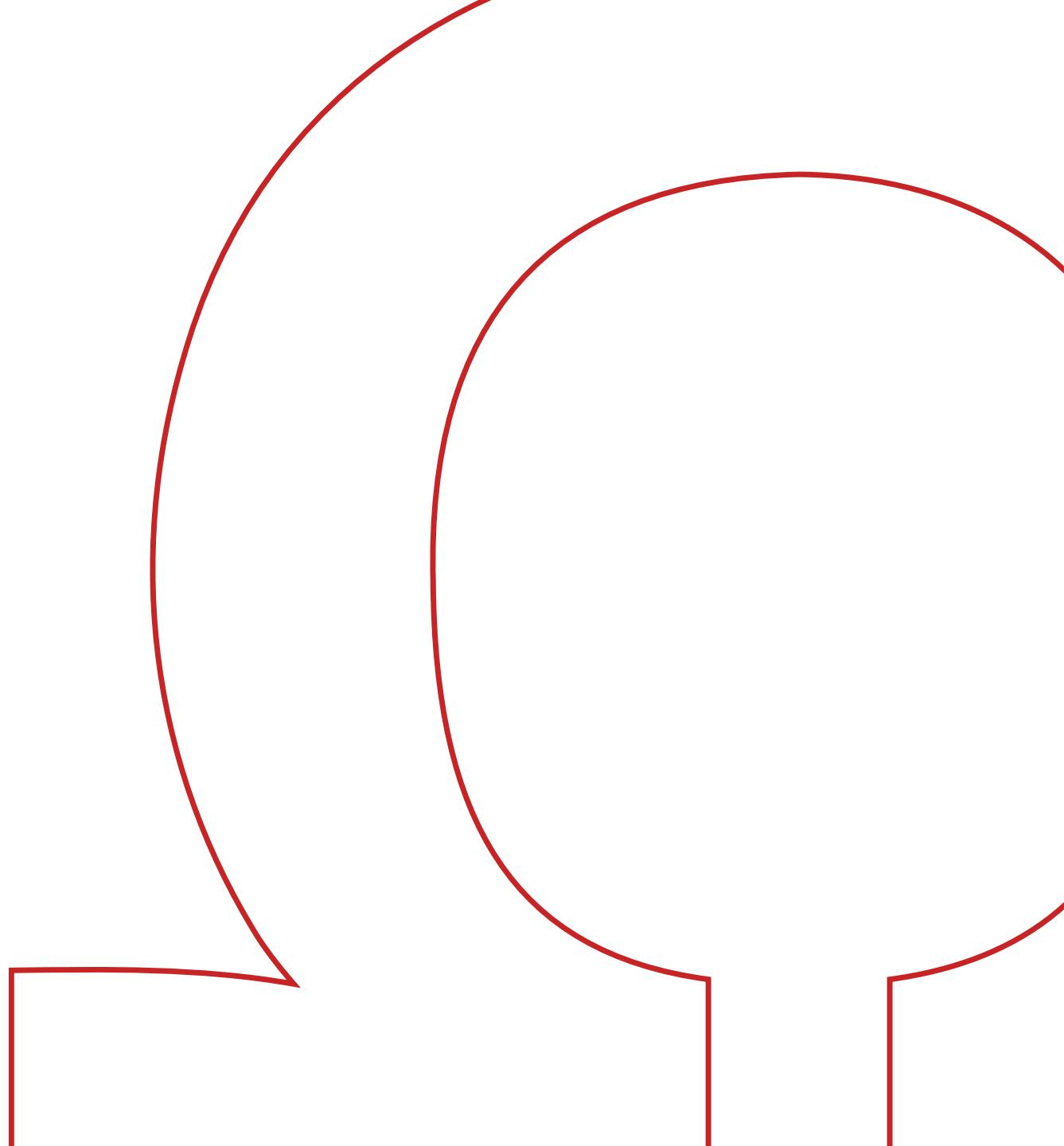


REFERENT

[michael.mueller@th-nuernberg.de](mailto:michael.mueller@th-nuernberg.de)

Staatliches Bauamt Erlangen-Nürnberg

# Grundlagen der **ELEKTROPLANUNG** - Regenerative Energietechnik



## Kapitel I

# Grundlagen Elektrischer Netze

# I.1 Netzebenen

Windpark: 100 MW Leistung, Generatorenspannung 20 kV

Frei-Leitung: 20 km Länge, 2 Ω Widerstand

Aufgabe:

Berechnung der Verlustleistung bei a) 20 kV b) 380 kV Anbindung

Hinweis 1:  $P_{WKA} = U_{FL} \times I_{FL}$

Hinweis 2:  $P_{VL} = I^2 \times R$  mit  $U = R \times I$

# I.1 Netzebenen

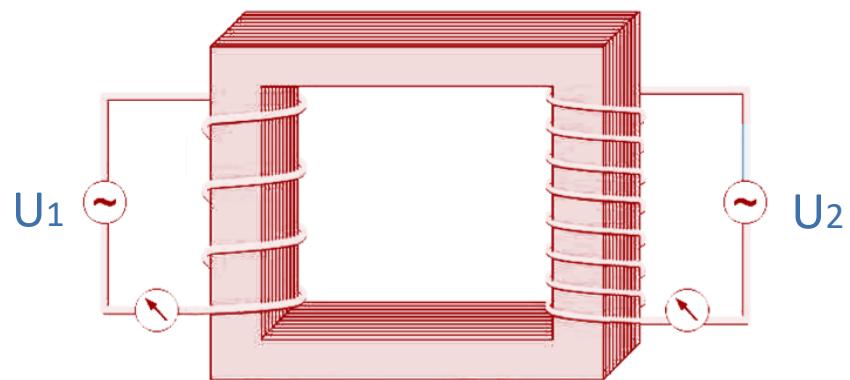
Berechnung der Verlustleistung bei a) 20 kV b) 380 kV Anbindung

a)

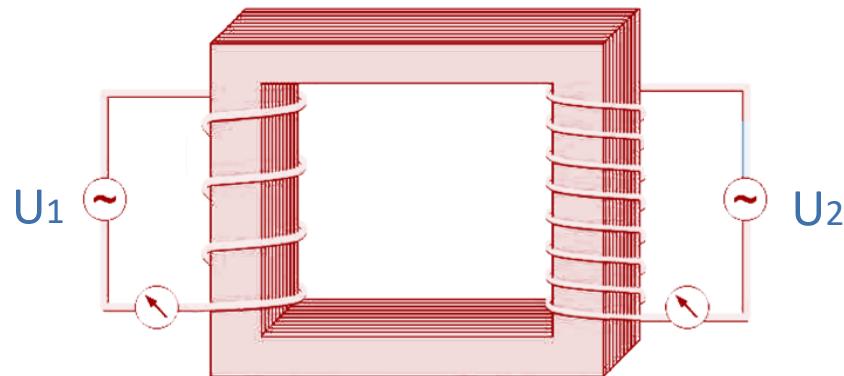
b)



