen über das Starten neuer IT-Jobs oder das Verlagern laufender Jobs trifft, ohne die erforderliche Kühlung oder elektrische Leistung zu berücksichtigen. Dieses „egoistische“ Verhalten kann zwar dabei helfen, den Leistungsbedarf der IT-Ausrüstung zu senken, allerdings auf Kosten eines höheren Energieverbrauchs für die Kühlung.

Um solche Szenarien zu vermeiden, ist eine Koordination aller drei Subsysteme erforderlich. Außerdem wird ein dynamisches und vorausschauendes IT-Lastmanagementtool benötigt, damit der Standort des Rechenzentrums und eine entsprechende zeitabhängige Energiebereitstellung berücksichtigt werden können. Mit einem fortschrittlichen Lastmanagement dieser Art, das in das Decathlon™ DCIM-System (Data Center Infrastructure Management) von ABB integriert werden könnte, sind Energieeinsparungen von 20–40 % möglich [7].

Auch Wartungsaspekte können direkt in eine solche Lösung eingebunden werden – z. B. durch Aufteilung der Last zwischen Servern und den dazugehörigen Kühlgeräten, um die Alterung der Komponenten auszugleichen. Auch beim Energiemanagement kann eine solche Lösung helfen: Erreichen die Kühlanforderungen oder die Energiepreise kritische Werte, kann Decathlon z. B. die Spannungsversorgung einzelner Komponenten dynamisch absenken oder die Taktfrequenz reduzieren, um die Kühlanforderungen und den Energieverbrauch zu senken. Dieses Verfahren, das sogenannte DVFS (Dynamic Voltage and Frequency Scaling) wird so umgesetzt, dass die Dienstgütevereinbarungen der IT-Jobs nicht verletzt werden. Auch die Verlagerung (Migration) von IT-Jobs auf andere Server ist möglich, um Energie oder Kühlleistung zu sparen. In der Vergangenheit war dies nur bei sehr wenigen Anwendungen möglich, die Checkpointing (Speichern des aktuellen Prozesszustands zur späteren Wiederaufnahme) unterstützten. Mittlerweile vereinfacht die vermehrte Nutzung von virtualisierten Servern eine solche Migration.

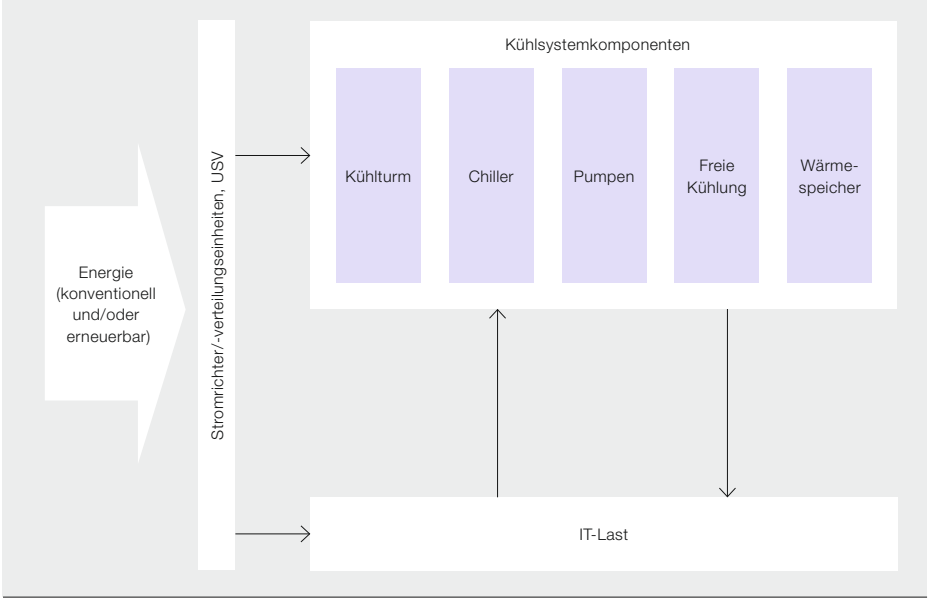
Das koordinierte Management kann auf die Ressourcen mehrerer, geografisch verteilter Rechenzentren ausgedehnt werden. Dies ermöglicht weitere Energieeinsparungen von 5–10 %. Der Hauptvorteil einer Verteilung der IT-Last auf mehrere Rechenzentren besteht darin, dass die installierte Kapazität pro Rechenzentrum kleiner sein kann als die maximale Leistung, die für einen isolierten Betrieb des Rechenzentrums erforderlich wäre, da einige Ressourcen gemeinsam genutzt werden können. Dies führt indirekt auch zu einer besseren Energienutzung. Eine IT-Lastverteilungsstrategie nutzt tageszeitabhängige Schwankungen der Energiepreise und Unterschiede in den Umgebungstemperaturen zwischen den Standorten. Energiepreisprognosen und Vorhersagen des Kühlbedarfs können dem Decathlon-System entnommen werden, sodass lediglich der Informationsfluss zum IT-Lastmanagement hergestellt werden muss.

Ein rechenzentrenübergreifendes IT-Lastmanagement bietet zwar Vorteile, ist aber auch rechtlichen und logistischen Einschränkungen unterworfen. So können Daten z. B. an einen bestimmten juristischen Geltungsbereich gebunden sein, was die Möglichkeiten der Migration begrenzt. Darüber hinaus spielen Sicherheitsaspekte und Datenschutz eine besondere Rolle, wenn die Rechenzentren verschiedenen juristischen Einheiten gehören. Ferner müssen der mit der Migration verbundene zusätzliche Energiebedarf und die Kommunikationskosten berücksichtigt werden.

Zuverlässigkeit

Schwankende Luftfeuchtigkeit, schlechte Luftqualität und Temperaturschwan-

4 Schema eines Rechenzentrums mit Kühlungs-, IT- und Stromversorgungskomponenten



kungen sind die hauptsächlichen mit dem Einsatz eines Economisers verbundenen Phänomene, die die Zuverlässigkeit beeinträchtigen. Zur Verbesserung der Zuverlässigkeit kann die Qualität der angesaugten Luft überwacht werden. Fällt diese unter eine bestimmte Norm, können vorbeugende Maßnahmen getroffen werden. Decathlon ist z. B. in der Lage, externe Lüftungsöffnungen automatisch zu schließen und auf eine andere Art der Kühlung umzuschalten, wenn sich die Luftqualität verschlechtert.

Auch heiße Stellen wirken sich negativ auf die Zuverlässigkeit aus. Durch eine wirksame Überwachung und Steuerung können solche Stellen ohne Überdimensionierung der Kühlung für das gesamte Rechenzentrum verhindert werden, was die Energiekosten direkt senkt.

Ein weiterer Ansatz zur Steigerung der Zuverlässigkeit besteht in der regelmäßigen Wartung bzw. dem regelmäßigen Austausch kritischer Komponenten, bevor es zu einem Ausfall kommt. Der Eingriff kann nach einem bestimmten Zeitraum erfolgen, der durch die mittlere Betriebsdauer zwischen Ausfällen (MTTF) oder die Garantie des Herstellers bestimmt wird. Doch ein solcher Ansatz auf der Basis eines festen Zeitraums ist nicht ideal. Da die tatsächlichen Lastprofile, Umgebungs- und Betriebsbedingungen von den Durchschnittswerten der Hersteller abweichen können, ist es besser, die Wartungs- und Austauschintervalle für jede Ausrüstungskomponente individuell zu bestimmen. Ein Leistungsverlust oder ungewöhnliches Verhalten der Ausrüstung kann auf einen bevorstehenden Ausfall hindeuten. Durch Überwachung der Betriebsbedingungen kritischer Komponenten kann die Planung von Wartungs- und Austauschhandlungen verbessert werden.

Zum Beispiel weisen die Spannungen über den Kondensatoren eines Stromrichters kurz vor dem Ausfall des Netzteils massive Spannungsabfälle und ungewöhnliche Schwankungen auf. Werden solche Abweichungen überwacht und verfolgt, können präventive Maßnahmen wie Reparaturen oder ein Austausch genau dann veranlasst werden, wenn diese notwendig sind. Dies senkt die Ausfallzeiten der Ausrüstung, da Störungen vorhergesehen und behoben werden, bevor es zum Ausfall kommt. In der Folge steigt die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit des Rechenzentrums. Außerdem werden unnötige Wartungs- und Austauschkosten vermieden.

ABB hat ihre Fähigkeiten in der Überwachung und Sicherung der Zuverlässigkeit von Systemen in einer Vielzahl von kritischen Anwendungen im Bereich der industriellen Energie- und Automatisierungstechnik unter Beweis gestellt. Dank dieser Erfahrung ist ABB bestens positioniert, um Kunden auch beim Management kritischer Rechenzentren zu unterstützen – insbesondere, wenn Tools wie Decathlon zur Verfügung stehen.

Ein fortschrittliches Lastmanagement, das in das Decathlon™ DCIM-System von ABB integriert werden kann, ermöglicht Energieeinsparungen von 20–40 %.

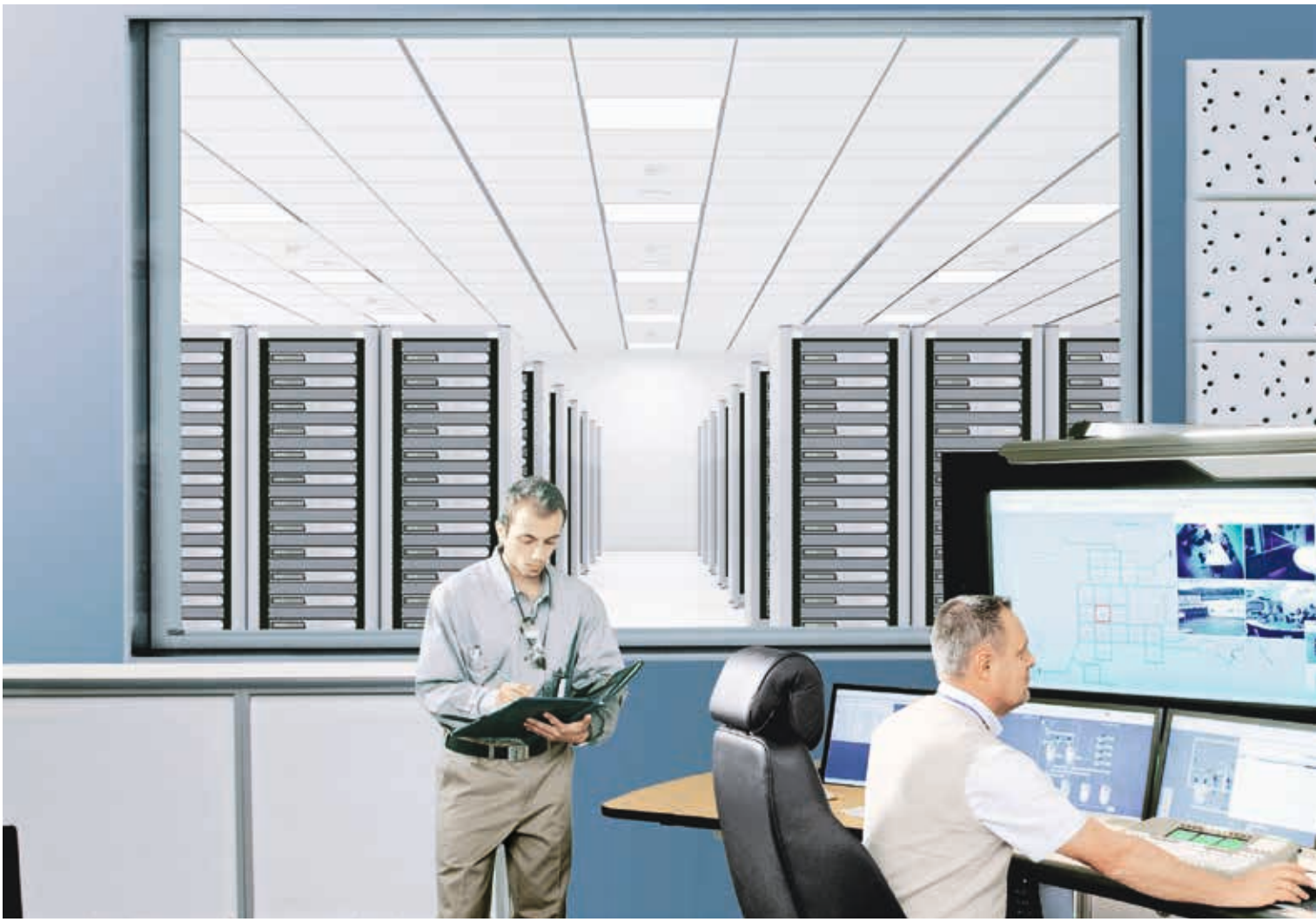
Shrikant Bhat
Naveen Bhutani
ABB Corporate Research
Bangalore, Indien
shrikant.bhat@in.abb.com
naveen.bhutani@in.abb.com

Carsten Franke
ABB Corporate Research
Baden-Dättwil, Schweiz
carsten.franke@ch.abb.com

Lennart Merkert
ABB Corporate Research
Ladenburg, Deutschland
lennart.merkert@de.abb.com

Literaturhinweise

[1] J. B. Marcinichen et al. (2012): „A review of on-chip micro-evaporation: Experimental evaluation of liquid pumping and vapor compression driven cooling systems and control“. Applied Energy, Vol. 92, Issue C: 147–161
[2] J. B. Marcinichen et al (2012): „On-chip two-phase cooling of data centers: Cooling system and energy recovery evaluation“. Applied Thermal Engineering, Vol. 41: 36–51
[3] Subzero Engineering Inc. (August 2013): „Hot aisle containment“. Online unter http://www.subzeroeng.com/containment/hot-aisle-containment
[4] C. Ihtesham et al (2009): „On-chip cooling by superlattice-based thin-film thermoelectrics“. Nature Nanotechnology, Vol. 4, Issue 4: 235–238
[5] El-Dessouky et al (2000): „A novel air conditioning system: Membrane air drying and evaporative cooling“ Trans. IChemE, Vol. 78, Part A: 999–1009
[6] R. Zhou et al (2012): „Optimization and control of cooling microgrids for data centers“. HP Technical Report
[7] W. Nebel et al (2009): „Untersuchung des Potentials von rechenzentrenübergreifendem Lastmanagement zur Reduzierung des Energieverbrauchs in der KIT“. OFFIS Institut für Informatik



Der Blick in die Kristallkugel

Optimierung des Designs von Rechenzentren

ZHENYUAN WANG, ALEXANDRE OUDALOV, FRANCISCO CANALES, ERNST SCHOLTZ –
„Das Design von Rechenzentren optimieren“ klingt viel leichter, als es in Wirklichkeit ist, denn die beteiligten Eigentümer, Architekten und Ingenieure haben häufig unterschiedliche Prioritäten. Die Fähigkeit, die Wünsche dieser Parteien unter einen Hut zu bringen und gleichzeitig aktuelle und zukünftige Branchentrends zu berücksichtigen, ist eine der wichtigsten Kompetenzen bei der Optimierung von Rechenzentren. Ein besonders bedeutender und dynamischer Trend ist die Energieeffizienz. Ein Aspekt, der in diesem Zusammenhang weltweit Beachtung findet, ist die autarke, DC-basierte Versorgung von Rechenzentren.

Für Rechenzentren wäre eine reine DC-Welt perfekt, da die meisten erneuerbaren Energiequellen Gleichstrom liefern.

