



# Elektrotechnik Teil 1

## Grundlagen für RZler



## Physik – Grundlagen - Kenngrößen



# Die fünf Sicherheitsregeln



1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und kurzschließen
5. Benachbarte unter Spannung stehende Teile abdecken und abschränken

[www.elektrikerwissen.de](http://www.elektrikerwissen.de)



## Der Kursteilnehmer

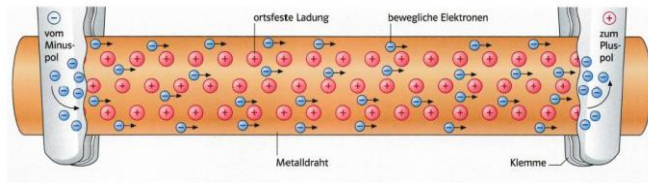
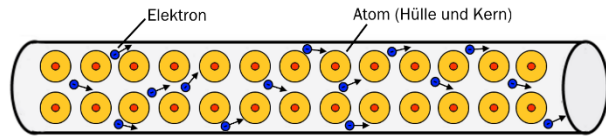
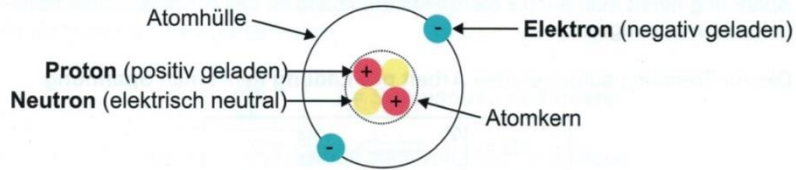
- Kennt die **elektrotechnischen Grundlagen** und kann diese bezogen auf Rechenzentren anwenden
- Kennt das **System Energieversorgung eines Rechenzentrums** und kann dies erläutern
- Kennt die **Subsysteme der Energieversorgung eines Rechenzentrums** und kann diese beschreiben sowie den Zusammenhang im Rahmen der Energieversorgung erläutern
- Kennt die **Darstellungsformen der Energieversorgung** eines Rechenzentrums in **Grundrissen und Schemata**
- ...



## Elektrotechnik Grundlagen

- 1 Elektrotechnische Grundlage (Strom, Kenngrößen, Spannungsebenen, Leistung, etc.)
- 2 Energieversorgung Rechenzentrum
- 3 Subsysteme: Trafo, NEA, USV
- 4 Subsysteme: Sicherungsmedien, PDUs, Schutzschalter, Selektivität

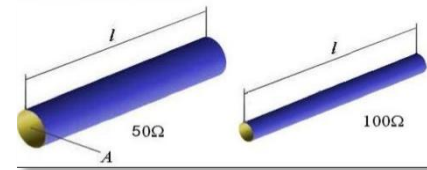




Die **Elektronen** bewegen sich zwischen den Atomen durch den Leiter

Der **Leiterwiderstand/Widerstand R** ist abhängig von:

- Querschnitt A in mm<sup>2</sup>
- Leiterlänge l in m
- Material (spezifischer Widerstand rho)



kleiner Querschnitt = großer Widerstand  
großer Querschnitt = kleiner Widerstand

$$R = \frac{U}{I}$$

Widerstand R  
Spannung U  
Stromstärke I

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

R = Leitwiderstand in  $\Omega$   
 $\rho$  = spezifischer Widerstand  
in  $\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$

Stoff	$\rho$ in $\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$
Aluminium	0,028
Eisen	0,097
Gold	0,023
Kupfer	0,017
Silber	0,016

Metall	Dichte
Aluminium	2,70 g/cm <sup>3</sup>
Eisen	7,87 g/cm <sup>3</sup>
Kupfer	8,93 g/cm <sup>3</sup>

**!MERKE!**

Je **wärmer der Leiter**, desto mehr Bewegung der Atome, desto **höher der Widerstand**



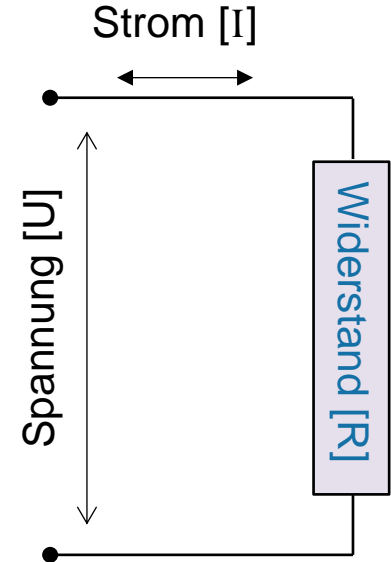
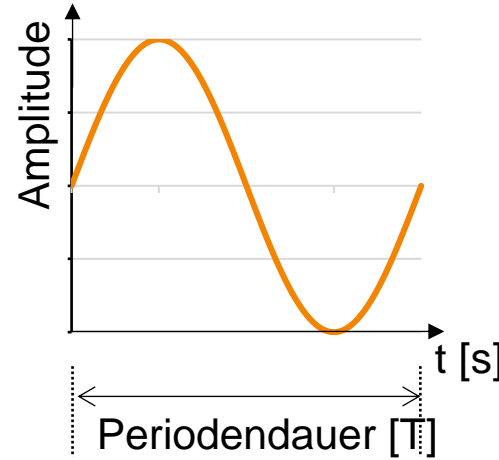
## Die wichtigsten Kenngrößen:

- **Spannung (U)** angegeben in Volt (V)
- **Strom (I)** angegeben in Ampere (A)
- **Widerstand (R)** angegeben in Ohm ( $\Omega$ )
- **Frequenz (f)** angegeben in Hertz (Hz)

$$f = \frac{1}{T} \quad 50 \text{ Hz} = \frac{1}{0,02 \text{ s}}$$

auch noch interessant, aber nicht so wichtig:

- **Kapazität (C)** angegeben in Farad (F) [Kondensatoren]
- **Induktivität (L)** angegeben in Henry (H) [Spulen, Wicklungen]

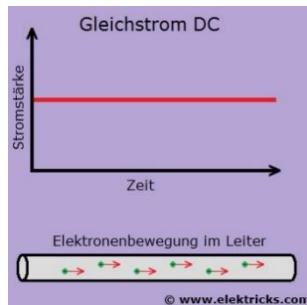
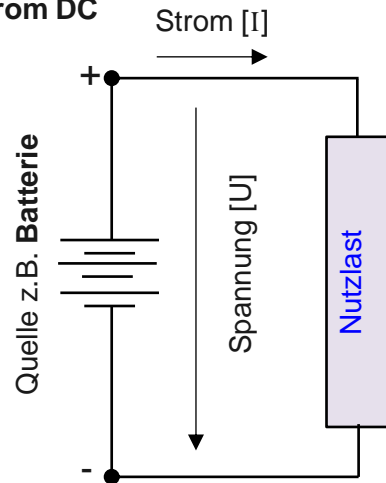




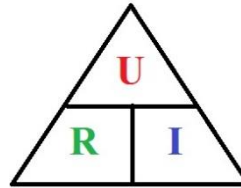




## Gleichstrom DC



## Ohmsches Gesetz

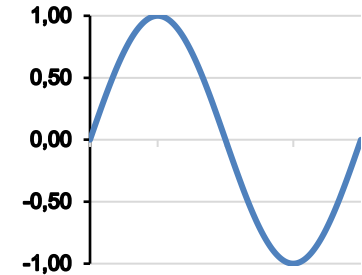
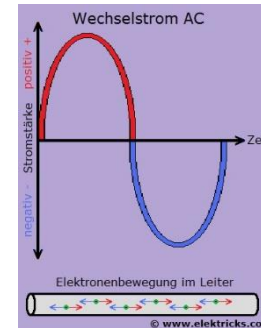
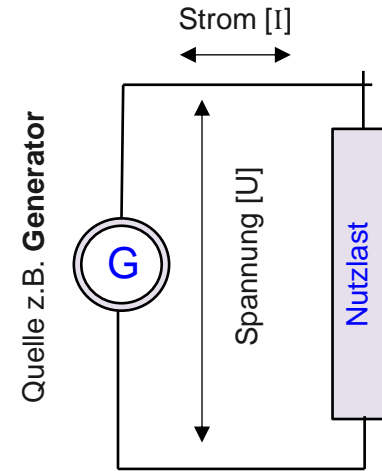


$$R = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = R \times I$$

## Wechselstrom AC





Wert	Kennzeichen	Maßeinheit	
Strom	I	A	Ampere
Spannung	U	V	Volt
Widerstand	R	$\Omega$	Ohm
Leistung	P	W	Watt
Energie	E	J [W*s] [N*m]	Joule
Kapazität	C	F	Farad
Induktivität	L	H	Henry
Temperatur	T [t oder $\vartheta$ ]	K [°C]	Kelvin [Celsius]
Zeit	t	s	Sekunde
Frequenz	f	Hz [1/s]	Hertz