# I.1 Netzebenen



# I.1 Netzebenen



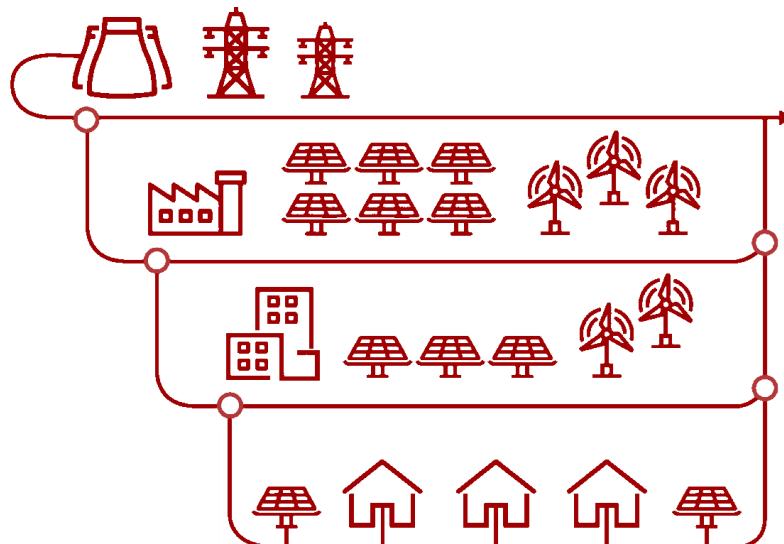
a)  $U_2 = 2 U_1$

b)  $U_2 = \frac{1}{2} U_1$

Hinweis:  $N_1 / N_2 = U_1 / U_2$

## Watt vs. Joule/Wattsekunde

# I.1 Netzebenen

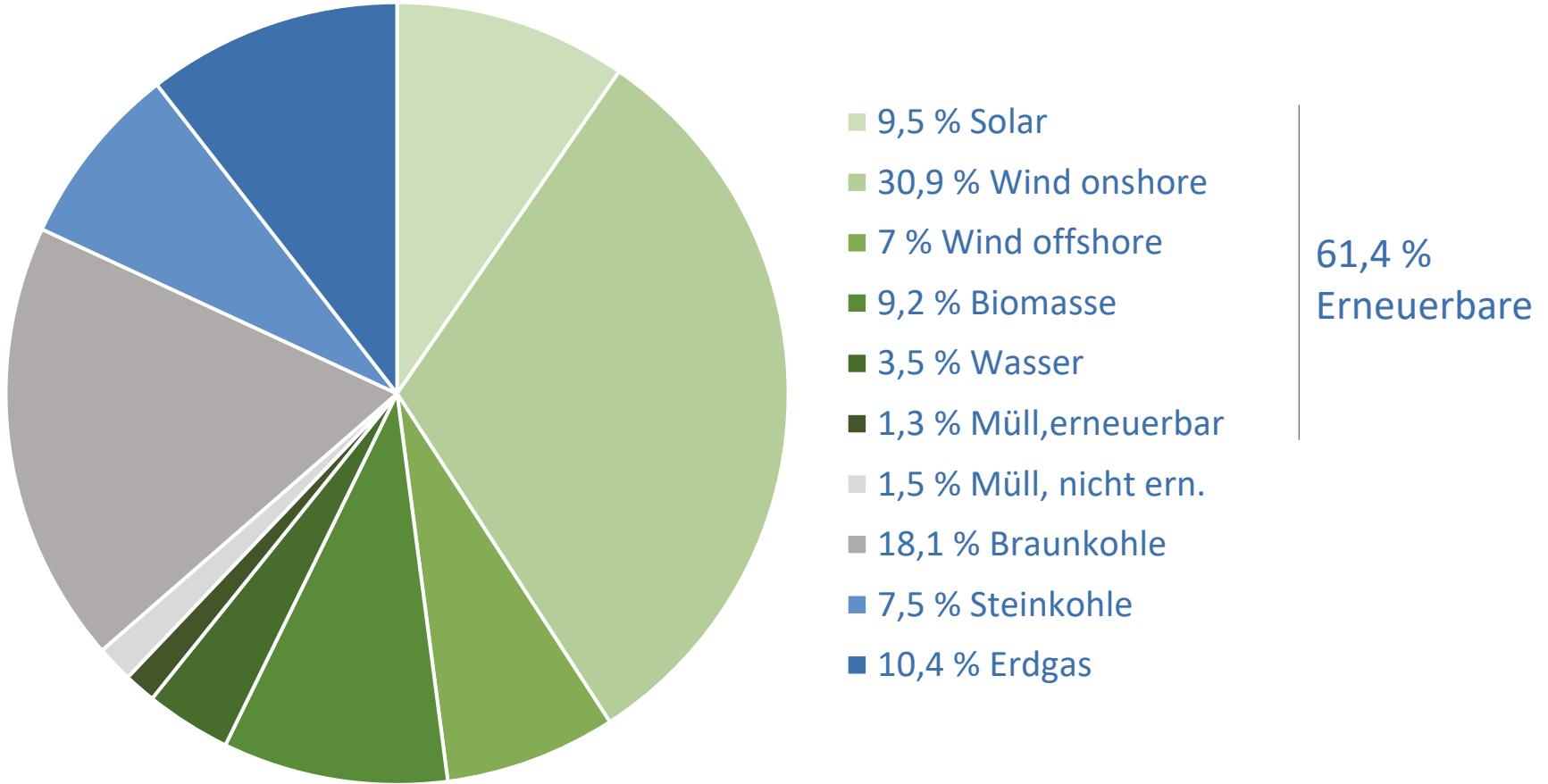


techn. Definition		Deutschland
➤ Höchstsp.	> 150 kV	220 / 380 kV
➤ Hochsp.	60 – 150 kV	110 kV
➤ Mittelsp.	1 – 35 kV	10 / 20 kV
➤ Niedersp.	< 1 kV	230 / 400 V

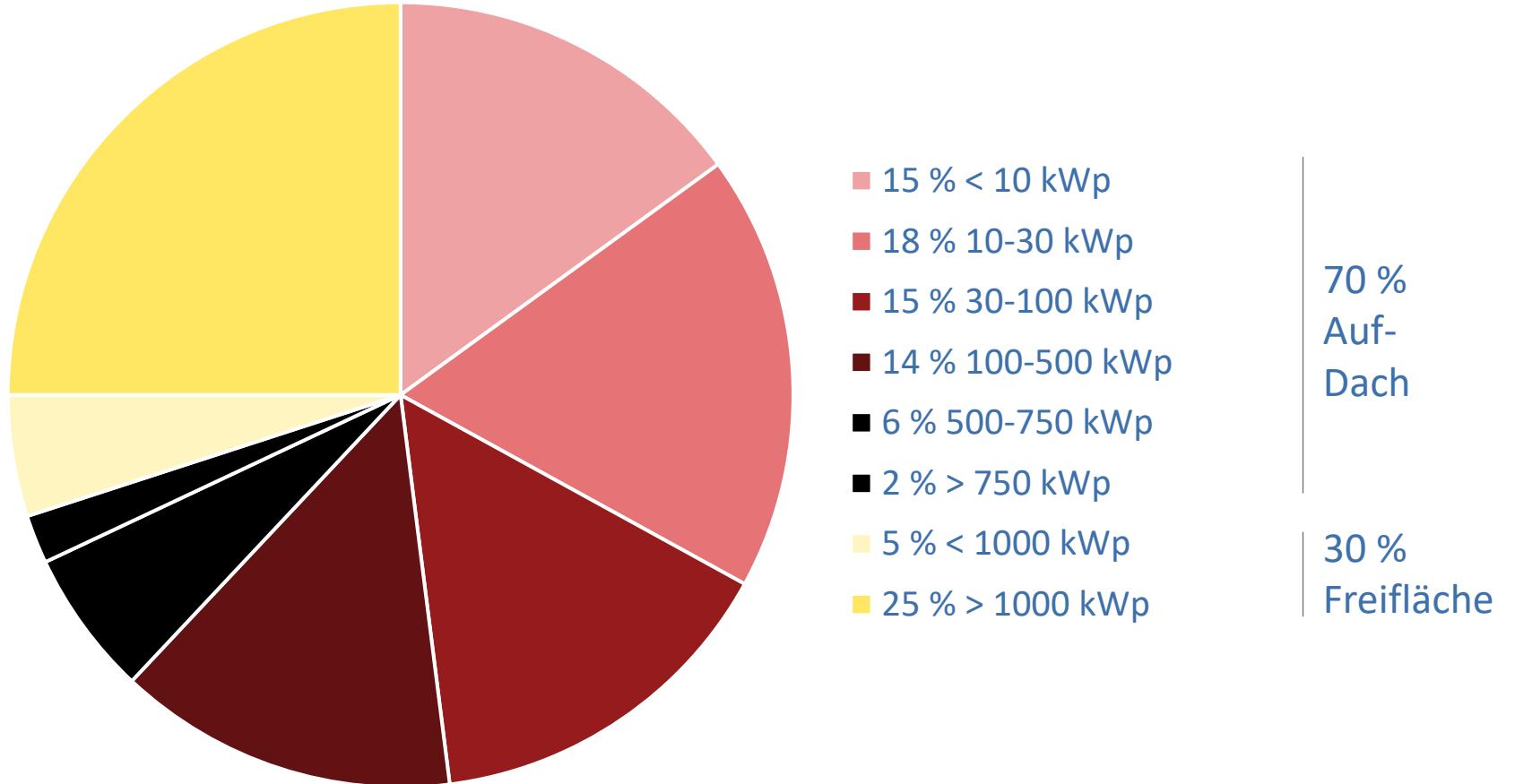
## I.2 Netzausbau



## I.2 Netzausbau



## I.2 Netzausbau



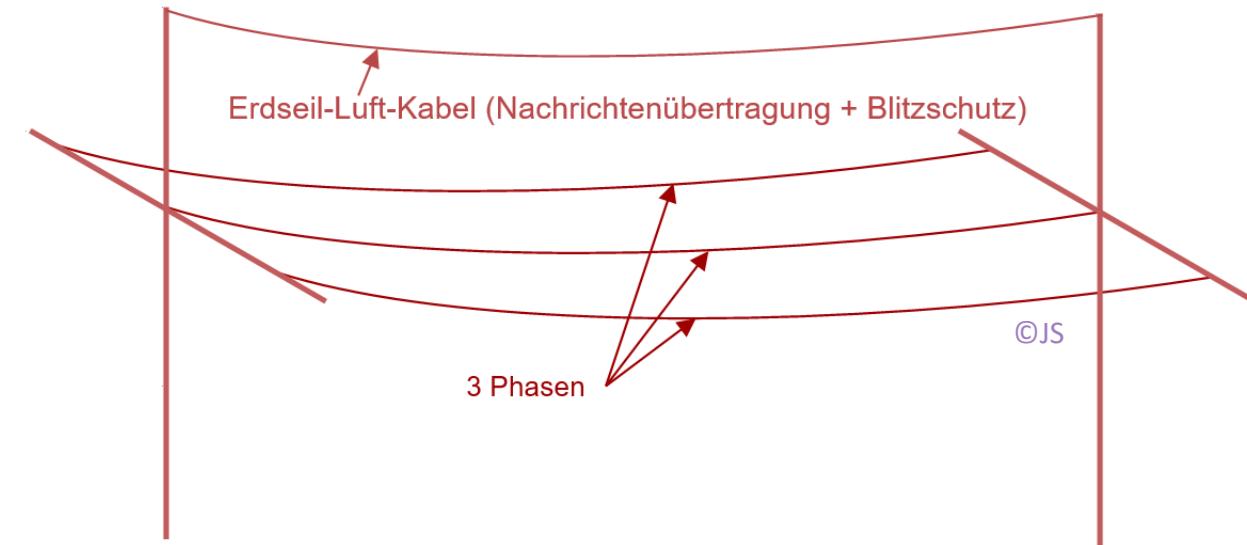
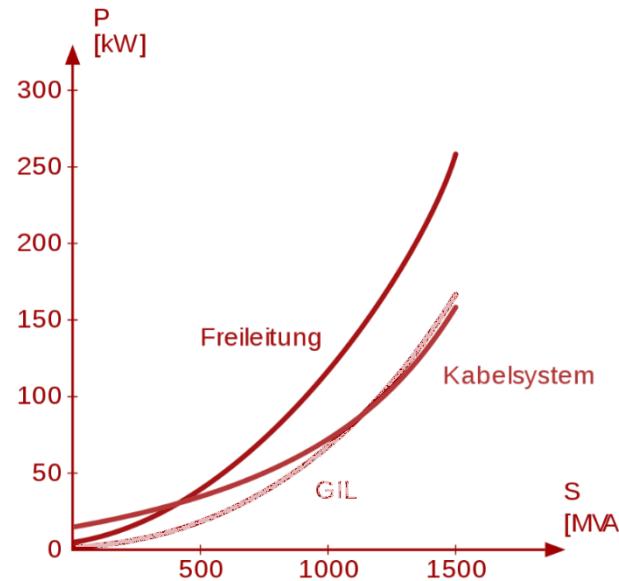
# I.2 Netzausbau

## Deutschland

- Hoch- und Höchstspannung + 15.000 km (13 %)
- Mittelspannung + 90.000 km (19 %)
- Niederspannung + 80.000 km (7 %)



