

HUAWEI | NÜRNBERG RESEARCH CENTER

# Innovative Stromversorgung in Rechenzentren

**Andreas Stiedl & Roland Hümpfner**  
Senior System Architekt & Vice President of Nürnberg Research Center

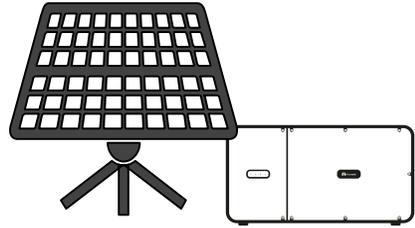
Huawei Nürnberg Research Center

27./28.09.2023



## Erzeugung von Ökostrom

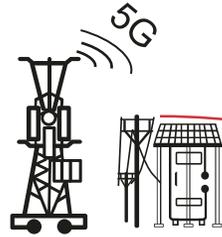
## Effektive Verwendung von elektrischer Energie



Intelligente PV



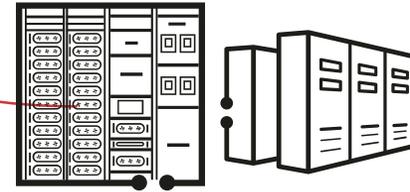
PV Wechselrichter und Managementsysteme für PV-Anlagen



Telekom Energie



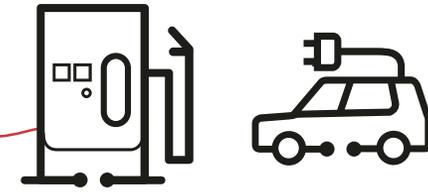
Stromversorgungslösungen für Telekommunikationsnetzwerke



Data Center Energie



Stromversorgungs- und -verteilungssysteme, Kühlsysteme und Verwaltungssysteme für Rechenzentren



Fahrzeug interne Leistungselektronik



Stromversorgungssysteme, Ladesysteme und Batteriemanagementsysteme für Elektrofahrzeuge



Simple



Reliable

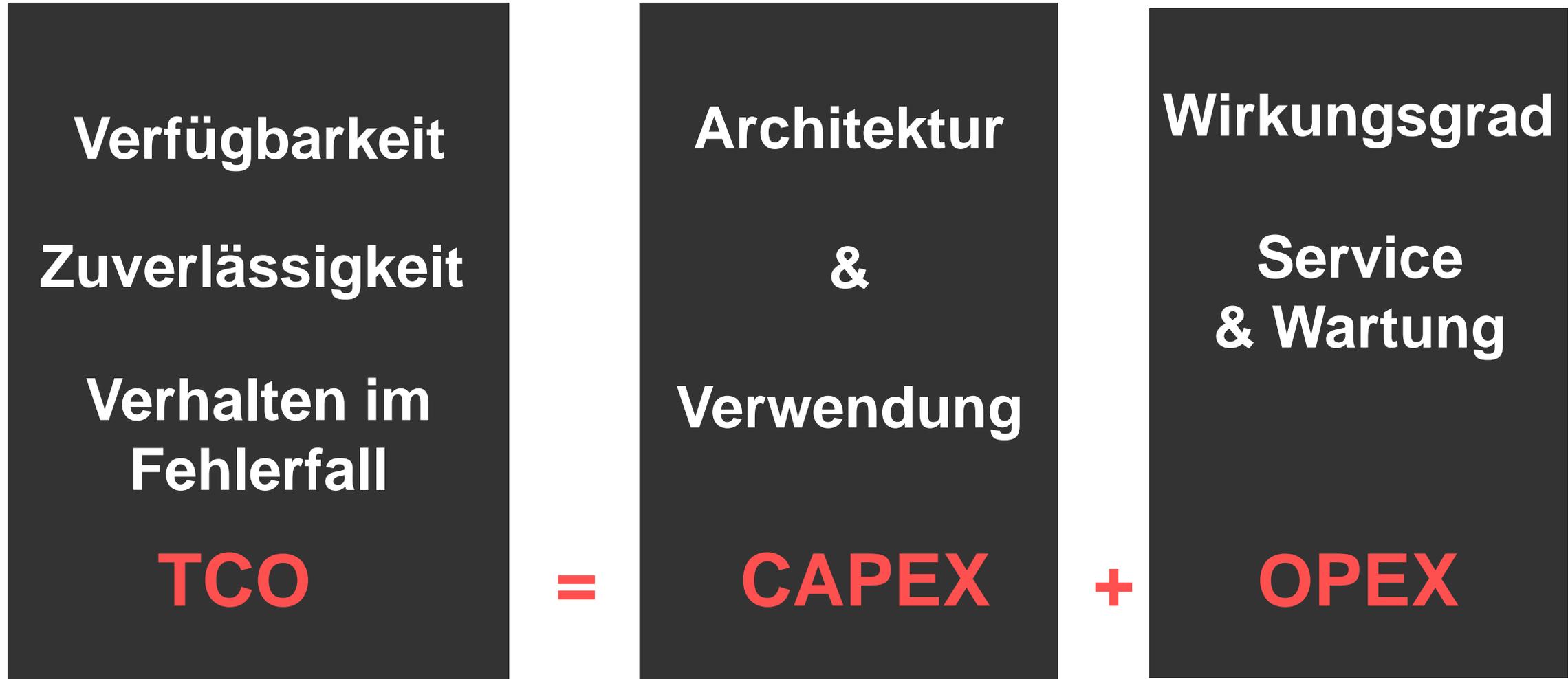


Green



Smart

# Worauf konzentriert sich ein Data Center Designer?



# Hoher Stromverbrauch in Rechenzentren

Globale Rechenzentren verbrauchen aufgrund ihrer geringer Effizienz und hohen IT Last viel Strom.



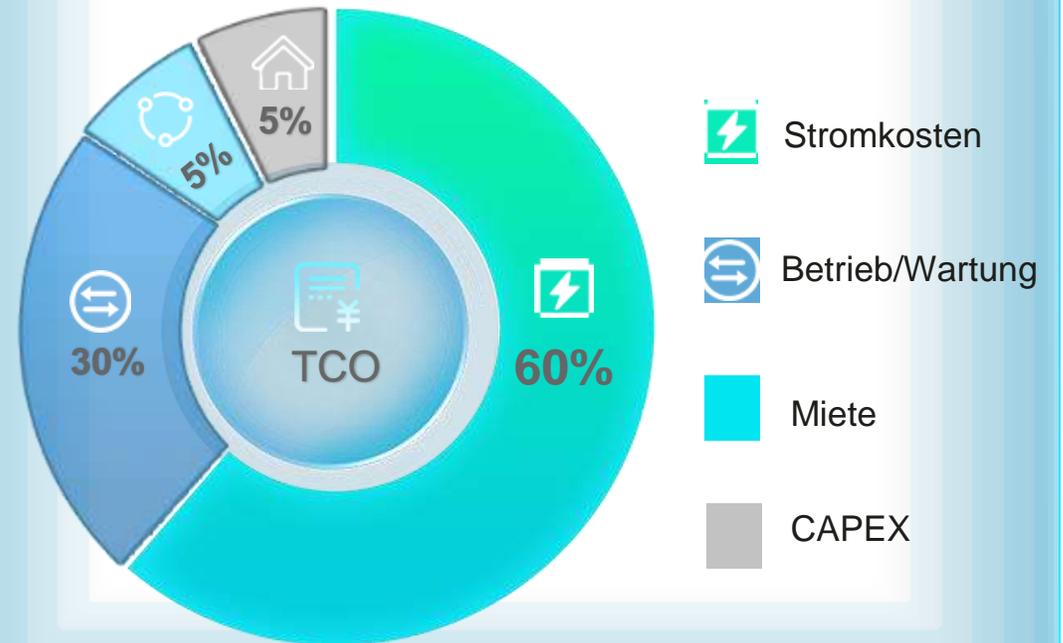
Jährlicher Stromverbrauch der weltweiten Rechenzentren

**400 x 10<sup>9</sup> kWh**

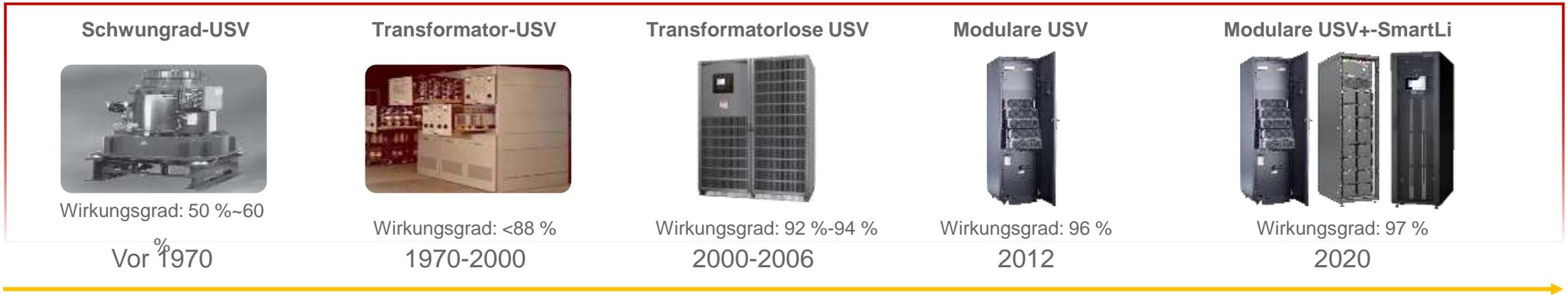
Durchschnittlicher PUE-Wert großer Rechenzentren weltweit: 1.67