Herkömmliche Generatoren erzeugen normalerweise Wechselstrom (AC). Zwischen ihnen und den mit Gleichstrom (DC) betriebenen Verbrauchern – z. B. in einem Rechenzentrum – können viele verlustreiche AC/DC/AC/DC-Umwandlungsschritte stehen. Eine ausschließlich auf Gleichstrom basierende Welt wäre perfekt, besonders weil die meisten erneuerbaren Energiequellen von Natur aus Gleichstrom liefern. Diese DC-Vision hat auch die EMerge Alliance zum DC-Mikronetz-fähigen „Enernet"-Konzept inspiriert. Die EMerge Alliance ist ein nicht kommerzieller, offener Industrieverband, der sich die schnelle Einführung einer sicheren Gleichstromverteilung in kommerziellen Gebäuden durch die Entwicklung geeigneter Standards zum Ziel gesetzt hat [1]. Durch die Reduzierung der AC/DC-Umwandlungen in typischer AC-betriebener Elektronik kann ein DC-Gebäude 5–15 % effizienter sein. Und durch die lokale Erzeugung elektrischer Energie aus Biokraftstoff, Photovoltaik (PV) und Windkraft können Netto-Null-Energie-Gebäude zu einer autarken Alternative zu herkömmlichen, extern versorgten Gebäuden werden. Rechenzentren sind ein bedeutender Anwendungsbereich für diese Vision.

Titelbild
Die Serverleistung ist nur einer von vielen Faktoren, die es beim Entwurf eines Rechenzentrums zu berücksichtigen gilt.

Andere Aspekte

Bei der Optimierung von Rechenzentren gibt es außer der Energieeffizienz noch weitere Aspekte, die es zu berücksichtigen gilt.

Investitions- und Betriebskosten

Die Endkosten einer bestimmten Architektur werden von vielen Faktoren bestimmt. So kann z. B. die Installation von Filtern zwischen dem Stromnetz und dem Rechenzentrum erforderlich sein, um die in das AC-Netz eingespeisten Oberschwingungsströme zu mildern, was die Investitionskosten erhöht.

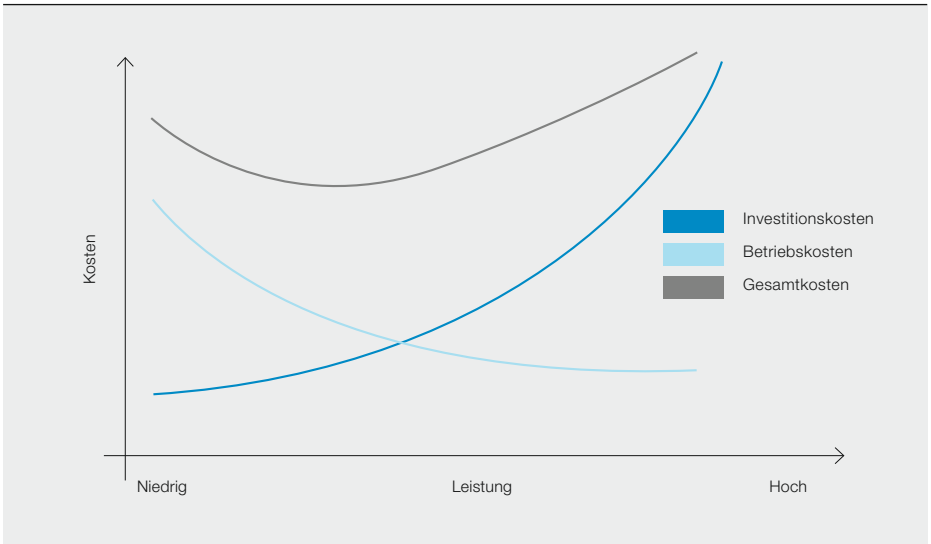
Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit

Herkömmliche DC-basierte Rechenzentrumsdesigns werden nach der sogenannten Tier-Klassifizierung eingeteilt, wobei jede Tier-Klasse ihre eigenen Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitsanforderungen besitzt (siehe Seite 11–15 in diesem Heft). Neben einer Schädigung des öffentlichen Ansehens können Ausfälle weitreichende finanzielle Auswirkungen für den Eigentümer/Betreiber eines Rechenzentrums haben. Eine „selbstheilende" Funktion im Stromversorgungsnetz kann dabei helfen, die Zuverlässigkeit zu verbessern, und wird in Rechenzentren immer häufiger eingesetzt. Andererseits sind Verbesserungen der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit meist mit zusätzlichen Kosten verbunden.

Schutz und Sicherheit

Geeignete Schutz- und Sicherheitsmaßnahmen müssen konsequent umgesetzt werden.

1 Ermittlung der geringsten Gesamtbetriebskosten für ein einzelnes Leistungsziel (z. B. Zuverlässigkeit, Effizienz, Umweltauswirkung)



Durch die lokale Energieerzeugung aus Biokraftstoff, Photovoltaik und Windkraft können Netto-Null-Energie-Gebäude zu einer autarken Alternative zu herkömmlichen, extern versorgten Gebäuden werden.

Skalierbarkeit
Um steigenden Anforderungen gerecht zu werden, planen einige Eigentümer von Rechenzentren einen schrittweisen Ausbau der Serverleistung und Stromversorgungskapazitäten. Letzteres erfordert Entscheidungen hinsichtlich Anzahl und Typ der Reservegeneratoren, Konfiguration der modularen USV-Umrichter/Batterien usw.

Platzbedarf
Ein geringer Platzbedarf besonders an Standorten mit hohen Immobilienpreisen von Vorteil. Dies ist jedoch meist mit einer höheren Leistungsdichte in den Server-Racks verbunden, was wiederum die Kosten für das Kühlsystem erhöht.

Erneuerbare Energien
Erneuerbare Energiequellen, insbesondere PV und Wind, sollten einfach eingebunden werden können. Die Nutzung erneuerbarer Energie stärkt das öffentliche Ansehen des Rechenzentrums, während zusätzliche Investitionskosten an ressourcenreichen Standorten häufig wieder wettgemacht werden können. Weltweit sind „grüne Rechenzentren“ ein wachsender Trend.

Netto-Null-Energie
Netto-Null-Energie-Rechenzentren sind für gewöhnlich kleiner als der Durchschnitt und nutzen häufig erneuerbare Energieressourcen. In den meisten Fällen sind eine zuverlässige Reservestromversorgung und Servicevereinbarung mit einem Energieversorger (EVU) sowie ein Energiespeicher erforderlich.

Kühlung
Die Leistungsdichten moderner Rechenzentren liegen bei über 10 kW pro Rack und werden in Zukunft weiter steigen. Eine Flüssigkeitskühlung liefert über 20 kW pro Rack, ist aber mit höheren Anfangsinvestitionen verbunden.

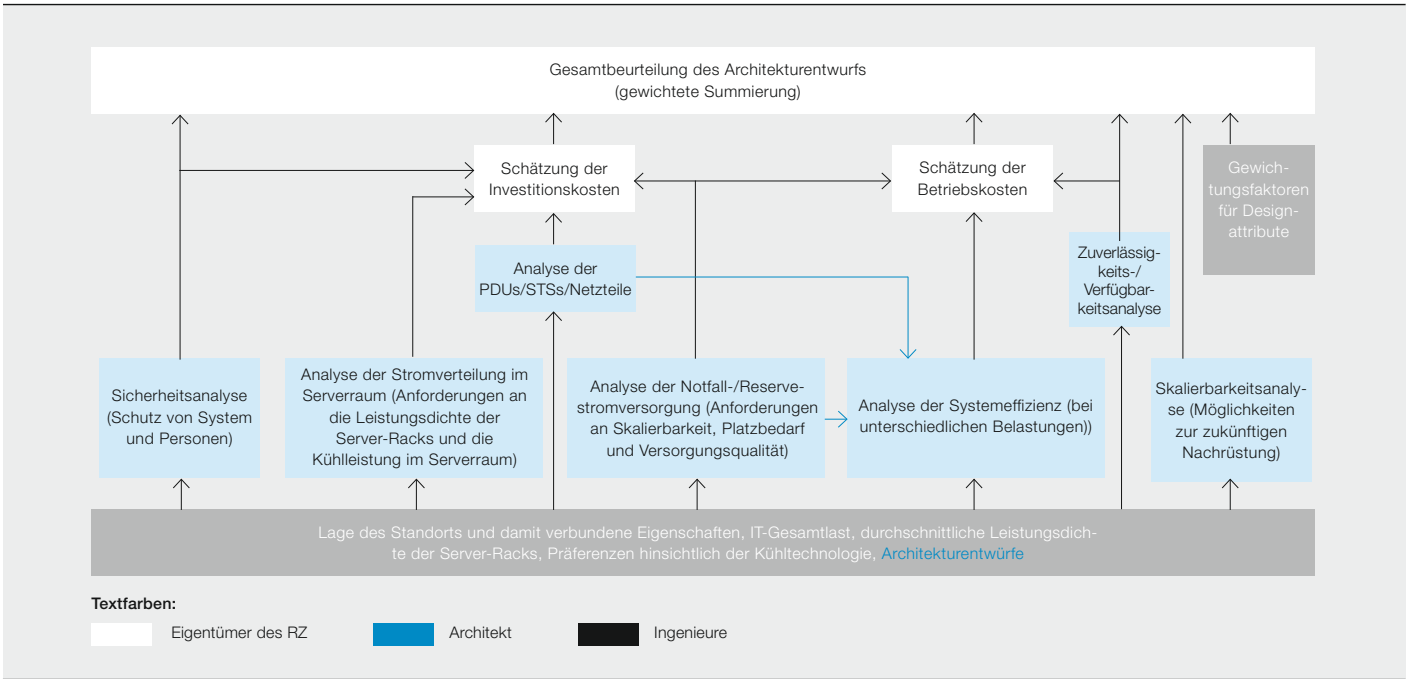
Standort
Der geografische Standort des Rechenzentrums ist ein Aspekt, wenn es mehrere Optionen gibt. Der Standort hat Auswirkungen auf die Immobilienkosten, Stromkosten, die Anschaffungs- und Betriebskosten für die Kühlung usw.

Die Frage ist also, wie sich angesichts dieser vielen miteinander verbundenen Faktoren, die sich alle auf die Wahl der endgültigen Architektur auswirken, eine optimale Architektur bestimmen lässt.

Ist ein optimales Design überhaupt möglich?

Wichtig ist die Definition eines „optimalen Designs“. Für einige ist es das Design, das ein bestimmtes Leistungsziel mit den niedrigsten Gesamtbetriebskosten erreicht → 1. Für andere wiederum ist es das Design mit der geringsten Umweltauswirkung, dem geringsten Platzbedarf, der höchsten Effizienz usw. Für einen Planer von Neubauten mit einem starken ökologischen Verantwortungsbewusstsein und einer hohen Finanzkraft wäre „optimal“ wahrscheinlich gleichbedeutend mit „am umweltfreundlichsten“. Für einen kleinen Projektentwickler, der eine schnelle Kapitalrendite sucht und sich noch nicht für

2 Prozess zur Optimierung der Rechenzentrumsarchitektur.
Die Pfeile zeigen Abhängigkeiten, Elemente der technischen Analyse sind in hellblauen Kästen dargestellt.



teure Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien interessiert, sind die geringsten Anfangsinvestitionen vielleicht das „Optimum“.

Für einen Planer mit klaren Zielvorstellungen ist ein optimales Design für eine Rechenzentrumsarchitektur stets möglich. Allerdings müssen einige grundsätzliche Voraussetzungen und Anforderungen erörtert werden:

- Die Anzahl von Jahren, die das Rechenzentrum betrieben werden soll, bis eine größere Modernisierung vorgesehen ist.
- Der geografische Standort des geplanten Rechenzentrums, denn dieser bestimmt die Immobilienpreise, die Möglichkeiten zur alternativen Energieversorgung, die klimatischen Bedingungen (Kühlkosten) und Faktoren wie Verträge mit EVUs über die Erbringung von Systemdienstleistungen oder mit anderen Gebäudeeigentümern über die Bereitstellung einer zentralen Wärmeversorgung (letzteres kann dabei helfen, Kosten zu kompensieren).
- Die durchschnittliche Leistungsdichte der Sever-Racks für die geplante funktionale Lebensdauer des Rechenzentrums
- Die Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitsziele bzw. alternativ die tolerierbare jährliche Ausfallrate
- Standortbezogene Randbedingungen (verfügbarer Platz, EVU-Versorgung und Anschlussanforderungen)
- Langfristiger Plan für den Standort und das Rechenzentrum

Ausgehend von der Definition von „optimal“ und den grundsätzlichen Voraussetzungen und Anforderungen können mehrere Entwürfe für die Rechenzentrumsarchitektur entwickelt und analysiert werden, um die beste Lösung zu bestimmen. Dieser Vorgang erfordert jedoch die Beteiligung aller Parteien – des Eigentümers, des Architekten und der Ingenieure (für die IT, das Netzwerk, die Elektrik, die Kühlung usw.) → 2.

Rolle des Eigentümers

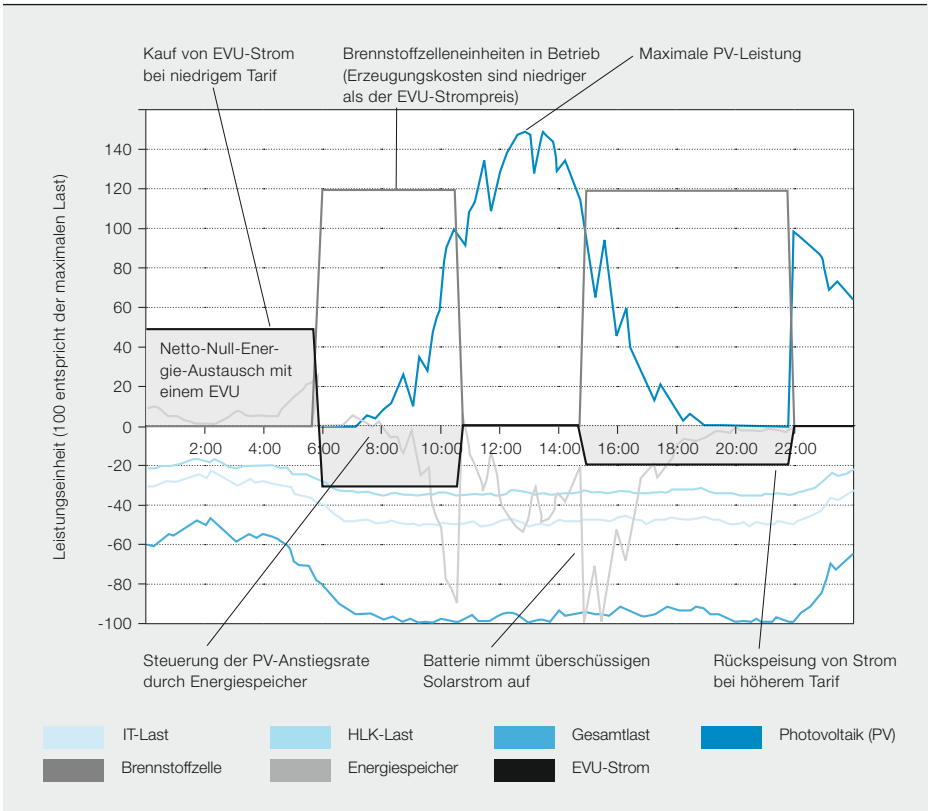
Der Eigentümer des Rechenzentrums (bzw. der Adressat der optimierten Architekturlösung) spielt eine zentrale Rolle im Optimierungsprozess, da er mit vielen Aspekten vertraut ist, die für das Design des Rechenzentrums relevant sind. Dazu gehören unter anderem:

- Der geografische Standort mit den entsprechenden, oben genannten Informationen
- Die geplante kurzfristige und zukünftige Lastkapazität (in MW). Dies bestimmt die Anforderungen an die Überdimensionierung und Zuverlässigkeit der elektrischen Ausrüstung.
- Die durchschnittliche Leistungsdichte der Server-Racks (in kW/Rack). Dies beeinflusst das Design des Kühl-

Skalierbarkeit ist wichtig, da einige Eigentümer von Rechenzentren einen schrittweisen Ausbau planen, um steigenden Anforderungen gerecht zu werden.

