



SIEMENS



Totally Integrated Power

Technische Schriftenreihe Ausgabe 13.2

Elektrische Energieverteilung im
Rechenzentrum mit Abgangskästen

[siemens.de/tip](https://www.siemens.de/tip)

1. Einführung: Stromverteilungssysteme

Kurze Innovationszyklen im Bereich der Informationstechnik und die Änderungsdynamik der Kundenanforderungen im Rechenzentrumsmarkt erschweren die Kapazitätsplanung eines Betreibers. Neben der Forderung nach einer hohen Verfügbarkeit des Rechenzentrums beeinflussen sie die Planung der elektrischen Energieverteilung wesentlich. Eine räumlich einfach und schnell anpassbare Technik mit standardisierten Bauteilen wird immer wichtiger. Dabei sollen die Komponenten, Anlagen und Systeme der elektrischen Energieverteilung an geänderte Raumstrukturen, neue Kunden und Aufgabenstellungen sowie an gewünschte Lastmanagementanforderungen ausgerichtet werden können. Im Folgenden wird gezeigt, dass sich Schienenverteiler-Systeme zum Aufbau eines Linienverteilers in den Serverräumen des Rechenzentrums sehr gut eignen, um diese Ansprüche zu erfüllen. Zur Vereinfachung wird dies als L-PDU (Linienstromverteilungseinheit – en: line power distribution unit) bezeichnet.

Im Gegensatz zu einer kostspieligen und ressourcenintensiven Überdimensionierung bietet sich ein modulares Konzept mit klarer Struktur und wenigen, aufeinander abgestimmten Komponenten an. Am Beispiel eines typischen Leistungsbedarfs im Bereich von rund 600 kVA für einen Serverraum wird der systematische Aufbau der IT-Stromversorgung (IT: Informationstechnologie) für unterschiedliche Rack-Konfigurationen vorgestellt.

Der wichtigste Aspekt beim Rechenzentrumsbetrieb ist eine möglichst hohe Verfügbarkeit. Eine Erhöhung der IT-Verfügbarkeit lässt sich unter anderem durch eine Reduzierung der Gefahren im Serverraum bewerkstelligen. Dies wiederum kann durch eine Minderung der Brandlasten

und die Verbesserung von Zugangs- und Änderungsmöglichkeiten bei der Stromversorgung erreicht werden.

Während im amerikanisch beeinflussten Teil des RZ-Markts (RZ: Rechenzentrum) eine Stromverteilung mit Punktverteilern (Verwendung von PDUs – en: power distribution units – und strahlenförmig abgehenden Kabelverbindungen) bevorzugt wird, kommen im europäisch beeinflussten RZ-Markt immer häufiger Linienverteiler mit Schienenverteiler-Systemen (BTS – en: busbar trunking systems – mit verteilten Abgangskästen) zum Einsatz (Abb. 1). Wie im Folgenden gezeigt wird, bietet sich der Einsatz von Schienenverteiler-Systemen mit variabel einsetzbaren und standardisierten Abgangskästen für ein flexibles und modular aufgebautes Baukastensystem an. In Anlehnung an die PDU wird dies hier als L-PDU bezeichnet.

Zunächst werden die Vorzüge einer Stromverteilung mit Schienenverteiler-Systemen im Vergleich zu einer leitungsorientierten Lösung vorgestellt. Anschließend werden die Randbedingungen für den betrachteten Serverraum und die Stromverteilung zu den Serverracks beschrieben. Das funktionale Konzept für den Aufbau einer L-PDU wird dann exemplarisch für den betrachteten Serverraum umgesetzt und eine Typenzusammenstellung abgeleitet. Damit werden der Flächenbedarf und die eingesetzten Standardelemente für die verschiedenen Konfigurationen abgeschätzt. Abschließend werden Umsetzungsbeispiele mit SIMARIS design vorgestellt und Selektivitätsbetrachtungen angestellt. Dabei wird deutlich, dass die automatisierte Berücksichtigung von betriebsbedingten Reduktionsfaktoren zu verlässlicheren Ergebnissen bei der Dimensionierung führt.