*Data source: 2018 Global Power Report of Forbes and Uptime*

Stromkosten machen 60% der TCO in zehn Jahren aus



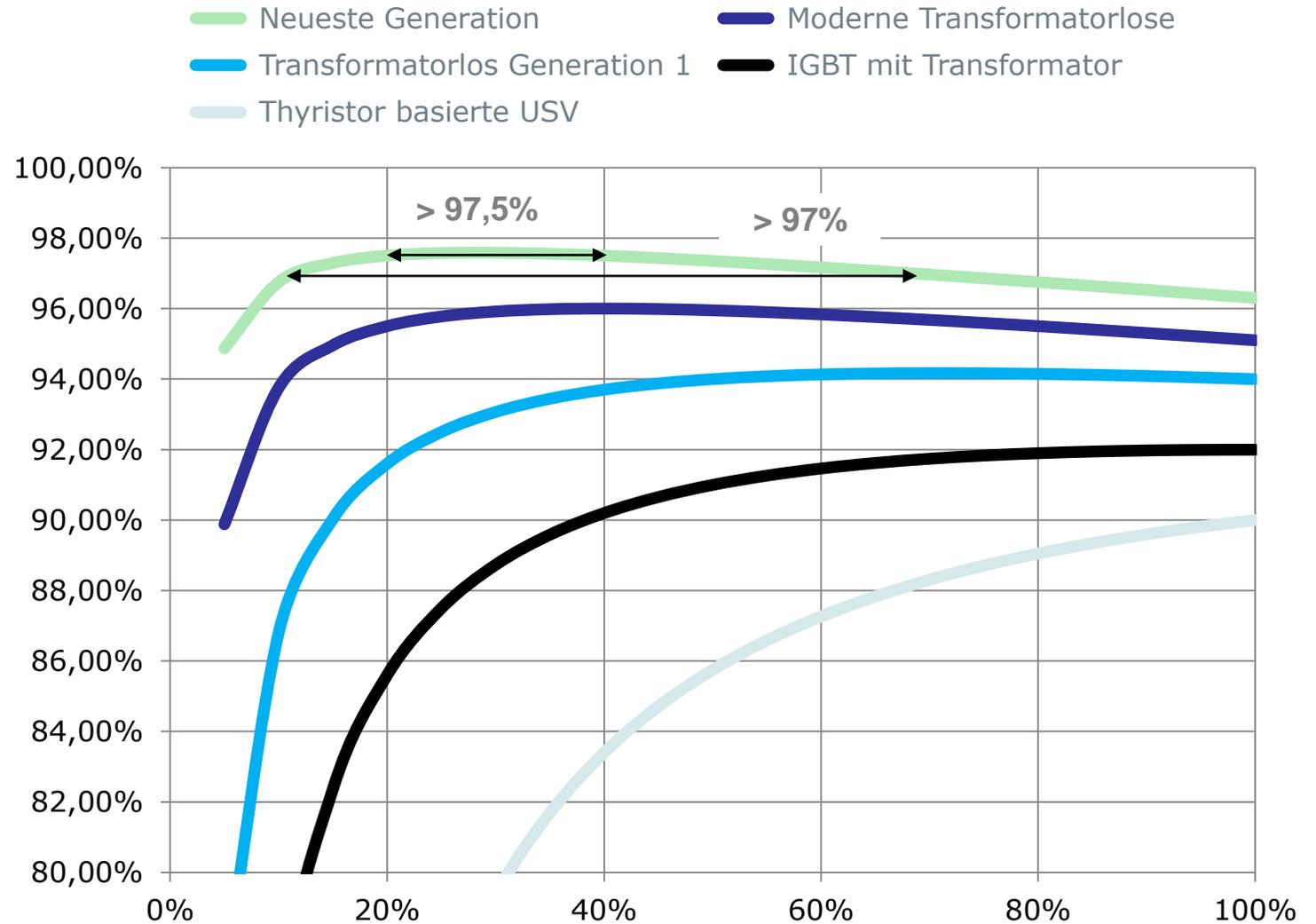
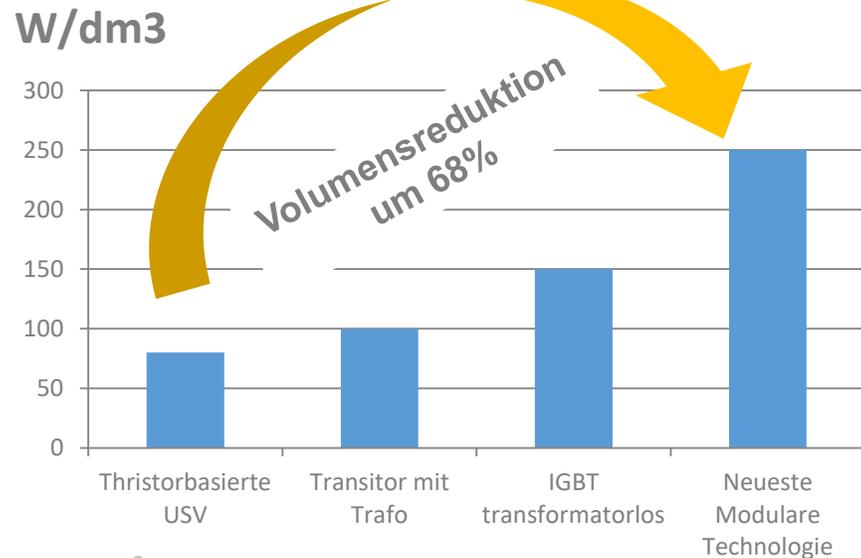
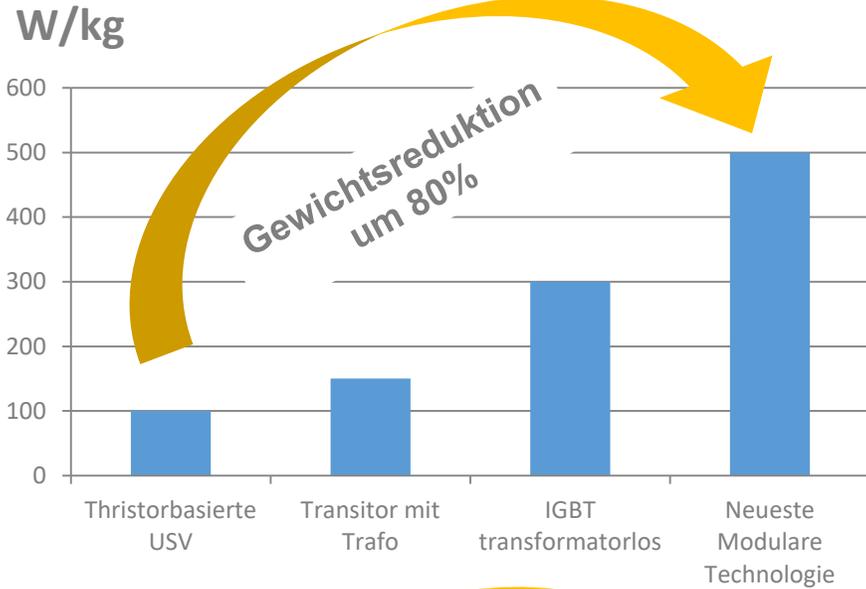
# Technologische Entwicklung von USV-Anlagen



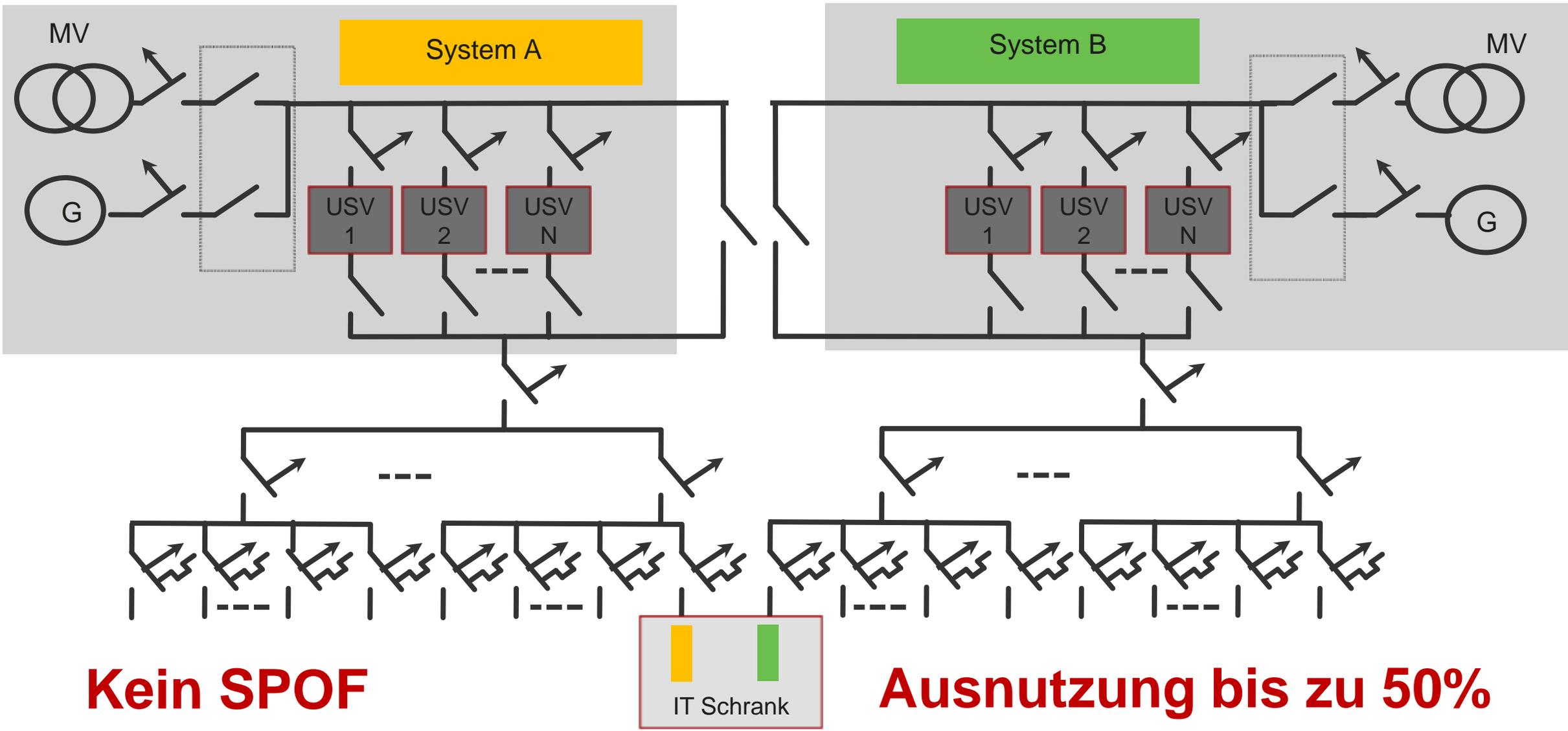
Hardware-Modularisierung	USV- Modularisierung	Erweiterte Modularisierung	Totale Modularisierung
			