Minimierung der Kosten und Maximierung der Energieeffizienz gelten als die beiden wichtigsten Ziele beim Entwurf von Rechenzentren, wobei die Zuverlässigkeit keine Kompromisse zulässt.

3 Ein Netto-Null-Energie-Rechenzentrum darf über einen bestimmten Zeitraum netto keine Energie aus dem Stromnetz verbrauchen.



systems und die Dimensionierung der elektrischen Ausrüstung.
– Bevorzugte Kühltechnologien

Vor allem aber liefert der Eigentümer wichtige Eingaben für den Prozess, da er die Gewichtung der verschiedenen Attribute in der Gesamtbeurteilung bestimmt.

Die Rolle des Architekten

Auf der Grundlage der Eingaben des Eigentümers entwirft der Architekt mehrere Designs. Diese können auf DC, herkömmlichem AC oder einer Mischung aus beiden basieren. Außerdem kann ein Design mehrere Notfall-/Reserveenergiequellen, Schutzkonzepte usw. beinhalten. Der Architekt bestimmt grob die Kosten- und Leistungsattribute eines Rechenzentrums. Genauere Zahlen werden später durch genaue technische Berechnungen und Evaluierungen ermittelt.

Die Rolle des Ingenieurs

Nachdem die Anforderungen des Eigentümers und die Architektur geklärt sind, steht die technische Analyse im Mittelpunkt. Allein die Festlegung der Stromversorgung erfordert zahlreiche Analysen → 2:
– Analyse der Stromverteiler (Power Distribution Units, PDUs), statischen Umschalter (Static Transfer Switches, STSs) und Netzteile – abhängig von der Architektur und der IT-Gesamtlast müssen Art, Bemessungsdaten, Platzbedarf, Leistungsdichte, Effizienz, Zuverlässigkeit, Kosten und Anzahl der erforderlichen Einheiten bestimmt werden.
– Analyse der Stromverteilung im Serverraum – je nach Leistungsdichte der Server-Racks und der gewählten Kühltechnologie bestimmt diese Analyse die Größe, Länge und Sicherheitserdung der Stromverteilungsschiene und der Einspeisung.
– Analyse der Notfall-/Reservestromversorgung – Notfallstromversorgung bezieht sich auf unterbrechungsfreie Stromversorgungen (USVs), die auf Batterien, Ultrakondensatoren oder Schwungradsystemen basieren können. Reservestromversorgung bezieht sich auf Dieselgeneratoren und andere Arten von Stromerzeugern, die Strom für mehrere Stunden oder Tage liefern können. Der Architekt hat sich möglicherweise mit der Art und Redundanz dieser Anlagen befasst, doch in dieser Analyse werden die Bemessungsdaten, Hilfseinrichtungen (Schutz und Steuerung), der Platzbedarf, die Effizienz, die Zuverlässigkeit, die Kosten und die Anzahl festgelegt. Unterschiede in den Baukosten zwischen alternativen Technologien werden beim Entwurf der Räume für die Notstrom- bzw. Reservestromversorgungen (z. B. Umrichter- und Batterieräume) betrachtet.
– Die Sicherheitsanalyse bestimmt geeignete Schutzeinrichtungen und Erdungsmethoden – einschließlich der Art, der Bemessungsdaten und Anzahl der Schutzgeräte sowie der Größe/Länge der Erdungsleiter. Die Fehlerstrom-Begrenzungsfunktion von Stromrichtern wird bei der Dimensionierung der Schutzgeräte berücksichtigt.

Zur Bestimmung der besten Lösung können mehrere Entwürfe für die Architektur entwickelt und analysiert werden.

– Die Analyse der Systemeffizienz wird für mindestens drei Belastungsstufen durchgeführt: 20, 50 und 100 %. Haupteingaben für diese Analyse sind die Effizienzkurven der PDUs/STSs/Netzteile und USV-Stromrichter. Die Zuleitungen der Stromverteilung im Serverraum sind recht kurz, sodass für sie ein Wirkungsgrad von 100 % angenommen werden kann.
– Das Ergebnis der Systemeffizienzanalyse liefert zusammen mit den Betriebskosten für die Notfall-/Reservestromversorgung und den Umsatzeinbußen/Strafen bei Ausfällen die Haupteingabe für die Schätzung der Betriebskosten. Die Investitionskosten werden auf Grundlage der für die Stromversorgung/-verteilung und für den Schutz der IT erforderlichen Ausrüstung geschätzt. Andere Arten von Betriebs- und Investitionskosten sind für alle Architekturen gleich und werden im Optimierungsprozess nicht berücksichtigt.
– Die Zuverlässigkeits-/Verfügbarkeitsanalyse stellt sicher, dass die Architektur bestimmte Anforderungen erfüllt [2]. Ein DC-basiertes Rechenzentrumsdesign kann aufgrund der Einsparungen durch die geringere Anzahl von Umwandlungen in dieser Hinsicht einem AC-basierten Design einer höheren Tier-Klasse ebenbürtig sein.
– Die Skalierbarkeitsanalyse befasst sich mit möglichen Vorteilen einer modularen elektrischen Ausrüstung und des Austauschs von Komponenten bei laufendem Betrieb (Hot-Swapping) bzw. dem integrierten Rechenzentrum.

Gesamtbeurteilung des Architekturentwurfs

Die Gesamtbeurteilung ist normalerweise relativ unkompliziert und kann in Form einer einfachen gewichteten Summierung erfolgen. Doch wie bereits erwähnt, ist der Eigentümer des Rechenzentrums letztendlich für die Gewichtung der verschiedenen Designattribute verantwortlich.

Trends

Allgemein gelten die Minimierung der Kosten (sowohl Investitions- als auch Betriebskosten) und die Maximierung der Energieeffizienz als die beiden wichtigsten Ziele beim Entwurf von Rechenzentren (Zuverlässigkeit ist eine gegebene Anforderung, die keine Kompromisse zulässt). Darüber hinaus müssen bei der Optimierung von Rechenzentrumsdesigns die wichtigsten Branchentrends berücksichtigt werden:
– Grüner: Designs, die erneuerbare Energien oder kohlenstoffarme Ressourcen nutzen, genießen wachsendes Interesse. Ein Ziel sind Netto-Null-Energie-Rechenzentren.
– Modular: Rechenzentren können schnell gebaut und gewartet werden, wenn standardisierte und Plug-&-Play-fähige Server-Racks, Leistungsmodule, Batteriesätze, Kühlsysteme und Generatormodule zum Einsatz kommen.
– Clouds: Durch Colocation der IT-Services mehrerer Unternehmen, insbesondere von Cloud-Serviceanbietern, in einem Rechenzentrum können Größenvorteile genutzt werden.
– Heißer: Mit dem Aufkommen von Blade-Servern ist die Leistungsdichte von Server-Racks erheblich gestiegen, was besondere Herausforderungen an die Kühlung stellt.

Außerdem stößt das Netto-Null-Energie-Gebäudekonzept aufgrund mehrerer Treiber, die auch für Rechenzentren relevant sind, auf wachsendes Interesse [3]:
– Stark sinkende Preise für lokale Erzeugungstechnologien (hauptsächlich PV-Module)
– Steuerbare Lasten – Heizung, Lüftung, Klimatisierung und Beleuchtung; die IT-Last kann verlagert werden. Dies gilt besonders in Rechenzentren für Cloud-Dienste.
– Fortschritte bei energieeffizienten Baumethoden (im Fall von Rechenzentren auch effizientere Architekturen)

Ein Netto-Null-Energie-Rechenzentrum darf per Definition über einen bestimmten Zeitraum netto keine Energie aus dem Stromnetz verbrauchen ➔ 3. Da sich Rechenzentren durch eine sehr hohe Verbrauchsdichte (etwa 100-mal so hoch wie ein durchschnittliches Bürogebäude) mit relativ geringen täglichen/saisonalen Schwankungen auszeichnen, müssen beim Entwurf einer Netto-Null-Energie-Architektur für ein Rechenzentrum mehrere Schlüsselfaktoren berücksichtigt werden:
– Verfügbarkeit der Energie für die lokale Erzeugung
– Art, Betriebsweise und Größe der lokalen Erzeugung
– Verteilung der IT-Last
– Kurzfristige Prognosen der IT-Last und der lokalen Erzeugung

Der Eigentümer liefert wichtige Eingaben für den Prozess, da er die Gewichtung der verschiedenen Attribute in der Gesamtbeurteilung bestimmt.

Das Design kann AC- oder DC-basiert sein, wobei ein DC-Design effizienter ist und das Erreichen eines Netto-Null-Energie-Betriebs erleichtert.

Für brennstoffzellen- und PV-gespeiste Netto-Null-Energie-Rechenzentren ist der Betrieb eines Mikronetzes, d. h. unabhängig und isoliert von Stromnetz, eine reale Möglichkeit. Allerdings ist eine Designoptimierung, die einen Mikronetz-Betrieb ebenso wie alle anderen oben genannten Anforderungen beinhaltet, eine ganz andere Geschichte.

Zhenyuan Wang
Ernst Scholtz
ABB Corporate Research
Raleigh-Durham, NC, USA
zhenyuan.wang@us.abb.com
ernst.scholtz@us.abb.com

Alexandre Oudalov
Francisco Canales
ABB Corporate Research
Baden-Dättwil, Schweiz
alexandre.oudalov@ch.abb.com
francisco.canales@ch.abb.com

Literaturhinweise

[1] B. T. Patterson: „DC, Come Home“. IEEE Power & Energy Magazine, November/December 2012
[2] F. Bodi: „‚DC-grade‘ reliability for UPS in telecommunications data centers“. 29th International Telecommunications Energy Conference 2007. Rom, Italien: 595–602.
[3] S. Pless, P. Torcellini (2010): „Net-Zero Energy Buildings: A Classification System Based on Renewable Energy Supply Options“. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO. Technical Report TP-550-44586. Verfügbar unter: http://www.nrel.gov/sustainable_nrel/pdfs/44586.pdf

Einsteigen und Aufladen

Schnellladung als Fahrkarte für einen sauberen Nahverkehr

BRUCE WARNER, OLIVIER AUGÉ, ANDREAS MOGLESTUE – Sie denken, das Laden von Elektrofahrzeugen ist mit dem Hantieren von Ladekabeln und langen, unproduktiven Wartezeiten verbunden? Das muss nicht so sein. ABB hat zusammen mit mehreren Partnern einen Elektrobus entwickelt, der sich nicht nur automatisch binnen 15 s auflädt, sondern auch eine hohe Transportkapazität und Energieeffizienz bietet. Wenn der Bus eine Haltestelle anfährt, verbindet er sich mit einem Hochleistungs-Ladekontakt und lädt seine Batterien auf, während die Fahrgäste ein- und aussteigen. Der TOSA-Bus, der zurzeit auf den Straßen von Genf im Einsatz ist, stellt nicht nur ein attraktives Verkehrsmittel dar, er bietet auch zahlreiche ökologische Vorteile. Er ist leise, emissionsfrei, verwendet langlebige, kleine Batterien und kommt ohne den Wirrwarr von Oberleitungen und Masten aus, der die Akzeptanz von Trolleybussen häufig mindert.
Das System ist konstruktionsbedingt sicher, da die Ladeanschlüsse nur dann unter Spannung stehen, wenn der Bus verbunden ist. Elektromagnetische Felder wie bei induktionsbasierten Ladekonzepten entstehen nicht. Das Demonstrationsmodell erwies sich als so erfolgreich, dass das Konzept nun für die Serienfertigung entwickelt wird.

Die Welt wird immer urbaner. Im Jahr 2008 lebte zum ersten Mal in der Geschichte der Menschheit die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten. Für Städte bringt dies eine Vielzahl von Herausforderungen mit sich, zu denen nicht zuletzt die effiziente Abwicklung des Verkehrs gehört. Um einen Verkehrsinfarkt zu verhindern und die Luftverschmutzung zu reduzieren, versuchen Planer rund um den Globus, die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln zu fördern.

Der öffentliche Personennahverkehr in Städten kann zahlreiche Formen annehmen. Doch sie alle benötigen Energie, die von einer festen Versorgung in ein bewegliches Fahrzeug übertragen werden muss. Mit Ausnahme einiger besonderer Lösungen erfolgt diese Übertragung auf eine von zwei Arten: Entweder wird die Energie im Fahrzeug gespeichert (normalerweise in Form von Dieselkraftstoff, wie bei einem normalen Bus) oder elektrisch übertragen (was ein durchgängiges Kontaktsystem wie bei Metros, Straßenbahnen und Oberleitungsbussen (Trolleybussen) erfordert). Letztere sind typischerweise auf stark frequentierten Strecken zu finden, auf denen bedeutende Infrastrukturinvestitionen leichter zu rechtfertigen sind. Die erste Lösung ist typisch für weniger stark frequentierte Strecken, wo niedrigere Anfangskosten eine flexiblere Festlegung oder Veränderung der Fahrstrecken ermöglichen.

Beim Bremsen des Busses wird Energie zurückgewonnen, die sonst verloren gehen würde.

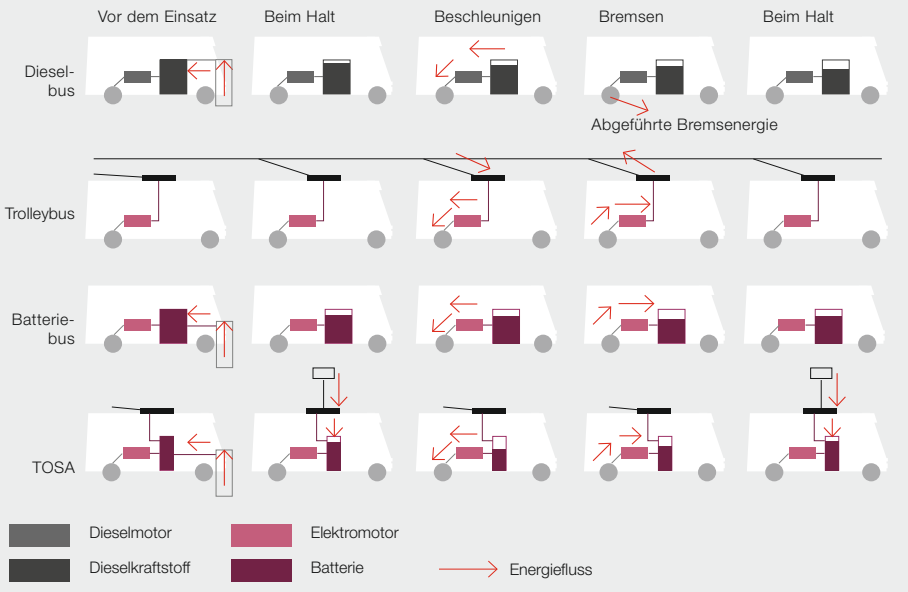
Dieser Status Quo hat seit vielen Jahrzehnten bestand. Aber wird es auch in Zukunft so sein? Steigende Kraftstoffpreise und die sinkende Akzeptanz von Lärm und Verschmutzung veranlassen Hersteller und Betreiber dazu, über Alternativen zum Dieselantrieb für Busse nachzudenken → 1. Zu den bisher in verschiedenem Umfang umgesetzten Lösungen gehören die Nutzung alternativer Kraftstoffe (z. B. Erdgas), alternative

Titelbild
Der TOSA Demonstrator Bus ist zurzeit in Genf im öffentlichen Einsatz.