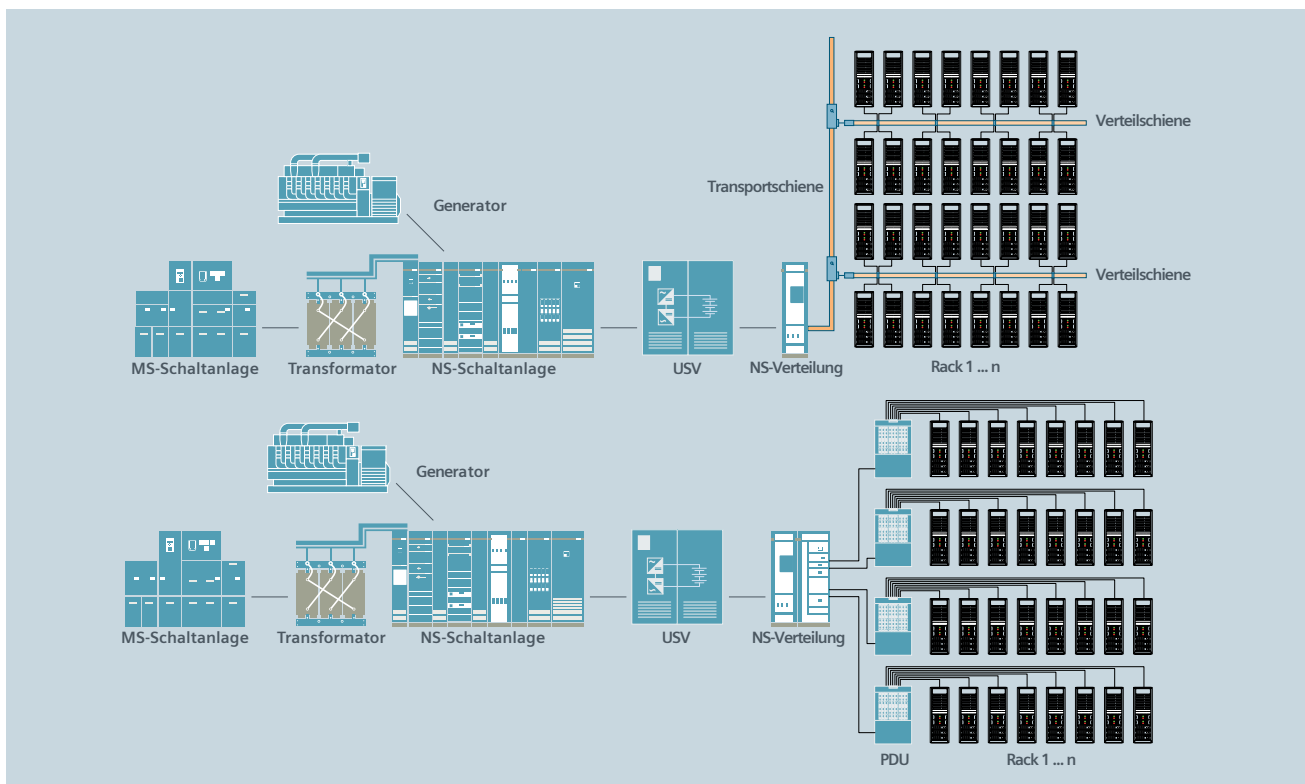


Abb. 1: Vergleich der Stromverteilungslösungen mit Kabeln oder Schienenverteiler-Systemen (BTS) im Rechenzentrum

2. Vergleich von Stromversorgungslösungen mit BTS und mit Kabel

Im Vergleich mit der klassischen Kabelinstallation bieten BTS viele netz- und anlagentechnische Vorteile, wie die Gegenüberstellungen in Tab. 1 und in Abb. 1 zeigen. Änderungen und Umbau der elektrischen Energieverteilung bedeuten für Kabelinstallationen in der Regel einen zeitlich wie auch finanziell deutlich höheren Aufwand als für eine Lösung mit BTS.

Neben der beträchtlichen Zeitersparnis bei der Montage bieten BTS eine größere Flexibilität für Rackanschlussmöglichkeiten im Betrieb. Auch beim Kostenvergleich zwischen BTS und Kabellösungen sind Vorteile von bis zu 30 % [1] zugunsten der BTS zu erwarten. Ein wesentlicher Grund dafür sind die niedrigeren Betriebskosten aufgrund der geringeren Energieverluste beim Einsatz von BTS.

Merkmale	Schienenverteiler-System	Kabelinstallation
Netzaufbau	Linienförmiger Aufbau mit seriell angeordneten Verbraucherabgängen über Abgangskästen	Große Kabelhäufung am Einspeisepunkt aufgrund sternförmiger Versorgung der Verbraucher
Betriebssicherheit	Bauartprüfung nach IEC 61439-6 (VDE 0660-600) gewährleistet unter anderem hohe Strombelastbarkeit und Kurzschlussfestigkeit	Abhängig von der jeweiligen Ausführungsqualität: Nachweis der Normenkonformität aufwändiger
Flexibilität	<ul style="list-style-type: none"> - Flexibel bei Erweiterung (zusätzliche Abgangskästen) - Flexibel bei Veränderung (An- und Abbau von Abgangskästen) - Flexibel bei der Wartung (Montage auch unter Spannung möglich) 	Hoher Aufwand durch Spleißungen, Klemmstellen, Muffen, Parallelleitungen etc.; Montagearbeiten nur im spannungsfreien Zustand möglich
Brandlast	<ul style="list-style-type: none"> - Sehr geringe Brandlast, geprüft und zertifiziert: Feuerwiderstandsklassen S 60, S 90, S 120 nach DIN 4102-9 und Feuerwiderstandsklassen EI 60, EI 90, EI 120 nach EN 13501-2 möglich (systemabhängig) - Brandschottung wird entweder bereits im Werk vormontiert (MIF) oder auf der Baustelle montiert (MOS) - Geeignet für Massivwände/-decken und Leichtbauwände - Einfache Handhabung und Installation 	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Brandlast: PVC-Kabel: bis 10-fach höhere Brandlast als bei BTS PE-Kabel: bis 30-fach höhere Brandlast als bei BTS - Erhöhter Aufwand bei Montage des Brandschotts - Projektspezifische Ausführung, abhängig von Anzahl und Querschnitt der Kabel
Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)	Bauartbedingte Vorteile bei der EMV durch Metallkapselung und spezielle Leiteranordnung	Starke Beeinflussung bei Standardkabeln; bei Einleiterkabeln starke Abhängigkeit der EMV von der Art der Bündelung (siehe [1])
Strombelastbarkeit	Systembedingt höhere Strombelastbarkeit als bei Kabeln gleichen Querschnitts	Verlegeart, Häufung und Betriebsbedingungen bestimmen die zulässige Strombelastbarkeit
Halogen-/PVC-Freiheit	Schienenkästen sind grundsätzlich halogenfrei	Standardkabel sind nicht halogen- und PVC-frei; halogenfreie Kabel sind teuer
Platzbedarf	Kompakte Bauweise durch hohe Strombelastbarkeit, standardmäßige Winkel- und Versatzelemente	Hoher Platzbedarf durch Biegeradien, Verlegeart, Häufung sowie Strombelastbarkeit (Berücksichtigung von Reduktionsfaktoren)
Gewicht	Im Vergleich zum Kabel Gewichtsreduktion auf die Hälfte oder sogar auf ein Drittel	Bis zu 3-faches Gewicht eines vergleichbaren BTS
Montage	Unkomplizierte Montage ist mit einfachen Hilfswerkzeugen und kurzen Montagezeiten möglich	Aufwändige Montage ist nur mit zahlreichen Hilfswerkzeugen möglich; deutlich längere Montagezeiten (insbesondere auch für die Montage von Kabeltragsystemen)