Hot Swap wird nicht unterstützt. Offline-Wartung ist erforderlich, und damit ist die Verfügbarkeit ist relativ niedrig.	Nur das USV-Stromversorgungsmodul unterstützt Hot Swap. Die Verfügbarkeit ist etwas verbessert.	Das USV-, das Bypass- und das Steuerungsmodul sind Hot-Swap-fähig. Die Online-Wartung wird unterstützt, und die Verfügbarkeit des USV-Systems ist gut.	Alle USV-Komponenten sind Hot-Swap-fähig. Batteriemodule sind austauschbar. Komplette Online-Wartung mit höchster Verfügbarkeit möglich.

# Effizienzsteigerung und Leistungsdichte

Entwicklung der letzten 30 Jahre bei der statischen USV

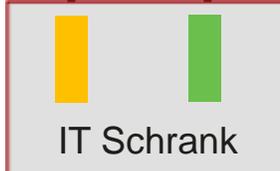


# Stromversorgungsarchitektur N + N für hohe Verfügbarkeit



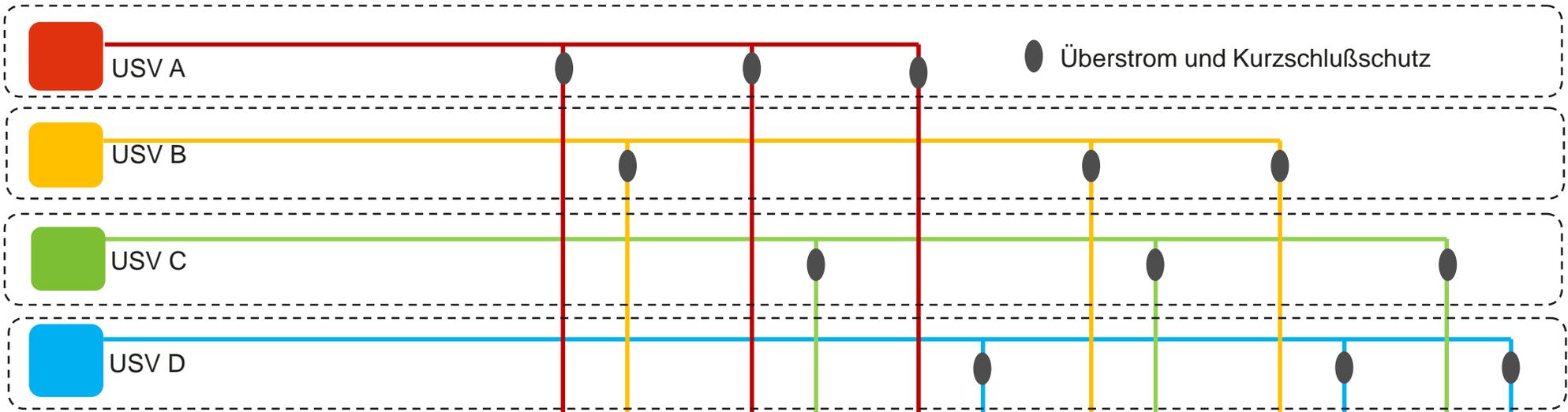
**Kein SPOF**

**Ausnutzung bis zu 50%**

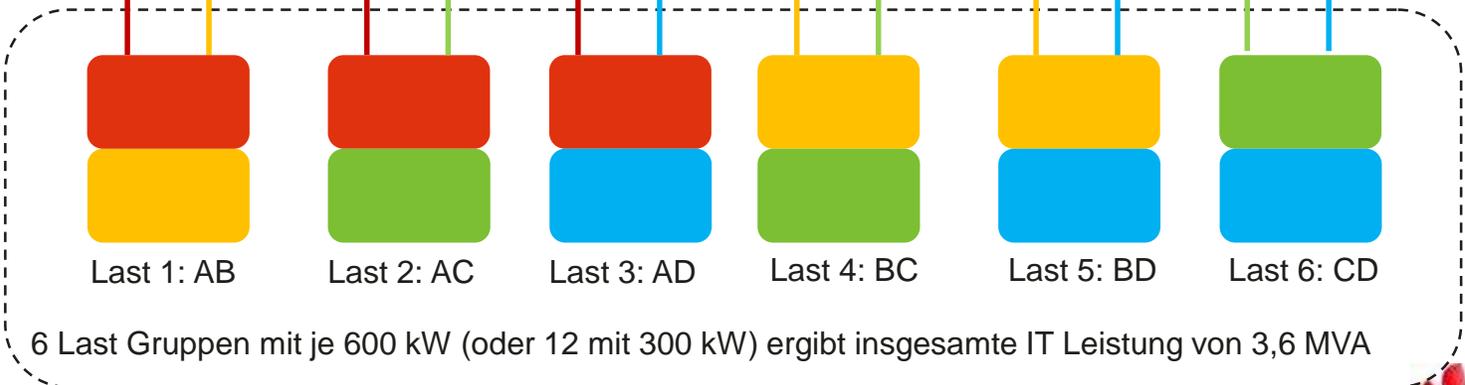


# USV Einheit 1,2 MW als 3+1: USV: 4,8 MVA , IT: 3,6 MVA

USV Systeme: 4 x 1,2 MVA = 4,8 MVA



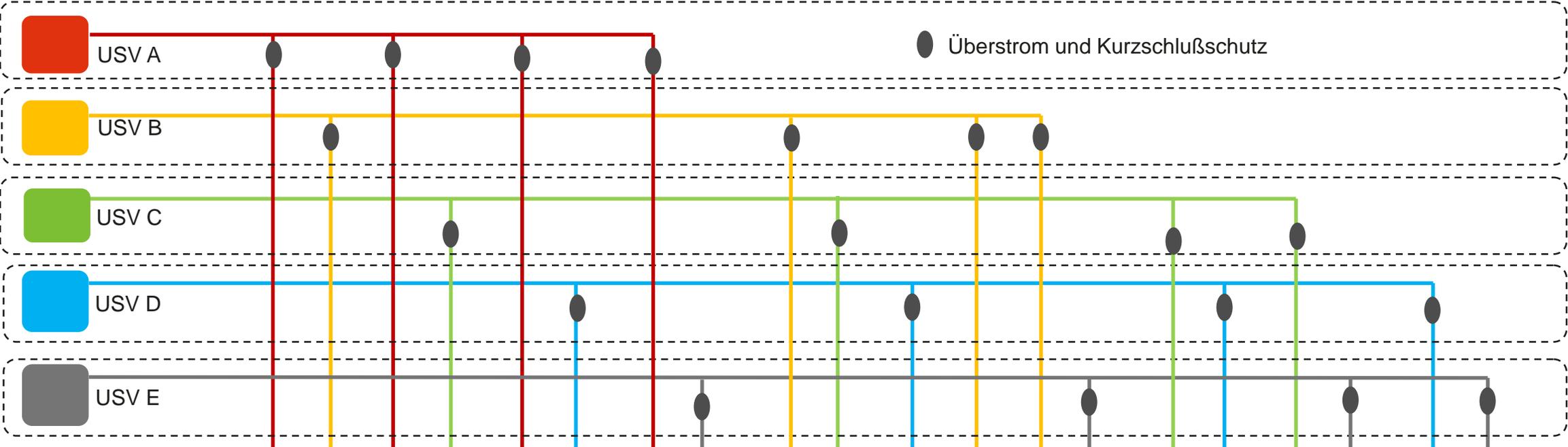
**Ausnutzung:  
75%**



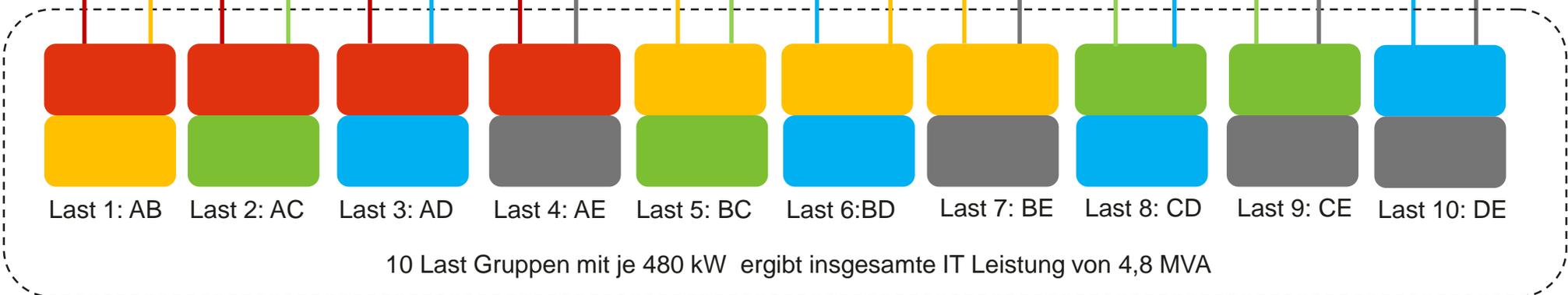
6 Last Gruppen mit je 600 kW (oder 12 mit 300 kW) ergibt insgesamte IT Leistung von 3,6 MVA

