

Elektrotechnik Grundlagen

Grundlagen für RZler

Elektrotechnik Grundlagen

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



Lernziele Elektrotechnik Grundlagen

Der Kursteilnehmer

- Kennt die fünf Sicherheitsregeln für den Umgang mit Elektrotechnik
- Kennt die elektrotechnischen Grundlagen und kann diese bezogen auf Rechenzentren anwenden
- Kennt das System Energieversorgung eines Rechenzentrums und kann dies erläutern
- Kennt die Subsysteme (Hauptkomponenten) 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
- ...



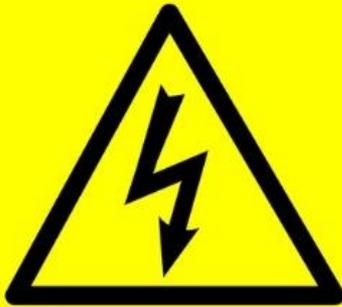
Elektrotechnik Teil 1

Physik – Grundlagen - Kenngrößen



Elektrotechnik Grundlagen

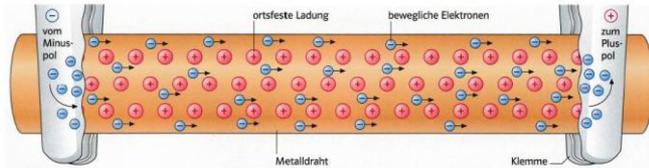
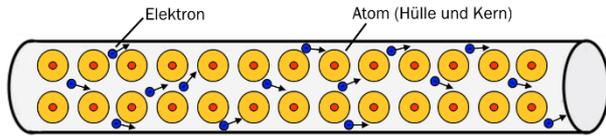
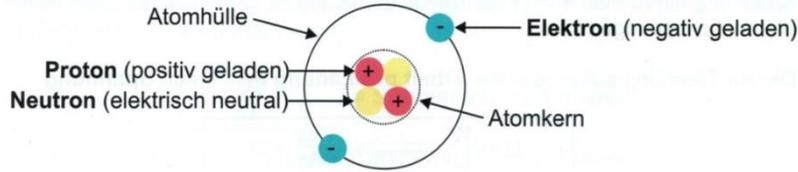
Die fünf Sicherheitsregeln



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

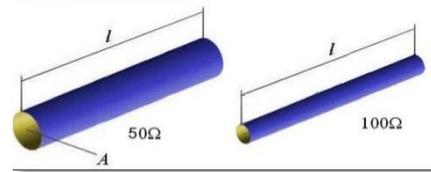
Elektrotechnik – Was ist Strom und Widerstand?



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

Der Leiterwiderstand/Widerstand R ist abhängig von:

- Querschnitt A in mm²
- 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 Ω
 ρ = spezifischer Widerstand
 in $\frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$

Stoff	ρ 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 ³
Eisen	7,87 g/cm ³
Kupfer	8,93 g/cm ³

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

Elektrotechnik – Die wichtigsten Kenngrößen

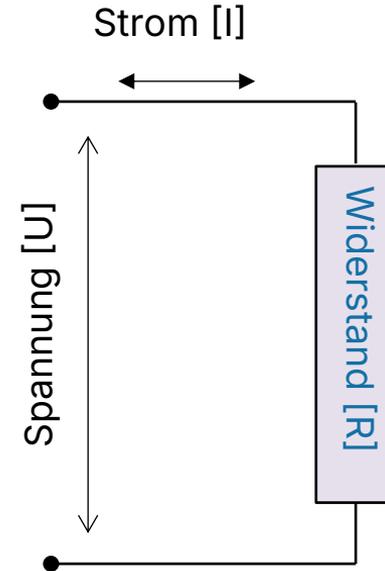
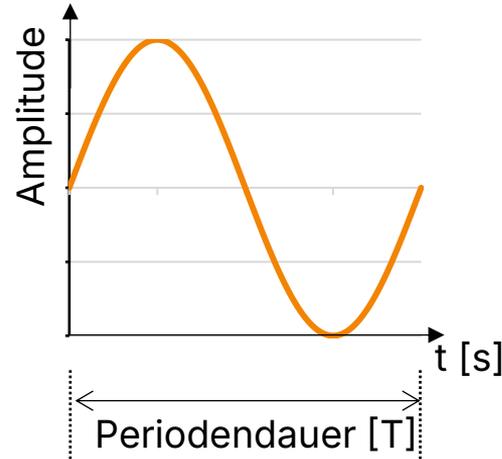
Die wichtigsten Kenngrößen:

- Spannung (U) angegeben in Volt (V)
- Strom (I) angegeben in Ampere (A)
- Widerstand (R) angegeben in Ohm (Ω)
- 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:

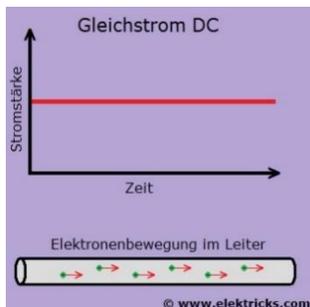
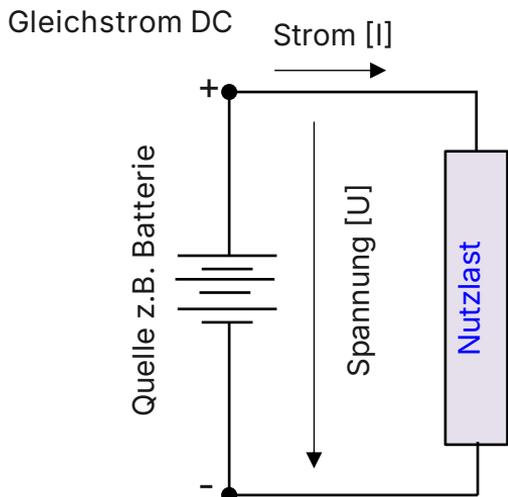
- Kapazität (C) angegeben in Farad (F) [Kondensatoren]
- Induktivität (L) angegeben in Henry (H) [Spulen, Wicklungen]