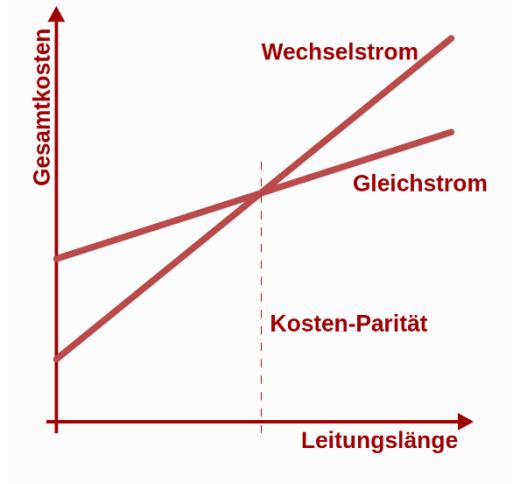
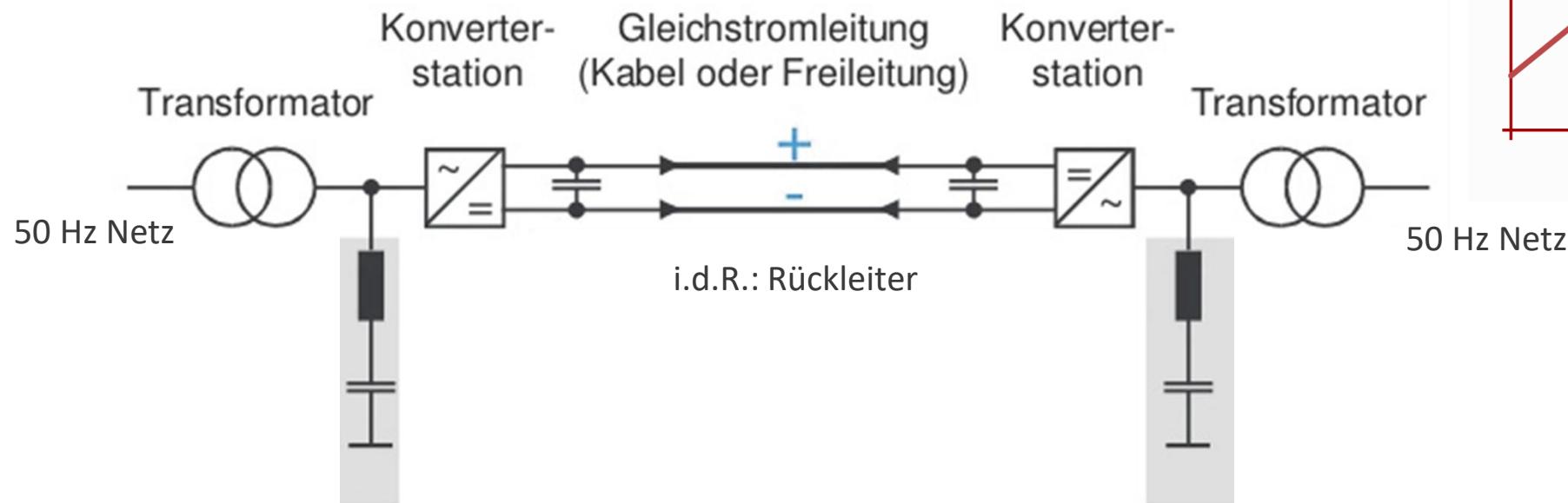
# I.2 Netzausbau



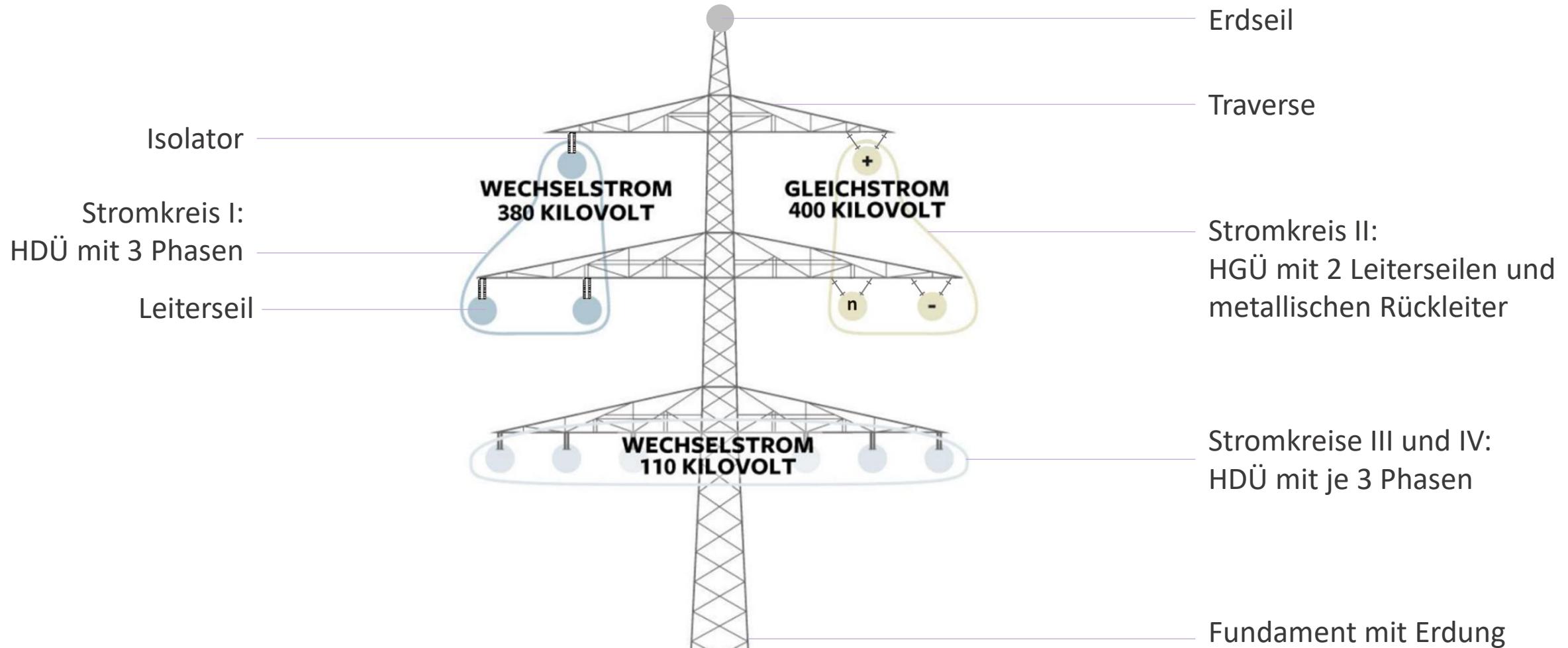
Übertragungsverluste  $P$  in kW pro km  
als Funktion der übertragenen  
Leistung  $S$  in MVA bei 380-kV-Systemen