# USV Einheit 1,2 MW als 4+1: USV: 6 MVA , IT: 4,8 MVA

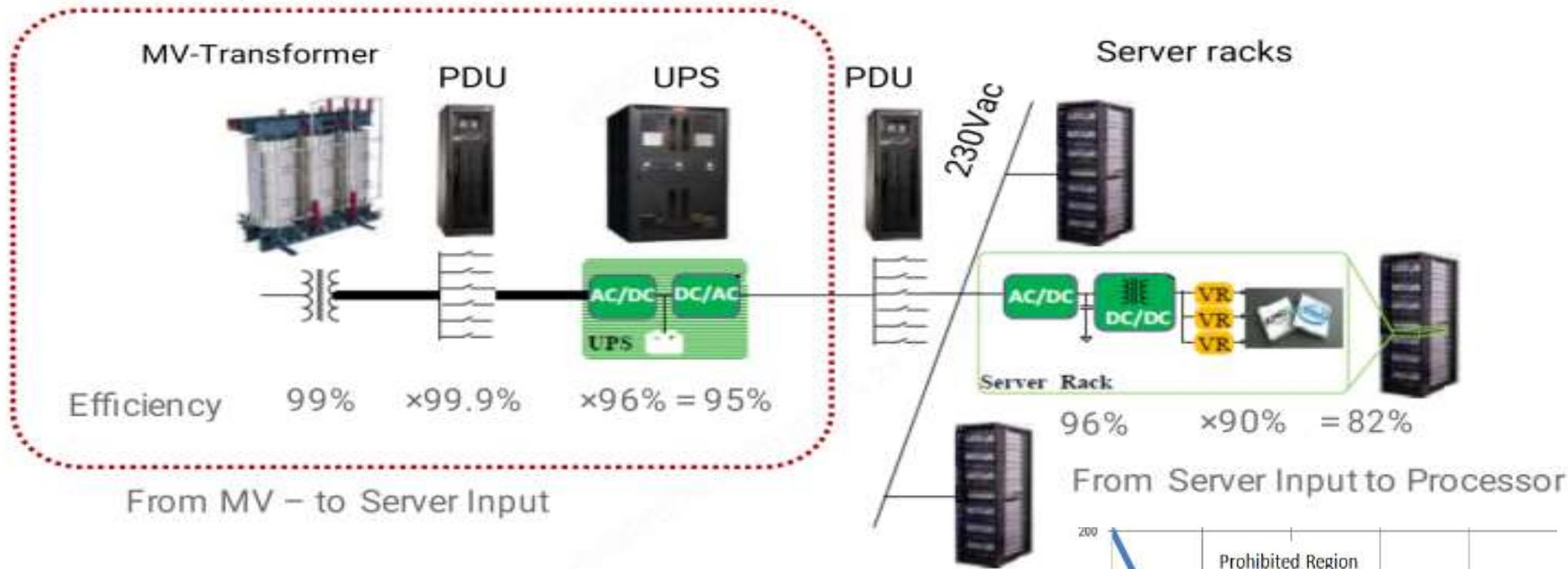
USV Systeme: 5 x 1,2 MVA = 6 MVA



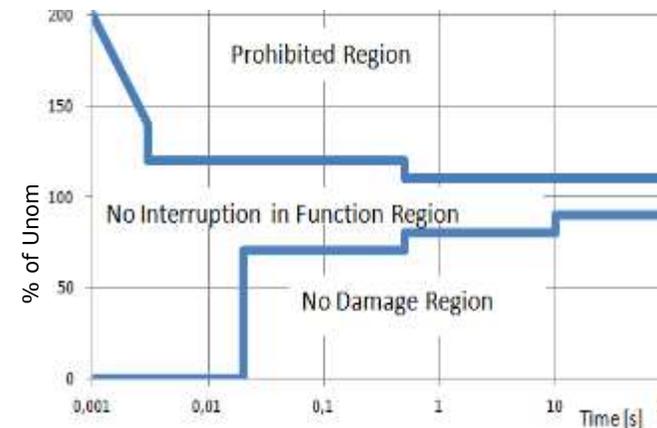
**Ausnutzung:**  
80 %



# Energiefluß von der Mittelspannung bis zum Prozessor

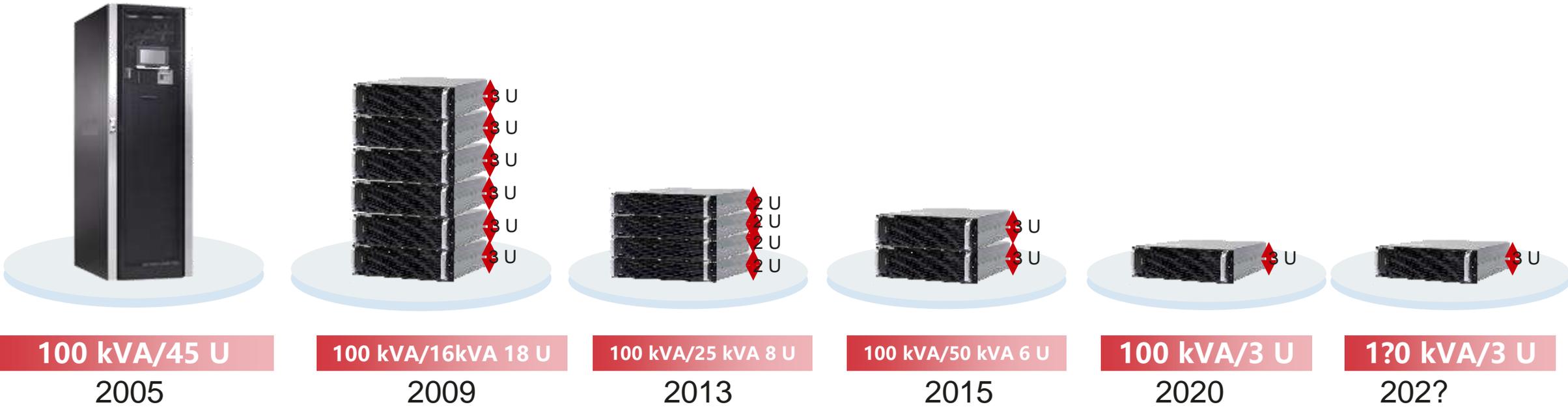


Transformer    Inlet coupler, Switchboard    USV    Switchboard    Branch Feeder



Beispiel für die Anforderungen an die Netzqualität von IT-Geräten bei einphasiger AC-Stromversorgung

# Ständige Weiterentwicklung der USV Leistungsdichte für IT Anforderungen



CPU:



14 nm  
90 W to 100 W

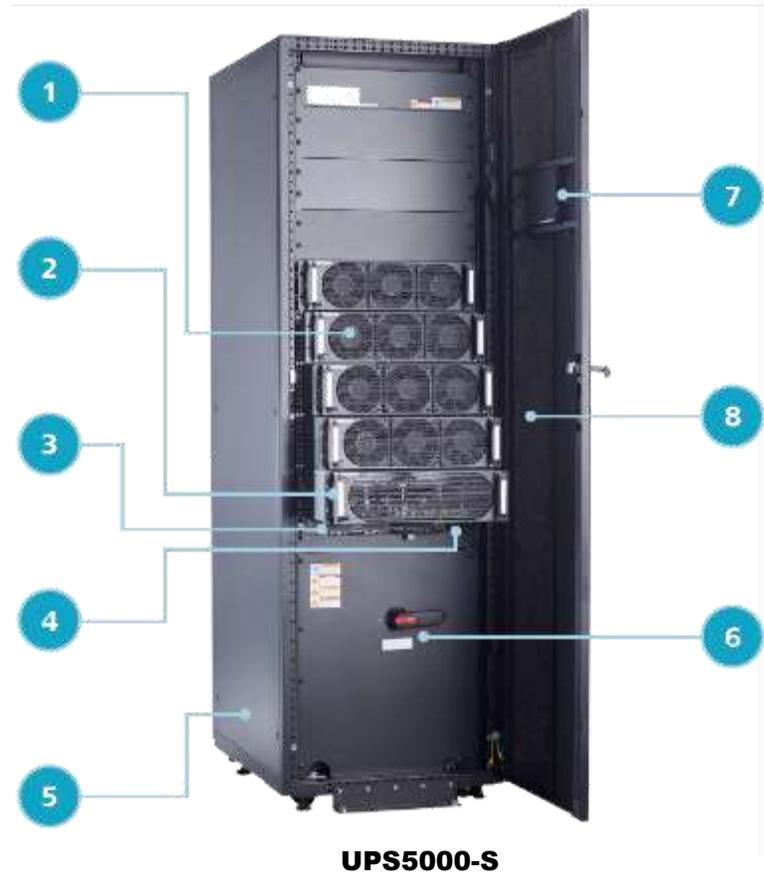
10 nm  
165 W to 200 W

7 nm  
310 W

5 nm  
? W

# Struktur einer hot-swap-fähigen, modularen USV

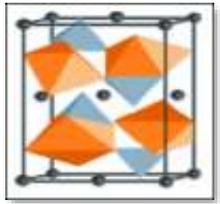
- 1 Power-Modul
- 2 Bypass-Modul
- 3 Controller-Modul
- 4 Monitor-Modul
- 5 Rack
- 6 Maintenance Bypass
- 7 Touchscreen
- 8 Filter