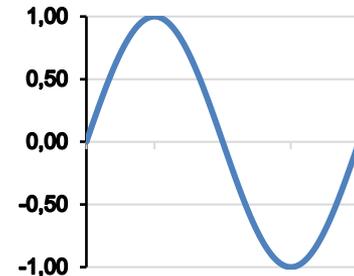
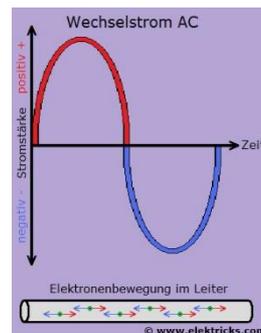
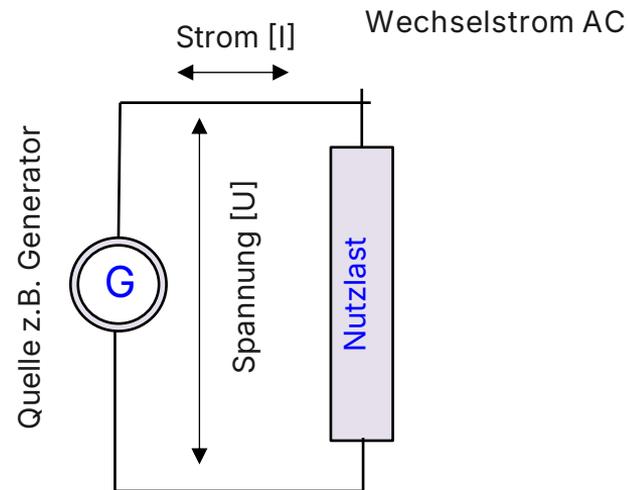
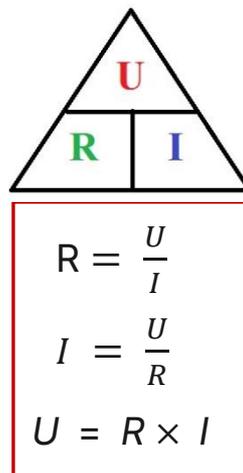
Gleichstrom (DC = Direct Current) / Wechselstrom (AC = Alternating Current)



Gleichstrom (DC = Direct Current) / Wechselstrom (AC = Alternating Current)



Ohmsches Gesetz



Elektrotechnik - Physikalische Größen (Auszug)

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

Elektrotechnik – Stecker und Steckdosen 230 V (einphasige Steckverbindungen)



Schuko-Stecker



CEE-Stecker IP44

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



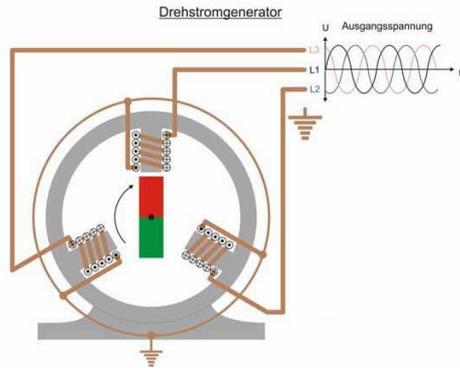
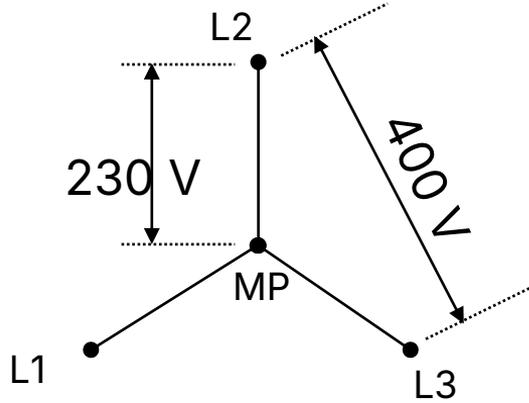
C13 / C14-Stecker
„Kaltgerätestecker“



C19 / C20-Stecker

Siehe auch
Abschnitt PDU

Elektrotechnik – Dreiphasige Systeme



MP = Mittelpunktleiter im dreiphasen-Wechselstromnetz

Energieversorgung in Europa

- Dreiphasensystem
- 50 Hertz
- Endverbraucher 400 Volt



CEE-Stecker IP44

DIN VDE 0100-510 VDE 0100-510:2014-10

Errichten von Niederspannungsanlagen

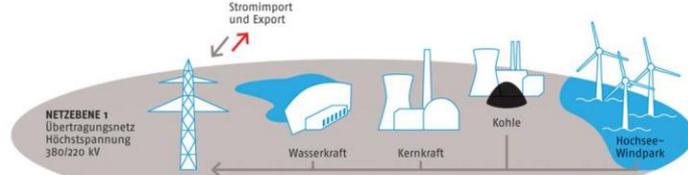
Leiter	Vor 1970	Ab 1970	Ab 1980	Ab 2005
L1	rot	schwarz	schwarz	braun
L2	blau	rot	rot	schwarz
L3	grün	weiss	weiss	grau
N	gelb	gelb	hellblau	blau/hellblau
PE	gelb/rot	gelb/grün	gelb/grün	gelb/grün