## I.2 Netzausbau

HGÜ: Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

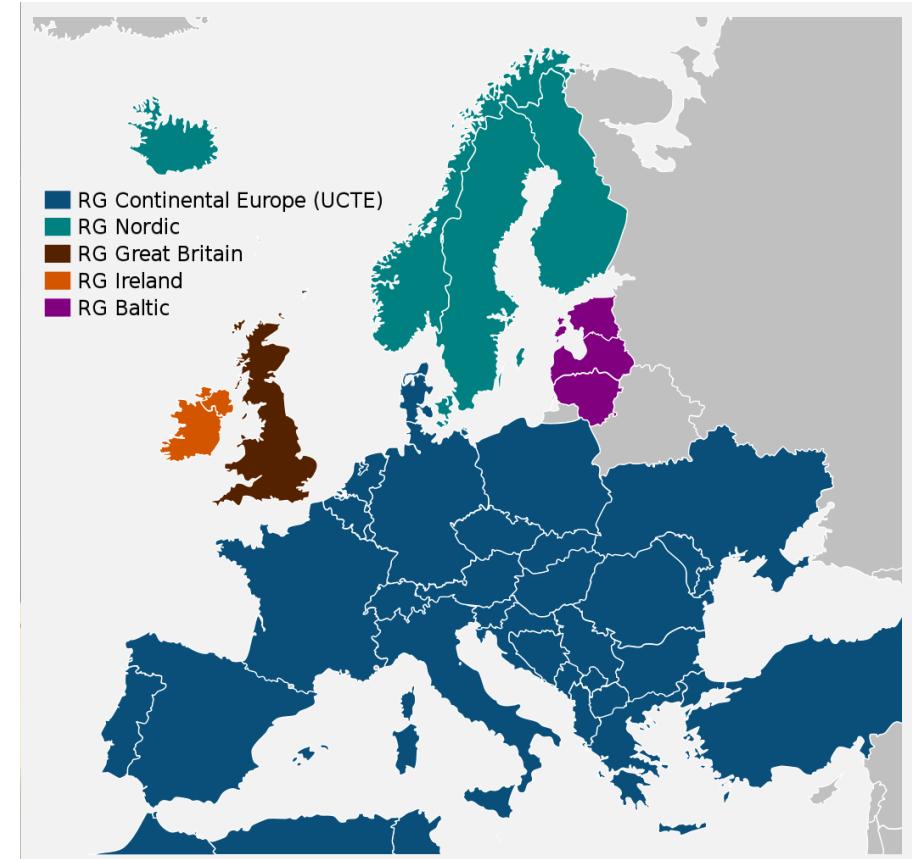


# I.2 Netzausbau



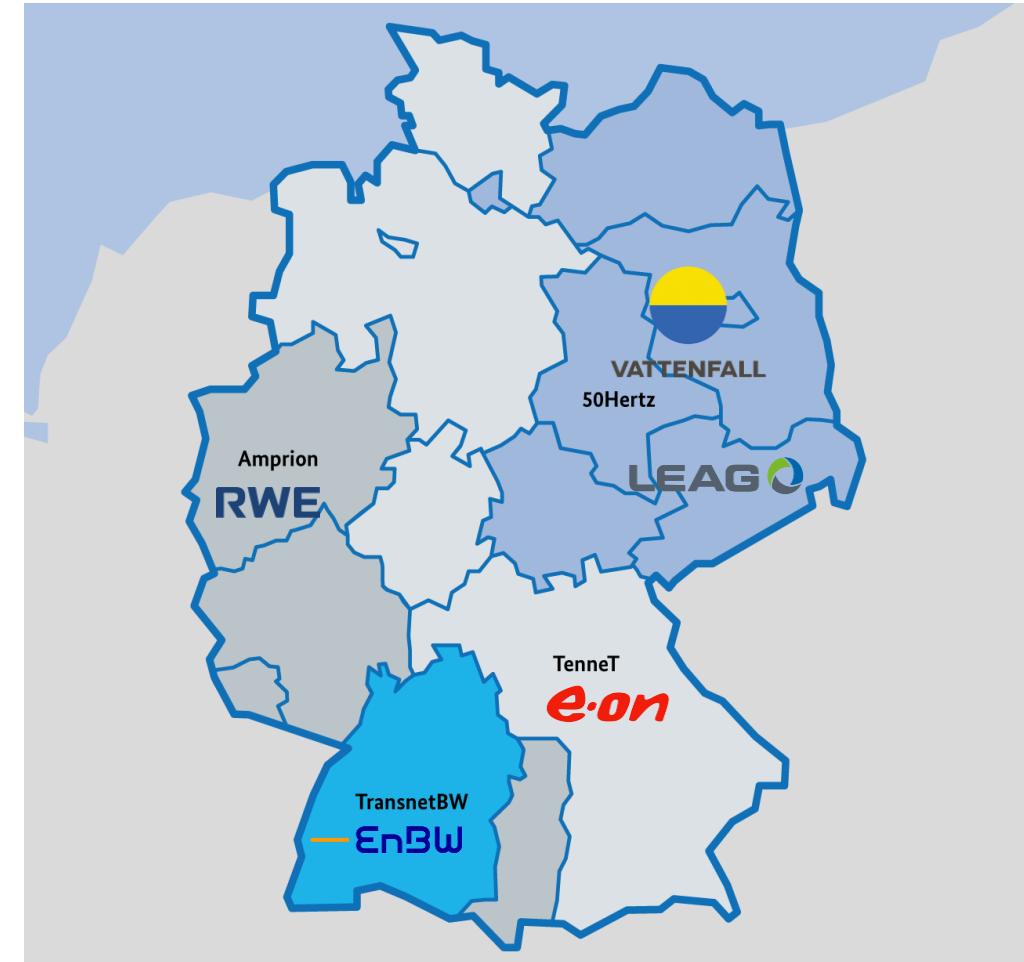
## I.3 Verbundnetz

- Europäisches Verbundnetz  
Transportnetzebene 220 / 400 kV
- Kontinentaleuropäisches Verbundnetz UCTE
  - Installierte Leistung: 630 GW (D: 195 GW)
  - Spitzenlast: 390 GW
  - Verbrauch: 2.500 TWh/a (D: 300)



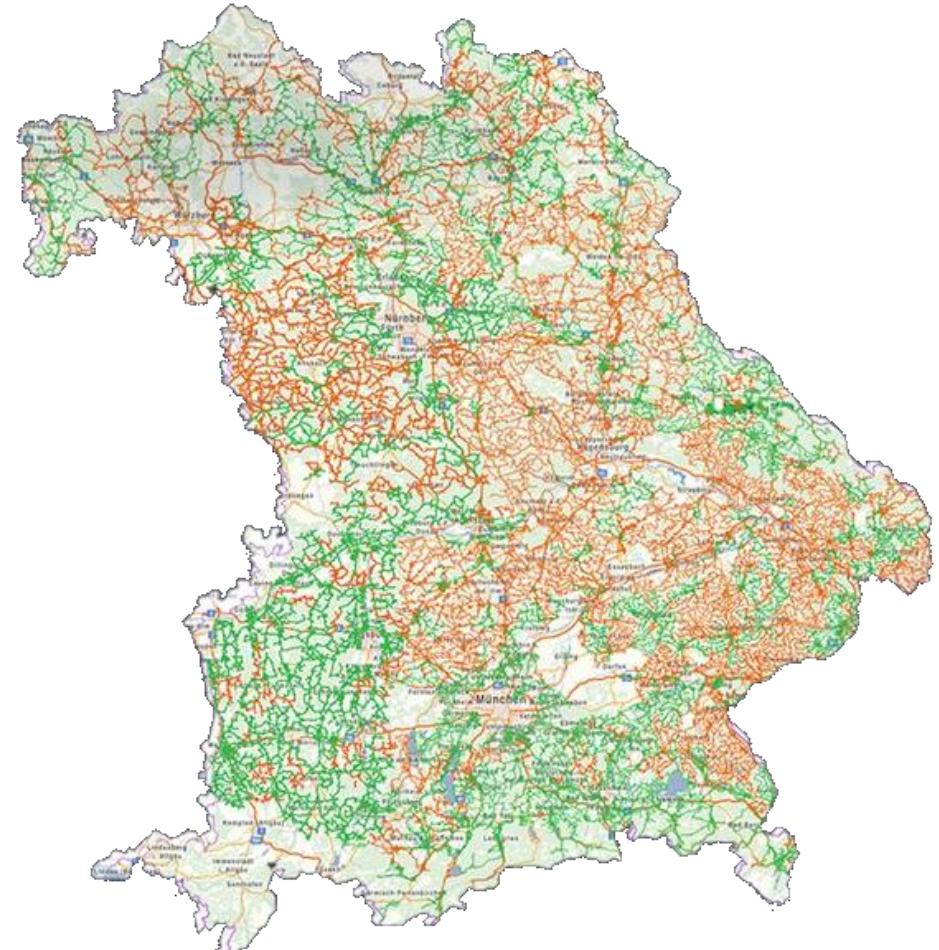
## I.3 Verbundnetz

- Deutscher Netzregelverbund aus 4 Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB):  
50 Hertz, Amprion, TenneT, TransnetBW
- „Die großen Fünf“ EVU:  
Vattenfall+LEAG, RWE, E.ON, EnBW  
300 TWh (2019)



## I.3 Verbundnetz

- Verteilnetzbetreiber Bayern (VNB):  
Bayernwerk AG, LEW Verteilnetz,  
N-ERGIE Netz GmbH, ...
- 240 EVUs und Stadtwerke,  
teils mit eigenen Verteilnetzen  
  
SWM: 40 % der bay. Behörden / 10 % Bayern



# Kapitel II

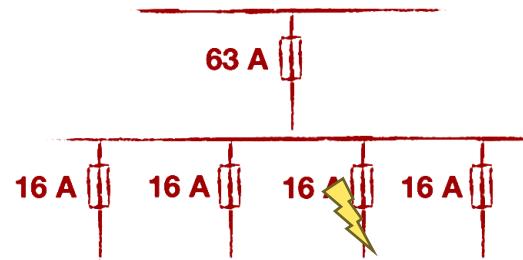
# Schutzeinrichtungen

## II.1 Schutzvorkehrungen

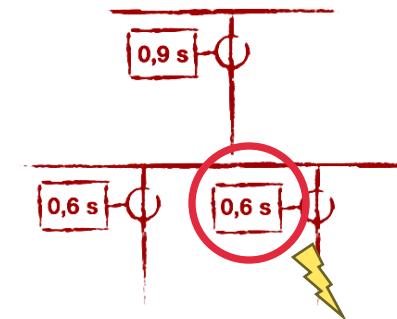
- Elektrische Betriebsmittel müssen mittels Schutzmaßnahmen gegen
  - direktes Berühren (Basisschutzvorkehrung)
    - Gehäuse / Verstärkte Isolierung / Kleinspannung / Anordnung
  - indirektes Berühren (Fehlerschutzvorkehrung)
    - Automatische Abschaltung Stromversorgung
- ausgestattet sein.