Schuko-Stecker



CEE-Stecker IP44



CEE: [Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment](#)



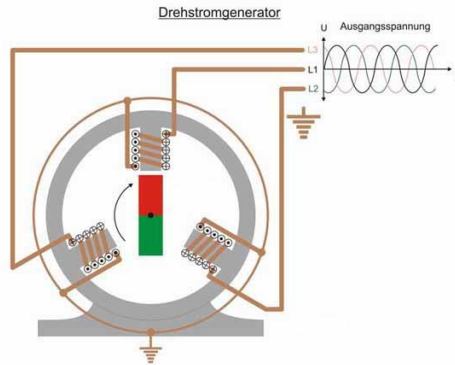
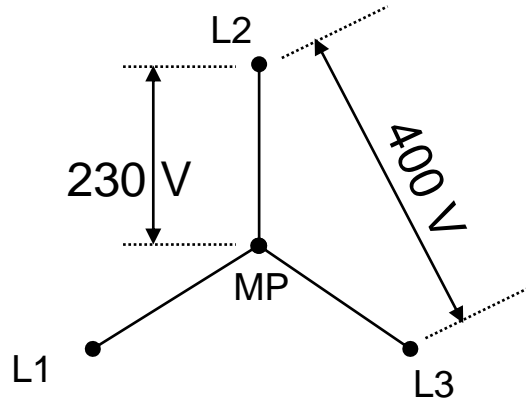
C13 / C14-Stecker  
„Kaltgerätestecker“



C19 / C20-Stecker

Siehe auch  
Abschnitt PDU





## Energieversorgung in Europa

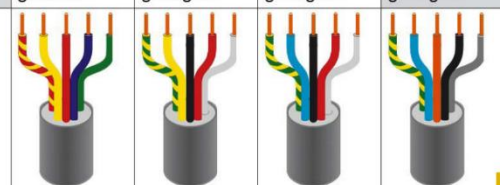
- Dreiphasensystem
- 50 Hertz
- Endverbraucher 400 Volt



CEE-Stecker IP44

DIN VDE 0100-510 VDE 0100-510:2014-10  
Errichten von Niederspannungsanlagen

Leiter	Vor 1970	Ab 1970	Ab 1980	Ab 2005
L1	rot	schwarz	schwarz	braun
L2	blau	rot	rot	schwarz
L3	grün	weiss	weiss	grau
N	gelb	gelb	hellblau	blau/hellblau
PE	gelb/rot	gelb/grün	gelb/grün	gelb/grün

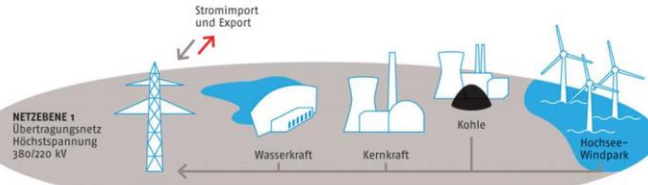


Änderung der Drahtfarben im Laufe der Zeit

CEE: [Commission on the Rules for the Approval of the Electrical Equipment](#)



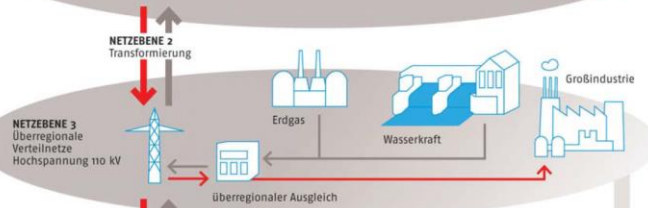
## Höchstspannung



220 – 380 kV



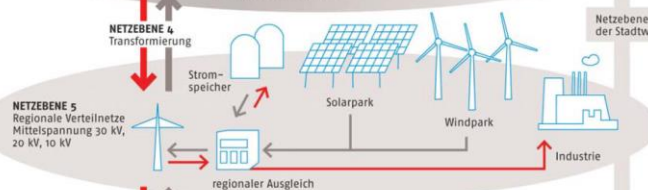
## Hochspannung



110 kV



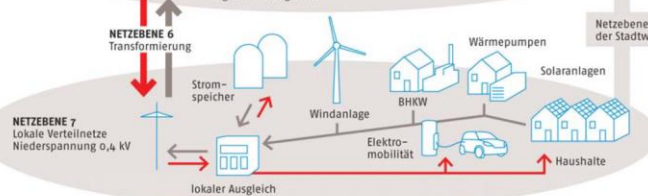
## Mittelspannung



10 – 20 kV



## Niederspannung



( $\leq$  1 kV) 0,4 kV



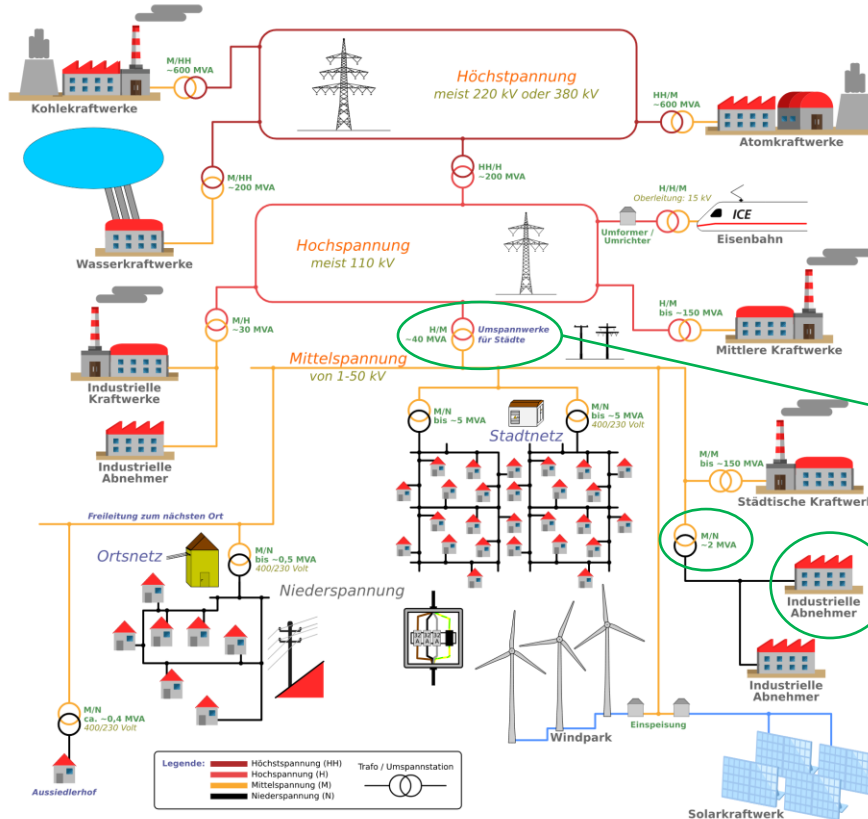
Bild 2 Struktureller Aufbau von Stromnetzen. Quelle: Verband kommunaler Unternehmen e.V.