Änderung der Drahtfarben im Laufe der Zeit

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

Elektrotechnik – Das Deutsche Stromnetz - Spannungsebenen

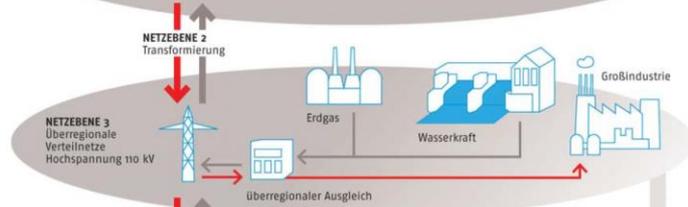
Höchstspannung



220 – 380 kV



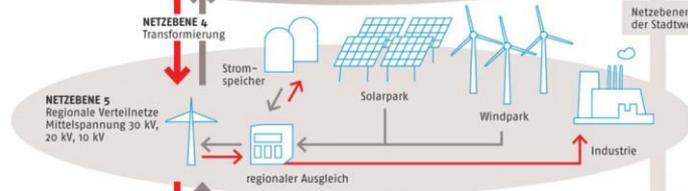
Hochspannung



110 kV



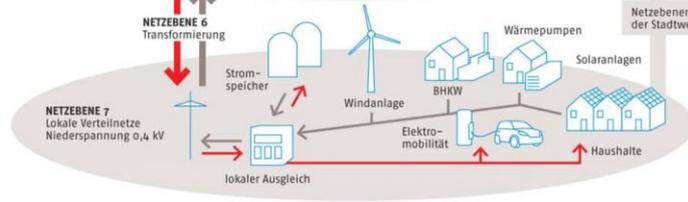
Mittelspannung



10 – 20 kV



Niederspannung



(≤ 1 kV) 0,4 kV



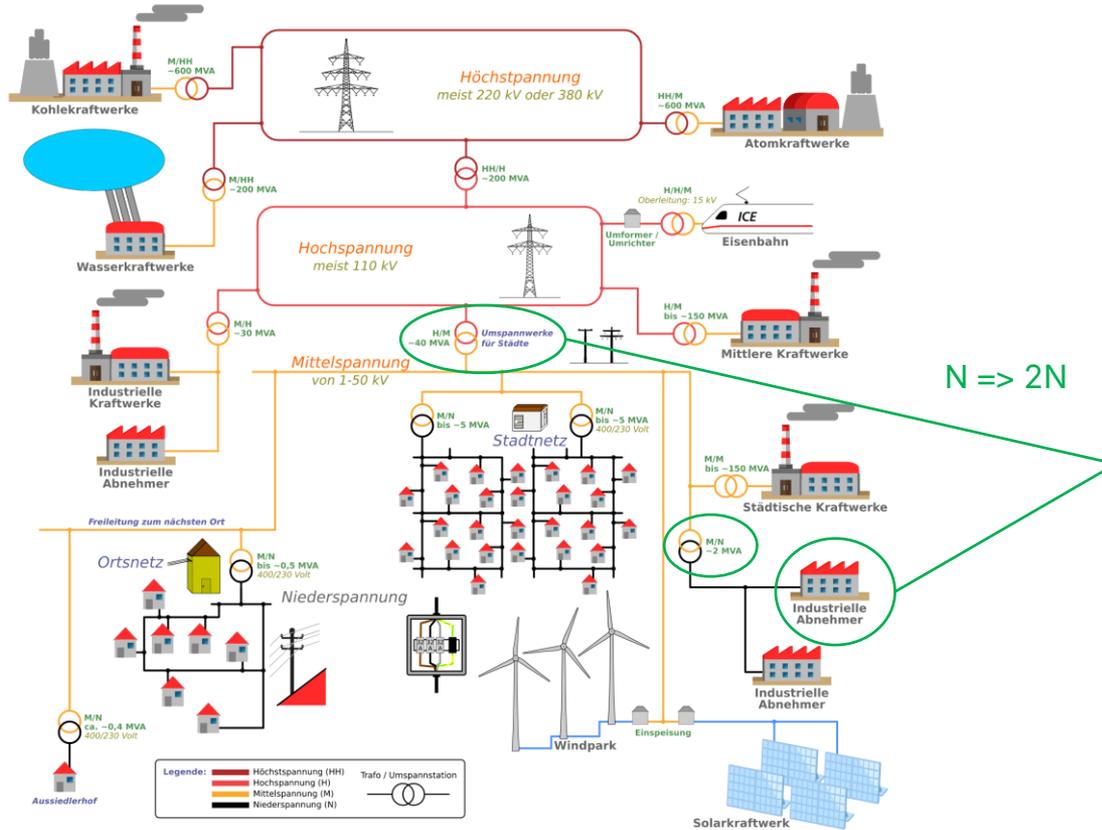
Bild 2 Struktureller Aufbau von Stromnetzen. Quelle: Verband kommunaler Unternehmen e.V.

Spannungsbereiche	AC	DC
Hochspannung	> 1000 V	> 1500 V
Niederspannung	≤ 1000 V	≤ 1500 V
	Kleinspannung ≤ 50 V	≤ 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.*

Elektrotechnik – Das Deutsche Stromnetz – Spannungsebenen: MS-Anbindung RZ

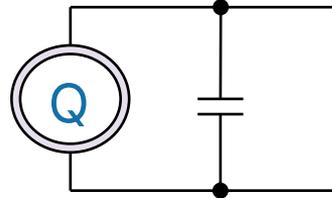


N => 2N

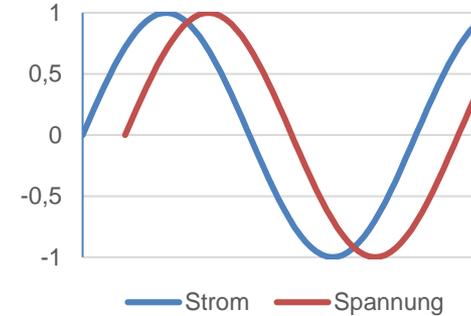
Elektrotechnik – Induktive und Kapazitive Lasten

Kapazitive Lasten

- » Kondensatoren
- » Netzteile
- » Elektronik im Allgemeinen

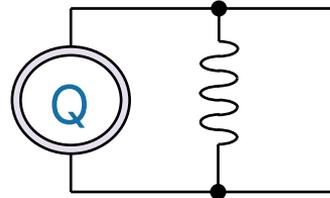


Strom vor Spannung = kapazitive Last

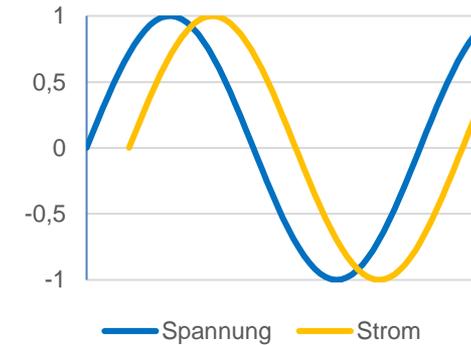


Induktive Lasten

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



Spannung vor Strom = induktive Last



Elektrotechnik – Elektrische Leistung

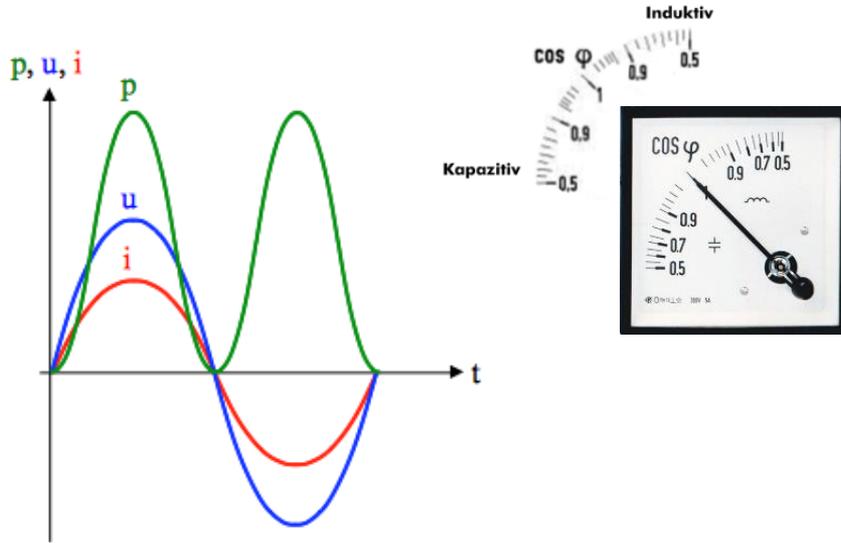
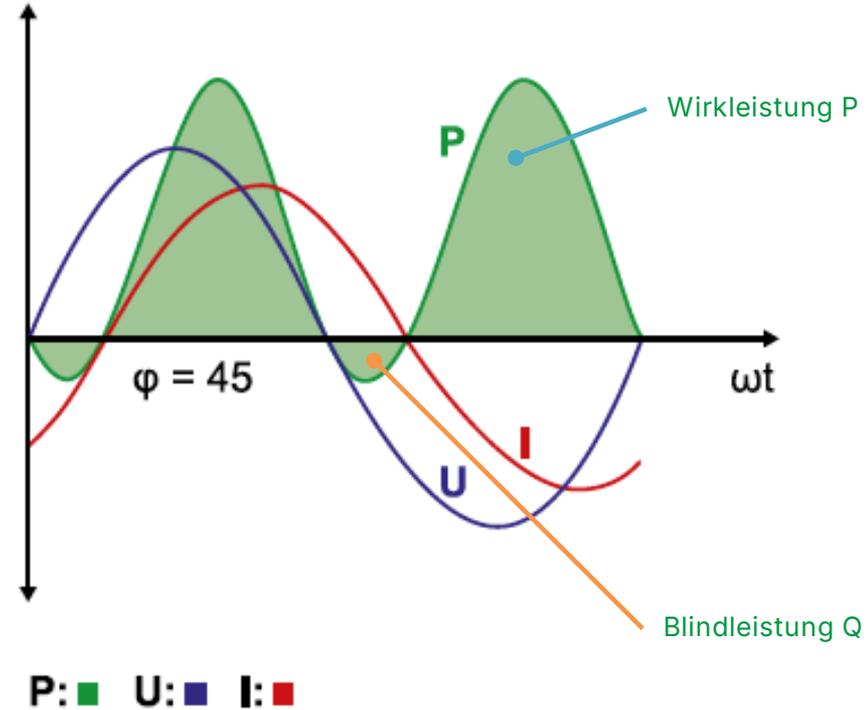