1 Zeichen der Veränderung

- Laut Prognosen der Internationalen Energieagentur (IEA) wird der Ölpreis in absehbarer Zukunft über der Marke von 100 USD bleiben.
- Laut einer Studie von McKinsey wird der Preis von Li-Ionen-Batterien bis 2025 gegenüber dem heutigen Niveau um fast 75 % sinken.
- CO_2-Abgaben werden überall auf der Welt eingeführt und werden weiter steigen.
- Es besteht ein globaler Druck zur Senkung der Emissionen im Straßenverkehr (z. B. durch die Abgasnorm EURO 6).
- Fortschritte in der Leistungselektronik (höhere Schaltfrequenzen, geringere Verluste, kompaktere Stromrichter) erhöhen die Rentabilität von vollständig elektrischen Lösungen.

2 Betriebsarten im Vergleich



3 Alternativen zu Oberleitungen

Die Idee, Fahrzeuge über andere Wege als Oberleitungen mit Strom zu versorgen, ist nicht neu. Anfang des 20. Jahrhunderts nutzten mehrere Straßenbahnen eine Unterleitung mit einer in eine schmale Rille in der Straße eingelassenen Stromschiene. Allerdings konnte die Rille leicht durch Fremdkörper blockiert werden, und die Gefahr von Stromschlägen für andere Straßenbenutzer konnte nicht ausgeschlossen werden. In den vergangenen Jahren haben einige Hersteller das Konzept wieder aufgegriffen, wobei die Rillenschiene durch eine sicherere und fortschrittlichere kontakt- oder induktionsbasierte Übertragung ersetzt wurde. Durch den Einsatz von Batterien kann verhindert werden, dass die teure Ausrüstung entlang der gesamten Strecke installiert werden muss.
Durch Induktion können auch andere Straßenfahrzeuge wie Busse geladen werden. Doch das System birgt mehrere Nachteile wie Energieverluste beim Laden und hohe Kosten für die Verlegung der Ladeinfrastruktur.
Das Schnellladesystem von ABB ist von Natur aus sicher, da die Ladepunkte nur bei angeschlossenem Bus aktiv sind ➔ 5. Da eine direkte elektrische Verbindung verwendet wird, sind jegliche Bedenken über elektromagnetische Felder unbegründet. Die Tatsache, dass keine schwere Ausrüstung unter der Straße verlegt werden muss, vereinfacht die Installation.

Antriebskonzepte (z. B. Hybridbusse), Batteriebusse und Trolleybusse. Die letzten drei nutzen Elektromotoren, d. h. es besteht die Möglichkeit, beim Bremsen Energie zurückzugewinnen, die sonst verloren gehen würde. Doch Rückgewinnung ist nicht das Gleiche wie Wiederverwendung. Hybrid- und Batteriefahrzeuge nutzen Batterien, um die Diskrepanz zwischen Energieangebot und -nachfrage zu überbrücken, während dies bei Trolleybussen von den Umspannwerken und dem Stromnetz übernommen wird ➔ 2.

Batteriebusse sind mit Einschränkungen verbunden. Trotz erheblicher Fortschritte auf dem Gebiet der Batterietechnik ist ihre Energiedichte um ein Vielfaches geringer als die von Dieselkraftstoff[1]. Das zusätzliche Gewicht der Batterien wirkt sich negativ auf den energetischen Fußabdruck des Busses aus, während der Platz, den sie benötigen, die Fahrgastkapazität reduzieren kann. Dem kann durch den Einsatz von weniger Batterien (und häufigerem Aufladen) entgegengewirkt werden, doch zusätzliche Stopps an der Ladestation sind mit Zeit- und Produktivitätseinbußen verbunden.

Dies gilt nicht für den Trolleybus. Die Tatsache, dass er ohne ein größeres Energiespeichersystem auskommt, reduziert das Fahrzeuggewicht und ermöglicht eine bessere Beschleunigung bei gerin-

Fußnote

1 Die Energiedichte von Dieselkraftstoff liegt bei 46 MJ/kg, die von wiederaufladbaren Batterien unter 1 MJ/kg.

4 Partner im TOSA-Projekt

Das TOSA-Projekt wurde von folgenden vier Unternehmen ins Leben gerufen:
- TPG, die Genfer Verkehrsbetriebe
- OPI, das Amt für Industrie- und Technologieförderung der Region Genf
- SIG, der Genfer Energieversorger
- ABB (ABB Sécheron Ltd.)

Daher der Name TOSA, der gleichzeitig für „Trolleybus Optimisation Système Alimentation“ (optimiertes Trolleybus-Ladesystem) steht.

Zu den weiteren Projektpartnern gehören:
- Palexpo (Messezentrum) und Flughafen Genf
- Hochschule für Landschaftsgestaltung, Ingenieurwesen und Architektur (Hepia) Genf, Architekturentwurf der Haltestellen
- HESS, Hersteller des Busses
- Kanton Genf, Bundesamt für Energie, Bundesamt für Straßen
- Eidgenössisch Technische Hochschule Lausanne (EPFL) und Fachhochschule Arc (HE-Arc)

5 An den Haltstellen wird der Bus über seine dachmontierten Kontakte aufgeladen, die sich lasergesteuert mit der Stromschiene verbinden.

gerem Energieverbrauch. Der Nachteil liegt (oder besser hängt) in den Oberleitungen. Diese sind teuer in der Installation und Wartung und aufgrund ihrer Sichtbarkeit nicht immer willkommen ➔ 3.

Gibt es eine Möglichkeit, einen Batteriebus zu betreiben, ohne große, schwere Energiespeicher einsetzen zu müssen oder ihn zum vollständigen Wiederaufladen häufig außer Dienst nehmen zu müssen?

Fahrgäste transportieren statt Batterien

Ein grundlegender Unterschied zwischen Bussen und PKWs ist, dass Busse festen Fahrstecken folgen. Die Frage der „Reichweite“, die bei Elektroautos eine wichtige Rolle spielt, reduziert sich auf die wesentlich einfacher zu handhabende „Entfernung bis zur nächsten Lademöglichkeit“. Da Busse in regelmäßigen, vorhersagbaren Abständen anhalten, können Ladepunkte an den Haltestellen platziert werden. Kann der Bus seine Batterie an diesen Punkten wiederaufladen, sind keine großen und schweren Batterien notwendig, d. h. das Fahrzeug wird leichter, agiler, energieeffizienter und bietet mehr Platz für Fahrgäste. Wenn die Ladezeit zudem auf die Zeit begrenzt werden kann, die der Bus ohnehin zum Halten benötigt, können negative Auswirkungen auf den Fahrplan vermieden werden. Der TOSA-Bus ist eine auf diesem Ansatz basierende Lösung, die ABB in Zusammenarbeit mit mehreren Partnern ➔ 4 entwickelt hat.

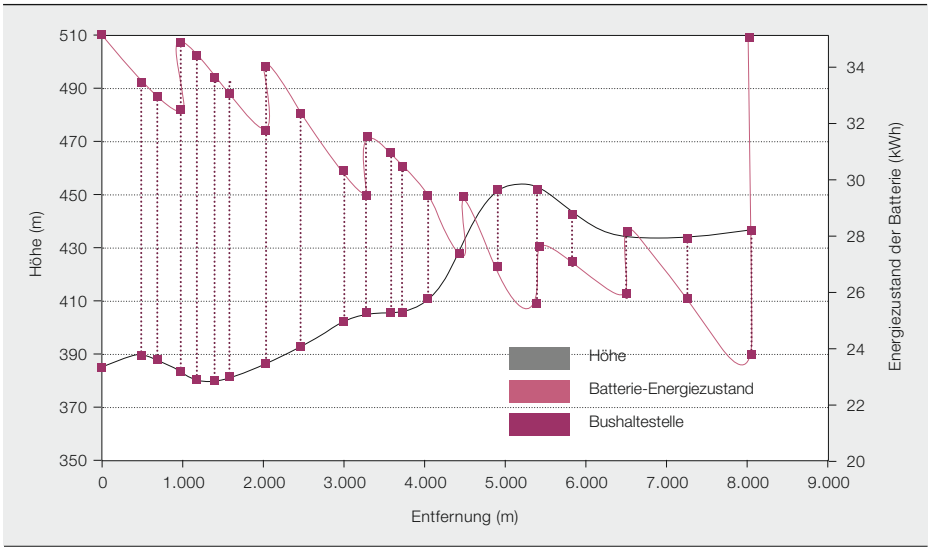
Schnellladen und Smart Grid

Das Schnellladen (400 kW, 15 s) der Batterien mit hoher Leistungsdichte kann zu Lastspitzen führen, die sich negativ auf das lokale Stromnetz auswirken. Die Schnelladestation glättet den Bedarf durch das Laden von Superkondensato-

Oberleitungen sind teuer in der Installation und Wartung und aufgrund ihrer Sichtbarkeit nicht immer willkommen.

Der TOSA Demonstrator Bus ist bis April 2014 auf einer kurzen Strecke in Genf im öffentlichen Einsatz.

6 Kurze Nachladungen helfen dabei, den Ladezustand der Batterie zu erhalten.



ren über einen Zeitraum von einigen Minuten, wobei ein geringerer Strom aus dem Netz bezogen wird. Da dieser Strom bis zu 10-mal niedriger ist als ohne Speicherung, kann der Anschluss mit einer kostengünstigeren und verfügbareren, leistungsarmen Versorgung hergestellt werden. Außerdem ist das Wiederaufladen der Superkondensatoren zeitlich so abgestimmt, dass diese über längere Zeiträume entladen bleiben, wenn der Busbetrieb mit niedrigerer Frequenz läuft. Da Superkondensatoren durch höhere Spannungen altern, kann durch diese „intelligente“ Funktion die Lebensdauer der Superkondensatoren verdoppelt werden.

Da an den Haltestellen nur begrenzte Zeit zur Verfügung steht (Fahrgäste steigen typischerweise binnen 15 bis 25 s ein und aus), sollte beim Herstellen der elektrischen Verbindung so wenig Zeit wie möglich verloren gehen. Das Anschließen des Busses erfolgt in weniger als einer Sekunde. Beim Anfahren der Haltestelle ist es die Aufgabe des Fahrers, die Sicherheit der Fahrgäste und Fußgänger zu gewährleisten und den umliegenden Verkehr im Auge zu behalten. Um den Fahrer nicht mit zusätzlichen Anforderungen zu belasten, ist das Anschlusssystem automatisch. Ein Laser richtet den beweglichen Kontakt auf dem Dach des Busses an der festen Aufnahme an der Haltestelle aus → 5. Die Verbindung wird hergestellt, sobald die Bremsen betätigt sind.

Durch die Höhe der Aufnahme über der Straße und die Tatsache, dass diese nur bei vorhandenem Bus unter Spannung steht, ist die Lösung in sich sicher.

Der Fahrplan bestimmt Betrieb und Wirtschaftlichkeit

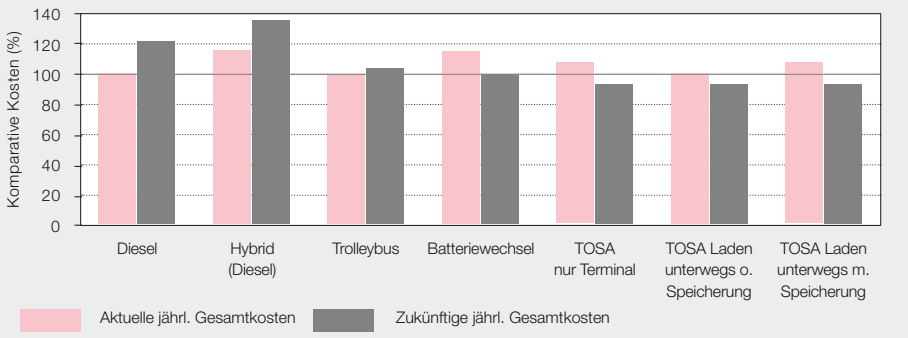
Die Kosten für einen Busbetrieb sind stark abhängig von den Gehältern der Fahrer, der Fahrplanfrequenz und der Flottengröße. Daher sollte bei einem Umstieg von Diesel auf einen elektrischen Antrieb weder die kommerzielle Durchschnittsgeschwindigkeit sinken, noch eine Vergrößerung der Flotte erforderlich sein, um den gleichen Service bieten zu können.

Diese Anforderung führte zur Konzeption von zwei Arten von Ladestationen entlang der Strecke: der sogenannten Flash-Station und der Terminal-Station. Die Flash-Station liefert wie beschrieben einen kurzen, hohen Energieschub. Doch 400 kW für 15 s reichen nicht aus, um die Batterien vollständig wiederaufzuladen → 6. Daher erhält der Bus an den Endstationen, an denen er ohnehin länger hält (damit der Fahrer eine Pause einlegen kann und um Zeitpuffer für eventuelle Verspätungen vorzuhalten) längere Ladungen von drei bis fünf Minuten bei 200 kW. Die zum Aufladen an den Endstationen benötigte Zeit sollte also so ausgelegt sein, dass keine Gefahr besteht, dass sich der Bus verspätet oder nicht mehr in der Lage ist, eine Verspätung aufzuholen.

7 Die Technologie wird auf einer kompletten Buslinie in Genf eingeführt.

- 11 Gelenkbusse (18 m)
- Zwei angetriebene Achsen (von insgesamt drei)
- Die Batterien im Bus entsprechen etwa denen von zwei Elektroautos (38 kWh).
- Jeder Bus hat eine Kapazität von 134 Fahrgästen.
- Die Energie für das Laden wird dem 400-VAC-Niederspannungsnetz entnommen.

8 Das Schnelladen stellt bereits eine konkurrenzfähige Lösung dar, deren Wettbewerbsfähigkeit in Zukunft weiter steigen wird.



Nicht berücksichtigt wurden Kosten, die für alle Betriebsarten gleichermaßen gelten (z. B. für den Fahrer)

Die Terminal-Ladestation besteht aus einem einfachen 12-Puls-Diodengleichrichter. Dieser wandelt die ankommende Wechselspannung ähnlich wie bei gleichstrombetriebenen Eisenbahnen, Straßenbahnen oder Trolleybussen in Gleichspannung um. In diesem Fall wird eine Spannung von 500 V verwendet. Die Lösung ist einfach und kostengünstig und dabei äußerst zuverlässig.

Die Flash-Ladestationen besitzen einen komplizierteren, aber flexibleren elektronischen Aufbau mit einem steuerbaren Gleichrichter zum Aufladen der Superkondensatoren. Dieser ist in der Lage, den Ladestrom zu regulieren. Wenn sich der Bus mit der Station verbindet, schließt der Controller einen Kontakt auf der Ausgangsseite der Superkondensatoren, um diese in den Bus zu entladen.

> Der TOSA-Bus eignet sich naturgemäß zur Nutzung erneuerbarer Energien.

Während des Fahrbetriebs erhalten die Batterien weitere Nachladungen, wenn der Bus bremst. Anders als bei einem reibungsbasierten System, das die gesamte kinetische Energie in Wärme umwandelt, können die Motoren des Busses in den Generatorbetrieb umschalten und einen Großteil der Energie an die Batterien zurückführen ➔ 2.

Die Batterieladung für eine typische Fahrt ist in ➔ 6 dargestellt. Das Diagramm zeigt, wie die Batterien an den Haltestellen nachgeladen werden und an den Endstationen eine größere Ladung erhalten.