Spannungsbereiche		AC	DC
Hochspannung		> 1000 V	> 1500 V
		$\leq$ 1000 V	$\leq$ 1500 V
Niederspannung	Kleinspannung	$\leq$ 50 V	$\leq$ 120 V

DIN EN 50110-1:2014 Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen; Deutsche Fassung EN 50110-1:2013.

DIN EN 50110-2:2011 Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 2: Nationale Anhänge; Deutsche Fassung EN 50110-2:2010.





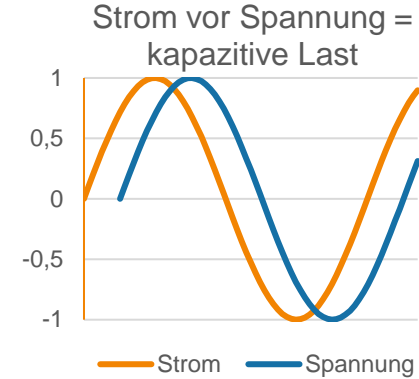
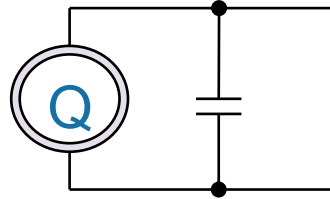
$N \Rightarrow 2N$





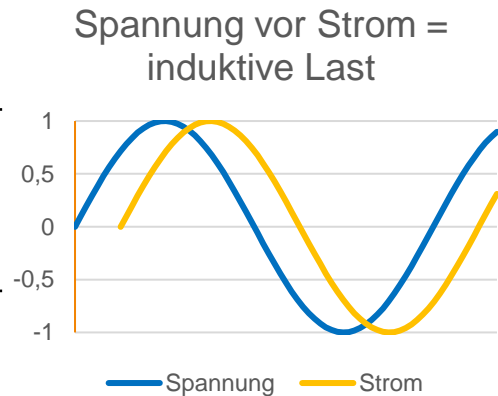
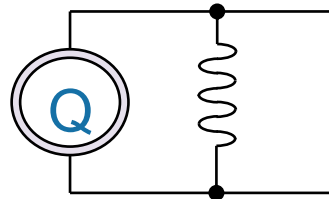
## Kapazitive Lasten

- » Kondensatoren
- » Netzteile
- » Elektronik im Allgemeinen



## Induktive Lasten

- » Motoren
- » Pumpen
- » „Alles was sich dreht“
- » Transformatoren





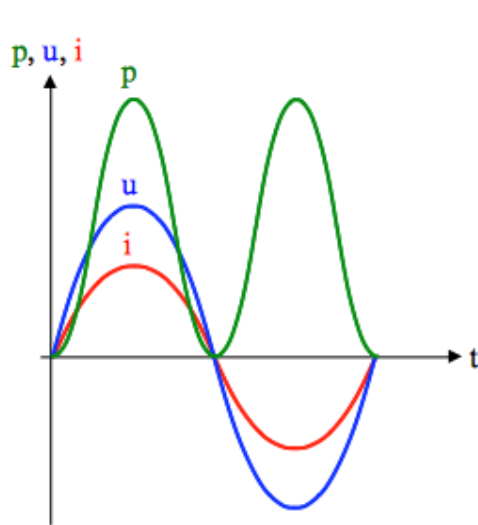
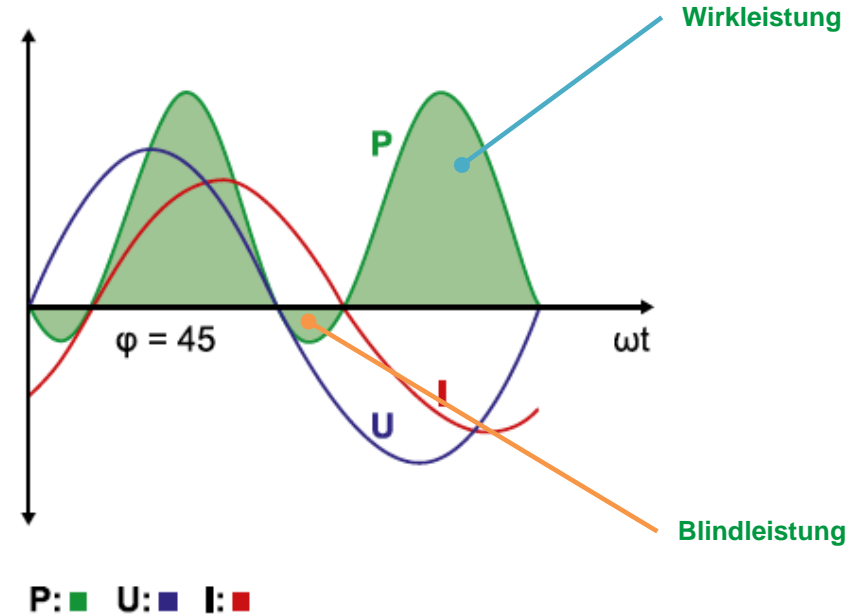
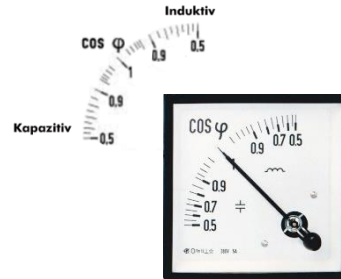


Bild 13-26: Zusammenhang zwischen Spannung, Strom und Leistung



$$\text{Leistung (P)} = \text{Spannung (U)} \times \text{Strom (I)}$$

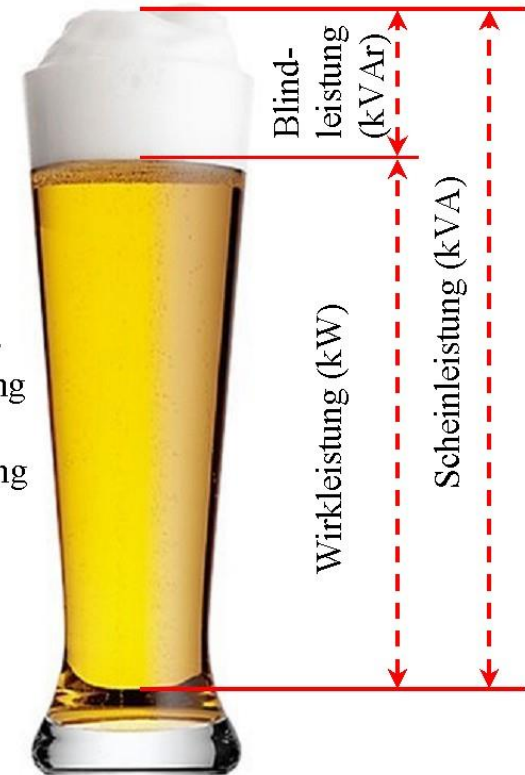


**Wirkleistung** ist die Leistung, (in kiloWatt [kW])  
die für produktive Arbeit  
genutzt werden kann.

**Blindleistung** ist die Leistung, (in kilo Volt Ampere reaktiv [kVAr])  
die für produktive Arbeit  
**nicht** genutzt werden kann,  
aber z.B. Abfallwärme erzeugt.

**Scheinleistung** ist die Leistung, (in kiloVoltAmpere [kVA])  
für die ich vom Versorger  
die Rechnung bekomme.

Endlich eine vernünftige Erklärung zu Wirk-, Blind- und Scheinleistung auch für Nicht-Elektrotechniker





## Berechnung von Elektrischer Leistung

Leistung bei Gleichstrom

$$P = U * I$$

$$U = \frac{P}{I}$$
$$I = \frac{P}{U}$$

Leistung bei Wechselstrom

$$P = U * I * \cos\varphi$$

$$U = \frac{P}{I * \cos\varphi}$$
$$I = \frac{P}{U * \cos\varphi}$$

## cos phi (Leistungsfaktor)

Bei Sinusströmen stimmt der Leistungsfaktor mit dem Phasenwinkel cos phi überein. **Der Leistungsfaktor ist ein Maß dafür, welcher Teil der Scheinleistung in Wirkleistung umgesetzt wird.**

Bei gleichbleibender Wirkleistung ist die Scheinleistung und damit bei gleichbleibender Spannung der Strom um so größer, je kleiner der cos phi ist.