Bild 13-26: Zusammenhang zwischen Spannung, Strom und Leistung

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



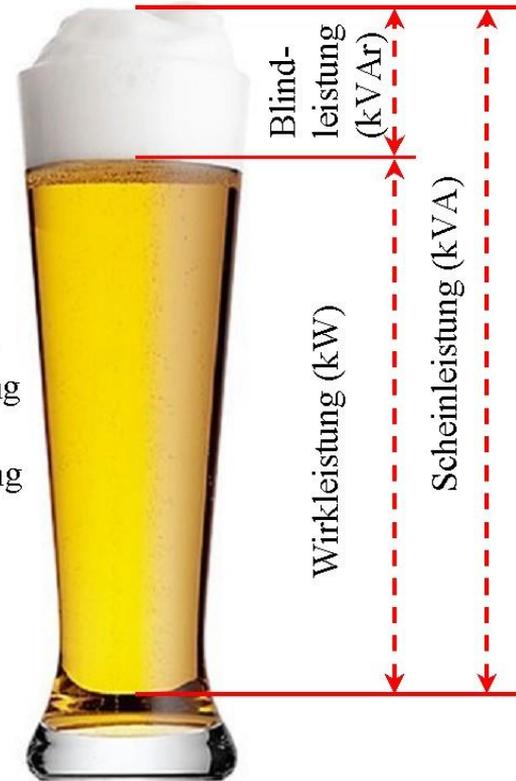
Elektrotechnik – Elektrische Leistung

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

Blindleistung ist die Leistung, (in kilo Volt Ampere reactiv [kVA_r])
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



Elektrotechnik – Elektrische Leistung

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

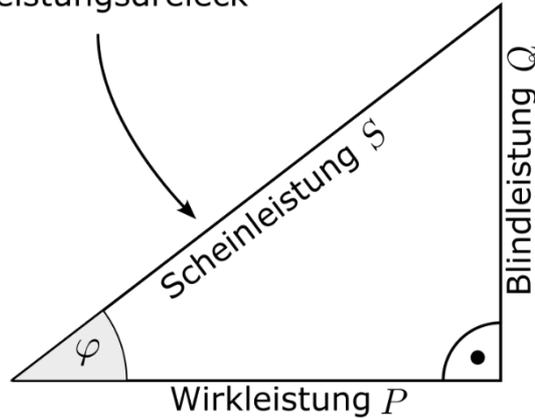
Qc = induktive Blindleistung

Elektrotechnik – Elektrische Leistung

Zusammenhang

Scheinleistung – Blindleistung - Wirkleistung

Leistungsdreieck



Satz des Pythagoras

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Produkt der Effektivwerte
von Spannung und Strom

$$S = U \cdot I$$

Trigonometrie

$$P = S \cdot \cos(\varphi)$$

Elektrotechnik Teil 2

Hauptgewerke – Systeme – Subsysteme/Komponenten



Elektrotechnik - Energieversorgung

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)