## II.1 Schutzvorkehrungen

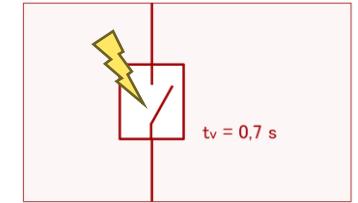
- Selektiv



- Schnell



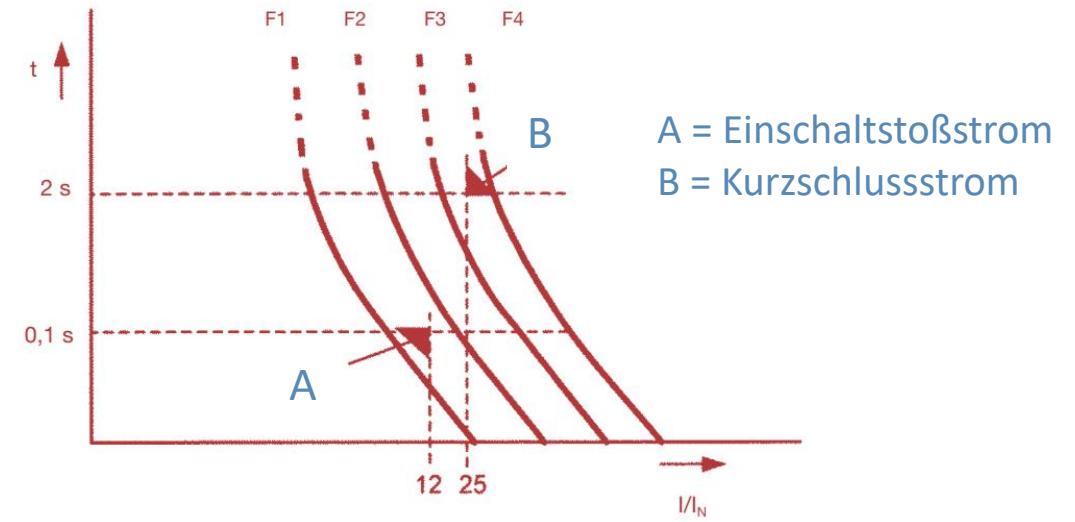
- Sicher



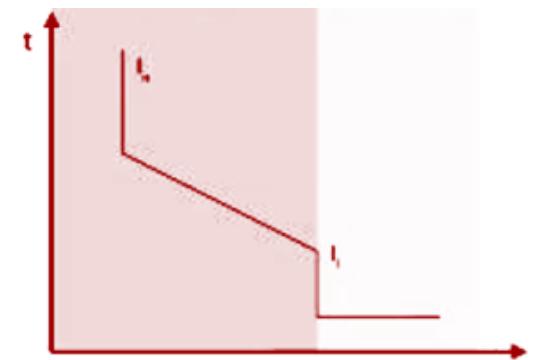
- Wirtschaftlichkeit

## II.2 Schutzgeräte

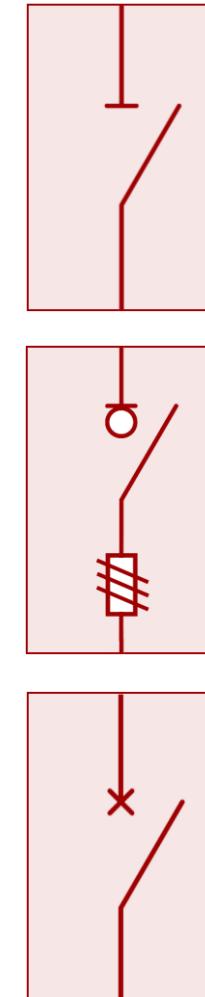
- HH-Sicherung



- Leistungsschalter



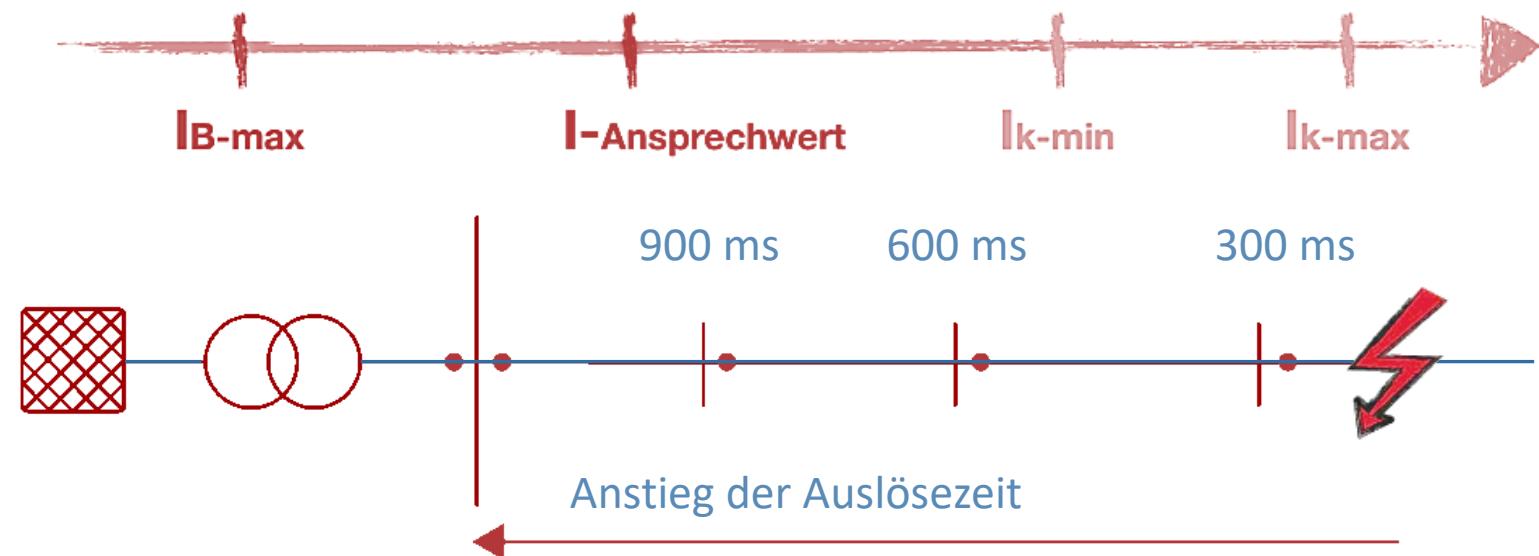
## II.2 Schutzgeräte



- Trenner
  - Nur stromlos schaltbar
- Sicherungslasttrennschalter
  - Bis Nennstrom schaltbar
  - Mit HH-Sicherung
- Leistungsschalter
  - Motorbetrieben
  - Überlastströme schaltbar

## II.2 Schutzgeräte

- UMZ-Schutz



## II.2 Schutzgeräte

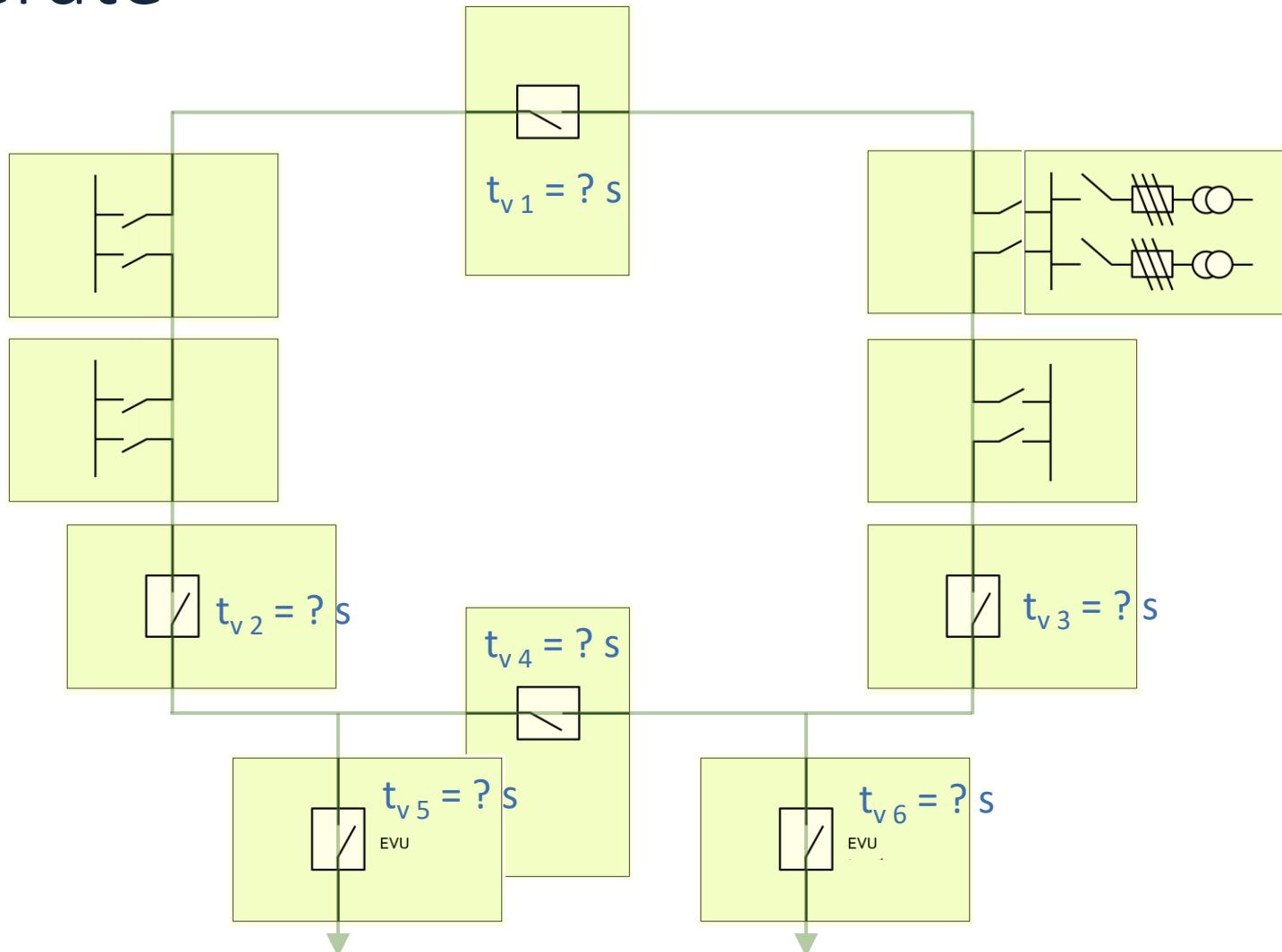
- Bsp:

$t_v = 1 \text{ s}$

$t_v = 0,7 \text{ s}$

$t_v = 0,4 \text{ s}$

$t_v = / \text{ s}$



## II.2 Schutzg

- Bsp:

$$t_v = 1 \text{ s}$$

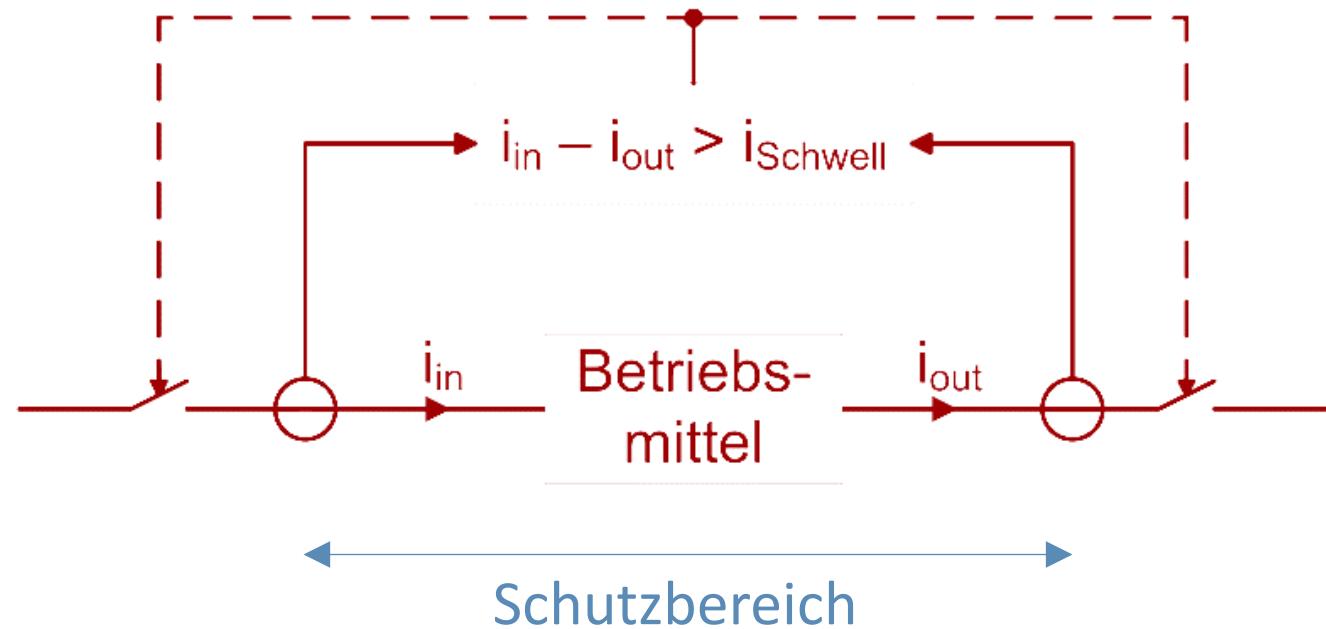
$$t_v = 0,7 \text{ s}$$

$$t_v = 0,4 \text{ s}$$

$$t_v = / \text{ s}$$

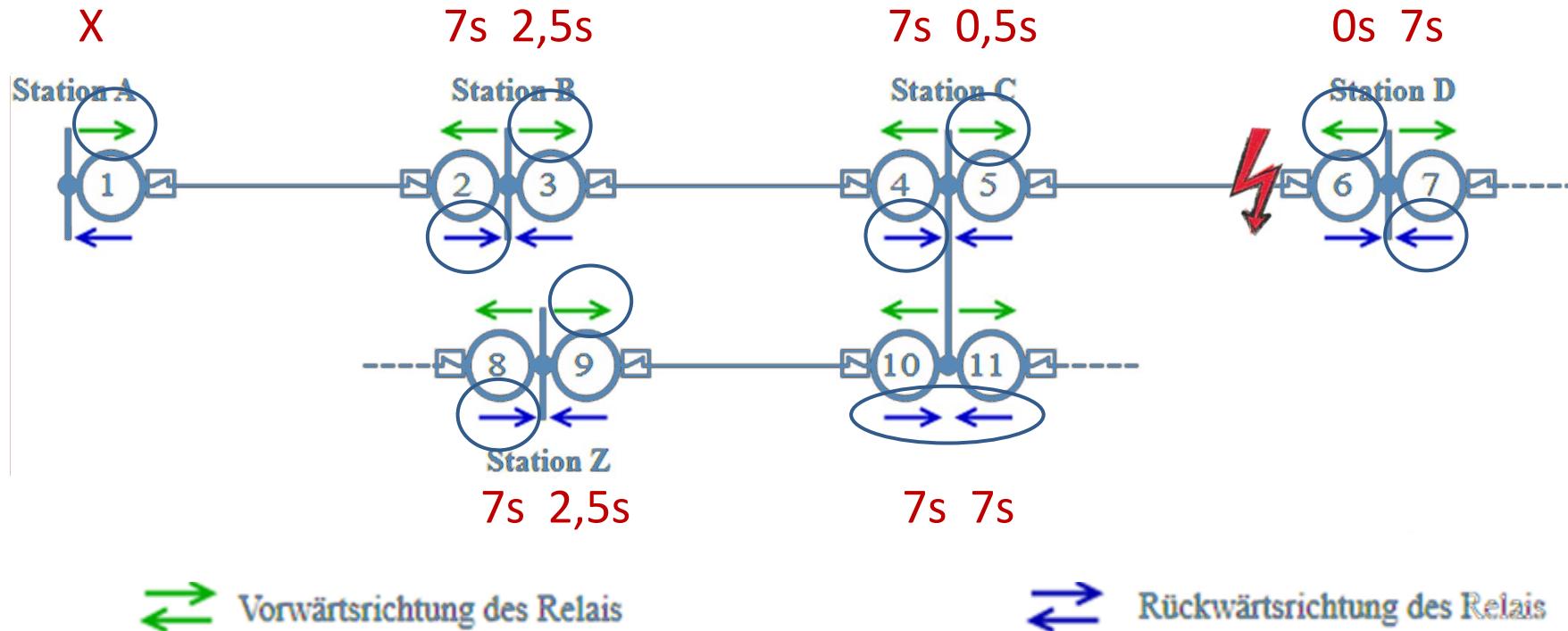
## II.2 Schutzgeräte

- DIFF-Schutz

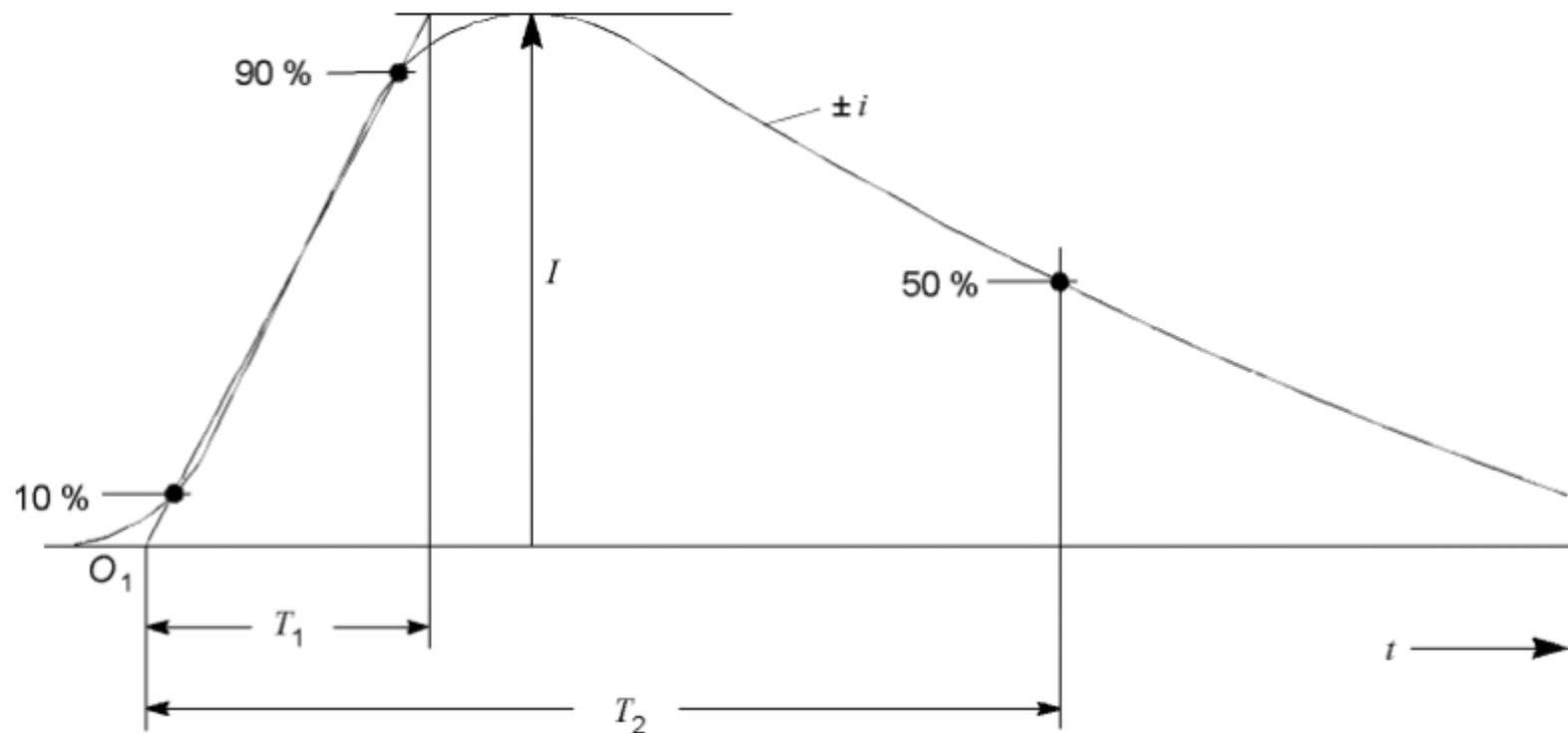


## II.2 Schutzgeräte

- Distanz-Schutz

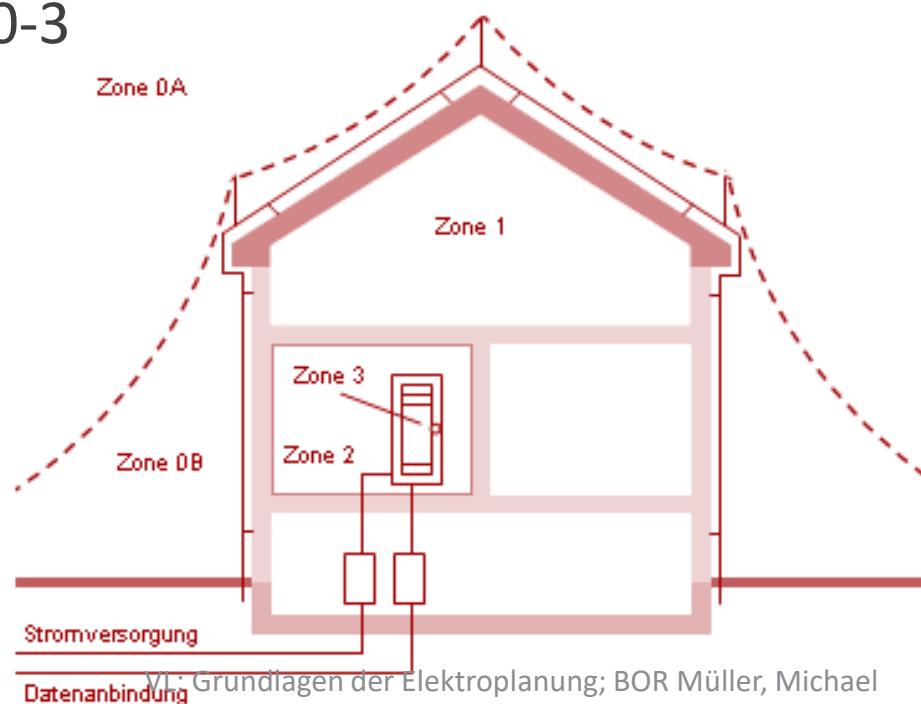


## II.3 Überspannungsschutz: DIN VDE 0185-305



## II.3 Überspannungsschutz

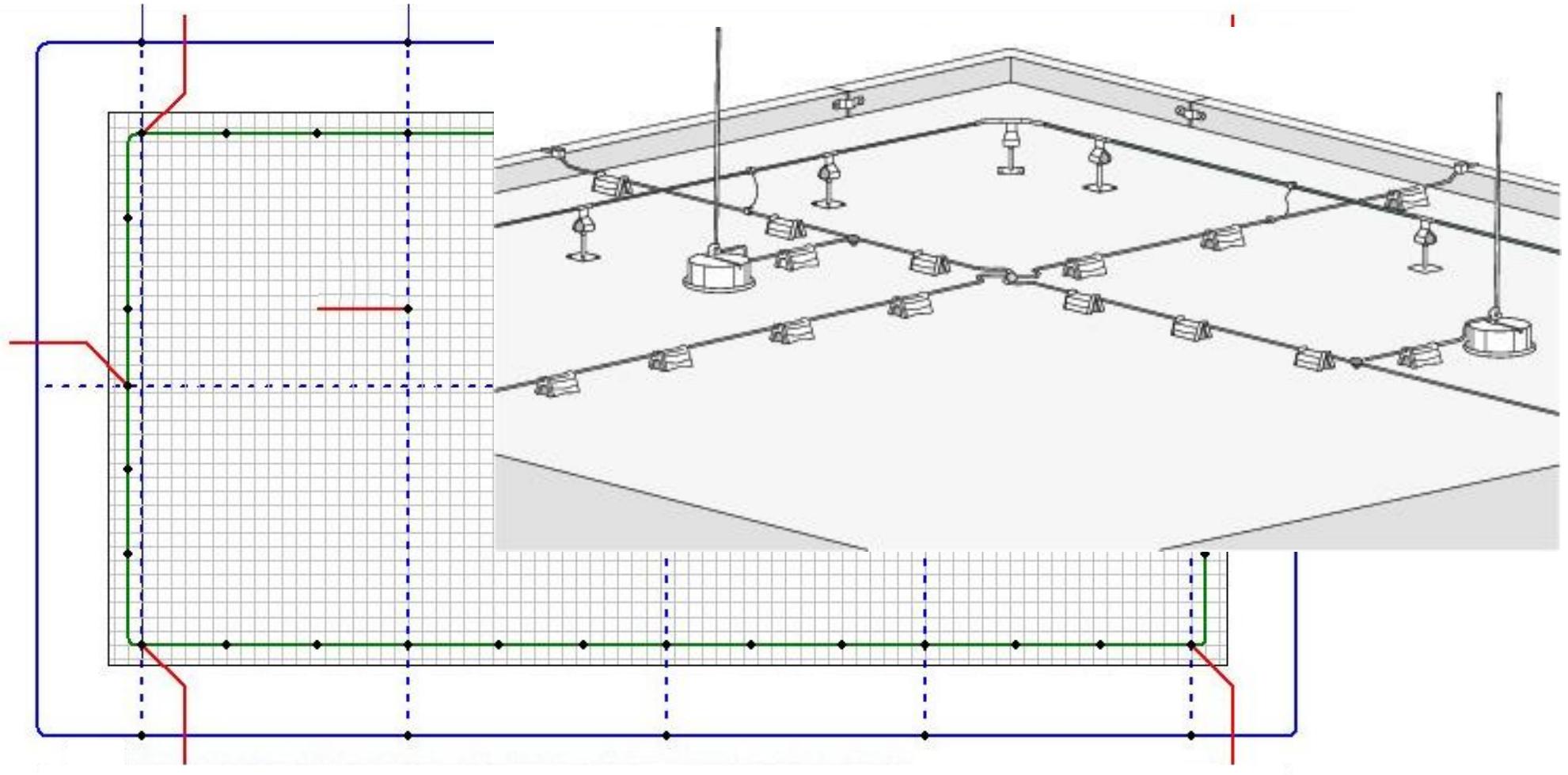
- Blitzentladungen → bis 300 kA
- Keine generelle Vorschrift für Blitzschutz (außer Sonderbauten)
- Risikoanalyse → Blitzschutzklassen I ... IV (I: höchste Anforderung, 3 - 200 kA)
- Blitzschutzzonen → LPZ 0-3  
→ Übergänge: PA



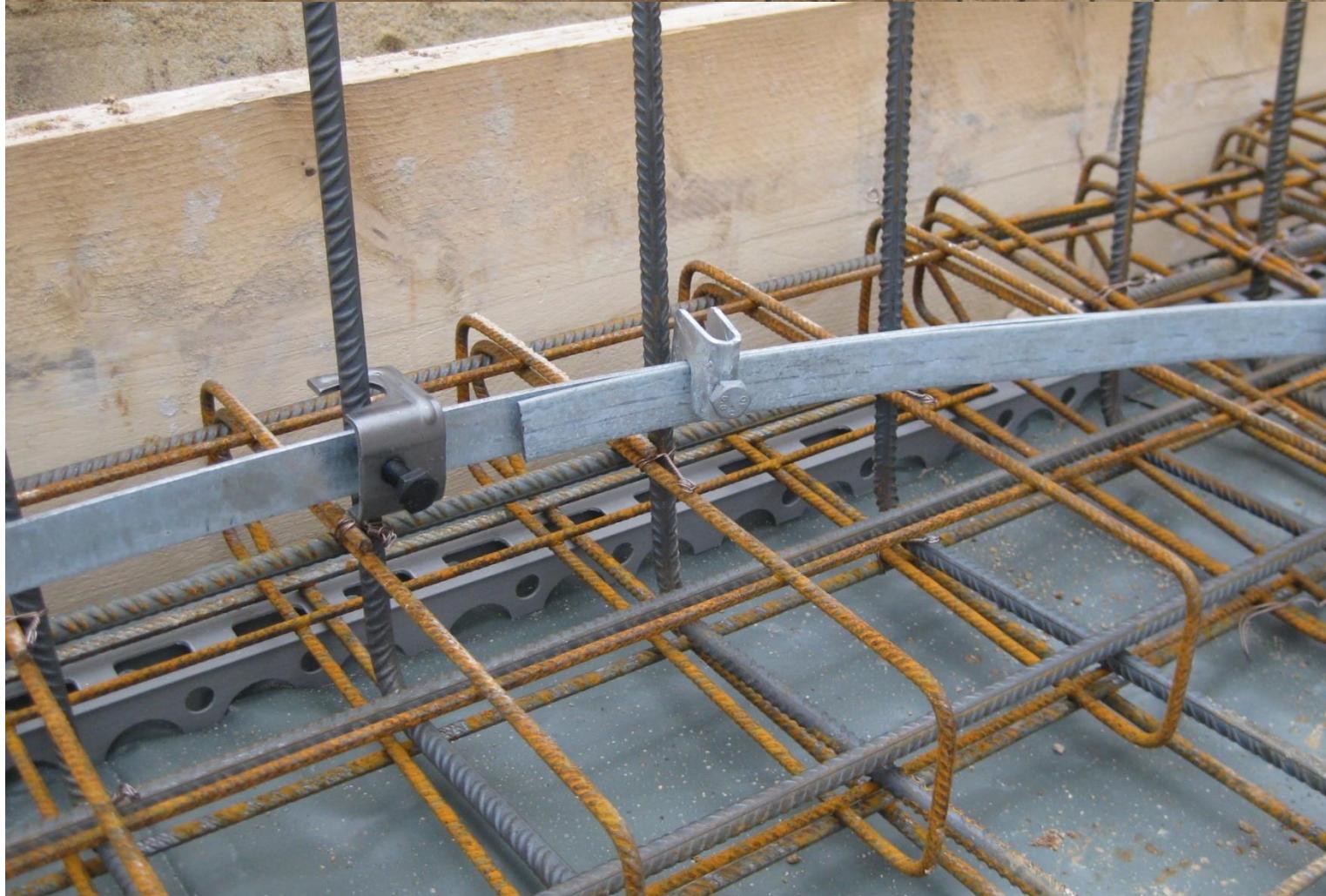
## II.3 Überspannungsschutz: Komponenten

1. Fangeinrichtung  