**Soll beispielsweise Wirkleistung bei einem Leistungsfaktor von cos phi = 0,5 zu einem Verbraucher transportiert werden, so müssen Transformatoren und Leitungsnetze bei gleicher Wirkleistung für den doppelten Strom ausgelegt sein, wie bei cos phi = 1.**

Das Verhältnis von Wirkleistung zur Scheinleistung nennt man Leistungs- oder Wirkfaktor:

$$\cos \varphi = P (W) / S (VA)$$

Das Verhältnis von Blindleistung zur Scheinleistung nennt man Blindfaktor:

$$\sin \varphi = Q (\text{var}) / S (VA)$$

cos phi = Wirkfaktor

P = Wirkleistung

S = Scheinleistung

sin phi = Blindfaktor

Qc = induktive Blindleistung





# Elektrotechnik Teil 2

## Grundlagen für RZler



## Hauptgewerke und Systeme



# White Board Exercise / Gruppenübung

Was gehört denn alles zur  
elektrischen Energieversorgung  
eines Rechenzentrums ?

Zeichne/skizziere ein Energieversorgungsschema eines  
Rechenzentrums inkl. räumlicher Zuordnung

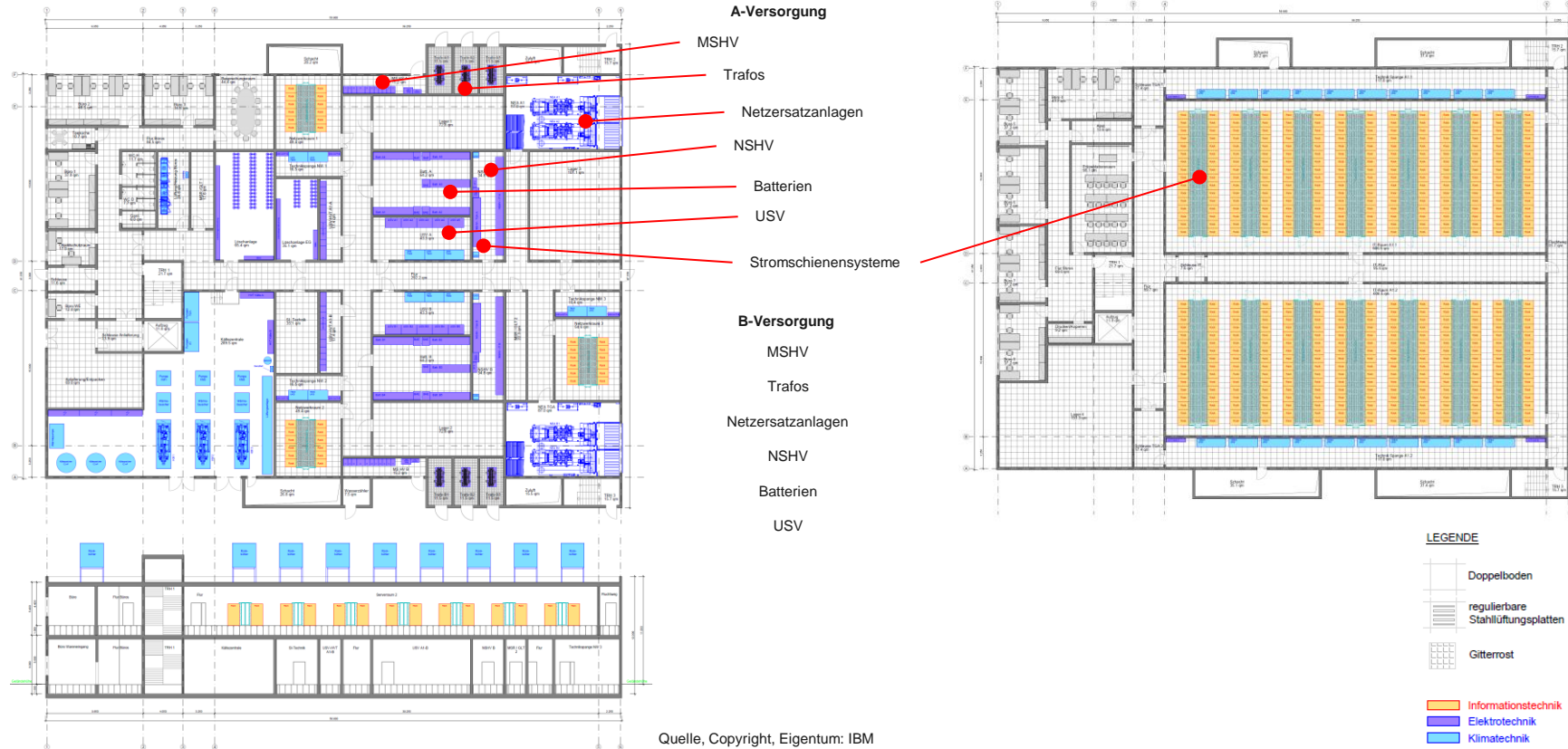
(G1: VK 2 / G2: VK 3 / G3 VK4)