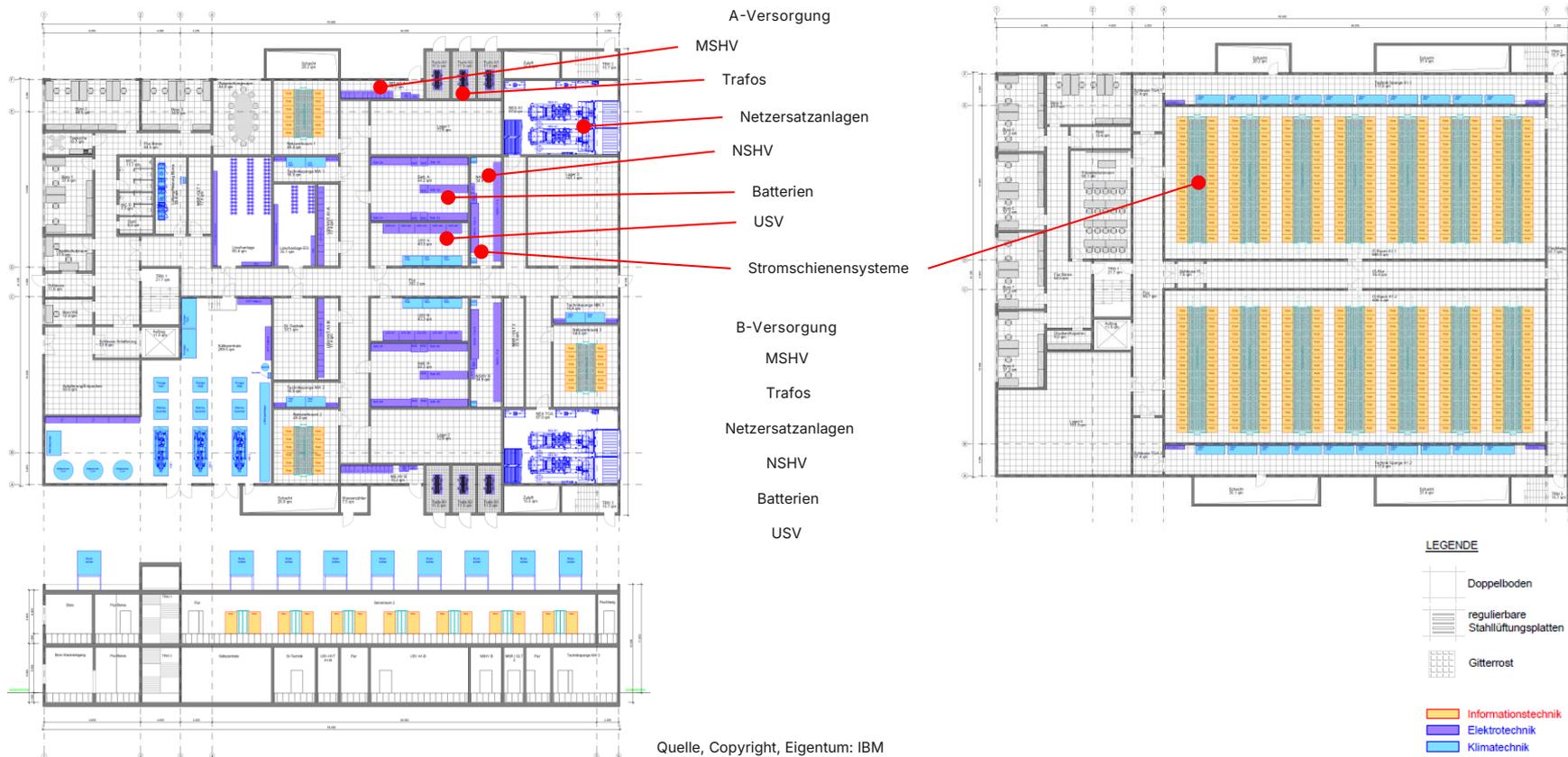


Elektrotechnik - Energieversorgung

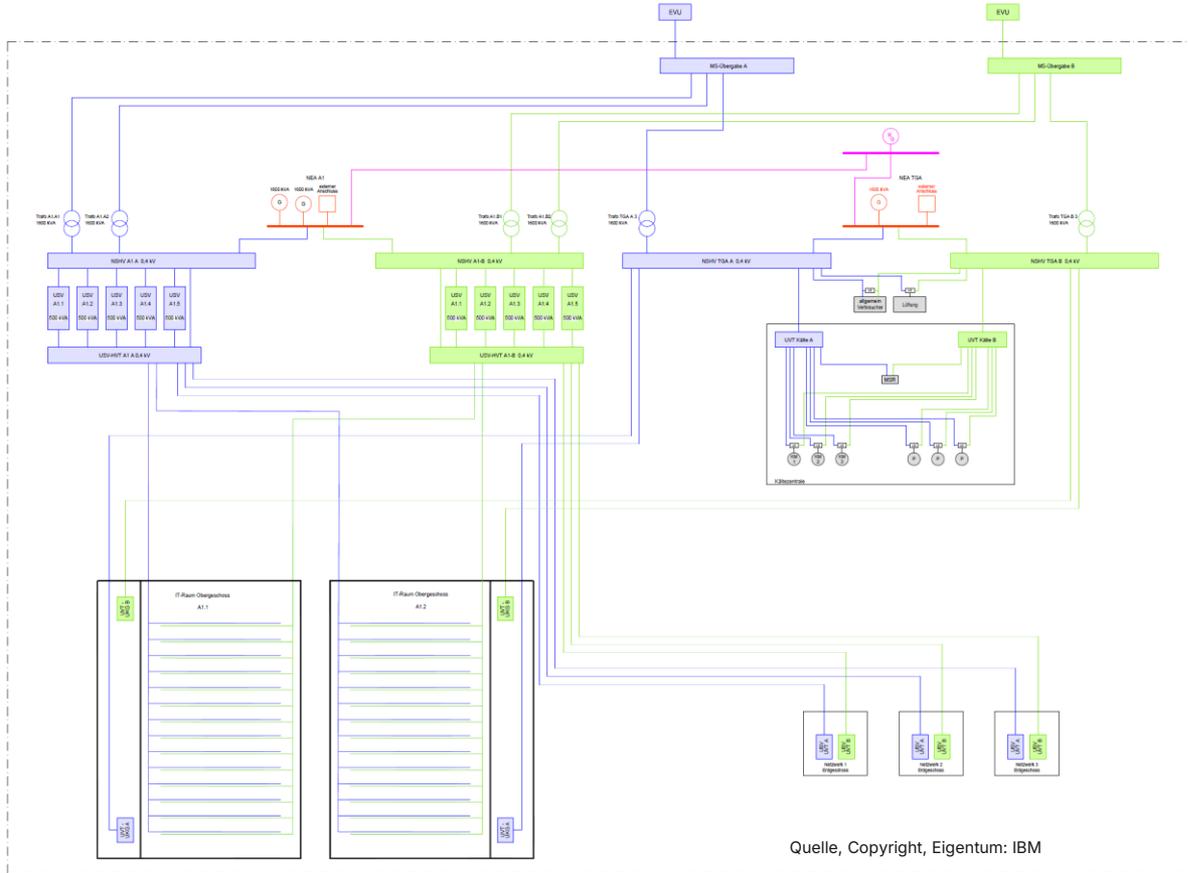
White Board Exercise / Gruppenübung



Elektrotechnik - Energieversorgung im Rechenzentrum (Beispiel)



Elektrotechnik - Energieversorgung im Rechenzentrum (Beispiel)



EVU
MSHV
A- und B-Versorgung
unterteilt/jeweils für IT und TGA

Netzersatzanlagen
Trafos
NSHV
USV + Batterien

Kältetechnik

Stromschienensysteme

IT-Räume

Netzwerk-Räume

Quelle, Copyright, Eigentum: IBM

Subsysteme Energieversorgung

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



Transformatoren

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)



Transformatoren – Anforderungen nach EU-Verordnung 548/2014

1.2. Anforderungen an Mittelleistungstransformatoren mit einer Nennleistung > 3 150 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

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

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

Netzersatzanlage (NEA) - Bestandteile

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



Netzersatzanlagen (NEA) – Grundprinzipien und Kenngrößen

Grundprinzipien und Kenngrößen

- Kombination aus Dieselmotor und Drehstromgenerator
- Leistungsangaben⁽¹⁾ 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)

(1) Quelle: ISO Standard 8528-1

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.

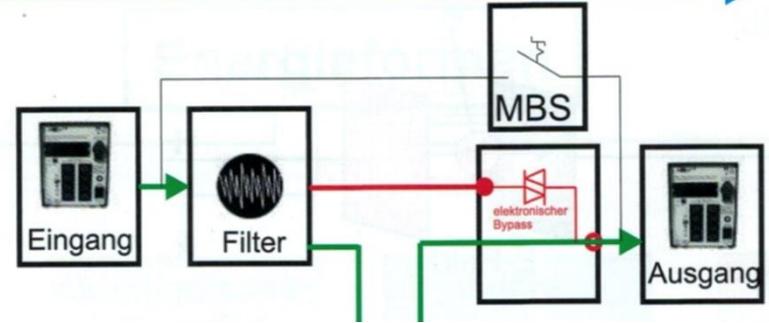
COP: The maximum power for which an engine-generator is capable of delivering continuously for a constant load for an unlimited number of hours.