Es gibt noch eine dritte Art von Ladestation für das Depot, wo eine längere Aufladung erfolgt, um die erforderliche Energie für die Fahrt zwischen dem Depot und der Dienststrecke bereitzustellen. Da im Depot mehr Zeit zur Verfügung steht, ist keine Flash-Ladestation erforderlich. Der Bus wird per Kabel mit einem eigenen Stromanschluss verbunden. Insgesamt können vier Busse an eine Depot-Ladestation angeschlossen werden, die die Busse der Reihe nach auflädt. Der elektrische Aufbau ist identisch mit dem der Terminal-Ladestation (ein 12-Puls-Diodengleichrichter), aber die Nennleistung ist mit 50 kW geringer als die der Terminal-Ladestation (200 kW).

Erneuerbare Energie

Der TOSA-Bus eignet sich auch zur Nutzung erneuerbarer Energien. Im Gegensatz zu klassischen Elektrofahrzeugen, die typischerweise aufgeladen werden, wenn sie am Abend heimkehren, lädt sich der Bus während des Tages auf und ist somit in der Lage, Sonnenenergie direkt zu nutzen. Die Fähigkeit der Schnellladestationen, für kurze Zeit Energie zu speichern und Ladespitzen zu glätten, kann das System gegen kurzzeitige Schwankungen in der Solarstromerzeugung schützen.

Demonstration in Genf

Der TOSA Demonstrator Bus ist zurzeit auf einer kurzen Strecke in Genf (zwischen dem Flughafen und dem Veranstaltungszentrum PALEXPO) im öffentlichen Einsatz. Die Testphase läuft bis April 2014, und der Bus funktioniert bisher fehlerlos. Als nächstes soll die Technologie auf einer kompletten Buslinie in Genf eingeführt werden ➔ 7.

Eine wettbewerbsfähige Lösung

Das ABB-Schnelladesystem für Busse ist bereits heute wettbewerbsfähig und wird in Zukunft noch wettbewerbsfähiger sein. Ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit des Schnellladesystems mit anderen Modellen ist in ➔ 8 dargestellt. Das prognostizierte zukünftige Szenario geht von steigenden Kraftstoffkosten und CO_2-Abgaben sowie sinkenden Kosten für Batterien aus.

Angesichts der sinkenden Attraktivität von Dieselbussen – sowohl aus finanzieller Sicht als auch im Hinblick auf den Schadstoffausstoß – sowie der Tatsache, dass sich Verkehrsbetriebe nach modernen, attraktiven Formen des Transports umsehen, die ohne Verdrahtung der Straßen auskommen, ist das Schnellladekonzept bestens positioniert, um sowohl vorhandene Trolleybus- als auch Dieselbus-Linien im städtischen Bereich zu ersetzen.

Bruce Warner
Olivier Augé
ABB Sécheron S.A.
Genf, Schweiz
bruce.warner@ch.abb.com
olivier.auge@ch.abb.com

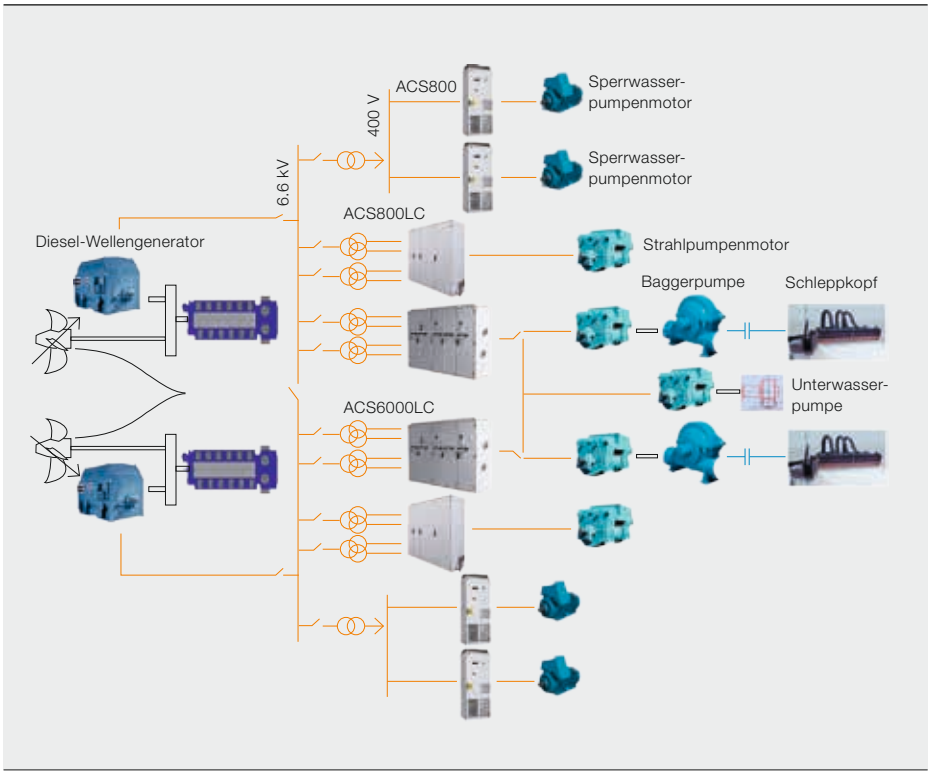
Andreas Moglestue
ABB Review
Zürich, Schweiz
andreas.moglestue@ch.abb.com

Alles unter Kontrolle

DreDCU – eine zuverlässige und integrierte Steuerungsplattform für Antriebsmotoren auf Saugbaggerschiffen

DAVID-BINGHUI LI, EVAN-FEI E, VISTA-HAO FENG, WEIWEI LONG – Programmierbare Steuerungen (SPS) bilden das Rückgrat bei der Automatisierung elektromechanischer Prozesse. Da sie für verschiedene E/A-Anordnungen und erweiterte Temperaturbereiche ausgelegt, immun gegen elektrisches Rauschen und unempfindlich gegen Schwingungen und Stöße sind, eignen sie sich für eine Vielzahl von Automatisierungsaufgaben. Es gibt kaum eine Produktionslinie, einen Prozess oder eine Maschinenfunktion, die nicht von dieser Art der Steuerung profitiert. ABB hat den Einsatzbereich ihres eigenen SPS-Systems erweitert und eine fortschrittliche SPS entwickelt, die alle am Baggerprozess beteiligte Verbraucher und Systeme auf Saugbaggerschiffen steuert, schützt und überwacht. Die Einzigartigkeit der Dredger Drive Control Unit (DreDCU) besteht darin, dass sie in der Lage ist, mehrere Antriebsstränge gleichzeitig zu steuern. Die Steuerung wurde bereits erfolgreich auf drei Schiffen installiert.

1 Typische Konfiguration eines Hopperbaggers



Ein Hopperbagger oder TSDH (Trailing Suction Dredger Hopper) besitzt große, leistungsstarke Pumpen und Motoren, die es dem Schiff ermöglichen, über ein oder zwei Saugleitungen Sedimente vom Meeresgrund oder aus Flussbetten aufzusaugen. Am Ende des Rohres befindet sich ein sogenannter Schleppkopf, der bis kurz über dem Sedimentboden abgesenkt wird, wodurch die aufgenommene Mischung aus Sand und Wasser reguliert werden kann. Das aufgenommene Baggergut wird in der Regel in den Laderaum des TSDH gepumpt und das überschüssige Wasser abgeschieden. Das Baggergut kann durch Luken im Schiffsboden entladen oder zur Landgewinnung bzw. Strandaufspülung abgepumpt werden.

Da ein TSDH in einer Vielzahl verschiedener Anwendungen eingesetzt wird und Material über große Entfernungen aufsaugen und transportieren kann, gilt diese Art von Schiff als „Arbeitspferd" der Baggerbranche.

Titelbild
Die ausgeklügelte Antriebssteuerung von ABB ermöglicht bedeutende Kraftstoffeinsparungen für Saugbaggerschiffe.

Das elektrische Antriebssystem eines typischen TSDH umfasst eine Reihe von Dieselmotoren zum Antrieb von Generatoren, die wiederum die Hauptfrequenzumrichter speisen, über die alle relevanten Verbraucher für den Baggerbetrieb versorgt werden → 1. Zu diesen Verbrauchern gehören die Motoren für die Schlamm-, Wasserstrahl-, Unterwasser- und Sperrwasserpumpen. Jeder Antriebsstrang umfasst einen Antriebstransformator, einen Stromrichter und einen Motor.

Der Bedarf an zusätzlicher Kooperation zwischen verschiedenen Antriebssträngen stellt für die DreDCU kein Problem dar.

Steigende Anforderungen

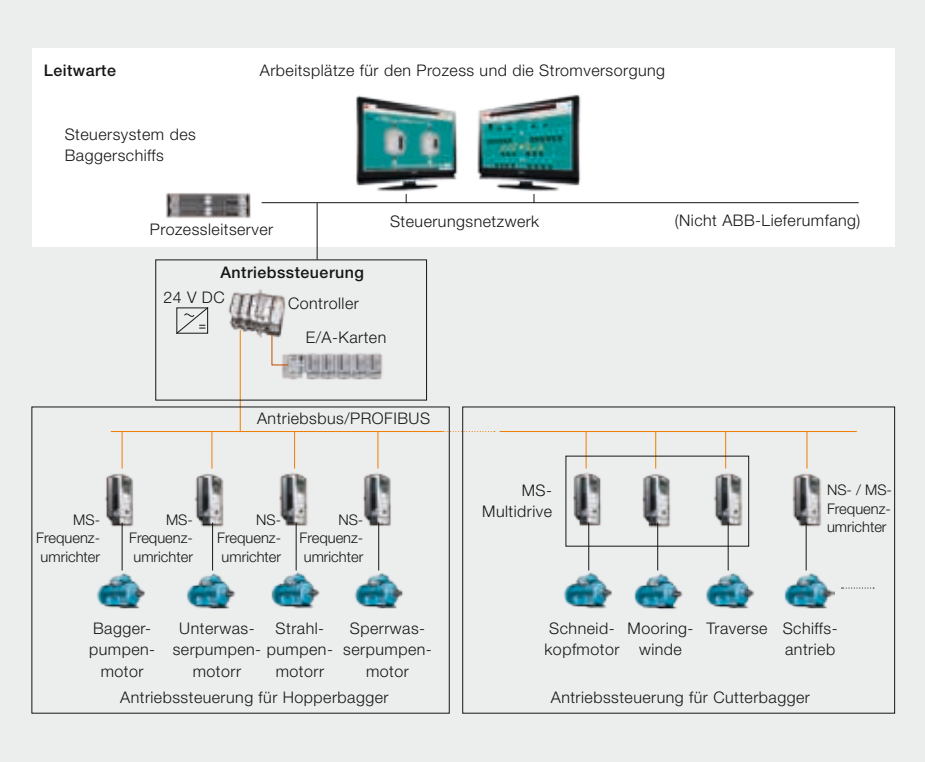
Noch vor fünf Jahren wurden nur wenige der Verbraucher wie etwa die Strahlwasserpumpe durch einen Frequenzumrichter mit einem einfachen Schutz- und Steuerungssystem auf Produktebene gesteuert. Die anderen großen Verbraucher wurden von Dieselmotoren mit separaten Steuersystemen angetrieben. Die Antriebssteuerung war somit einfach und konnte problemlos von der Firmware der Umrichter bewältigt werden.

Schließlich erkannte man, dass erhebliche Kraftstoffeinsparungen erzielt werden können, wenn weitere Verbraucher von Frequenzumrichtern gesteuert würden. Dies macht die Antriebssteuerung allerdings deutlich komplizierter – so muss z. B. eine zusätzliche Umschaltfunktion zwischen einer Schlammpumpe und einer Unterwasserpumpe gesteuert oder eine Master-/Follower-Funktion zwischen zwei Saugpumpen überwacht werden. Doch dieser Bedarf an zusätzlicher Kooperation zwischen verschiedenen Antriebssträngen und zusätzlichem Schutz für jeden Strang auf Systemebene stellt dank der ausgeklügelten Technologie der Dredger Drive Control Unit (DreDCU) von ABB kein Problem dar.

Entwicklungsprozess

ABB bot bereits eine hochentwickelte SPS für Single-Drive-Systeme, die für Schiffsantriebe und Strahlruder eingesetzt wird. Doch um die speziellen Anforderungen der vielen Antriebe auf

2 Die neue Antriebssteuerung für Baggerschiffe von ABB



3 Hauptmerkmale der DreDCU

- Eine Einheit steuert bis zu 11 Umrichter
- Schnittstelle zum Fernsteuerungs- und integrierten Automatisierungssystem (unterstützt PROFIBUS und Modbus)
- Optionales lokales Bedienpanel
- Optionale Schnittstelle zur Ferndiagnose
- Optionale Schnittstelle zum Beratungssystem
- Erfüllt die Anforderungen der wichtigsten Klassifizierungsgesellschaften

Die standardisierte und skalierbare DreDCU-Anwendungssoftware basiert zum Teil auf der bestehenden Softwarebibliothek des AC 800M.

Baggerschiffen erfüllen zu können, musste eine neue Steuerung entwickelt werden. Dabei diente einer der vorhandenen Controller von ABB als Grundlage für die DreDCU.

Die Controller, Kommunikationsschnittstellen und E/A-Module des ABB Extended Automation System 800xA erfüllen die Anforderungen der anspruchsvollsten Anlagenautomatisierungssysteme von heute. Das „Flaggschiff“ unter den Controllern des System 800xA, der AC 800M, ist eine modulare Prozess-SPS mit Kommunikationsfunktionen, vollständiger Redundanz und Unterstützung für eine Vielzahl von E/A-Systemen. Der Controller ermöglicht die Integration verschiedener Netzwerke, Feldbusse, serieller Protokolle und E/As sowie die nahtlose Ausführung gehobener Prozessführungsstrategien und funktionaler Sicherheits-, Elektrik-, Qualitätslenkungs- und Energiemanagementanwendungen. Der AC 800M kann zur Realisierung von Automatisierungslösungen für kleine und große Anwendungen eingesetzt werden.

Das Hinzufügen weiterer Verbraucher macht die Antriebssteuerung deutlich komplizierter.

Die DreDCU besteht aus einer AC 800M-Hardwareplattform mit eingebetteter Anwendungssoftware, Kommunikationsmodulen und -modems, E/A-Modulen und Netzteilen → 2. Ein optionales lokales Bedienpanel zeigt Alarmlisten und detaillierte Informationen für jeden aktivierten Alarm.

Die Hardware ist im DreDCU-Steuerschrank (oder alternativ in den Umrichterschränken) im Umrichterraum des Schiffs untergebracht.