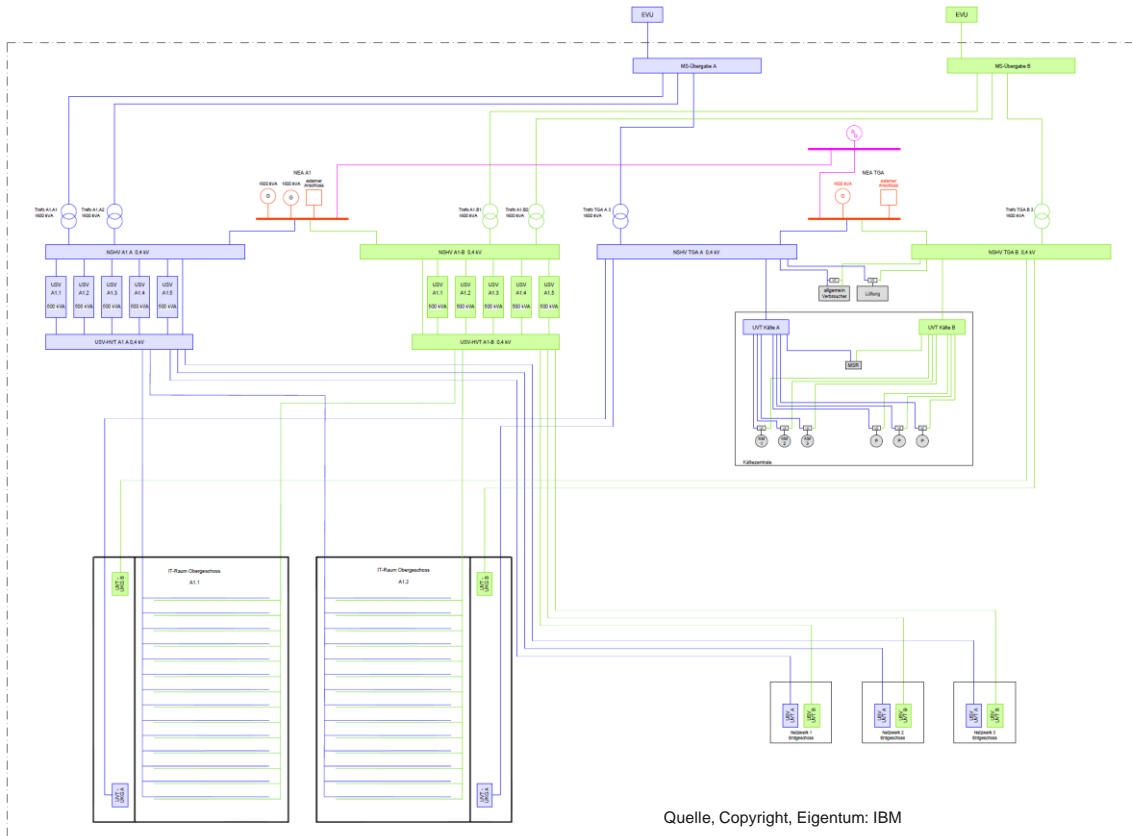








# Elektrotechnik – Energieversorgung im Rechenzentrum (Beispiel)



EVU

A- und B-Versorgung

MSHV

unterteilt/jeweils für IT und TGA

Netzlersatzanlagen

Trafos

NSHV

USV + Batterien

Kältetechnik

Stromschienensysteme

IT-Räume

Netzwerk-Räume

Quelle, Copyright, Eigentum: IBM



## Energieversorgung

- » HS, MS, NS, Frequenz, Qualität

## Eigenstromversorgung (Generatoren)

- » Betriebsbeschränkungen / Spezifikationen (ESP, PP, CP)

## Schaltanlagen

- » MSVH und NSVH, Schalter, Automaten, Sicherungen

## USV

- » Statisch/Dynamisch, modular/block, skalierbar

## ATS

- » SPoF!

## Verteilung

- » Wand / Unterboden / Schrank, Überwachung, Messung, Fernbedienung





## Grundprinzipien und Kenngrößen

Leistungsangabe immer in kVA!

### Trocken- oder Gießharztrafo

- Größere Bauform
- Schlechtere Kühleigenschaften
- Weniger für außen geeignet



### Ölgekühlter Trafo

- Bessere Effizienz
- Geringere Kosten
- Höhere Brandgefahr
- Höherer Schutzaufwand (Umwelt)





## VERORDNUNG (EU) Nr. 548/2014 DER KOMMISSION

vom 21. Mai 2014

zur Umsetzung der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich Kleinleistungs-, Mittelleistungs- und Großleistungstransformatoren

### 1.2. Anforderungen an Mittelleistungstransformatoren mit einer Nennleistung $> 3\,150\text{ kVA}$

Tabelle I.4 Mindestwerte für den maximalen Wirkungsgrad von **flüssigkeitsgefüllten** Mittelleistungstransformatoren

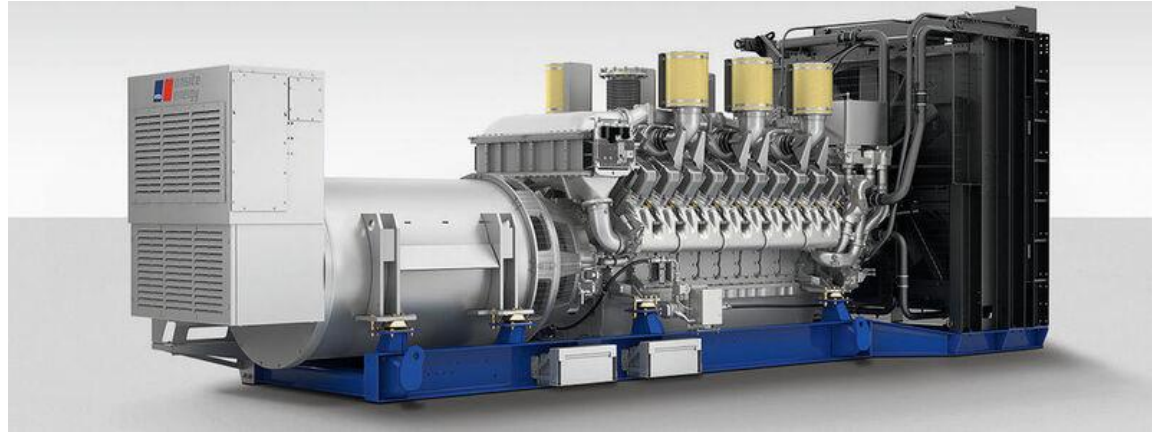
Nennleistung (kVA)	Stufe 1 (1. Juli 2015)	Stufe 2 (1. Juli 2021)
	Mindestwert für den maximalen Wirkungsgrad (in %)	
$3\,150 < S_r \leq 4\,000$	99,465	99,532
5 000	99,483	99,548
6 300	99,510	99,571
8 000	99,535	99,593
10 000	99,560	99,615
12 500	99,588	99,640
16 000	99,615	99,663
20 000	99,639	99,684
25 000	99,657	99,700
31 500	99,671	99,712
40 000	99,684	99,724

Tabelle I.5 Mindestwerte für den maximalen Wirkungsgrad von Mittelleistungs-**Trockentransformatoren**

Nennleistung (kVA)	Stufe 1 (1. Juli 2015)	Stufe 2 (1. Juli 2021)
	Mindestwert für den maximalen Wirkungsgrad (in %)	
$3\,150 < S_r \leq 4\,000$	99,348	99,382
5 000	99,354	99,387
6 300	99,356	99,389
8 000	99,357	99,390
$\geq 10\,000$	99,357	99,390



- Dieselmotor
- Generator
- Kühlanlage
- Lüftungsanlage
- Abgasanlage
- Notstromsteuerung, Starter / Steuerbatterie und Kabelanlagen
- Tankanlagen





## Grundprinzipien und Kenngrößen

- Kombination aus **Dieselmotor und Drehstromgenerator**
- Leistungsangaben<sup>(1)</sup> immer in kVA!
- Angabe vom Hersteller meist in
  - **ESP** Emergency Standby Power, oder
  - **PRP** Prime Power
- Für **Zertifizierungszwecke** verlangt ist jedoch:
  - **COP** Continuous Power
- **Betriebsbeschränkung** nur für den Notbetrieb (Genehmigungsverfahren)

**ESP:** The maximum power for which an engine-generator is capable of delivering for up to 200 hours per year. The allowable average power output over a 24-hour run period is 70% of the prime rating unless otherwise agreed to by the RIC manufacturer.

**PRP:** The maximum power for which an engine-generator is capable of delivering continuously with a variable load for an unlimited number of hours. The allowable average power output over a 24-hour run period is 70% of the prime rating unless otherwise agreed to by the RIC manufacturer.

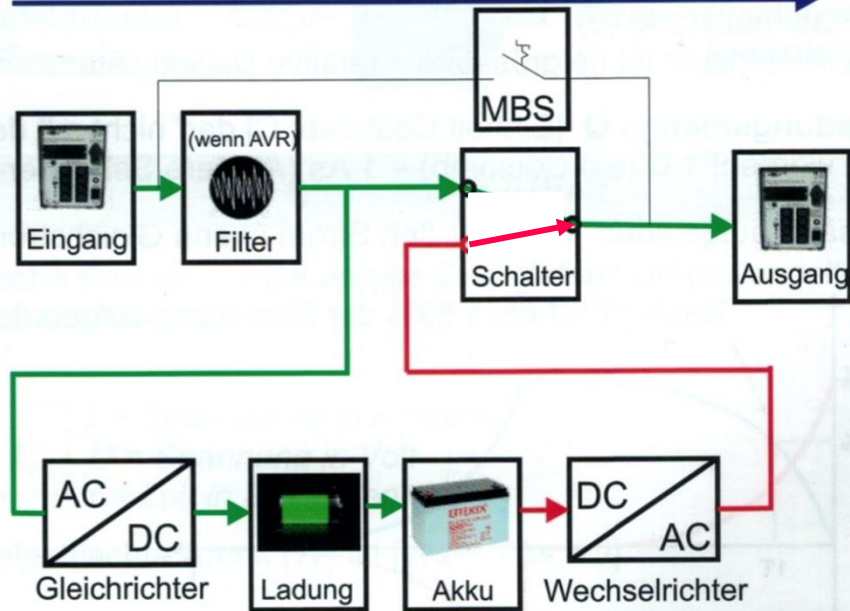
**COP:** The maximum power for which an engine-generator is capable of delivering continuously for a constant load for an unlimited number of hours.