Unterbrechungsfreie Stromversorgung - USV

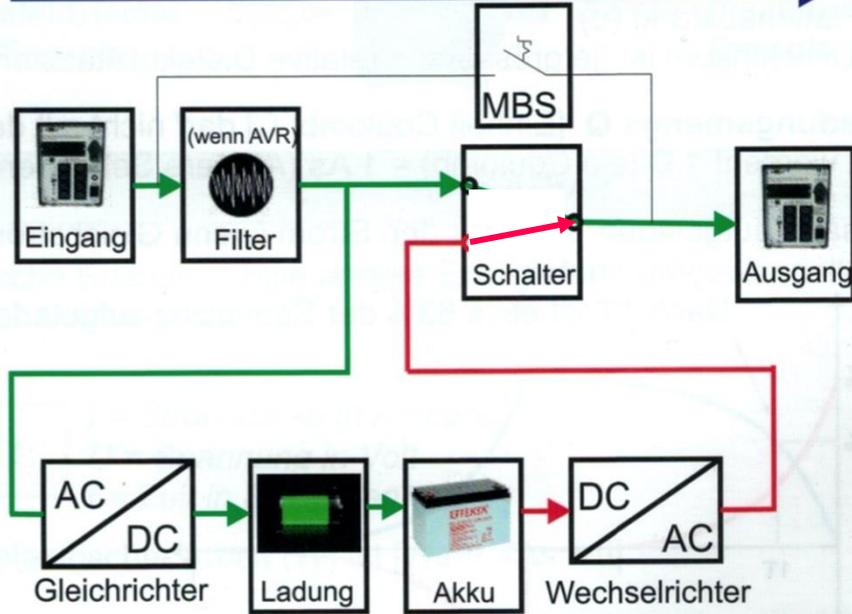


online USV (Wirkungsgrad ca.95%)



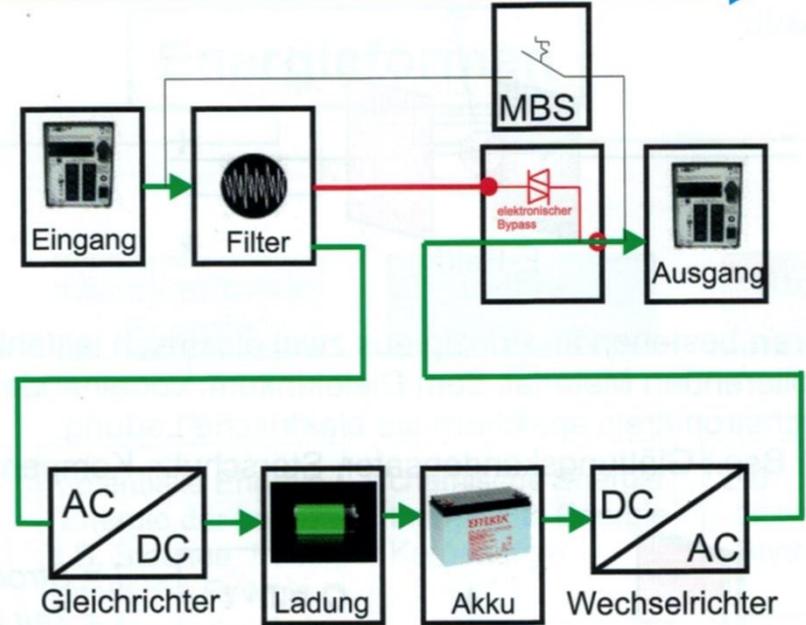
Unterbrechungsfreie Stromversorgung - USV

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

Unterbrechungsfreie Stromversorgung - USV

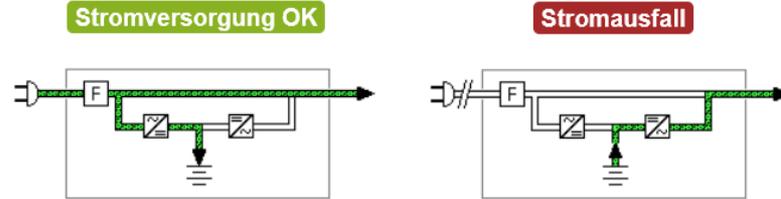
Netzstörungen und USV Lösungen				
Netzstörungen	Zeit	EN 50091-3/ IEC 62040-3	USV Lösung	Ableiter Lösung
1. Netzausfälle	> 10ms	VFD Voltage + Frequency Dependent	Klassifizierung 3 passiver Standby-Betrieb (Offline)	-
2. Spannungsschankungen	< 16 ms			
3. Spannungsspitzen	4... 16 ms			
4. Unterspannungen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

Unterbrechungsfreie Stromversorgung - USV

VFD (Off-Line) USV

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

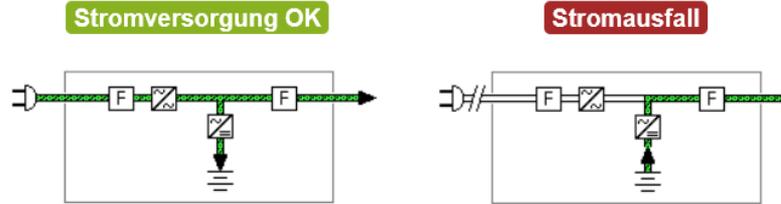
VFD Voltage and Frequency Dependent (Off-Line)



VI (Line-Interaktive) USV

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

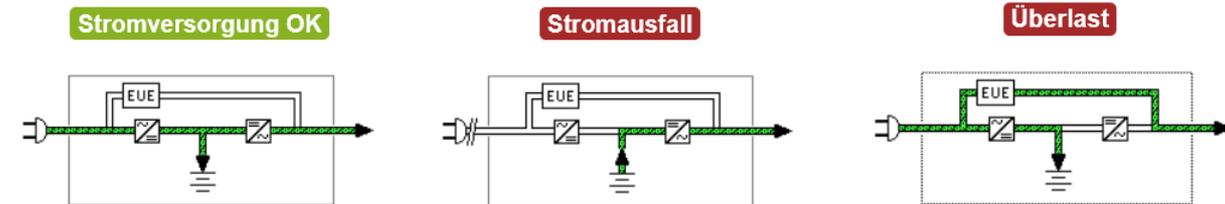
VI Voltage Independent (Line-Interactive)



VFI (On-Line) USV

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

VFI Voltage and Frequency Independent (On-Line)



Eingang	Power Line Conditioner
Filter	Batterie
Gleichrichter	Wechselrichter
Elektronische Umschalt Einrichtung	Stromfluss

Unterbrechungsfreie Stromversorgung - USV

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



Unterbrechungsfreie Stromversorgung – USV Arten

Grundprinzipien und Kenngrößen

Achtung bei den Leistungsangaben (kVA vs. kW)!