- Rack: 1200 kVA
- Dual-Conversion Online-USV, IGBT-Gleichrichter, ohne integrierten Transformator
- Volle Redundanz, Hot-Swap-fähige Stromversorgungsmodule, Steuermodule und Bypass-Module
- Hohe Systemeffizienz: bis zu 97 %;
- Batteriespannung: SmartLi 512V
- VRLA: 30–50 Batterieblöcke 12V (46 Batterien default)
- Hohe Dichte: 100 kVA/3 HE USV-Modul
- Ausgangsleistungsfaktor wird bis 1 unterstützt (kW=kVA)
- Bis zu zwei USV-Blöcke können parallel geschaltet werden.
- Zentraler statischer Bypass
- Betrieb im 3-Leiternetz möglich (ohne Neutralleiter) .
- Wandaufstellung möglich
- Nennspannungen: 208V/380V/400V/415V/480V

# Lithium-Eisen-Phosphat für höchste Sicherheit und Zuverlässigkeit

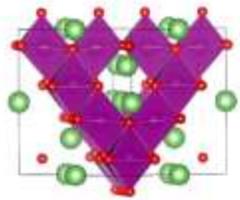
## Huawei LFP Cell



**LFP**

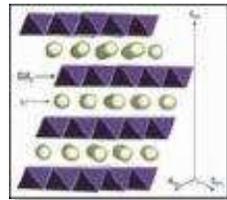
Olive-like 3D  
**More stable**

## Other Cells



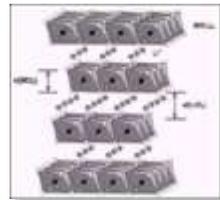
**LMO**

Cubic crystal 3D  
**Stable**



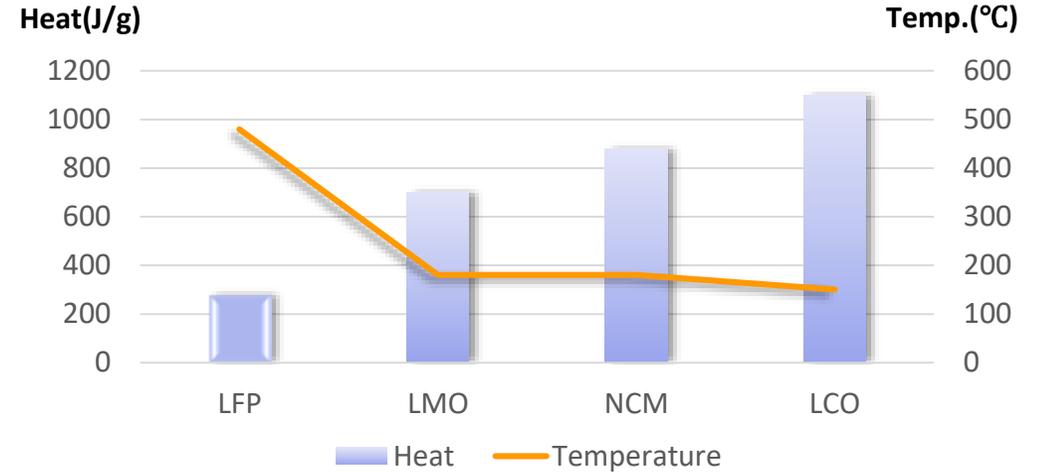
**LCO**

Layered 2D  
**Fragile**



**NCM**

Layered 2D  
**Fragile**



**LFP decomposition does not generate O<sub>2</sub>**, which dramatically reduce the explosion risk

**LFP**



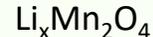
Charging



**LMO**



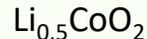
Charging



**LCO**



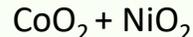
Charging



**NCM**



Charging

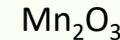


**Normale Ladung**

**(480°C)**



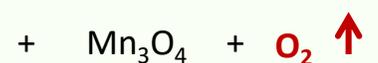
**(180°C)**



**(150°C)**



**(180°C)**



**thermische Überlastung**



600mm wide: 300kW/10min/6C

## Zuverlässig

- Hohe Zyklenzahl bis über 5000 Vollzyklen
- Hochstabile LFP Zelle, kein Brand bei thermischem Weglaufen
- Dreistufiges BMS für beste Zuverlässigkeit
- Interne KI Kurzschlußvorhersage für vorab Fehlervorhersage
- Feuerlöschung auf Modulebene, präzise und rasches Verlöschung, keine Ausbreitung auf andere Module

## Effizient

- Hohe Leistungsdichte, geringe Stellfläche
- Smartes BMS System, 80% O&M Kostenersparnis

## Innovativ

- Active Stromausgleichsschaltung, Unterstützung des Parallelbetriebs von Batterieschränken unterschiedlicher Generation, flexible Erweiterungsmöglichkeit
- Smarte, aktive Spannungsregelung, Batteriestränge unterschiedlicher Länge können parallel geschaltet werden
- Automatisches Gruppieren und Kapazitätsüberprüfung, Reduktion von manuellen Kapazitätstests und Vermeidung von Risiken des Stromausfalls



# LFP: >50% Volumen- und Gewichtsreduktion, hohe Flexibilität

**Stellplatz: 1/3**

Li-ion battery

Lead acid battery

**Gewicht: 1/3**

SmartLi

Bleibatterie

Typical configurations	USV with VRLA battery	USV with Lithium-ion battery
200KW, 10 min	<p>8.64 m<sup>2</sup> 3.07 t</p>	<p>3.96 m<sup>2</sup> 1.15 t</p>
600KW, 10 min	<p>18.33 m<sup>2</sup> 8.82 t</p>	<p>7.98 m<sup>2</sup> 3.47 t</p>
1200KW, 10 min	<p>27.72 m<sup>2</sup> 17.87 t</p>	<p>11.76 m<sup>2</sup> 7.16 t</p>