→ Direkte Einschläge in die bauliche Anlage unterbinden
2. Ableitung  
→ Verbindung(en) zwischen Fangeinrichtung und Erdungsanlage
3. Erdungsanlage  
→ Eingebettet in ein leitfähiges Medium

## II.3 Überspannungsschutz: Bsp. Fundamenterder

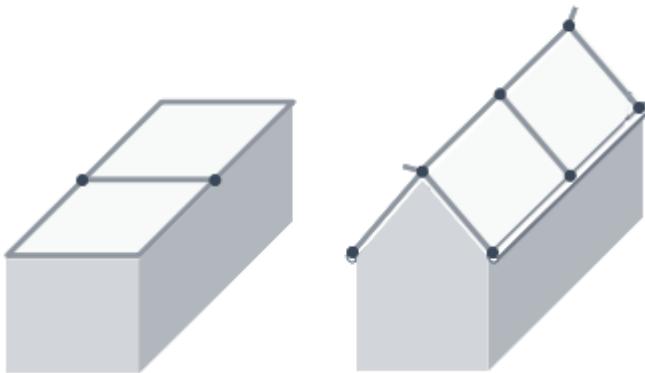


## II.3 Überspannungsschutz: Bsp. Fundamenterder

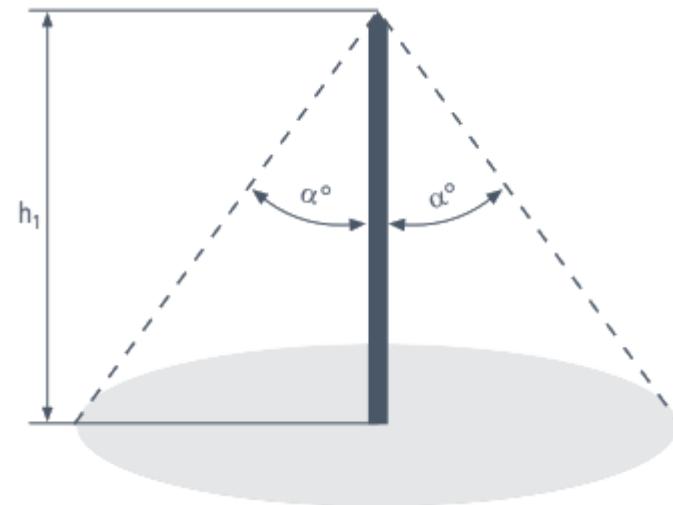


## II.3 Überspannungsschutz: Schutzverfahren

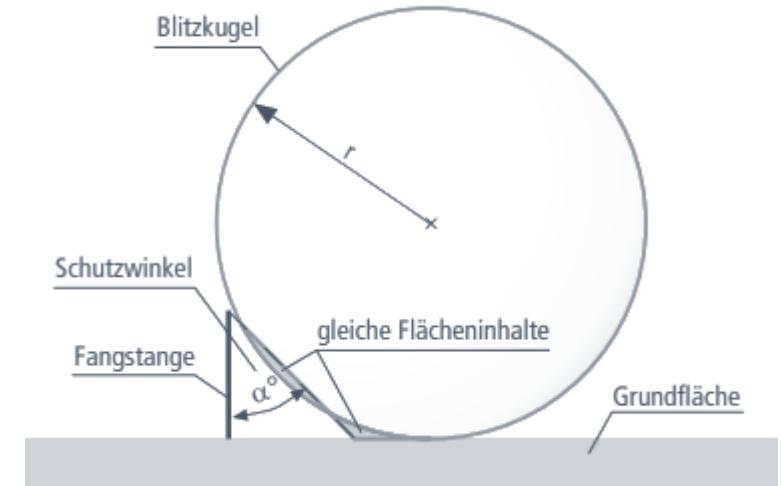
Maschen



Schutzwinkel



Blitzkugel



## II.3 Überspannungsschutz: Blitzschutzklassen

BSK	I	II	III	IV	
Maschenweite	5	10	15	20	jeweils in m
Ableiter	10	10	15	20	jeweils in m
Schutzwinkel	45°	55°	61°	63°	→ Tabelle; Bsp. h = 10 m
Kugelradius	20	30	45	60	jeweils in m