Tab. 1: Vergleich charakteristischer Merkmale von BTS und Kabelinstallation

Eine Stromversorgungslösung mit BTS im Serverraum hat gegenüber der Verkabelung auch Vorteile bei einer späteren Leistungserhöhung in den einzelnen Racks. Durch das Auftrennen der Verteilschienensysteme, den einfachen und schnellen Austausch mit vorbereiteten Abgangskästen und die Verdopplung der Transportschienen wie in Abb. 2

gezeigt, kann eine Leistungsverdopplung bei den Racks zum Teil mit dem vorhandenen Material schnell und sicher realisiert werden. Bei einer Kabellösung muss die komplette Stromverteilung im Serverraum (sämtliche Kabel und PDUs) ausgetauscht und neu angeschlossen werden.

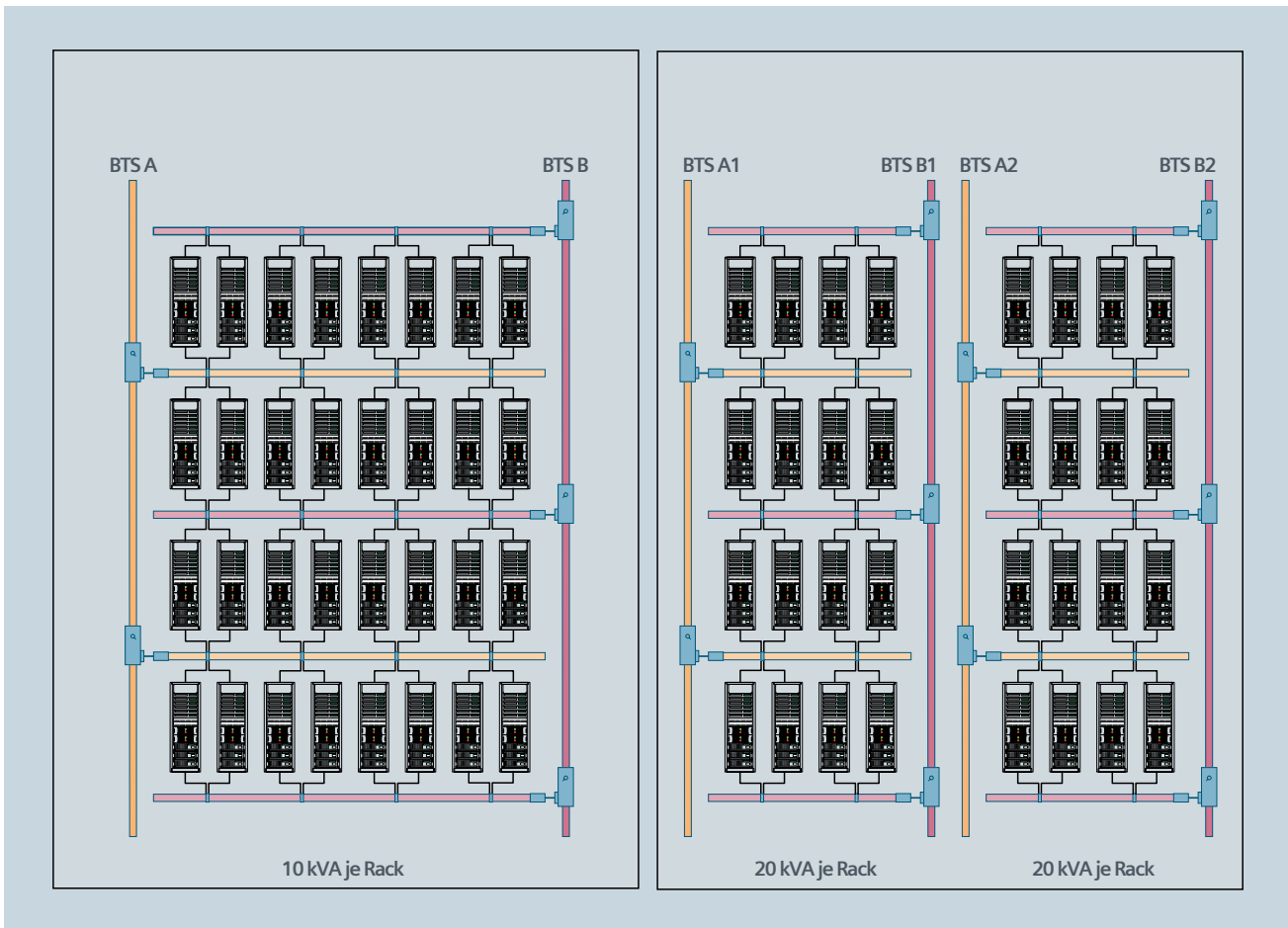


Abb. 2: Leistungsverdopplung mit BTS im Serverraum

3. Aufbau eines modularen Schienenverteiler-Baukastens für Rechenzentren

Im Rechenzentrum werden üblicherweise Server und IT-Equipment mit unterschiedlichen Leistungsanforderungen an die Stromversorgung angeschlossen. Zudem muss im Rechenzentrum häufig mit Änderungen bei der Strukturierung und Nutzung des Serverraums gerechnet werden, sodass für die Stromversorgung im Serverraum ein variables und modulares Konzept von Vorteil ist. Der Aufbau von BTS mit standardisierten Abgangskästen [2] eignet sich ideal für deren Verwendung in einem solchen Konzept.

Ein solches Konzept von der Mittelspannung bis zum Anschluss der Server und der anderen Endverbraucher wird im Applikationshandbuch [1] für ein oder mehrere Serverräume mit 600 kVA Leistungsbedarf beschrieben.

Als Randbedingungen für die Stromversorgungsmodule werden dementsprechend gewählt:

- Für einen Serverraum wird ein elektrischer Leistungsbedarf in der Größenordnung von 600 kVA angenommen.
- Der Stromtransport zum und im Serverraum erfolgt mit einem Transportschienensystem, dem sogenannten „Backbone-Verteiler“, im Serverraum (vergleichbar zum Rückgrat beim menschlichen Nervensystem wird im IT-Bereich der zentrale Datenleitungsstrang als „Backbone“ – en: Rückgrat – bezeichnet). Bei einem redundanten Versorgungssystem werden zumeist zwei Transportschienensysteme (A/B) durch den Serverraum geführt.
- Die Stromverteilung von der Transportschiene zu den Serverracks erfolgt entweder mit 4 Schienensträngen (Standard-BTS mit je 250 A Betriebsstrom) bei einem Rackleistungsbedarf kleiner 10 kVA oder mit 2 Schienensträngen (Standard-BTS mit je 630 A Betriebsstrom) bei einem Rackleistungsbedarf größer oder gleich 10 kVA.

Modulbaustein	Produktreihe
Stromtransport in den Serverraum	SIVACON 8PS, System LI