Stellplatz Gewicht

↓ 54% ↓ 62%

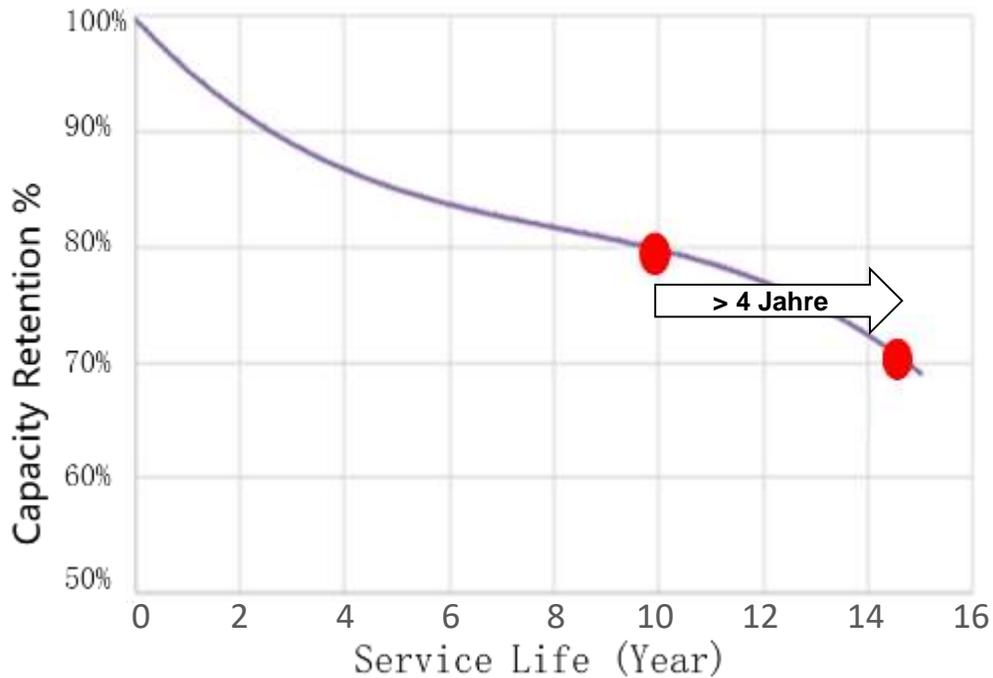
↓ 56% ↓ 61%

↓ 58% ↓ 60%

# Lithium-Eisenphosphat (LFP) – Lange Lebensdauer

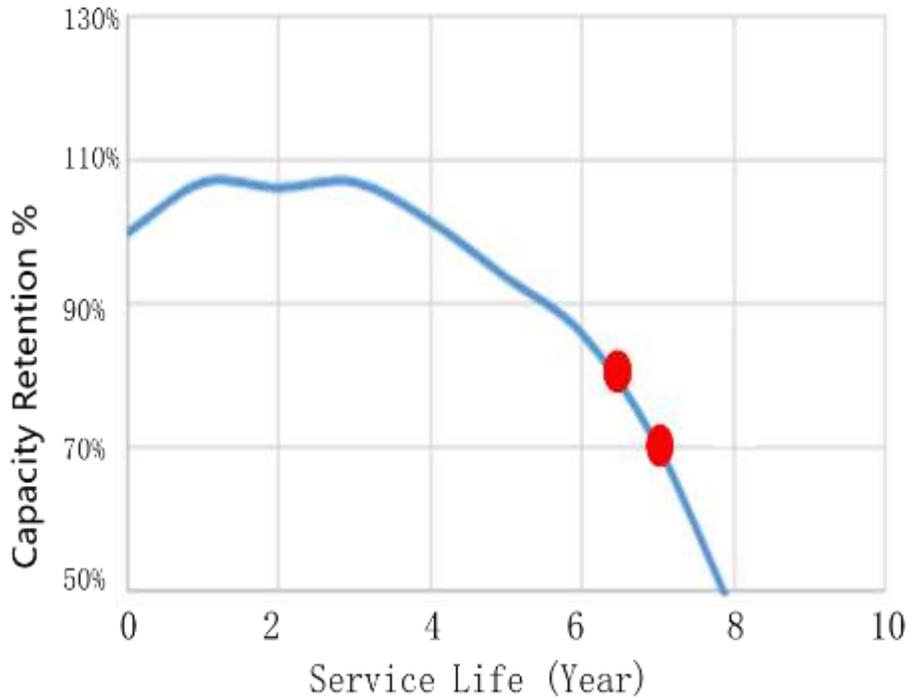
## Li-ion Batterie

Floating Charging @ 25°C



## Bleibatterie

Floating Charging @ 25°C



# Heutige und zukünftige Stromversorgungsszenarien

	<b>Heute</b> <b>3 Phasen / 4 Leiter System</b>	<b>Zukünftiges Szenario 1</b> <b>DC Versorgung</b>	<b>Zukünftiges Szenario 2</b> <b>3 Phasen / 3 Leiter System</b>
<b>Active Leiter</b>	L1, L2, L3 and N or PEN 4-Leiterverbindung	DC +, DC - 2-Leiterverbindung	L1, L2, L3 3-Leiterverbindung
<b>Mögliche Lastkonfiguration</b>	1 phasige, oder 3 phasige Lasten, Lastsymmetrie ist zu beachten	Polaritätssensitive	NUR 3 phasige Lasten, oder Phase-Phase Konfiguration möglich
Schutzgeräte in der Stromverteilung	Standardverteilung zur Server Stromversorgung	Aufwändigere Schaltgeräte und Schutzmaßnahmen, Lichtbogenfehlererkennung	Industriestandard für höhere Leistung und höhere Spannungen
<b>Grounding System</b>	TN, TN-C-S	Isoliert (IT), oder am Mittelpunkt hochimpedanzgeerdet	TN, oder IT hochimpedanzgeerdet
Spannungsniveau Leiterquerschnitt (Querschnitt aller aktiven Leiter bei gleichen Verlusten)	230V/400V 100% + Neutraleiter	240V/400V or höher 370% @ 240V DC 135% @ 400V DC 100% @ 462V DC 33.6% @ 800V DC	400V or 690V or higher 100% @ 400V, no neutral conductor necessary 33.6% @ 690V, with same line lengths and losses