Statische USV

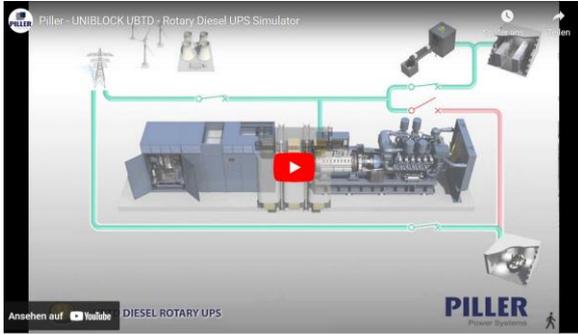
- Blockbauweise
- Modulbauweise
- Online (oder Line-Interactive)

Dynamische USV (Flywheel)

- mit dieseldynamischer Kopplung
- mit und ohne Batteriepuffer



USV (Diesel-dynamisch mit kinetischem Energiespeicher)



<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.



Sicherungsmedien

Grundprinzipien und Kenngrößen

- Leistungsschutzschalter
- **FI Schutzschalter im RZ?**

(1x pro Jahr testen)

- Standardgrößen
- Selektivität
- Schaltvermögen



Sicherungsmedien Standardgrößen

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**



Rackmounted PDU*

*) 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



FI oder Differenzstrom-Schutzschalter

Oberbegriff: RCD [residual current device]

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

Unterschiedliche nationale Regelungen trotz EU-Richtlinie

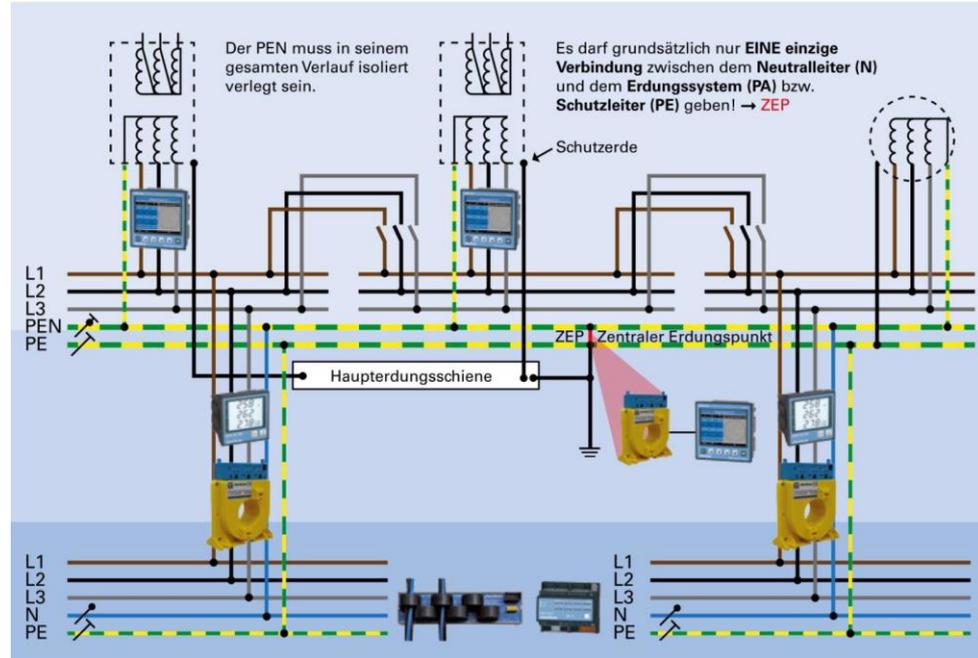
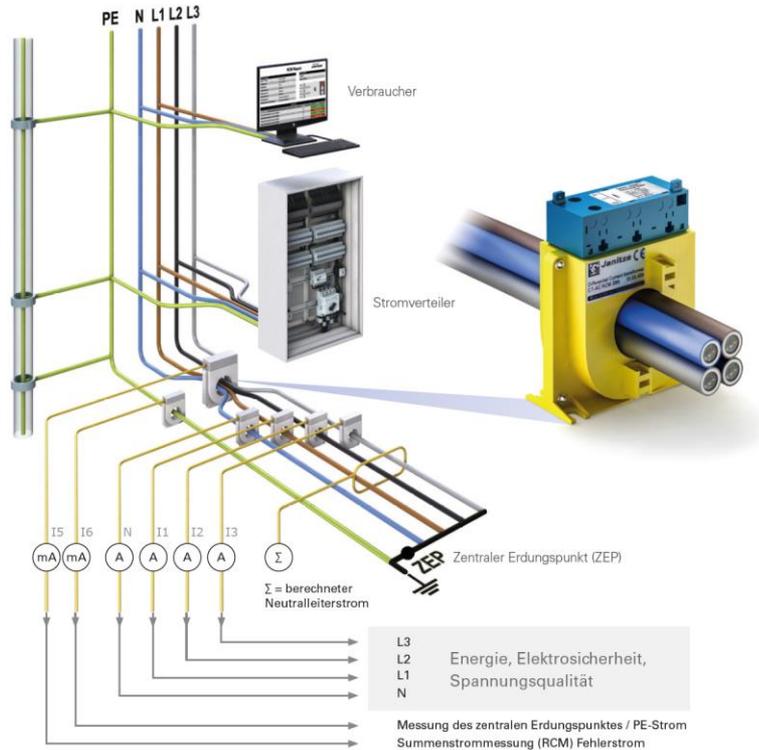
- EN61557, EN61008-1, EN61009-1, EN62423 plus HD60364 (Harmonisierungsdokument)
- Österreich ÖVE E8001-1/A1
- Deutschland VDE0100-100, -410 -530, -600, -701, -705
- Schweiz NIN 2015



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

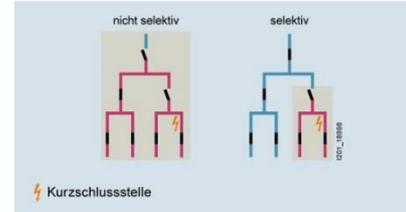


Quelle: Janitza

Selektivität (Definition)

Selektivität (Stromkreis)

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.



Schmelzsicherungen

„Zwei hintereinander geschaltete Schmelzsicherungen verhalten sich selektiv, wenn sich ihr Bemessungsstrom um den Faktor 1,6 unterscheidet.“[1] Weil das Auslöseverhalten von Sicherungen Toleranzen unterliegt, sind Sicherungen unmittelbar benachbarter Nennstromstufen nicht selektiv. Zuverlässig kann die Selektivität von Sicherungen nur anhand ihrer Zeit-Strom-Kennlinien beurteilt werden. Als Faustregel gilt, dass Sicherungen selektiv sind, wenn sich ihre Nennströme um zwei Nennstromstufen unterscheiden.