Absicherung der Transportabgangskästen	Kompaktleistungsschalter MCCB (z. B. 3VA)
Messung / Monitoring in den Transportabgangskästen	Messgeräte 7KM PAC2200
Stromverteilung von der Transportschiene zu den Serverracks	SIVACON 8PS, System BD2
Verteiler-Abgangskästen [2] (Varianten jeweils: - mit / ohne Messgerät - mit / ohne Schalten des N-Leiters)	- bis 3,6 kVA Rackleistung: BVP: 662638, 662640, 662654, 662656 - bis 7,2 kVA Rackleistung: BVP: 662642, 662644, 662658, 662660 - bis 11 kVA Rackleistung: BVP: 662639, 662641, 662655, 662657 - bis 22 kVA Rackleistung: BVP: 662643, 662645, 662659, 662661

Tab. 2: Empfohlene Produktreihen für den Aufbau einer L-PDU

4. Typische Konfigurationen für Serverräume mit ungefähr 600 kVA Leistungsbedarf

Bis zu einer Rackleistung von 7,2 kVA wird empfohlen, die Serverracks 1-phasig mit Wechselstrom zu versorgen. Damit verbunden ist der Vorteil geringerer Kurzschlussströme, verglichen mit denen für eine entsprechende 3-phasige Versorgung. Dies wirkt sich vorteilhaft auf Personen- und Anlagensicherheit aus sowie, aufgrund der günstigeren Selektivitätsverhältnisse, auch auf die Anlagenverfügbarkeit aus. Ein weiterer Vorteil der Wechselstromvariante ist, dass im Fehlerfall bei der 1-phasigen Absicherung die beiden nicht vom Fehler betroffenen Phasen und die daran angeschlossenen Racks weiter in Betrieb bleiben. Ab 10 kVA wird die Stromversorgung der Racks mit Drehstrom üblicherweise wirtschaftlich sinnvoll.

Mit den vier Leistungsgrößen der Abgangskästen (3,6 / 7,2 / 11 und 22 kVA) für das Schienenverteiler-System BD2 [2] lassen sich Serverracks mit entsprechend unterschiedlichem Leistungsbedarf versorgen. Dabei werden jeweils die Abgangskästen mit Messung und schaltbarem N-Leiter gewählt. Die beiden folgenden Beispiele zeigen den exemplarischen Aufbau für modulare Stromversorgungssysteme in einem Serverraum, die mit Racks bestückt werden, deren Leistungsbedarf insgesamt näherungsweise 600 kVA beträgt. Der Flächenbedarf für Racks hängt wesentlich von Zugangs- und Servicemöglichkeiten ab, weniger vom Leistungs- und Kühlungsbedarf der Server im Rack.

➔ Annahme für die Bestimmung des Flächenbedarfs des IT-Raums: 3 m² Fläche je Rack (Berücksichtigung notwendiger Flächen zum Beispiel für Gänge und Kühlgeräte)

4.1 Variante 1 mit 1-phasigen Abgangskästen bis 3,6 kVA Rackleistungsbedarf (Abb. 3)

In einem Serverraum mit Racks, deren Leistungsbedarf maximal 3,6 kVA ist, stehen 168 Racks, die eine Gesamtleistung von 604,8 kVA abrufen können. Bei einer Aufstellung in 4 Reihen stehen jeweils 42 Racks in einer Reihe.