Da die DreDCU für einen bestimmten Schiffstyp mit besonderen Funktionen und elektrischen Antrieben von ABB konzipiert wurde, ist sie als Teil eines kompletten elektrischen Systempakets erhältlich → 3. Die Aspekte der Multidrive-Steuerung wurden für Baggeranwendungen angepasst und optimiert. Die aktuelle DreDCU-Anwendungssoftware ist ein standardisiertes und skalierbares Softwarepaket, das zum Teil auf der bestehenden Softwarebibliothek des AC 800M basiert. Die vorhandene Bibliothek wurde ausgehend von einer reinen Antriebsanwendung für eine Baggeranwendung angepasst. So mussten z. B. eine Umschaltfunktion zwischen einer Schlammpumpe und einer Unterwasserpumpe entwickelt, spezielle Schnittstellen für Schlammpumpen hinzugefügt und der Start/Stopp-Vorgang entsprechend der Baggeranwendung verändert werden. Außerdem wurde eine Prozess-Panel-Software für die Schlammpumpen ent-

4 Mit der DreDCU ausgerüstete Laderaumsaugbagger

TongTu
Werft: Guangzhou WenChong
Eigner: CCCC Tianjin Dredging Co., Ltd.
Konstrukteur: 708 Design Institute,
klassifiziert durch: CCS, Auslieferung: 2011

ABB-Lieferumfang:
- 2 x 10.000 kVA Wellengeneratoren
- 1 x Hauptschaltanlage
- 4 x 1.150 kVA Strahlpumpentransformatoren
- 4 x 3.450 kVA Schlammpumpentransformatoren
- 2 x 2.000 kVA Verteiltransformatoren
- 2 x 110 V/30 A DC-USV
- 2 x ACS6000 Schlammpumpenumrichter
- 2 x ACS800LC Strahlpumpenumrichter
- 2 x gekapselte ACS800 Pumpenumrichter
- 2 x 6.000 kW Schlammpumpen
- 2 x 2.000 kW Strahlpumpen
- 1 x DCU-Schrank

No9 XinHaihu
Werft: Guangzhou WenChong
Eigner: CCCC SDC Waterway Construction Co., Ltd.
Konstrukteur: 708 Design Institute,
klassifiziert durch: CCS, Auslieferung: 2012

ABB-Lieferumfang:
- 2 x 7.200 kVA/1.500 U/min/6,6 kV Generatoren
- 2 x Erdungswiderstände
- 1 x 6,6 kV/50 Hz MS-Schaltanlage
- 2 x 1.725 V/5.200 kVA Schlammpumpentransformatoren
- 2 x 710 V/1.650 kVA Strahlpumpentransformatoren
- 2 x 400 V/1.600 kVA Verteiltransformatoren
- 2 x 3,3 kV ACS1000 Umrichter
- 2 x 690 V ACS800 Umrichter
- 2 x 4.500 kW/1.500 U/min Schlammpumpenmotoren
- 2 x 1.000 kW/1.500 U/min Strahlpumpenmotoren
- 2 x Sanftanlasser
- 2 x DC-USV

No8 XinHaihu
Weft: Zhenhua Changxin
Eigner: CCCC Shanghai Dredging Co., Ltd.
Konstrukteur: 708 Design Institute,
klassifiziert durch: CCS, Auslieferung 2012

ABB-Lieferumfang:
- 2 x 7.200 kVA/1.500 U/min/6,6 kV Generatoren
- 2 x Erdungswiderstände
- 1 x 6,6 kV/50 Hz MS-Schaltanlage
- 2 x 1.725 V/5.200 kVA Schlammpumpentransformatoren
- 2 x 710 V/1.650 kVA Strahlpumpentransformatoren
- 2 x 400 V/1.600 kVA Verteiltransformatoren
- 2 x 3,3 kV ACS1000 Umrichter
- 2 x 690 V ACS800 Umrichter
- 2 x 4.500 kW/1.500 U/min Schlammpumpenmotoren
- 2 x 1.000 kW/1.500 U/min Strahlpumpenmotoren
- 2 x Sanftanlasser
- 2 x DC-USV

Die gleichzeitige Überwachung des Zustands der gesamten Betriebsausrüstung ermöglicht effizientere Betriebsabläufe.

wickelt, mit der Informationen für alle Antriebsstränge überprüft werden können.

Die neue Steuerungssoftware wird durch Parametrisierung an die projektspezifische Konfiguration unterschiedlicher Baggeranwendungen angepasst. Die DreDCU-Software bietet Standard-Steuerfunktionen für die am Baggerprozess beteiligten Verbraucher wie Start/Stopp-Ablauf, Notfallabschaltung und Beschleunigungsrampen. Zu den optionalen Steuerungsarten gehören Master/Follower, Überlastbetrieb und Umschalten. Die Software überwacht und schützt alle relevanten Antriebstränge, sendet Alarme an ein integriertes Automatisierungssystem und implementiert Hilfssteuerungen für die Hauptverbraucher. Im Jahr 2012 installierte ABB das System auf drei Schiffen → 4.

Volle Fahrt voraus

Die Vorteile der DreDCU-Lösung sind vielfältig. Sie steigert die Zuverlässigkeit des Baggerbetriebs durch Überwachung der Zustände der beteiligten Verbraucher und der rauen Arbeitsumgebungen und reduziert so die Gefahr von Stillstandzeiten durch Ausfälle. Die gleichzeitige Überwachung des Zustands der gesamten Betriebsausrüstung ermöglicht effizientere Betriebsabläufe, während durch die Implementierung einer Standardplattform die problemlose Anbindung anderer ABB-Produkte gewährleistet ist. Kleinere Steuerschränke sorgen zudem für mehr Flexibilität bei der Platzierung der Ausrüstung.

Der nächste Entwicklungsschritt ist die Installation der Steuerung auf einer zweiten Art von Saugbaggerschiff, dem sogenannten Cutterbagger. Letztendliches Ziel ist es, die Steuerung auf einer Vielzahl von Spezialschiffen wie Versorgern, Schwergutschiffen, Kranschiffen und Errichterschiffen zu installieren.

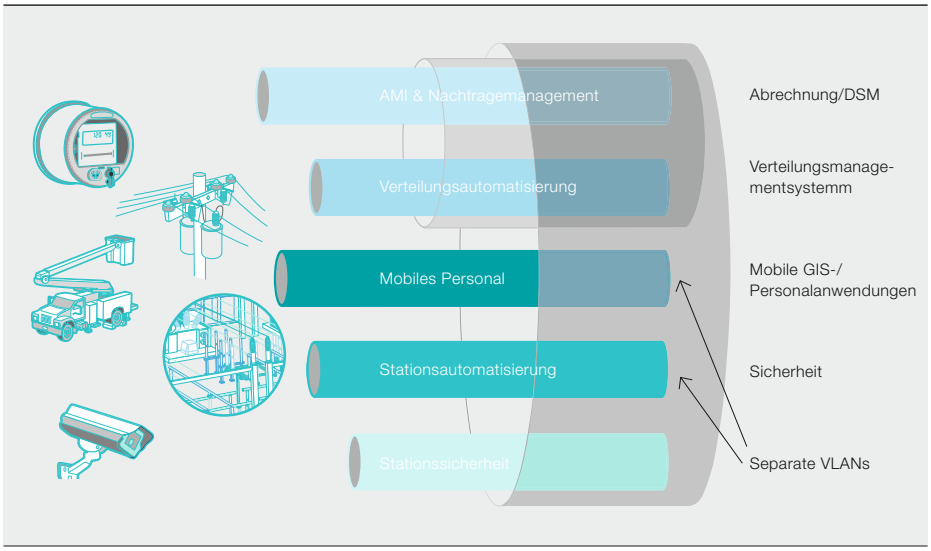
David-Binghui Li
Evan-Fei E
Vista-Hao Feng
Weiwei Long
ABB Marine and Crane
Shanghai, China
david-binghui.li@cn.abb.com
evan-fei.e@cn.abb.com
vista-hao.feng@cn.abb.com
weiwei.long@cn.abb.com

Drahtlos und robust

Vermaschte Wi-Fi-Kommunikation für die Industrie

PETER BILL, MATHIAS KRANICH, NARASIMHA CHARI – Kommunikation ist eine wichtige Voraussetzung für eine ganze Reihe von Anwendungen in der Industrie – und die drahtlose Kommunikation stellt häufig die wirtschaftlichste und praktischste Möglichkeit dar, diese bereitzustellen. Mit der Übernahme des im Silicon Valley ansässigen Unternehmens Tropos hat ABB ihr Portfolio um drahtlose Technologie für vermaschte Netzwerke nach IEEE 802.11 erweitert. Die Mesh-Technologie von Tropos basiert auf einer äußerst robusten Technik und wird bereits im großen Maßstab in verschiedenen Industriezweigen eingesetzt.

1 Tropos ermöglicht die logische Trennung der über die gemeinsame Infrastruktur laufenden Anwendungen.



Im Bereich der Kommunikationsnetzwerke bietet ABB nun eine marktführende, IP-basierte und drahtlose Breitband-Lösung für den Außenbereich, die auf wirtschaftliche Weise für eine oder mehrere Anwendungen bereitgestellt werden kann. Die ABB Tropos-Lösung bietet viele Vorteile gegenüber anderen Technologien [1] und ist auf eine hohe Breitbandgeschwindigkeit, Stabilität, Sicherheit und Skalierbarkeit ausgelegt. Die implementierte Maschenarchitektur ist dezentral und äußerst flexibel.

Die Stärke der Tropos-Lösung basiert auf sechs Grundpfeilern: intelligentes Mesh-Routing, Funkfrequenz-(RF-)Ressourcenmanagement, mehrschichtige Sicherheit, für den Einsatz in Freien optimierte Router-Hardware, offene Standards und fortschrittliche Steuer- und Analysesoftware.

Titelbild
Viele industrielle Anwendungen sind auf eine stabile, sichere und skalierbare Wireless-Breitbandkommunikation angewiesen. Wie kann die Tropos 802.11-Mesh-Technologie von ABB dies erfüllen?

Intelligentes Mesh-Routing

Die Tropos-Architektur verbindet patentierte RF-Ressourcenmanagement-Algorithmen mit standardisierten Funktechnologien, die auf lizenzfreien Frequenzbändern arbeiten, um eine äußerst zuverlässige, skalierbare und fehlertolerante Netzwerkinfrastruktur bereitzustellen, die in der Lage ist, Netzwerkstörungen und Engpässe schnell und nahtlos zu umgehen.

Anders als Netzwerkarchitekturen, die von einer zentralen Steuerung abhängen, ist die Tropos-Architektur aufgrund ihrer dezentralen Vernetzungsfähigkeit in der Lage, den Verlust einer Netzwerkkomponente problemlos zu überbrücken. Jeder Router überwacht kontinuierlich seine Umgebung im Hinblick auf eine mögliche Optimierung des Netzwerks. Tritt ein Problem an einem Gateway- oder einem Knotenrouter auf, wird die Topologie automatisch angepasst, um den Netzwerkbetrieb aufrechtzuerhalten. Ist der Router wieder online, stellt das Netzwerk erneut eine optimale Konfiguration her.

> Tropos bietet eine wirtschaftliche, IP-basierte und drahtlose Breitband-Lösung für den Außenbereich, die für eine oder mehrere Anwendungen bereitgestellt werden kann.

Die Grundlage der Mesh-Architektur von Tropos bildet das Predictive Wireless Routing Protocol™ (PWRP). Dieses basiert auf patentierten Routing-Algorithmen zur Maximierung der Leistungsfähigkeit und Stabilität von drahtlosen vermaschten Netzwerken. PWRP ist ein dynamisches Routing-Protokoll, das es Mesh-Routern erlaubt, die durchgängige Qualität von Übertragungspfaden zu messen und darauf basierend Routing-Entscheidungen zu treffen, die einen höchstmöglichen Durchsatz sicherstellen.

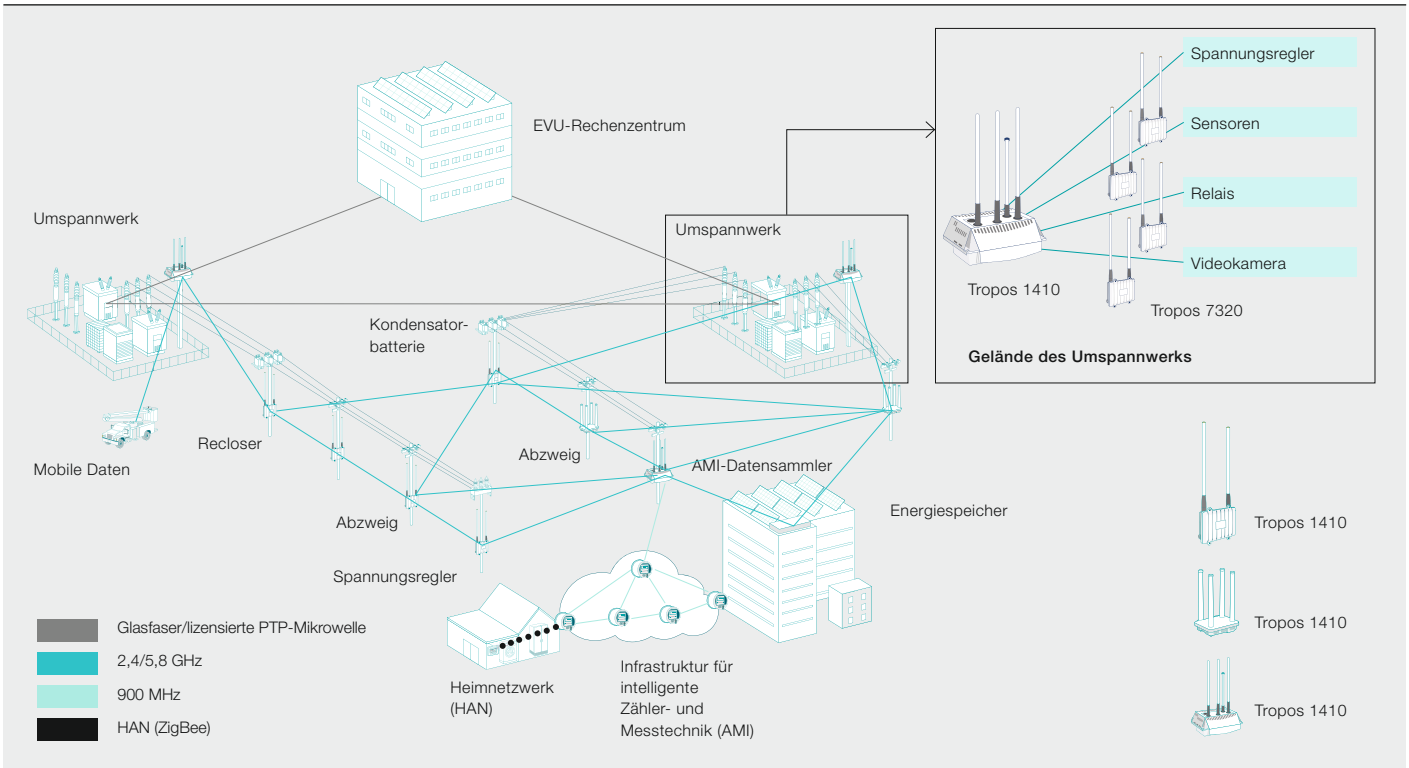
Flexible Dual-Radio-Router

Die IEEE-802.11-Normenreihe unterstützt zwei Frequenzbänder, und Tropos bietet die einzigartige Möglichkeit, beide Frequenzbereiche eines Dual-Radio-Routers für vermaschte Verbindungen oder den Client-Zugang zu nutzen, was die Zuverlässigkeit und Kapazität von Multiband-Netzwerken erheblich erhöht. Dual-Mode-Router steigern die Kapazität des Mesh-Netzwerks, indem sie, wann immer möglich, weniger ausgelastete 4,9/5,8-GHz-Verbindungen nutzen. In Bereichen, in denen die Nutzung von 4,9/5,8-GHz-Verbindungen aufgrund fehlender Sichtverbindungen eingeschränkt ist, greifen sie automatisch auf die 2,4-GHz-Frequenz zurück, die eine zuverlässige Verbindung über große Entfernungen gewährleistet.

Nahtlose Mobilität

Die Tropos-Mesh-Netzwerke mit fester Infrastruktur lassen sich – z. B. für Notdienste – rasch um mobile Router aus derselben Produktreihe erweitern. Jeder

2 Tropos-Konfiguration



Die dezentrale Tropos-Architektur ist in der Lage, Netzwerkstörungen und Engpässe schnell und nahtlos zu umgehen.

mobile Knoten erweitert dabei die Konnektivität zu Client-Geräten in dessen Nähe und ermöglicht so die Herstellung einer temporären/dynamischen Einsatzzone an nahezu jedem Ort.