(1) Quelle: ISO Standard 8528-1



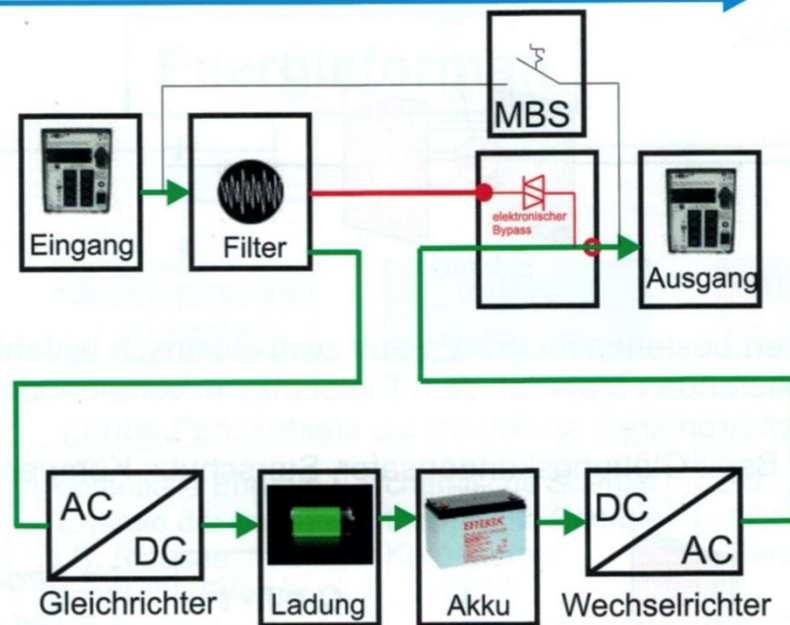


## offline USV (Wirkungsgrad ca. 98%)



4-10ms Umschaltzeit (werden durch Netzteile überbrückt)  
Ausgangsspannung rechteckig oder trapezförmig  
Line interaktiv USV: 2-4ms (mit AVR)  
Keine Lüftung nötig.

## online USV (Wirkungsgrad ca. 95%)



Keine Umschaltzeit  
Stabilisierte Ausgangsspannung und Frequenz  
Überspannungen werden herausgefiltert



Netzstörungen und USV Lösungen				
Netzstörungen	Zeit	EN 50091-3/ IEC 62040-3	USV Lösung	Ableiter Lösung
1. Netzausfälle	> 10ms	VFD	Klassifizierung 3	
2. Spannungsschankungen	< 16 ms	Voltage +	passiver	—
3. Spannungsspitzen	4... 16 ms	Frequency Dependent	Standby-Betrieb (Offline)	—
4. Unterspannungen	kontinuierlich	VI	Klassifizierung 2	—
5. Überspannungen	kontinuierlich	Voltage + Independent	Line-Interactive	—
6. Blitzeinwirkungen	sporadisch	VFI	Klassifizierung 1	Blitz- und Über- spannungsschutz
7. Spannungsstöße	< 4 ms	Voltage +	Double Conversion- Betrieb	(IEC 60634-5-534)
8. Frequenzschankungen	sporadisch	Frequency Independent	(Online)	—
9. Spannungsverzerrung	periodisch			—
10. Spannungsoberschw.	kontinuierlich			—

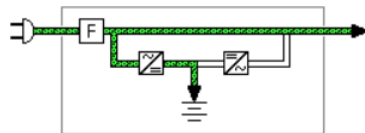


## VFD (Off-Line) USV

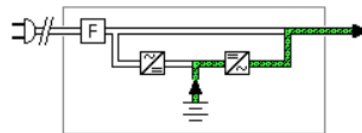
Die neue Klassifikation der europäischen Norm EN 50091-3 (IEC 62040-3)

VFD Voltage and Frequency Dependent (Off-Line)

**Stromversorgung OK**



**Stromausfall**

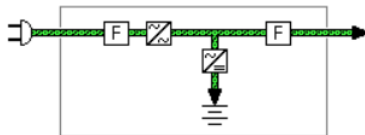


## VI (Line-Interaktive) USV

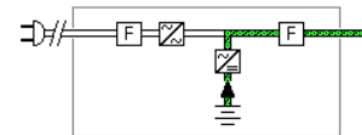
Die neue Klassifikation der europäischen Norm EN 50091-3 (IEC 62040-3)

VI Voltage Independent (Line-Interactive)

**Stromversorgung OK**



**Stromausfall**

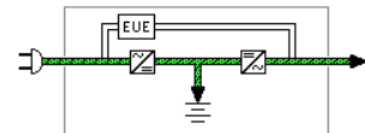


## VFI (On-Line) USV

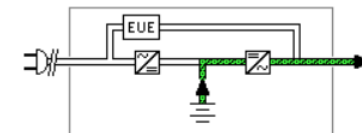
Die neue Klassifikation der europäischen Norm EN 50091-3 (IEC 62040-3)

VFI Voltage and Frequency Independent (On-Line)

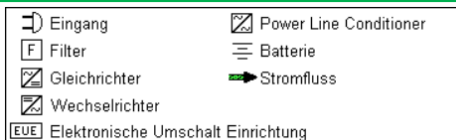
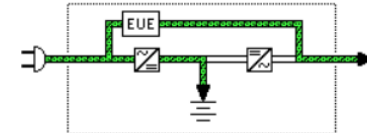
**Stromversorgung OK**



**Stromausfall**



**Überlast**





## OFFLINE

Häufig im Einsatz um kleine Verbraucher wie z.B. einzelne Computer vor einem totalen Netzausfall zu schützen.

- + geringe Anschaffungskosten
- + sehr niedrige Betriebskosten
- Umschaltzeiten bis 10ms
- keine Netzfilterfunktion



## LINE-INTERACTIVE

Oft benutzt um Computersysteme, Netzwerke oder Telekommunikationsanlagen abzusichern.

- + mäßige Anschaffungskosten
- + Netzfilterfunktion
- + sehr effizient
- Umschaltzeiten bis 4ms



## ONLINE

Diese USV Art wird üblicherweise genutzt um Server- und Datenkommunikation sicherzustellen.

- + keine Umschaltzeiten
- + Netzfilterfunktion
- hohe Anschaffungskosten
- hohe Betriebskosten





## Grundprinzipien und Kenngrößen

Achtung bei den Leistungsangaben  
(kVA vs. kW)!

## Statische USV

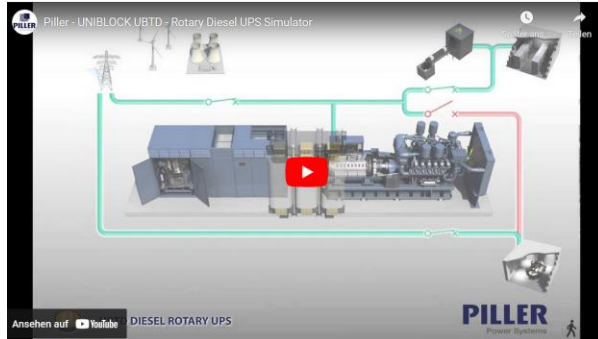
- Blockbauweise
- Modulbauweise
- Online (oder Line-Interactive)

## Dynamische USV (Flywheel)

- mit dieseldynamischer Kopplung
- mit und ohne Batteriepuffer







<https://youtu.be/VqnDis66lrl?t=10>



## **Elektromagnetische Kupplung (redundante Starteinrichtung)**

Über die elektromagnetische Kupplung kann bei Ausfall der Hauptstarteinrichtung (Batterie und Anlasser) ein redundanter Start eingeleitet werden.