Flächenbedarf F für 168 Racks ist:
 $F (3,6 \text{ kVA}) = 168 \cdot 3 \text{ m}^2 = 504 \text{ m}^2$

Die Racks sollen redundant versorgt werden. Entsprechend Tab. 2 sind die Komponenten für Stromtransport und Stromverteilung im Serverraum zu bestimmen (Abb. 3):

- 2 Transportschienensysteme ①
- 8 Abgangskästen mit MCCBs ②
- 8 Verteilschienensysteme ③
- 112 Abgangskästen ④

i) Stromtransport in den Serverraum:

Minimaler Bemessungsstrom des BTS:

$$I_n = 604,8 \text{ kVA} / (\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}) = 873 \text{ A}$$

Ausgewähltes Schienenverteiler-System: **LI-A1000**
MCCB für Abgangskästen (250 A): **3VA22**

ii) Stromverteilung von der Transportschiene zu den Serverracks:

Minimaler Bemessungsstrom des BTS:

$$I_n = 873 \text{ A} / 4 = 218 \text{ A}$$

Ausgewähltes Schienenverteiler-System: **BD2A-2-250**
Ausgewählter Abgangskasten: **BVP:662638**
(siehe [2]; 3,6 kVA, 3 Steckdosen, 1-phasig, 16 A, Charakteristik C mit Messung + N-Leiter-Schaltung)

4.2 Variante 2 mit 3-phasigen Abgangskästen bis 22 kVA Rackleistungsbedarf (Abb. 4)

In einem Serverraum mit Racks, deren Leistungsbedarf maximal 22 kVA ist, stehen 28 Racks, die eine Gesamtleistung von 616 kVA abrufen können. Bei einer Aufstellung in 2 Reihen stehen jeweils 14 Racks in einer Reihe.

Flächenbedarf F für 28 Racks ist:
 $F (22 \text{ kVA}) = 28 \cdot 3 \text{ m}^2 = 84 \text{ m}^2$

Die Racks sollen redundant versorgt werden. Entsprechend Tab. 2 sind die Komponenten für Stromtransport und Stromverteilung im Serverraum zu bestimmen (Abb. 4):

- 2 Transportschienensysteme ①
- 4 Abgangskästen mit MCCBs ②
- 4 Verteilschienensysteme ③
- 56 Abgangskästen ④

i) Stromtransport in den Serverraum:

Minimaler Bemessungsstrom des BTS:

$$I_n = 616 \text{ kVA} / (\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V}) = 890 \text{ A}$$

Ausgewähltes Schienenverteiler-System: **LI-A1000**
MCCB für Abgangskästen (500 A): **3VA24**

ii) Stromverteilung von der Transportschiene zu den Serverracks:

Minimaler Bemessungsstrom des BTS:

$$I_n = 890 \text{ A} / 2 = 445 \text{ A}$$

Ausgewähltes Schienenverteiler-System: **BD2A-3-630**
Ausgewählter Abgangskasten: **BVP:662643**
(siehe [2]; 22 kVA, 1 Steckdose, 3-phasig, 32 A, Charakteristik C mit Messung + N-Leiter-Schaltung)