RF-Ressourcenmanagement

PWRP nutzt patentierte Algorithmen, um die Nutzung des verfügbaren Spektrums kontinuierlich und dynamisch zu optimieren:

- PowerCurve™: Dieser dezentrale Algorithmus erhöht oder senkt dynamisch die Sendeleistung und passt die Datenübertragungsrate an, um die Zuverlässigkeit der drahtlosen Verbindungen zu gewährleisten und die Anzahl der parallelen Verbindungen zu maximieren. So wird z. B. verhindert, dass „laute“ Router „Gespräche“ in der Nähe übertönen.
- Airtime Congestion Control™ (ACC): ACC wurde entwickelt, um insbesondere bei starker Netzwerkauslastung eine optimale Kommunikation für eine große Anzahl von Nutzern bereitzustellen und damit ein bekanntes Defizit der 802.11-MAC (Media Access Control) zu beheben.
- Adaptive Noise Immunity (ANI): ANI passt Paketerkennungsparameter auf Chipebene in Echtzeit an, um Falscherkennungen zu minimieren und die Empfindlichkeit der Empfänger zu maximieren.

Mehrschichtige Sicherheit

Im Hinblick auf die Datensicherheit sind drahtlose Netzwerke wesentlich abgreifbarer als herkömmliche drahtgebundene Infrastrukturen. Aus diesem Grund bietet Tropos ein umfassendes Sicherheitskonzept, das auf folgenden Komponenten basiert:

- Sicherheitsmechanismen auf Grundlage offener Standards, die von der IT-Fachwelt definiert und empfohlen werden, wie IPSec, IEEE 802.1x, IEEE 802.11i, AES-Verschlüsselung, SSL/TLS, FIPS 140-2 usw.
- Robuste Sicherheit auf allen Ebenen von der physischen Hardware (z. B. manipulationssichere Hardware in besonders robuster Ausführung) bis hin zu Protokollen für den Datenverkehr auf Anwendungsebene (z. B. HTTPS-basierte Sicherheit).
- Ein Sicherheitskonzept, das eine granulare, betreiberspezifische logische Trennung der auf der gemeinsamen Infrastruktur laufenden Anwendungen ermöglicht → 1.
- Software, die sich neuen Bedrohungen anpasst und aktuellste Sicherheitsstandards und Anforderungen berücksichtigt.

3 Tropos-Router auf dem Explorationsgelände von EOG Resources

PWRP erlaubt es Mesh-Routern, die durchgängige Pfadqualität zu messen und darauf basierend Routing-Entscheidungen zu treffen, die einen höchstmöglichen Durchsatz sicherstellen.

Für den Außeneinsatz optimierte Router

Die Tropos-Routerhardware verfügt optional über eine Batteriereserve und ist für den Betrieb in besonders anspruchsvollen Umgebungen konzipiert. Die Geräte sind auf eine optimale Leistungsfähigkeit im Freien ausgelegt. Sie können mit der maximal zulässigen Übertragungsleistung senden und bieten branchenweit die höchste Empfängerempfindlichkeit.

Offene Standards

Ziel der Tropos-Lösung/Technologie ist die Gewährleistung einer maximalen Interoperabilität und Investitionssicherheit durch Unterstützung aller einschlägigen Standards in den verschiedenen Schichten des OSI-Kommunikationsmodells (7-Schichten-Modell) einschließlich IEEE 802.3 Ethernet, IEEE 802.11 Wi-Fi, IEEE 802.1X Zugangskontrolle, TCP/IP usw.

Fortschrittliche Steuerung und Analyse

Tropos Control ist eine umfassende Netzwerkmanagement-Software, die eine effiziente Implementierung, Optimierung, Wartung und Steuerung großflächiger Netzwerke ermöglicht.

Anwendungen von Mesh-Netzwerken

Die ABB-Lösungen für vermaschte 802.11-Netzwerke eignen sich für eine Vielzahl von Anwendungen.

Smart-Grid-Anwendungen

Eine Infrastruktur für intelligente Zähler- und Messtechnik (Advanced Metering Infrastructure, AMI) ist nur eine von vielen Anwendungen, die zur Realisierung der Vision eines intelligenten Stromnetzes (Smart Grid) erforderlich sind. Daneben sind auch Anwendungen für das Nachfragemanagement und die Lastbeeinflussung (Demand Management), die Automatisierung und Regelung der Stromverteilung, das Ausfallmanagement und die mobile Einsatzplanung notwendig, um die Vision umzusetzen → 1. Die Implementierung und Verwaltung von separaten Netzwerken für jede dieser Anwendung ist nicht besonders wirtschaftlich. Ein einziges standardbasiertes, leistungsstarkes Netzwerk wie Tropos, das die Kommunikation für mehrere Anwendungen bündelt, ist nicht nur leichter zu verwalten, sondern ist auch unter dem Gesichtspunkt der Kapitalrendite interessant → 2.

In den kommenden Jahren werden weitere Smart-Grid-Anwendungen für die Bereiche Verteilungsautomatisierung, dezentrale Energieerzeugung, Elektrofahrzeuge und Videosicherheit für zusätzlichen Bedarf an Kommunikation mit hoher Bandbreite und geringer Latenz sorgen, der nur durch skalierbare Netzwerke wie Tropos gedeckt werden kann.

Die Tropos-Lösung beinhaltet Algorithmen für ein effizientes Management des RF-Spektrums und ermöglicht eine optimale Ausnutzung des verfügbaren Frequenzbands.

Der US-amerikanische Wasser- und Energieversorger Burbank Water and Power (BWP) nutzt Tropos für AMI, Demand-Response und die Verteilungsautomatisierung. BMP versucht mithilfe eines Smart Grids, Bedarfsspitzen zu glätten (um keine neue Erzeugungsanlagen bauen zu müssen) und die erwartete wachsende Zahl von Elektrofahrzeugen einzubinden. Außerdem plant der Versorger, das Netzwerk mit anderen städtischen Abteilungen zu teilen und den Datenverkehr verschiedener Benutzergruppen einzubinden.

Anwendungen im Tagebau

Der sichere und effiziente Betrieb von Tagebaugruben erfordert die präzise Koordination von einigen der größten und teuersten Maschinen der Welt in Umgebungen, die nicht selten von extremer Hitze, Kälte und starken Stößen und Vibrationen geprägt sind. Durch die Maximierung der Produktivität beim Betrieb sowie bei der Wartung lassen sich wesentliche Verbesserungen der Rentabilität und Sicherheit erreichen.

Die drahtlose Kommunikation kann erheblich zur Verbesserung der Effizienz, Produktivität und Sicherheit im Tagebau beitragen. Mithilfe eines drahtlosen Netzwerks können Telemetriedaten von LKWs und schweren Maschinen, Videodaten von Betriebs- und Überwachungskameras, Sicherheitssysteminformationen, Scans von Felddaten für die Grubenmanagementsoftware an eine zentrale Stelle übertragen werden, wo die Daten überwacht und analysiert werden, sodass das Personal in Echtzeit darauf reagieren kann.

In ihrer Phosphatmine in Aurora, North Carolina, nutzt die PotashCorp ein Tropos-Netzwerk mit festen und mobilen Knoten für die Telemetrie der Ausrüstung, die Echtzeit-Überwachung von Fahrzeugen (Geschwindigkeit, Temperatur, Reifendruck usw.), die Bereitstellung von Fertigungsprozessdaten und die Sprachkommunikation (Voice over IP).

Öl- und Gasanwendungen

Messungs-, Protokollierungs- und Einstellungsaufgaben an entlegenen Bohranlagen und Bohrlochköpfen werden häufig von Technikern durchgeführt, die große Entfernungen zum jeweiligen Standort zurücklegen müssen. Mit drahtloser Kommunikation hingegen ist eine Überwachung aus der Ferne in Echtzeit möglich. Dies sorgt für einen besseren Einsatz von Fachkräften, beschleunigt die Lösung von Problemen und reduziert die Reisezeit. Außerdem können über ein drahtloses Netzwerk kostengünstig Sprach- und Hochgeschwindigkeits-Datendienste zu Anlagen in Regionen bereitgestellt werden, die außerhalb der Reichweite des Mobilfunknetzes liegen.

Das in Nordamerika tätige Öl- und Gasunternehmen EOG Resources besitzt Anlagen an sehr entlegenen Standorten ohne Mobilfunknetzabdeckung. Die vom Unternehmen implementierten Tropos-Netzwerke liefern dem Personal die notwendige Konnektivität zwischen diesen Standorten und der Betriebszentrale. Das Ergebnis ist eine Verbesserung der Betriebsleitung und der Sicherheit des Personals ➔ 3.

Anwendungen in Containerhäfen

Stark frequentierte Containerhäfen mit großen, ständig in Bewegung befindlichen Metallobjekten stellen eine besonders anspruchsvolle Umgebung für drahtlose Netzwerke dar. In einem der größten mexikanischen Häfen wird Tropos erfolgreich genutzt, um Container in Echtzeit sowohl im Freien als auch in Lagerhäusern zu verfolgen und zu lokalisieren.

Smart-City-Anwendungen

In sogenannten „intelligenten Städten“ (Smart Cities) können mehrere Bereiche der Stadtverwaltung gleichzeitig von einem drahtlosen Tropos-Kommunikationsnetzwerk profitieren. Die US-amerikanische Stadt Oklahoma City nutzt ein 1.600 km² umfassendes Netzwerk aus festen und mobilen Tropos-Routern für über 180 städtische Anwendungen, darunter:

- Mobile Breitband-Kommunikation in Polizeifahrzeugen, mit der 1.500 Beamte rund 100.000 Stunden im Jahr mehr in ihrem Revier verbringen können
- Mehrere Hundert IP-Videokameras zur Beobachtung und Überwachung
- Bauaufsicht – zur Steigerung der Produktivität der Inspektoren vor Ort und Verkürzung der Bearbeitungszeit von Anträgen
- Steuerung von Verkehrszeichenanlagen in der Innenstadt

Einfach und sicher

Mit den patentierten Algorithmen und der Software der Tropos-Produktreihe in Verbindung mit der industrietauglichen Hardware hebt sich die ABB-Lösung in puncto Zuverlässigkeit, Leistungsfähigkeit und Wartungsfreundlichkeit deutlich von den Alternativen der Mitbewerber ab und bietet einen einfachen Zugang für Tausende von verschiedenen Wi-Fi-kompatiblen Endgeräten.

Viele Anwendungen erfordern eine drahtlose Breitband-Lösung mit einer hohen Stabilität, Sicherheit und Skalierbarkeit. Die ABB-Lösungen besitzen diese Merkmale und bieten Kunden die Möglichkeit, leistungsstarke Kommunikationsnetzwerke aufzubauen, zu betreiben und ihre Anwendungen branchenübergreifend einzusetzen.

Peter Bill
Mathias Kranich
ABB Power Systems
Baden, Schweiz
peter.bill@ch.abb.com
mathias.kranich@ch.abb.com

Narasimha Chari
ABB Communication Networks
Sunnyvale, CA, USA
chari@tropos.com

Literaturhinweise

[1] P. Bill, M. Kranich, N. Chari: „Fein vernetzt: Drahtlose Kommunikation in vermaschten 802.11-Netzwerken“. *ABB Technik* 1/2013: 42–44.

Die passende Lösung

ABB sorgt zusammen mit einem Familienunternehmen für den Antrieb von schwimmenden Strömungspumpen

OSCAR AVELLA – Eine Partnerschaft kann als Vereinbarung zwischen zwei oder mehr Parteien definiert werden, in der alle Beteiligten beschließen, zusammenzuarbeiten, um ein gemeinsames Ziel zu erreichen oder eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen und Risiken, Ressourcen und Kompetenzen zu teilen. ABB blickt auf eine langjährige Geschichte erfolgreicher Partnerschaften mit großen und kleinen Unternehmen zurück. Ein jüngstes Beispiel ist ein familiengeführtes kolumbianisches Maschinenbauunternehmen, das traditionelle Bewässerungssysteme im Nahen Osten modernisiert. Das Schlüsselelement hierbei ist eine schwimmende Strömungspumpe, die von ABB-Prozessmotoren angetrieben wird.

1 Von ABB-Motoren angetriebene schwimmende Pumpe

Das Unternehmen ETEC wurde von Eric Thiriez in Cartagena ursprünglich mit dem Ziel gegründet, stationäre Strömungspumpen für staatliche Unternehmen zu bauen. Da an einigen Standorten das Ufer für das Gewicht der stationären Pumpen zu weich war, musste ETEC eine Alternative zu der schweren Konstruktion finden. Die Lösung war eine schwimmende Pumpe.

Bei den schwimmenden Pumpen handelt es sich um komplette, integrierte Einheiten, die für den Dauerbetrieb ausgelegt sind und über 5.000 l Wasser in der Sekunde fördern können → 1. Sie können innerhalb kurzer Zeit installiert und in Betrieb genommen werden – ohne die Bauarbeiten, die typischerweise für andere Arten von Pumpen mit ähnlichen oder niedrigeren Förderleistungen erforderlich sind. Die schwimmende Lösung eignet sich für eine Vielzahl von Hochleistungspumpen von Axial- über Diagonalpumpen bis hin zu mehrstufigen Pumpen und wird zum Transport von Wasser in Aquädukten, landwirtschaftlichen und Aquakulturbetrieben sowie in Hochwasserschutz- und Bewässerungssystemen eingesetzt.

Titelbild
ABB-Motoren für die Prozessindustrie sind für anspruchsvolle Anwendungen und Energieeinsparungen ausgelegt.

Pumpenantrieb

Für den Antrieb der schwimmenden Pumpen wählte ETEC Prozessmotoren von ABB. Im letzten Jahr bestellte ETEC bei ABB 38 Käfigläufer-Asynchronmotoren → 2 zum Antrieb der schwimmenden Pumpen für Bewässerungsprojekte im Nahen Osten. „Wir haben ABB als Partner gewählt, weil das Unternehmen weltweit einen hervorragenden technischen Ruf genießt, und wir das Produkt so anbieten konnten, wie wir es wollten“, so Thiriez.

Das Design der schwimmenden Pumpen erfordert einen Motor mit einem kleinen Gehäuse, der zudem durch einen gekapselten Lüfter vollständig eigengekühlt ist und einen hohen Wirkungsgrad und eine geringe Erwärmung aufweist. Dank ihres umfangreichen Portfolios war ABB in der Lage, diese Anforderungen genau zu erfüllen: ein hoher Wirkungsgrad (IE2 und IE3)[1], ein optimales Verhältnis von Nennleistung und Baugröße und thermische Toleranzen, die einen Betrieb des Motors im Freien bei Temperaturen von bis zu 55 °C in Meeresspiegelhöhe ermöglichen.

Durch die Partnerschaft mit ABB und die Verwendung von hocheffizienten Prozessmotoren von ABB war ETEC in der Lage, eine kostengünstige Lösung mit den schwimmenden Pumpen bereitzustellen. ETEC bietet die Pumpen mit den ABB-Motoren an, wenn eine entsprechende Stromquelle – per Kabelverbindung zu einem Stromnetz oder in Form eines lokalen Generators zur Verfügung steht. Für die schwimmenden Pumpen hat ein Elektromotor entscheidende Vorteile gegenüber einem Verbrennungsmotor: Es gibt weniger Ausfallpunkte, der Wartungsaufwand ist geringer, und die Betriebskosten sind niedriger.

2 Übersicht über die bestellten ABB Käfigläufer-Asynchronmotoren

Menge	Leistung	Beschreibung
8	371 kW	- M3BP - Baugröße 355
15	336 kW	- 380 V, 50 Hz - 1.500 U/min - IP55
15	485 kW	- IM2001

Für ABB bedeutet die Partnerschaft eine langfristige Kundenbeziehung, eine Steigerung des Prozessmotorengeschäfts und einen wichtigen Auftragseingang. Nach der ersten Bestellung erhielt ABB einen weiteren Auftrag über 55 Motoren für das Bewässerungsprojekt im Nahen Osten. Außerdem arbeitet ABB zusammen mit ETEC an der Entwicklung eines Standardportfolios für Serienpumpen und am verstärkten Einsatz von Prozessmotoren in Verbindung mit ABB-Sanftanlassern in kompletten Pumplösungen.