In elektrischen Anlagen sind in der Regel Sicherungen mit unterschiedlichen Nennströmen eingebaut, z. B. 16 A und 63 A. Durch diese Abstufung erreicht man, dass nur die Sicherung auslöst, die unmittelbar vor der Fehlerquelle eingebaut ist. Deren Bemessungsströme, welche (mindestens) im Verhältnis von 1:1,6 stehen (nur bei Schmelzsicherungen), müssen so gewählt sein, dass die Sicherungen in ihrem gesamten Abschaltbereich „selektiv“ arbeiten.

Schutzschalter

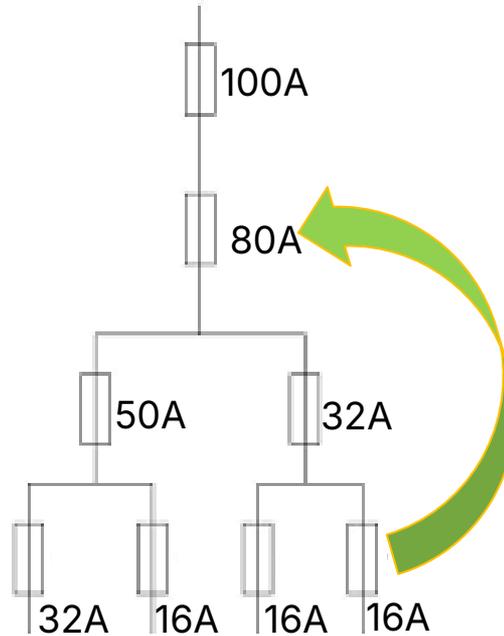
Normale Leitungsschutzschalter lösen unabhängig von ihrem Nennstrom und ihrer Charakteristik bei einem Kurzschluss sofort aus.

Die Selektivität ist nur bis zu einem bestimmten Überstrom im Bereich der elektromagnetischen Auslösung erreichbar und darüber nicht mehr durch die Wahl der Auslösecharakteristik sicherzustellen.

Selektivität

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

In der realen Welt müssen noch weitere Vorschriften berücksichtigt werden.



Selektivitätsberechnung muss vorliegen!

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.

Selektivität

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

Beispiel für Selektivität:

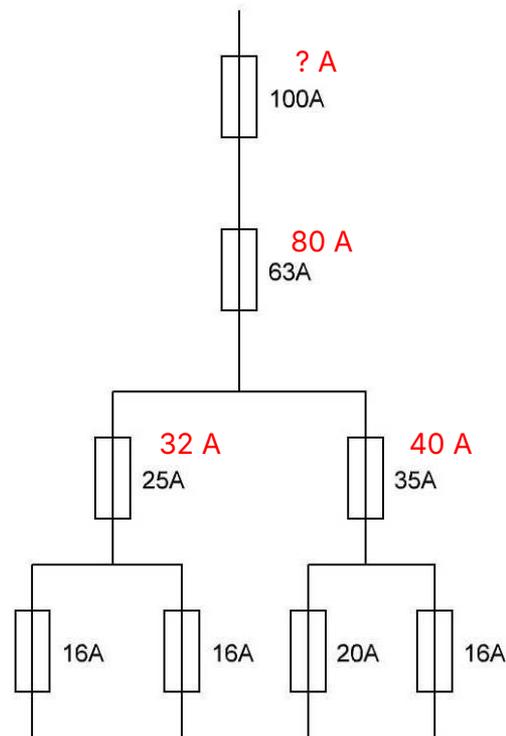
Sicherung: $16 \text{ A} \times 1,6 = 25,6 \text{ A} \Rightarrow$ Nächstgrößte Sicherung = 32A
 Einer 16A Sicherung muss also mindestens eine 32A Sicherung vorgeschaltet werden um die Selektivität einzuhalten. Wäre eine 25A Sicherung vorgeschaltet wäre im Fehlerfall nicht sichergestellt, dass die 16A 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 ($50 \text{ A} \times 1,6 = 80 \text{ A}$)

Selektivitätsberechnung muss vorliegen!



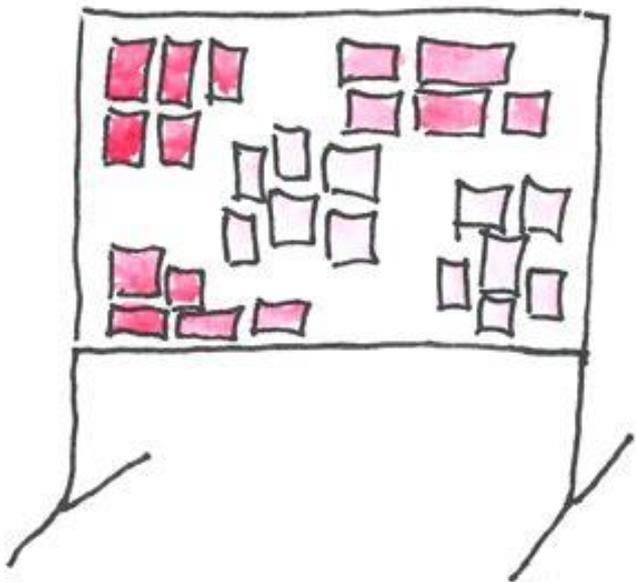
Key Takeaways

- Das Ohmsche Gesetz: $U = R \times I$; $R = U / I$; $I = U / R$ (U=Spannung, I=Strom, R=Widerstand)
- Leistung $P = U \times I$ (Gleichstromnetz), $P = U \times I \times \cos \phi$ (Wechselstromnetz)
- 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!
- Bedeutung von Selektivität bei Schutzeinrichtungen: Vermeidung von unkontrollierten Abschaltungen

Elektrotechnik Grundlagen



Blick in den Themenspeicher – Kahoot (Elektrotechnik) – Wrap-Up



DCE academy - Rechte

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 den 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.



Kontakt

Dipl.-Ing. Jürgen Strate

DCE academy GmbH
Chief Education & Alliance Officer

Wallbergstr. 3/RGB
D-82024 Taufkirchen
Germany

Tel: +49 (0) 89 - 62 28 60 56

Mobile: +49 (0) 1575 - 29 01 328

E-Mail: juergen.strate@dce-academy.com

Strate Senior Management Consulting & Training Data Center

Mittelfeldweg 1/1
D-71093 Weil im Schönbuch
Germany

Mobile: +49 (0) 1575 - 29 01 328

E-Mail: strate@t-online.de