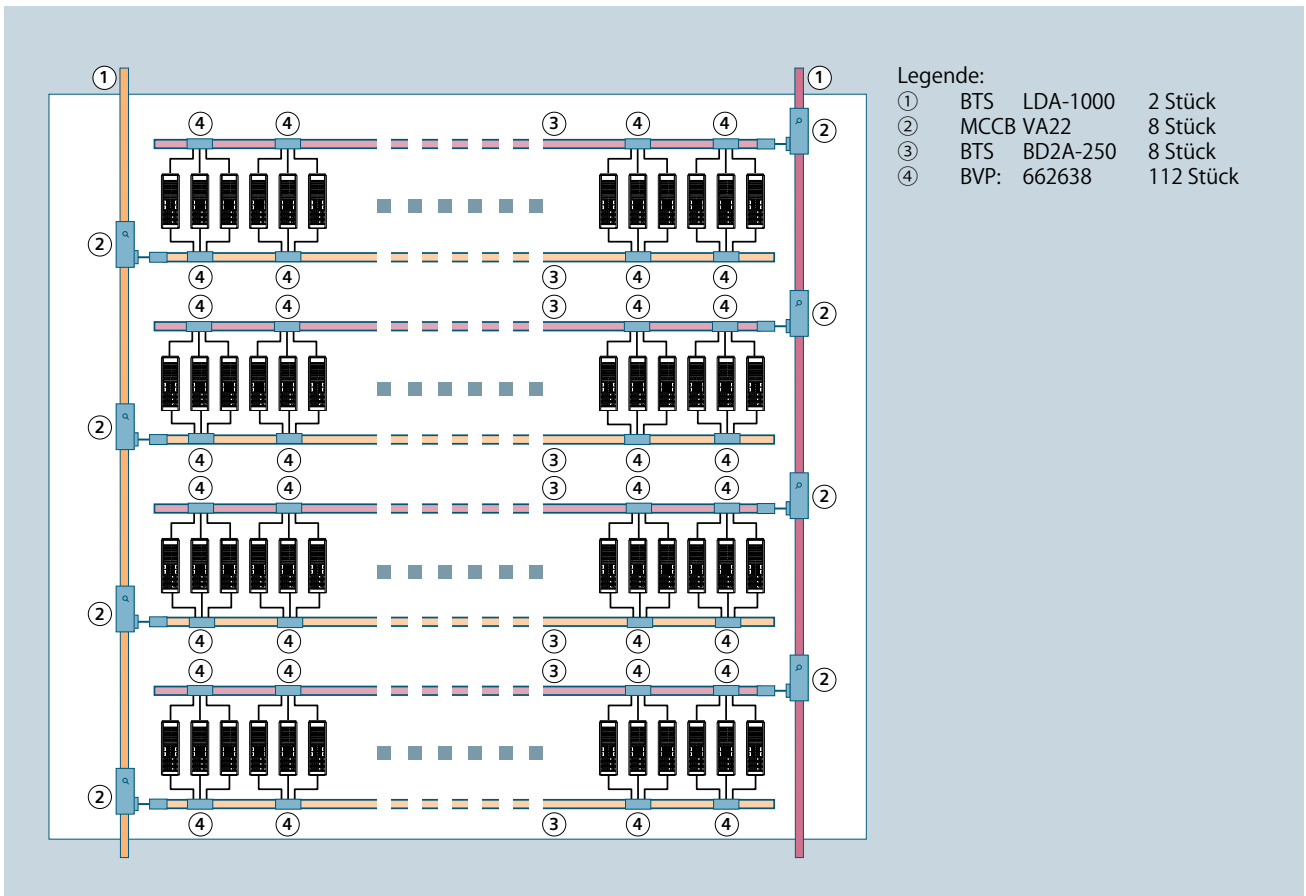


Abb. 3: Variante 1: Serverraum (ca. 600 kVA) mit 1-phasiger Rackversorgung (maximaler Rackleistungsbedarf 3,6 kVA)

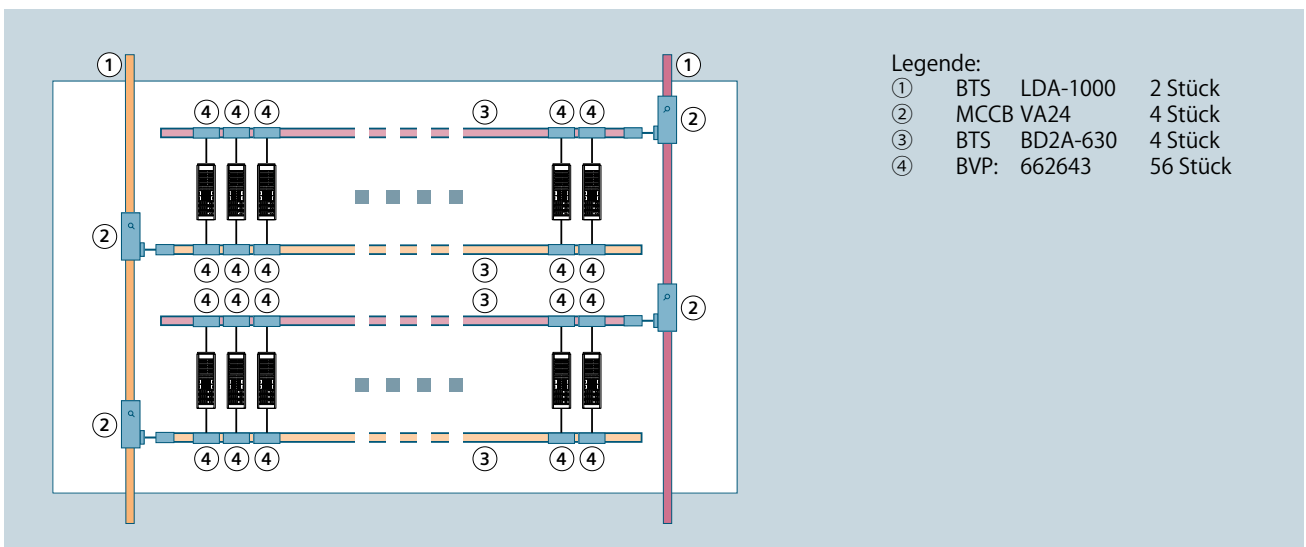


Abb. 4: Variante 2: Serverraum (ca. 600 kVA) mit 3-phasiger Rackversorgung (maximaler Rackleistungsbedarf 22 kVA)

5. Dimensionierung mit SIMARIS design und Selektivitätsbetrachtungen

Die Dimensionierung der beiden L-PDU-Stromverteilungsanordnungen von Abb. 3 und 4 kann mit SIMARIS design überprüft werden. In den Abb. 5 und 6 sind die Single-Line-Darstellungen aus SIMARIS design mit einer einfachen Netzeinspeisung über einen GEAUFOL-Transformator dargestellt. Die Selektivitätsauswertungen (grüne Kästen in Abb. 5 und 6) belegen, dass die Kompaktleistungsschalter 3VA22 und 3VA24 voll selektiv gewählt worden sind.

Für die Selektivitätsauswertung muss die Professional-Version von SIMARIS design verwendet werden. Für die drei Steckdosen eines jeden Abgangskastens in Abb. 5 (grau hinterlegt) muss für das Schienenverteiler-System in SIMARIS design ein Mindestabstand von 0,25 m gewählt werden.