## **Bürstenlose Erregermaschine**

Bewährte Technologie, beruhend auf über 20-jähriger Entwicklungsgeschichte; hochzuverlässig und praktisch wartungsfrei.

## **Kinetischer Energiespeicher**

Der Aufbau folgt dem Prinzip einer elektrischen Maschine und ist so gewählt, dass die Lager sich mit einer maximalen Drehzahl von 1500 1/min drehen. Dies sorgt für einen geringen Wartungsaufwand und eine lange Lebensdauer.

## **Hochmoderne Dieselmotoren**

Bei den eingesetzten Motoren handelt es sich nicht um gewöhnliche Dieselantriebe, sondern um Dieselmotoren, die die neuesten Emissionsnormen gemäß EPA bzw. TA Luft erfüllen. Darüber hinaus sind die Motoren für einen schnellen und zugleich sanften Start vorgewärmt und vorgeschmiert, was mechanische Belastungen reduziert und eine längere Lebensdauer sicherstellt.

## **4-polige Synchronmaschine**

Diese großzügig ausgelegte, bürstenlose und ohne Schleifringe ausgestattete Synchronmaschine erzeugt eine hochqualitative sinusförmige Wechselspannung. Dank seines äußerst geringen Innenwiderstands ist der Generator beständig gegen sehr hohe Kurzschlussströme (bis zum 20-fachen des Nennstroms), kann problemlos plötzlich auftretende Strom- und Lastspitzen auffangen, selbst asynchrone Lasten versorgen und dabei eine exzellente Spannungsregelung, Ausfilterung von Oberschwingungen und eine Leistungsfaktorkorrektur ohne elektronische Hilfe leisten.

## **Biegesteife Monoblock-Ausführung**

Auslieferung des komplett zusammengebauten und anschlussbereiten Maschinensatzes; eine Fehlausrichtung vor Ort ist somit nicht möglich. Direkt miteinander gekuppelte Komponenten machen das NO-BREAK KS\*-System extrem robust und ermöglichen eine einfache Handhabung, Montage und Wartung.

## **Integrierte Vibrationsdämpfer**

Beseitigen Vibrationen und gestatten eine direkte Bodenmontage.



## Grundprinzipien und Kenngrößen

- Leistungsschutzschalter
- **FI Schutzschalter im RZ?** (1x pro Jahr testen)
- Standardgrößen
- Selektivität
- Schaltvermögen





## Sprungfunktion für den Designprozess

- 16 A einphasig  $\triangleq$  3,7 kVA
- 16 A 3-phasig  $\triangleq$  11 kVA
- 32 A einphasig  $\triangleq$  7,3 kVA
- 32 A 3-phasig  $\triangleq$  22 kVA
  
- 5000 A dreiphasig  $\triangleq$  3,45 MVA





\* PDU: Power Distribution Unit / Verteilerleiste

## Stromverteilung im Rack

- Wo immer möglich vertikal
- Mindestens mit Kommunikation und Messvorrichtung
- Fehlerstromüberwachung?
- Schaltbar?

Einbindung in das DCIM ist Pflicht



Quelle: APC / Eaton / Schneider Electric





Oberbegriff: **RCD** [residual current device]

**FI** [Fehlerstrom-Schutzschalter] oder **RCCB** [Residual Current Circuit Breaker]



**Unterschiedliche nationale Regelungen** trotz EU-Richtlinie

- EN61557, EN61008-1, EN61009-1, EN62423 plus HD60364 (Harmonisierungsdokument)
- Österreich ÖVE E8001-1/A1
- Deutschland VDE0100-100, -410 -530, -600, -701, -705
- Schweiz NIN 2015



**Die Differenzstromüberwachung ist im Rechenzentrum auf jeden Fall das Mittel der Wahl.**

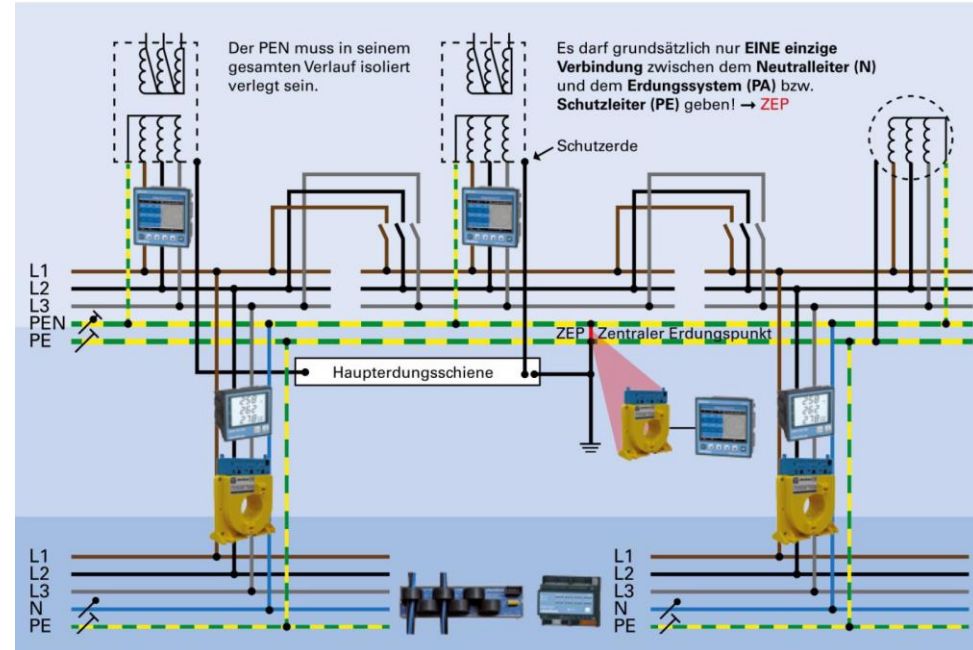
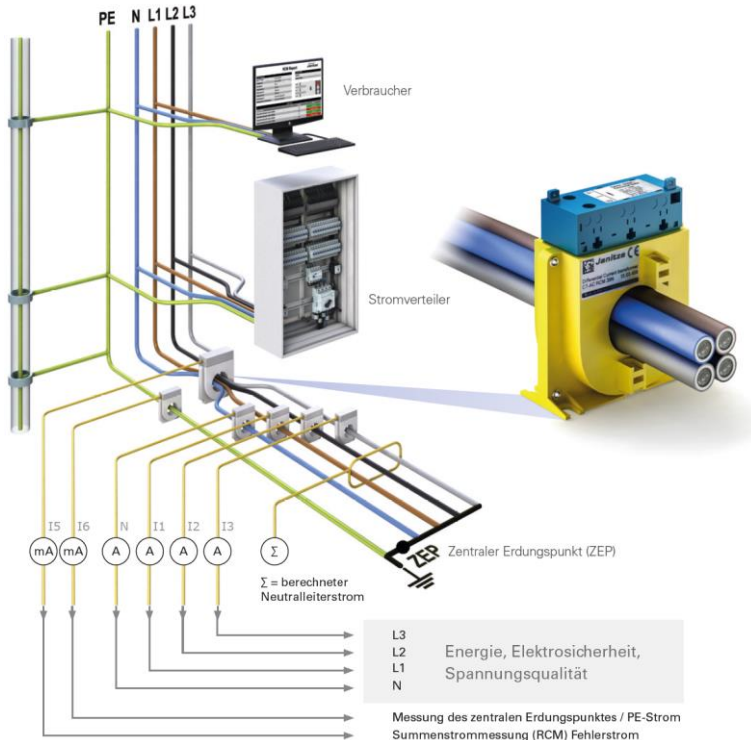
Die Ausprägung hängt vom individuellen Sicherheitsbedürfnis und der Anlagengröße ab.