# ±750 V Gleichspannung im Rechenzentrum

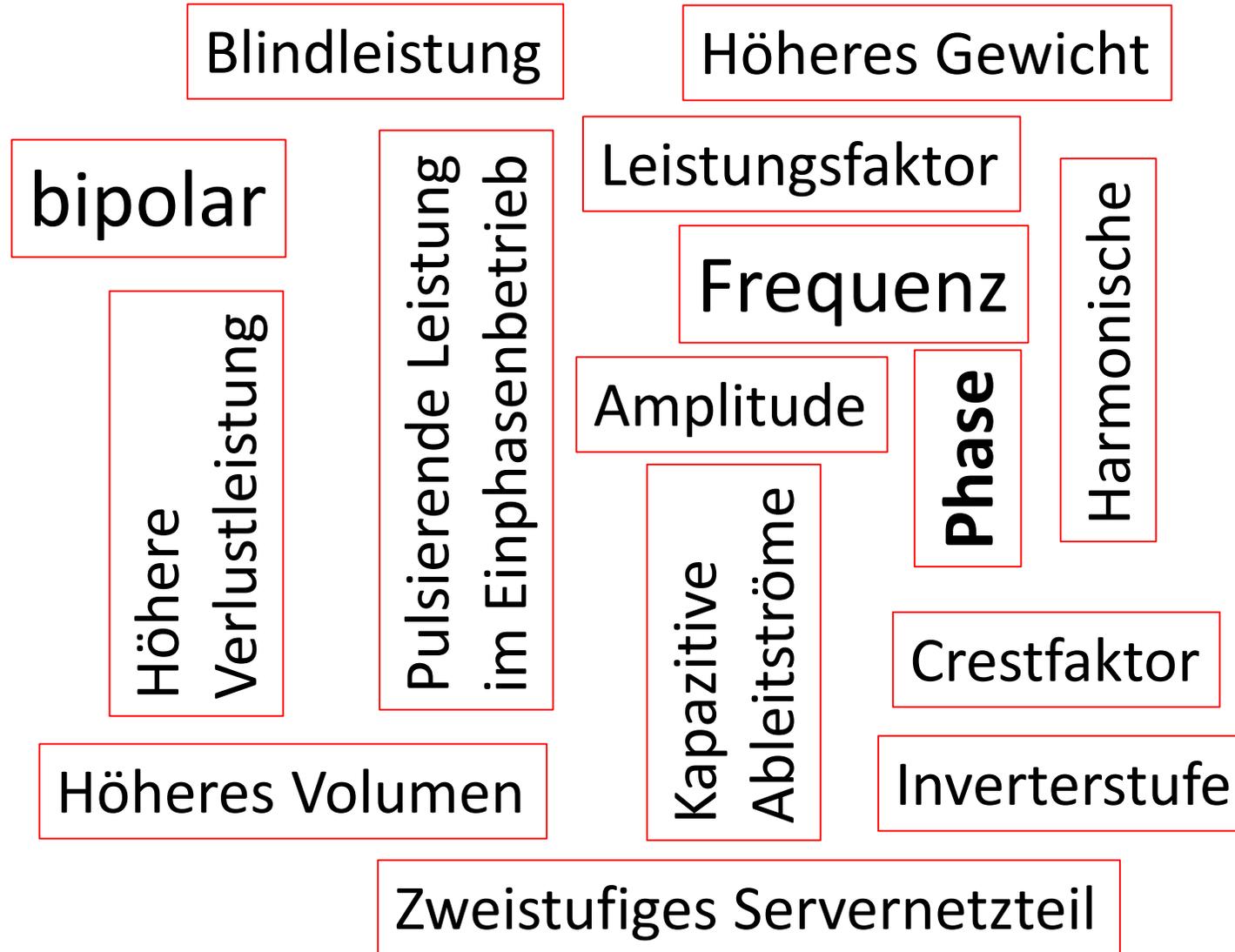
DC4DC, Direct Current For Data Centre

Eine Analyse auf Systemebene

Andreas Stiedl

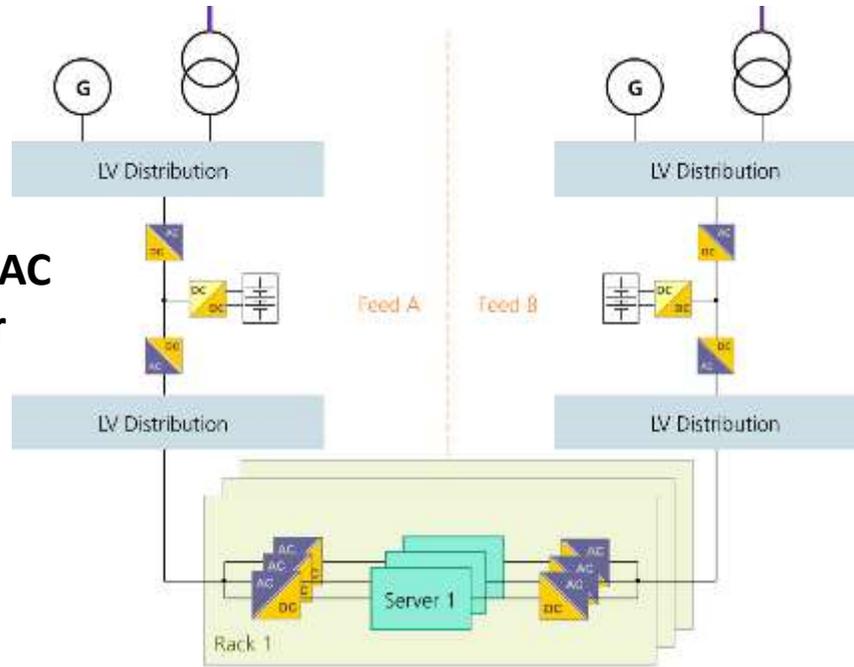
2023-01-15

# Warum Überhaupt Gleichspannung?

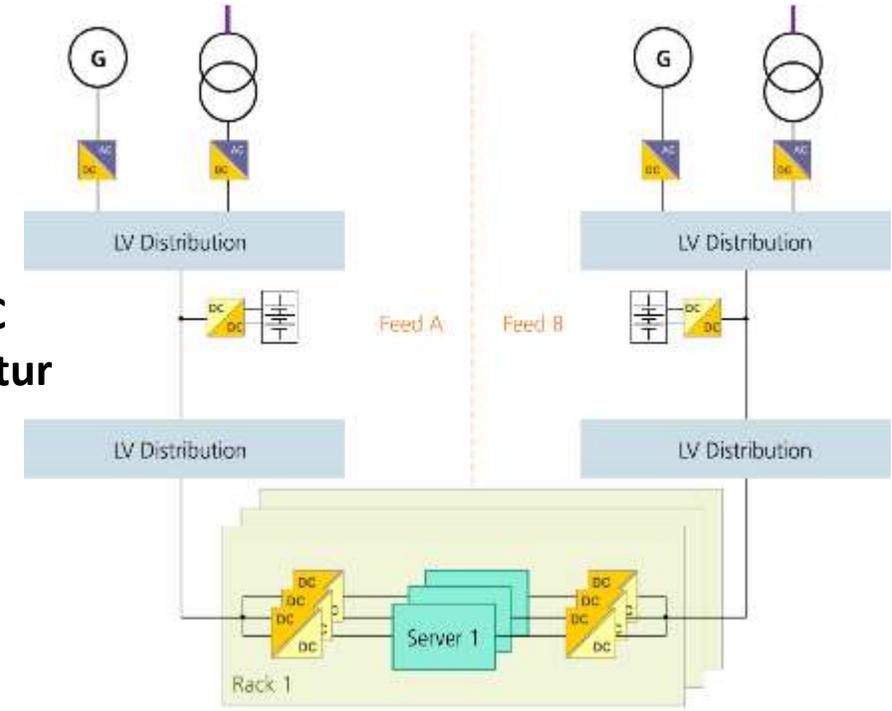


# Aktuelle Stromversorgungsarchitekturen

## 230/400 V AC Architektur



## 400 V DC Architektur

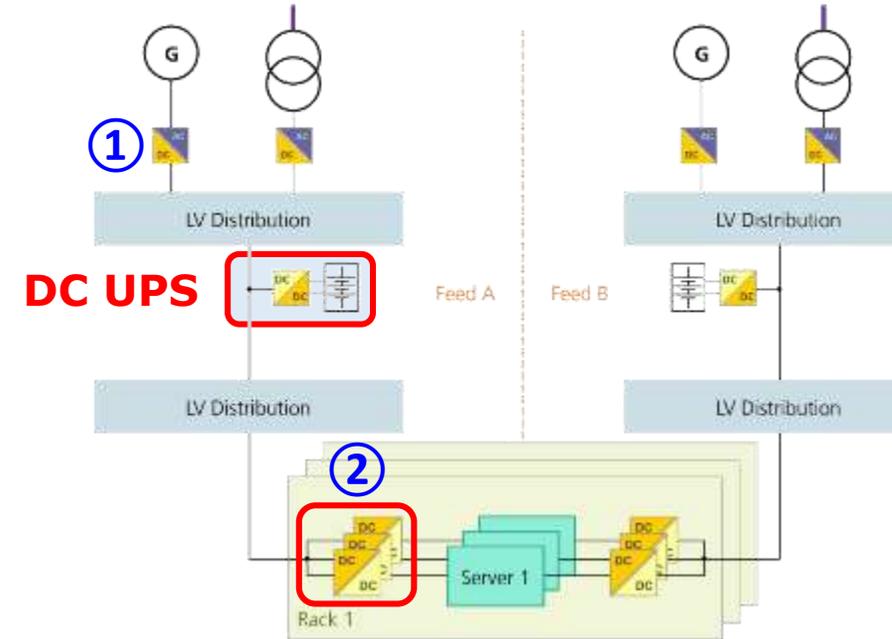
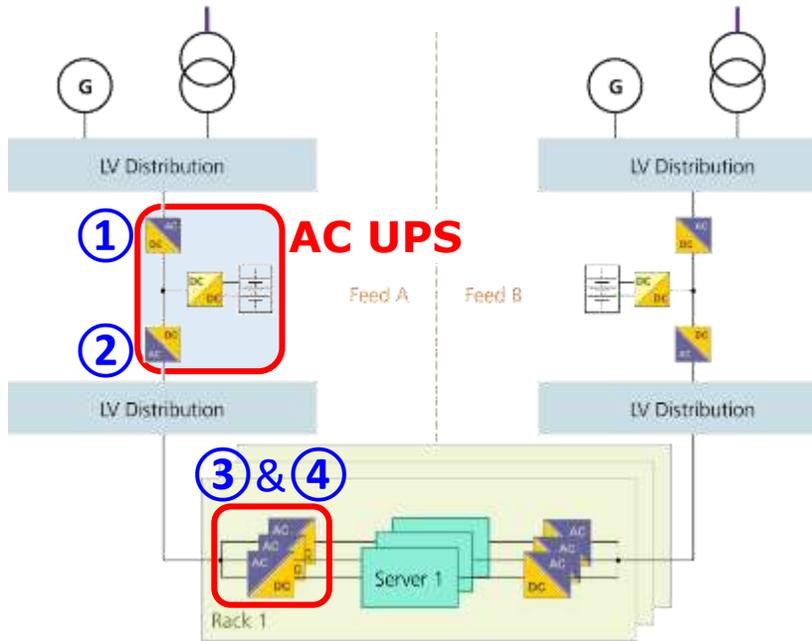


- 230/400 V AC Standard n+n Architektur
- Zwei unabhängige Einspeisungen aus der Mittelspannung
- 230/400 V AC als TN-System ausgeführt
- Dieselgeneratoren an jeder Einspeisung
- USV-Anlage **zwischen** Einspeisung und Serverracks
- Die USV mit einem Gleichrichter, einer Batterie (Bleisäure oder Li-Ionen) und einem **DC/AC-Wechselrichter**, der die Verteilung mit dreiphasiger 230/400 V Wechselspannung versorgt.
- Die Server-Netzteile werden mit einphasigem 230 V AC oder in sehr seltenen Fällen mit dreiphasigem 400 V AC versorgt.

- 400-VDC-Architektur vereinfacht die Niederspannungsverteilung
- Von MVAC, zwei 50 Hz Trafos plus Gleichrichter, oder zwei SST
- Geregelter LVDC-Verteilung mit DC/DC zu Li-Ion-Batterie
- 400 V DC zu den Server-Netzteilen mit aktualisiertem Design
- Weniger Leistungsumwandlungsstufen (zwei statt vier)
- Die Gesamtarchitektur bleibt ähnlich wie bei den 400 VAC
- Gleiche Nachteile der großen Energiebündelung
- Der Verteilungsverlust ist doppelt so hoch wie bei 230/400 V AC

# DC System und AC System

## Stromversorgung auf gleicher Spannungsebene



(1) & (2): USV double conversion AC/DC & DC/AC  
 → 97% Wirkungsgrad → 3% Verluste

(3) & (4): Zweistufiges Server Netzteil: PFC (AC/DC) & DC/DC  
 → 96...98% Wirkungsgrad → ≈ 3% Verluste  
 → 10 ms Speicherkondensator

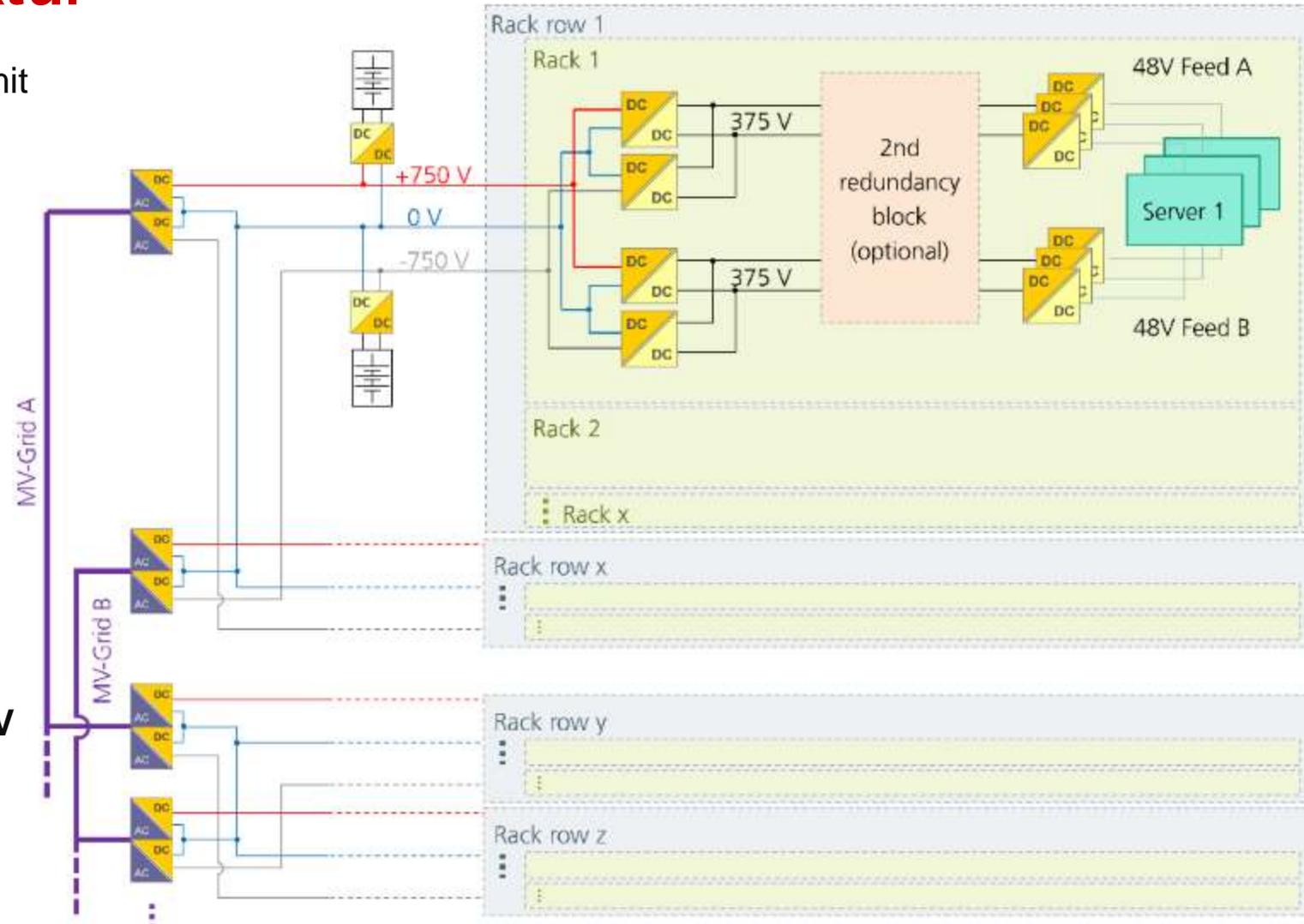
(1): 50 Hz Transformator mit AC/DC Gleichrichter oder Halbleitertransformator  
 → 98.5% Wirkungsgrad → 1.5% Verluste