Für die Konfigurationen in Kapitel 4 wurde von den freien Umgebungsbedingungen für die Leitungsschutzschalter (MCB) ausgegangen (z. B. 20 °C Umgebungstemperatur

nach IEC 60898-1). In SIMARIS design wird die Temperatur entsprechend dem Einbau in die Verteilerkästen auf 45 °C angepasst. Zulässige Belastungsströme werden für die Rechnungen automatisch ermittelt und berücksichtigt:

- MCB 5SY75167: $I_{n,zul}=14,56A$ bei 45°C ($I_{n,max}=16A$)
- MCB 5SY75367: $I_{n,zul}=30,08A$ bei 45°C ($I_{n,max}=32A$)

Darum werden für die Standardabgangskästen die zulässigen Rackleistungen auf 3,3 kVA und 20 kVA reduziert. Realitätsnähere Gesamtleistungen für die Serverräume sind entsprechend 554,4 kVA (Abb. 5: 168 Racks mit 3,3 kVA) beziehungsweise 560 kVA (Abb. 6: 28 Racks mit 20 kVA).

Zusätzliche Informationen oder Unterstützung zur Nutzung der SIMARIS Tools kann Ihnen der TIP Consultant Support von Siemens geben:

www.siemens.de/tip

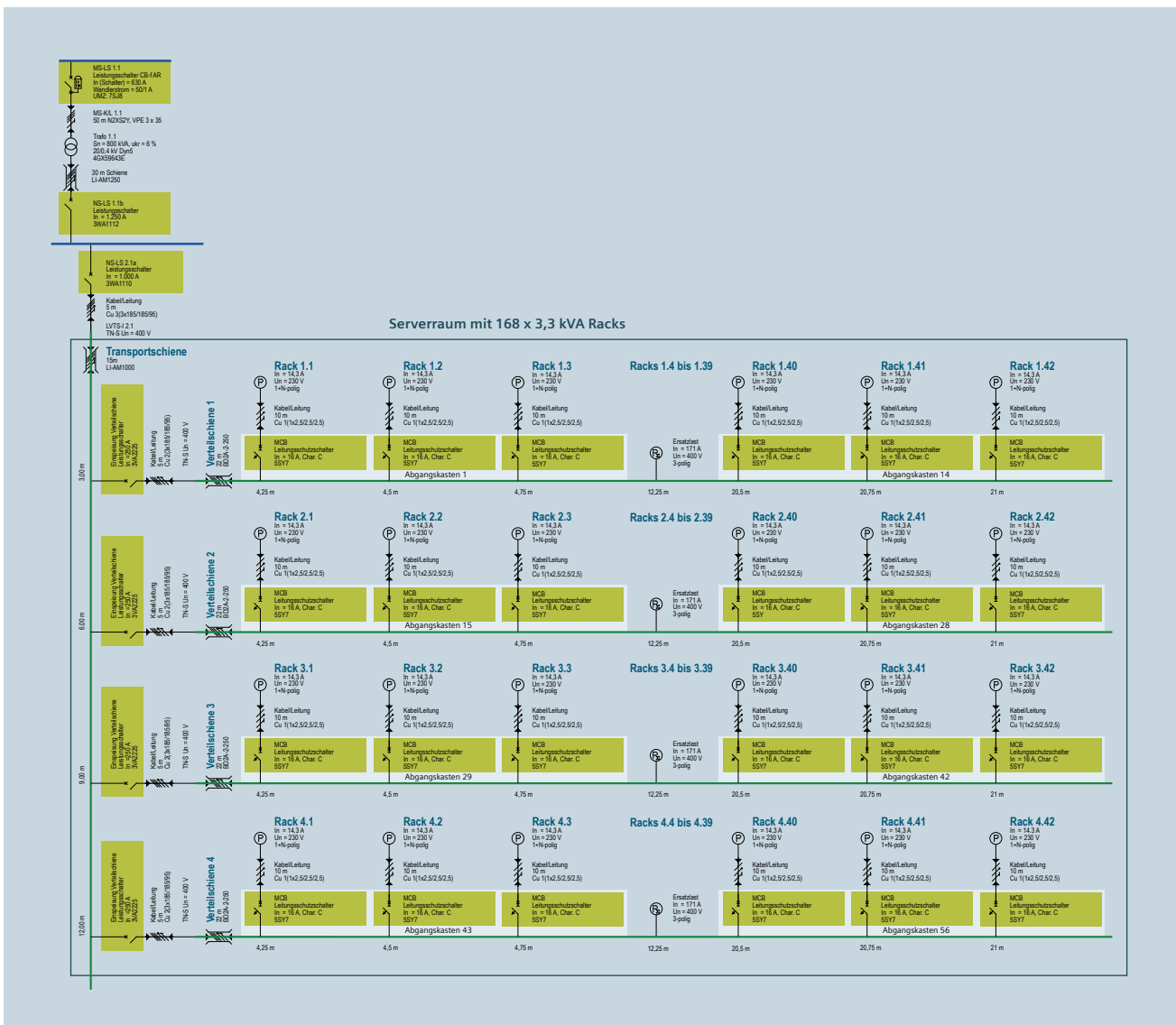


Abb. 5: Variante 1: Serverraum (ca. 554,4 kVA) mit 1-phasiger Rackversorgung (maximaler Rackleistungsbedarf 3,3 kVA)