Oscar Avella
ABB Discrete Automation and Motion
Bogota, Kolumbien
oscar.avella@co.abb.com

Fußnote
1 IE2 ist eine Klassifizierung gemäß IEC 60034-30 (2008) für Elektromotoren mit einem hohen Wirkungsgrad, IE3 für Elektromotoren mit Premium-Wirkungsgrad.

ABB technik 1|13

Innovation

6 **Innovations-Highlights**
Die bedeutendsten Innovationen von ABB für das Jahr 2013

13 **Sicher versorgt**
Intelligente modulare USV-Designs

16 **Leistungsfaktoren**
Netzqualität – Probleme und Lösungen

20 **Garantierte Leistung**
Intelligente modulare USV-Designs sorgen für höhere Flexibilität und Verfügbarkeit

24 **Strom tanken mit der Cloud**
Die Konnektivitätslösungen von ABB verändern den Betrieb von Ladestationen für Elektrofahrzeuge

29 **Der Power Manager**
Ein neuer Leistungsschalter reduziert Unterbrechungen durch Optimierung der Last

36 **Das Multitalent**
Der neue Multiservice-Multiplexer FOX615 von ABB hilft, neue Herausforderungen operativer Kommunikationsnetze zu meistern

42 **Fein vernetzt**
Drahtlose Konnektivität in vermaschten 802.11-Netzwerken

45 **Perfekt in Form**
eRAMZES – Durchbruch in der fortschrittlichen Computersimulation

52 **Alles im Blick**
My Control System hilft Kunden dabei, ihr Leitsystem auf dem neuesten Stand zu halten

59 **Energieerhaltung**
Fingerprint-Analyse zur Senkung des Energieverbrauchs einer Papiermaschine

64 **Mehr Leistung**
Neue Motoren von ABB für Anwendungen mit höchsten Anforderungen

70 **Den Benutzer verstehen**
Bessere Gestaltung von Bedienoberflächen durch ethnografische Untersuchungen

76 **Produktive Reaktoren**
Erste Implementierung von ABB System 800xA Batch Management in Kolumbien

ABB review 2|13

Bahnbrechende Technik

6 **Durchbruch!**
Der ABB HGÜ-Hybridschalter – ein innovativer Durchbruch auf dem Weg zu zuverlässigen HGÜ-Netzen

14 **Weniger ist mehr**
Ein Leistungsschalter, der in der Lage ist, 15 Großkraftwerke zu schalten

19 **Der Zwei-in-Eins-Chip**
Der Bimode Insulated Gate Transistor (BIGT)

24 **Elegante Lösung**
Die ultimative Erdschluss-Schutzfunktion für kompensierte Netze

29 **Sauberer Kontakt**
Schütztechnik zum Schalten hoher Leistungen und zur Steuerung von Motoren

35 **Alle Wetter!**
Optimierung von Wetterströmen in Untertagebergwerken

42 **Antriebsfaktoren**
Technologien zur Steigerung der Produktivität von Bergwerken

48 **Wertvolle Informationen**
Integration von mobiler Ausrüstung im Untertagebau

52 **OCTOPUS-Onboard**
Ein System zur Bewegungsüberwachung, Reaktionsprognose und Entscheidungsunterstützung bei schwerem Wetter

54 **Konvergenz der Systeme**
Übertragung von industrieller Überwachungs- und Steuerungstechnik auf den Betrieb von Rechenzentren

59 **Virtuelle Helfer**
Emulation von Schnittstellen zwischen Steuerung und Subsystemen mithilfe von SoftCI

64 **CRIM**
Bestimmung der besten Instandhaltungsstrategie für komplexe Prozessanlagen

70 **Vom Quecksilberdampf zum Hybridleistungsschalter**
100 Jahre Leistungselektronik

ABB review 3|13

Simulation

6 **Vorhersage der Wirklichkeit**
Simulationen bei ABB

11 **Chaos neu geordnet**
Verbesserung von Produkten, industriellen Prozessen und Betriebsabläufen durch angewandte Mathematik

16 **Simulation Toolbox**
Dielektrisches und thermisches Design von energietechnischen Komponenten

22 **Im Wandel der Zeit**
Veränderungen auf dem Gebiet der technischen Simulation

27 **Schnelle Trennung**
30-mal schneller als ein Wimpernschlag – Simulation von extremen Vorgängen in HGÜ-Schaltanlagen

34 **Extrem anspruchsvoll**
Simulation von Schaltlichtbögen

39 **Wertvolle Einblicke**
Elektromagnetische Simulationen von Transformatoren

44 **Intelligentes Netz**
Wegweisendes Kollaborationsprojekt zur Stärkung von Smart Grids

47 **Simulationen für Sensoren**
Entwicklung genauerer und robusterer Sensoren durch System- und Multiphysik-Simulationen

54 **Unter Druck**
Simulation des Druckanstiegs in Aufstellungsräumen für Schaltanlagen

61 **Roboterdesign**
Optimierte Entwicklung von Robotern und Automatisierungssystemen durch virtuelle Prototyperstellung und Inbetriebnahme

65 **Optimierte Integration**
Neue Simulationsalgorithmen für ein kostengünstiges Design von leistungselektronischen Frequenzumrichtern

72 **Die Zukunft formen**
Bessere Polymerverarbeitung durch fortschrittliche Computersimulationen

77 **Durchgerüttelt und durchgeschüttelt**
Wie Simulationen dabei helfen, die Erdbebenfestigkeit von Betriebsmitteln zu verbessern und Geräuschpegel zu senken

ABB review 4|13

Rechenzentren

7 **Im Blickpunkt: Rechenzentren**
Die Infrastruktur hinter einer digitalen Welt

11 **Auf Verfügbarkeit ausgelegt**
Definition der Verfügbarkeit von Rechenzentren mithilfe eines mehrstufigen Klassifizierungssystems

16 **Effizienter Gleichstrom**
Niederspannungs-Gleichstrominfrastruktur in Rechenzentren

22 **Zuverlässige Reserven**
Notstrom-Versorgungssysteme von ABB für Rechenzentren

29 **Leistungsgarantie**
Unterbrechungsfreie Stromversorgung für Rechenzentren

34 **Durchgängige Leistung**
Erhöhung der Zuverlässigkeit von Rechenzentren durch digitale statische Umschalter

41 **Der Blick aufs Ganze**
Neue Konzepte für das Infrastruktur-Management in Rechenzentren

48 **Entscheidungen mit System**
Was kann ABB zum Design von Rechenzentren beitragen?

53 **Cool bleiben**
Optimales Design und Management von Kühlsystemen

58 **Der Blick in die Kristallkugel**
Optimierung des Designs von Rechenzentren

64 **Einsteigen und Aufladen**
Schnellladung als Fahrkarte für einen sauberen Nahverkehr

70 **Alles unter Kontrolle**
DreDCU – eine zuverlässige und integrierte Steuerungsplattform für Antriebsmotoren auf Saugbaggerschiffen

74 **Drahtlos und robust**
Vermaschte Wi-Fi-Kommunikation für die Industrie

79 **Die passende Lösung**
ABB sorgt zusammen mit einem Familienunternehmen für den Antrieb von schwimmenden Strömungspumpen

81 **Index 2013**
Das Jahr im Überblick

Editorial Board

Claes Rytoft
Chief Technology Officer
Group R&D and Technology

Clarissa Haller
Head of Corporate Communications

Ron Popper
Head of Corporate Responsibility

Eero Jaaskela
Head of Group Account Management

Andreas Moglestue
Chief Editor, *ABB Review*

Herausgeber
Die *ABB Review* wird herausgegeben von ABB Group R&D and Technology.

ABB Technology Ltd.
ABB Review
Affolternstrasse 44
CH-8050 Zürich
Schweiz
abb.review@ch.abb.com

Die *ABB Review* erscheint viermal pro Jahr in Englisch, Französisch, Deutsch, Spanisch und Chinesisch. Die *ABB Review* wird kostenlos an Personen abgegeben, die an der Technologie und den Zielsetzungen von ABB interessiert sind. Wenn Sie an einem kostenlosen Abonnement interessiert sind, wenden Sie sich bitte an die nächste ABB-Vertretung, oder bestellen Sie die Zeitschrift online unter www.abb.com/abbreview.

Der auszugsweise Nachdruck von Beiträgen ist bei vollständiger Quellenangabe gestattet. Ungekürzte Nachdrucke erfordern die schriftliche Zustimmung des Herausgebers.

Herausgeber und Copyright © 2013
ABB Technology Ltd.
Zürich, Schweiz

Satz und Druck
Vorarlberger Verlagsanstalt GmbH
AT-6850 Dornbirn, Österreich

Layout
DAVILLA AG
Zürich, Schweiz

Übersetzung
Thore Speck, Dipl.-Techniküberset zer (FH)
D-24941 Flensburg, Deutschland

Haftungsausschluss
Die in dieser Publikation enthaltenen Informationen geben die Sicht der Autoren wieder und dienen ausschließlich zu Informationszwecken. Die wiedergegebenen Informationen können nicht Grundlage für eine praktische Nutzung derselben sein, da in jedem Fall eine professionelle Beratung zu empfehlen ist. Wir weisen darauf hin, dass eine technische oder professionelle Beratung vorliegend nicht beabsichtigt ist. Die Unternehmen der ABB-Gruppe übernehmen weder ausdrücklich noch stillschweigend eine Haftung oder Garantie für die Inhalte oder die Richtigkeit der in dieser Publikation enthaltenen Informationen.

ISSN: 1013-3119

www.abb.com/abbreview

Vorschau 1|14

Innovation

Die erste Ausgabe der *ABB Review* im Jahr 2014 widmet sich dem Thema Innovationen. Vorgesehen ist unter anderem ein Beitrag über die Herausforderungen großer Windenergieanlagen. Außerdem zeigen wir, wie neueste Turboladertechnik dabei hilft, Kraftstoff zu sparen, und wie Strom durch fortschrittliche Physik mit bisher ungekannter Präzision gemessen werden kann. Zu den weiteren Themen gehören die effizientere Versorgung von Verbrauchern mit Trinkwasser, ein Einblick in Neuheiten aus dem Bereich der Simulation und vieles mehr.

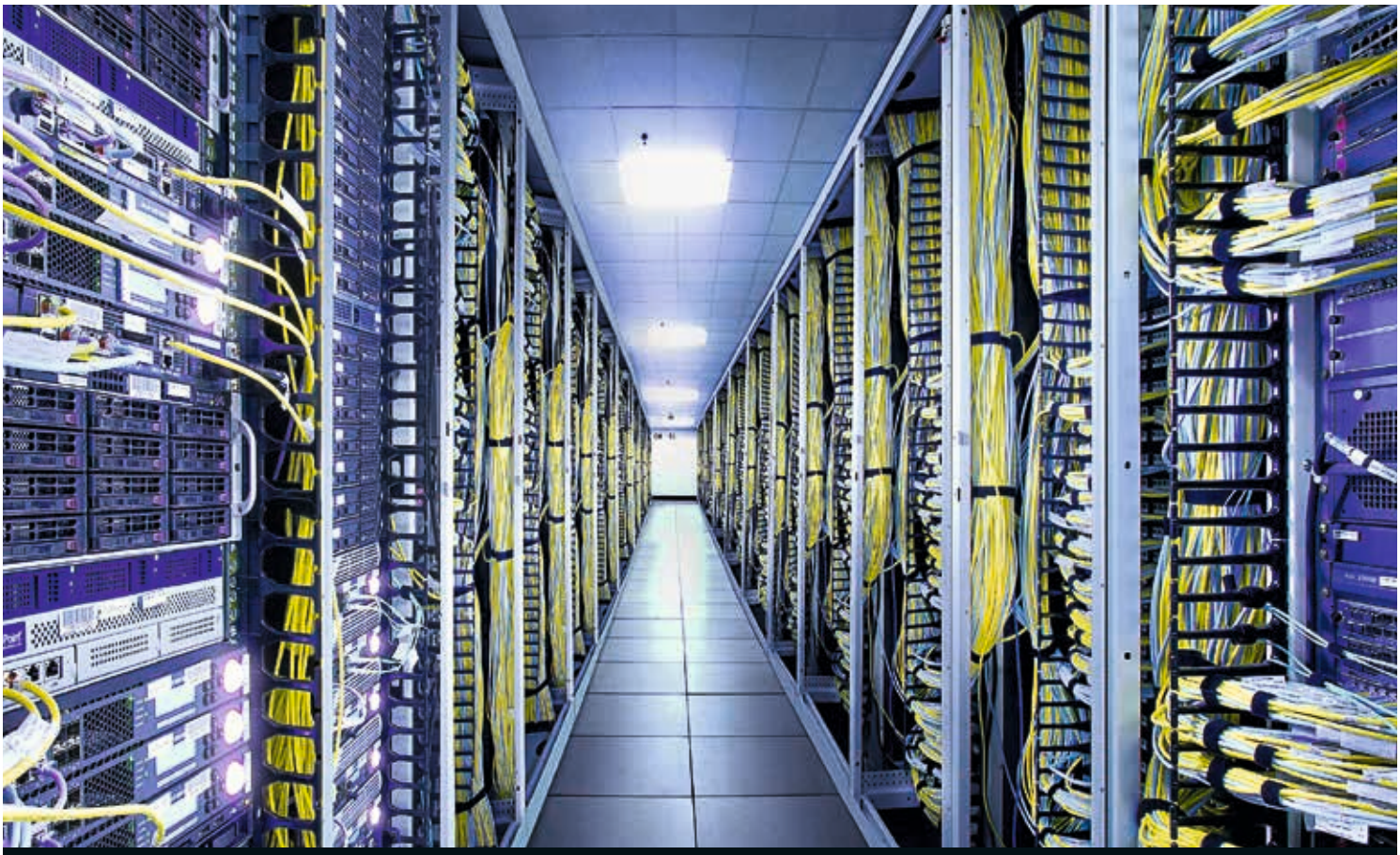
ABB Review auf dem Tablet

Die *ABB Review* ist nun auch als Tablet-Version verfügbar. Besuchen Sie uns unter http://www.abb.com/abbreview

Bleiben Sie auf dem Laufenden …

Haben Sie eine Ausgabe der *ABB Review* verpasst? Lassen Sie sich auf bequeme Weise informieren, wenn eine neue Ausgabe der *ABB Review* (oder ein Special Report) veröffentlicht wird. Melden Sie sich unter folgender Adresse für die *ABB Review* Mailingliste an: http://www.abb.com/abbreview

Adressaufkleber hier anbringen



Ihre kritischsten Systeme aus einer Hand?

Statt Produkte und Systeme von vielen verschiedenen Anbietern in Ihr Rechenzentrum zu integrieren, sollten Sie über eine Partnerschaft mit ABB nachdenken. Sie profitieren von umfassenden, intelligenten Paketlösungen zur Versorgung, Überwachung und Automatisierung aller wichtigen Komponenten Ihrer Infrastruktur. Von AC- und DC-Stromverteilungssystemen bis hin zu Netzanbindungen, DCIM und modularen USV-Lösungen, kombiniert mit lokalem Projektmanagement und Service – ABB bietet jahrzehntelange Erfahrung mit missionskritischen Anlagen für leistungsstarke und zuverlässige Rechenzentren der Zukunft.

www.abb.com/datacenters

Sicher.

Power and productivity
for a better world™

ABB