**FI Schalter oder RCCBs sind zu vermeiden!**



# Differenzstrom-Überwachung (Bsp.) – TN-S-Netz

EMV-VERTRÄGLICHE UND HOCHVERFÜGBARE STROMVERSORGUNG  
OHNE ZWANGSABSCHALTUNGEN

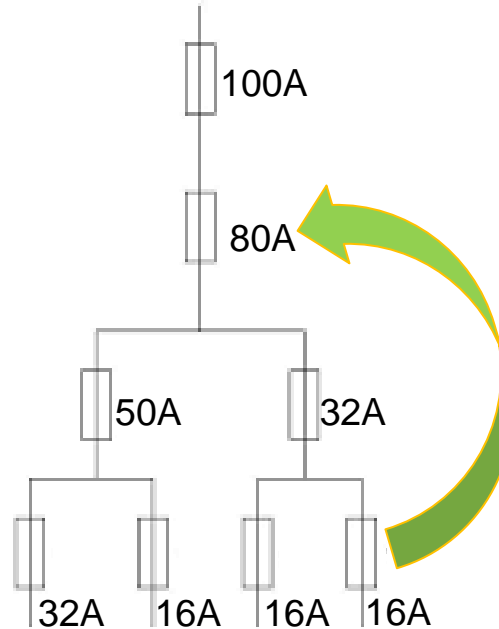


Quelle: Janitza



Die Größe des Sicherungsmittels ist nur um die Logik zu verdeutlichen.

In der realen Welt müssen noch weitere Vorschriften berücksichtigt werden.



## Gängige Größen [A]

Steckverbindung

6  
10  
13  
**16**  
20  
25  
32

## Charakteristika

- superflink
- flink
- mittelträge
- träge
- superträge

Festverdrahtung

40  
50  
**63**  
80  
100  
125  
...  
...

**Selektivität** bedeutet, dass bei einem Fehler in einem [Stromkreis](#) von in [Reihe](#) geschalteten [Überstrom-](#) oder [Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen](#) nur das Gerät auslöst, das sich unmittelbar vor der Fehlerstelle befindet. Sie ist eine Funktion des [Netzschutzes](#). Die Selektivität gewährleistet in einem [Strahlennetz](#) – also in einem Stromnetz, welches von einem zentralen Punkt aus gespeist wird – dass trotz des Fehlers möglichst viele Teile der elektrischen Schaltung oder Anlage in Betrieb bleiben und nur das Sicherungselement vor der Fehlerstelle auslöst.



Zwei in Reihe liegende Schmelzsicherungen sind dann selektiv, wenn ihre Bemessungsströme sich um den **Faktor 1,6** unterscheiden. Wird einer Sicherung also eine andere vorgeschaltet, dann muss diese einen Nennstrom um 1,6x größer haben.

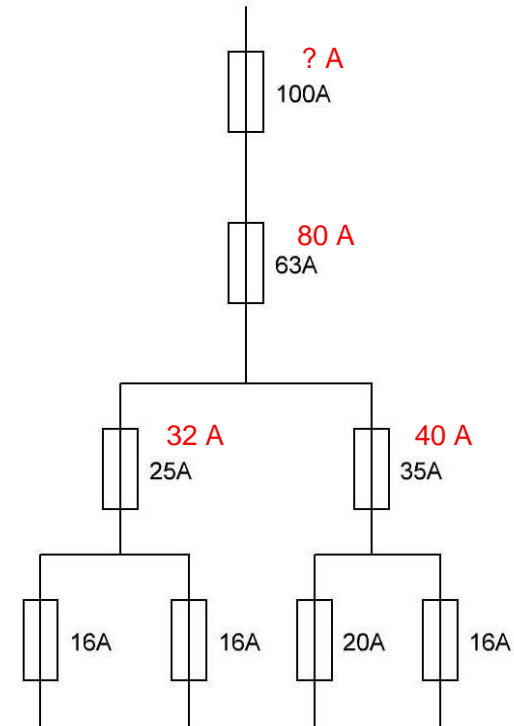
## Beispiel für Selektivität:

Sicherung:  $16 \text{ A} \times 1,6 = 25,6 \text{ A} \Rightarrow$  Nächstgrößte Sicherung = 32A  
Einer 16A Sicherung muss also mindestens eine 32A Sicherung vorgeschaltet werden um die Selektivität einzuhalten. Wäre eine 25A Sicherung vorgeschaltet wäre im Fehlerfall nicht sichergestellt, dass die 16A und nicht die 25A Sicherung auslöst.

## Abstufung von Sicherungen

Als Faustregel kann man sagen, dass in Reihe liegende Schmelzsicherungen\* sich jeweils zwei Nennstromgrößen unterscheiden sollten um selektiv zu sein.

Ist eine Unterverteilung zum Beispiel mit 50A abgesichert, dann wäre die nächste Größe (63A) als Vorsicherung nicht ausreichend. Hier müsste noch eine Größe höher gewählt werden – 80A. Hier ist auch der Faktor 1,6 genau gegeben ( $50 \text{ A} \times 1,6 = 80 \text{ A}$ )





- Das Ohmsche Gesetz:  $U = R \times I$ ;  $R = U / I$ ;  $I = U / R$  (U=Spannung, I=Strom, R=Widerstand)
- Leistung  $P = U \times I$
- Die **Phasenverschiebung zwischen Strom und Spannung** wird durch den **Wirkleistungsfaktor cos phi** beschrieben. Dieser Wirkleistungsfaktor cos phi stellt das **Verhältnis von Wirkleistung zur Scheinleistung** dar.
- Das **Spannungsversorgungssystem für Endkunden** in Deutschland ist **400 V** bei einer Frequenz von **50 Hz**
- Die **Phasenlage eines Drehstromsystems** verändert sich durch die **Art der angeschlossenen Geräte** (kapazitive und induktive Lasten). Sie hat Auswirkung auf die nutzbare Leistung (Wirkleistung) und kann von bestimmten Geräten korrigiert werden.
- Bei den **statischen USV-Anlagen** gibt es drei Klassifizierungen:
  - **VFD (Off-Line) USV** (VFD Voltage and Frequency Dependent) Klassifizierung 3
  - **VI (Line-Interactive) USV** (VI = Voltage Independent) Klassifizierung 2
  - **VFI (On-Line) USV** (VFI = Voltage and Frequency Independent) Klassifizierung 1

Nur **VFI (On-Line) USV Anlagen** (Klassifizierung 1) können **alle 10 Arten der Netzstörung** eliminieren. Sie sind daher für verfügbare Rechenzentren die auszuwählende Klassifizierung von USV-Anlagen.
- Die **maßgebliche Designgröße** für eine **Netzersatzanlage (NEA)** ist die **Leistungsfähigkeit im Dauerbetrieb** (COP = Continuous Power)
- Die **Differenzstromüberwachung** ist im Rechenzentrum auf jeden Fall das Mittel der Wahl. **FI Schutzschalter** sind zu vermeiden!











A professional headshot of a middle-aged man with short, grey hair, wearing a dark suit, white shirt, and blue tie. He is looking directly at the camera with a slight smile.

**Dipl.-Ing. Jürgen Strate**  
**Senior Management Consultant**  
**Data Center**

Mittelfeldweg 1/1  
D-71093 Weil im Schönbuch  
Phone: +49-(0)1575-2901328  
E-Mail: strate@t-online.de



## Copyright

- Alle Rechte für die gezeigten und den Teilnehmern überlassenen Schulungsunterlagen gehören der DCE academy sowie den jeweiligen Referenten der DCE academy (soweit durch Quell- und Urheberangaben nichts anders geregelt).
- Die Vervielfältigung und Weitergabe auch in Teilen an Dritte ist nicht gestattet. Ebenso die Abspeicherung und/oder Veröffentlichung in Social Media, Internet oder sonstigen Medien.

## Nutzungsrechte

- Der/die Teilnehmer/in der Schulungen erhalten ein personenbezogenes Nutzungsrecht für die in dem gebuchten Kurs vorgestellten und übergebenen Schulungsunterlagen. Das Nutzungsrecht ist nicht übertragbar auf andere Personen, auch nicht innerhalb eines Unternehmens / Organisation.