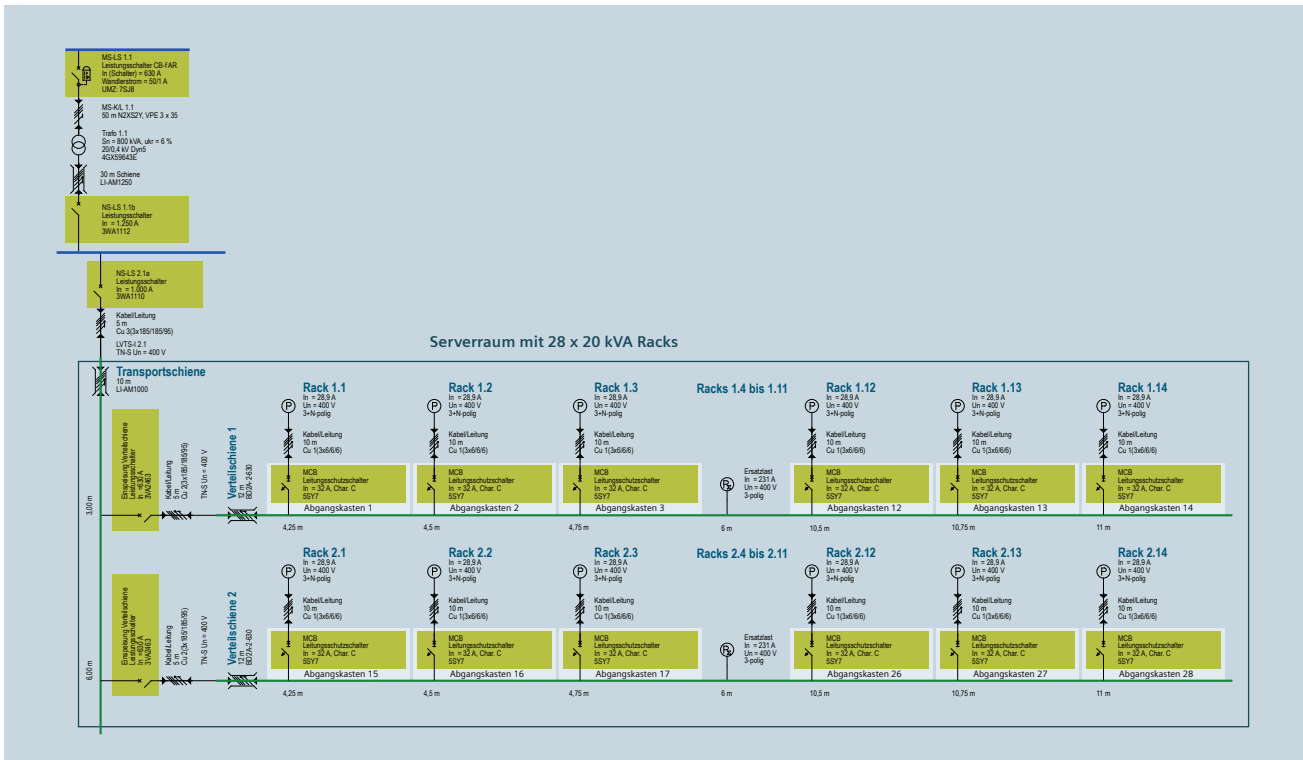


Abb. 6: Variante 2: Serverraum (ca. 560 kVA) mit 3-phasiger Rackversorgung (maximaler Rackleistungsbedarf 20 kVA)

6. Fazit

Die hier beschriebenen, vorkonfigurierten Module für die elektrische Energieverteilung in Serverräumen vereinfachen die Planung und sind gleichzeitig eine flexible und kostengünstige Lösung. Die Verifizierung mit SIMARIS design macht deutlich, dass für einfache Überschlagsrechnungen Sicherheitsfaktoren zu berücksichtigen sind.

Um die hohen Anforderungen an die Versorgungssicherheit und Selektivität im Rechenzentrum zu erfüllen, sind, wie gezeigt, aufeinander abgestimmte Produkte und Systeme unerlässlich.

Bei Fragen können Sie sich an Ihren lokalen Ansprechpartner wenden:

www.siemens.de/tip/kontakt

7. Literaturverweise

- [1] Siemens AG, 2013, Applikationen für die elektrische Energieverteilung – Rechenzentren, Bestell-Nr.: IC1000-G320-H148
- [2] Siemens AG, 2023, Schienenverteiler-Systeme SIVACON 8PS, Katalog LV 70 Bestell-Nr. E86060-K1870-A101-B1

8. Musterdateien für SIMARIS design

Als Anhänge zu dieser PDF-Datei finden Sie die beiden Musterdateien, die in SIMARIS design 11 (Professional-Version für Selektivitätsbetrachtungen) geöffnet werden können:

- Beispiel_3,6 kVA_1phasig.sdx
- Beispiel_22 kVA_3phasig.sdx

Siemens AG

Smart Infrastructure
Electrification & Automation
Mozartstr. 31c
91052 Erlangen

Weitere Informationen unter
[siemens.de/tip](https://www.siemens.de/tip)

E-Mail: consultant-support.tip@siemens.com

Änderungen und Irrtümer vorbehalten

Die Informationen in diesem Dokument enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden. Alle Produktbezeichnungen können Marken oder sonstige Rechte der Siemens AG, ihrer verbundenen Unternehmen oder dritter Gesellschaften sein, deren Benutzung durch Dritte für ihre eigenen Zwecke die Rechte der jeweiligen Inhaber verletzen kann.

10.2020-korr