(2): Einstufiges Server Netzteil: Nur DC/DC Wandler  
 → 98.5% Wirkungsgrad → ≈ 1.5% Verluste  
 → 1 ms Speicherkondensator, mindestens 50% Platzersparnis

Ein Gleichstromsystem hat **prinzipiell halbe Verlustleistung, und halbe Netzteilgröße, bis zu 50% weniger CAPEX auf Netzteile, bis zu 70% Volumen and CAPEX einer AC USV**

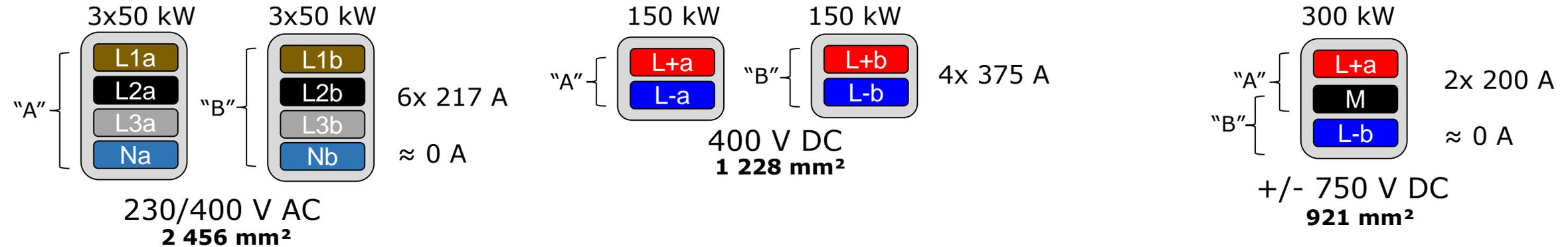
# Eine Neuartige DC Architektur

- Doppelte Eispeisung von der Mittelspannung mit zwei 50 Hz Transformatoren & Gleichrichter, oder Halbleitertransformatoren (SSTs)
- **Unterteilte Stromverteilung:**  
2 Schrankreihen, versorgt über 2 SSTs
- **Bipolare 750 V DC** Verteilung zur Verlustleistungsreduktion
- Gemeinsame dreipolige Einspeisung mit gegenseitiger Ausfallssicherung
- DC USV-Systeme, parallel angebunden
- **$\pm 750 \text{ V}$**  bis hinein in die Serverschränke, wo lokale DC/DC Wandler die Spannung auf **375 V** halbieren
- Redundante Versorgung der Servernetzteile
- Optional ein weiterer Redundanzblock



Optimale LVDC Spannungsausnützung, minimalste Verkabelung, bester Wirkungsgrad

# Kosten & Wirkungsgrad – Stromschiene/Kabel

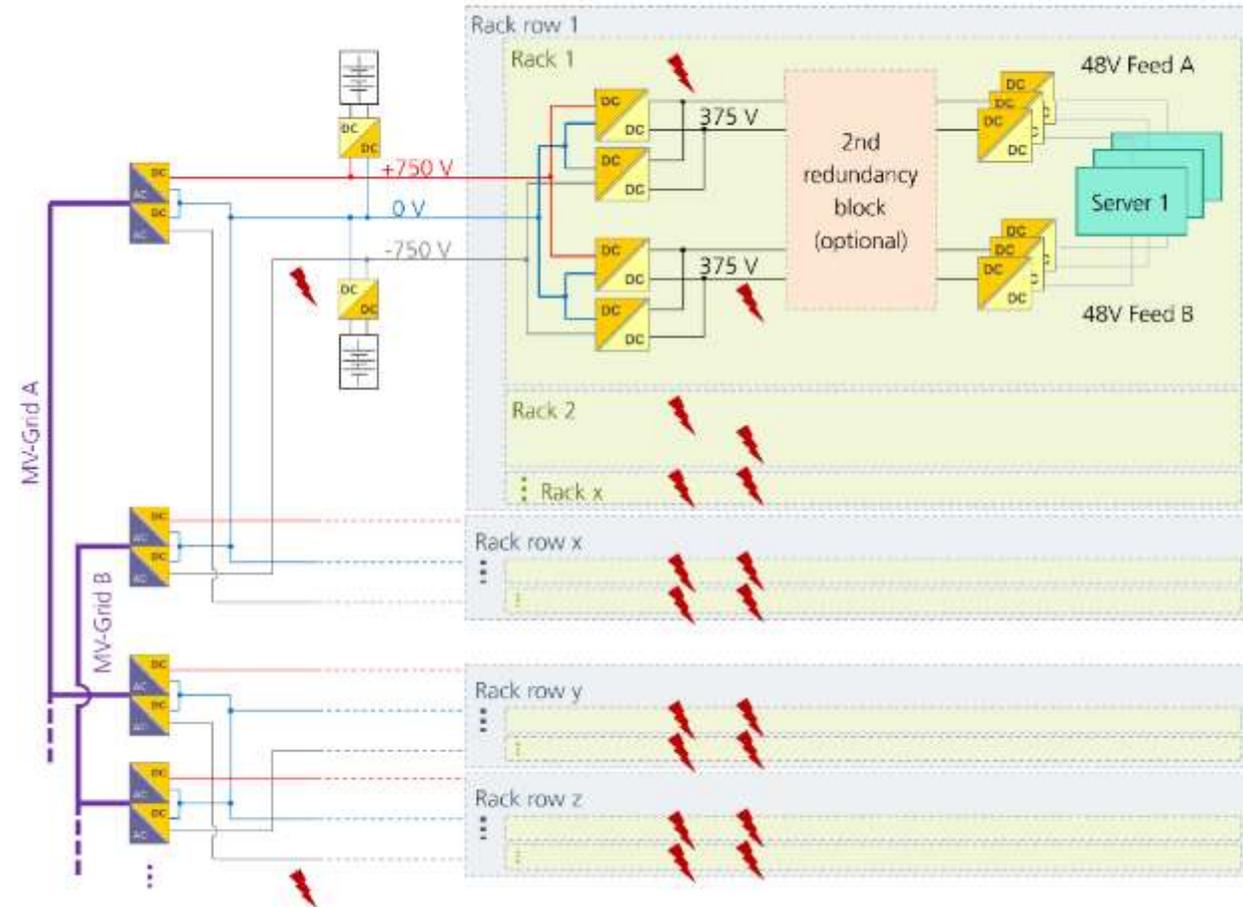


- 230/400 V AC and  $\pm 750$  V DC Systeme sind qualitativ bewertet, von AC Mittelspannung bis zum IT-Server
- Gleicher Leiterquerschnitt für alle Vergleiche
- DC architecture hat eine **höher effiziente parallele USV** und, **einstufige Servernetzteile**
- Kabel- u. Stromschiennenverluste: AC – DC4DC: **3,5 : 1** → **nur 28% Verluste**, respective **nur ca. ¼ Größe** der Stromschiene
- **DC4DC hat beste Leistungsfähigkeit für große Rechenzentren**, für kleinere ist  $\pm 400$  V möglich
- AC n+n Systeme haben  $2 \times 4 = 8$  Leitungen (6 mit Strom) **DC4DC** with  $\pm 750$  V DC hat 3 Leitungen (2 mit Strom)
- Kosten der Stromschiennen und der Schutzgeräte beeinflussen den CAPEX zum Großteil
- 400 V DC System hat nur halb so viel Kupfer, der Strom pro Leiter ist aber um einiges höher
- DC4DC hat generell den geringsten Strom und durch Stromkompensation nahezu keinen Mittelleiterstrom
- Die gesamten Einsparungen belaufen sich auf -63 % im Kupfer gegenüber 400 VAC und -25 % gegenüber 400 VDC
- Der Wegfall der Inverterstufe bei DC führt zu weiteren Einsparungen verglichen mit 400 VAC
- Die DC/DC Wandler im Schrank erhöhen die Kosten für das DC4DC System, aber es gibt schon Lösungen dafür !!!

# Bewertung und Vergleich der Architektur

## Weitere Vorteile

- Der Hauptvorteil ist der **dezentrale und modulare Ansatz**
- Die zentrale Einspeisung A und Einspeisung B für das gesamte Rechenzentrum wird durch kleinere Zellen mit geringerer Leistung/Fehlerenergie ersetzt
- Rack PSU Konverter können einfach als Plug-and-Play mit geringer Reparaturzeit ausgelegt werden
- Die zusätzliche Trennstufe des Rack PSU-Konverters sorgt für extreme Fehlertoleranz gegenüber Erdschlüssen
- Bessere Lösungen für die Umwandlung und Verteilung im Rack sind verfügbar, und müssen noch diskutiert und implementiert werden





## NÜRNBERG **RESEARCH** CENTER

Copyright © 2023 Huawei Technologies Düsseldorf GmbH. All Rights Reserved.

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.