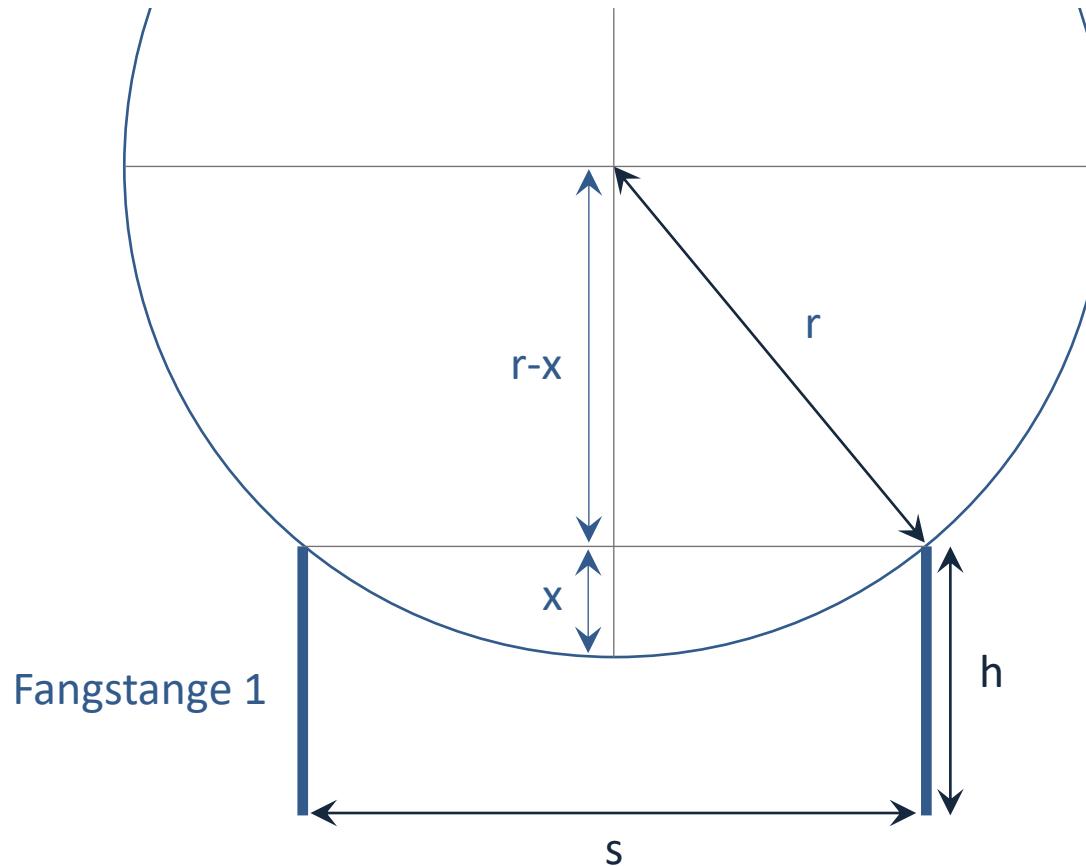
## II.3 Überspannungsschutz: Wartung

- Umfassende Prüfung: 2 Jahre (BSK I und II), 4 Jahre (BSK III und IV)
- Sichtprüfung: jeweils zur Intervallhälfte

➤ Insbesondere:

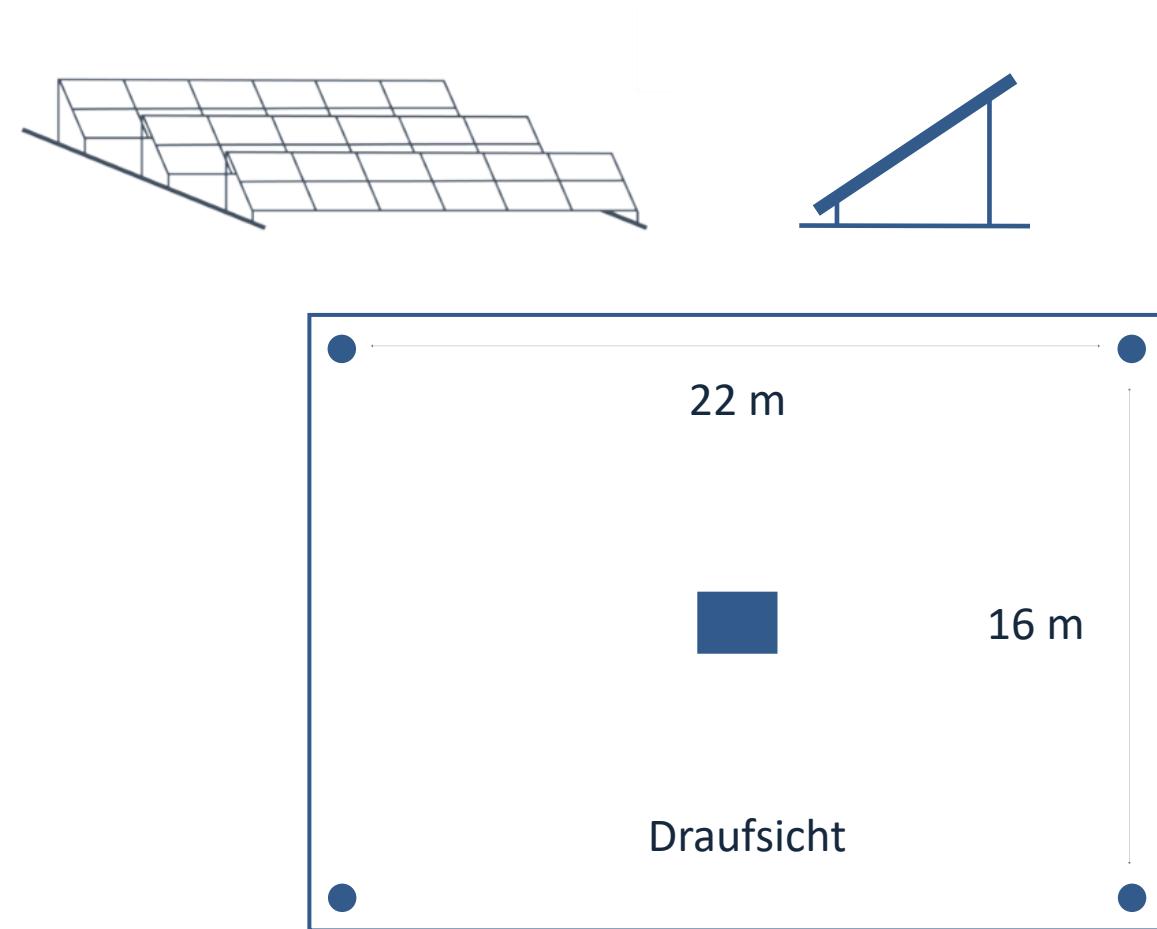
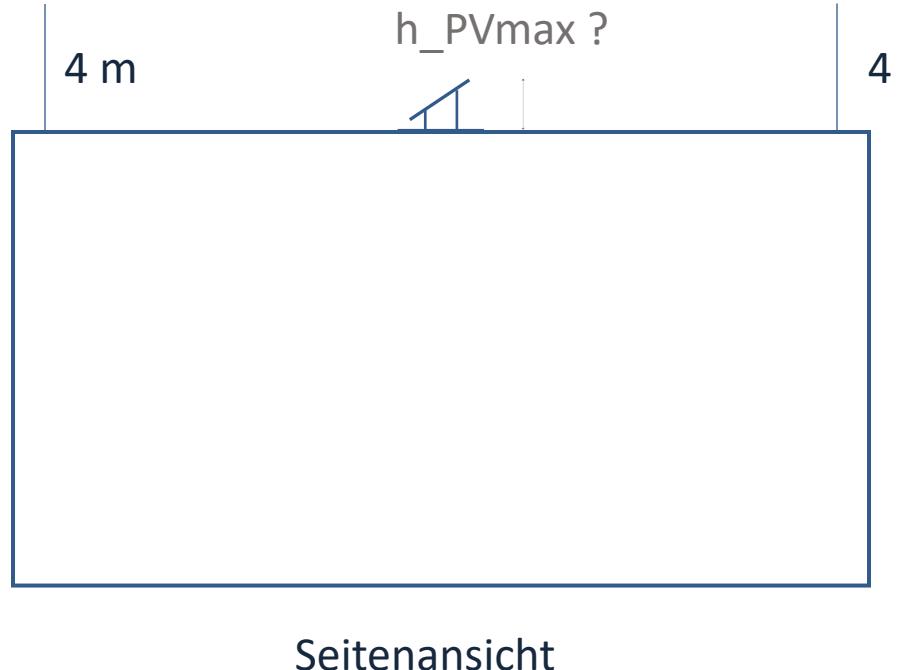
- Lose Verbindungen?
- Korrosion?
- Einhaltung Trennungsabstand?
- Beschädigung Ableitungen? → niederohmige Durchgangsmessung

## II.3 Überspannungsschutz: Blitzkugel-Verfahren

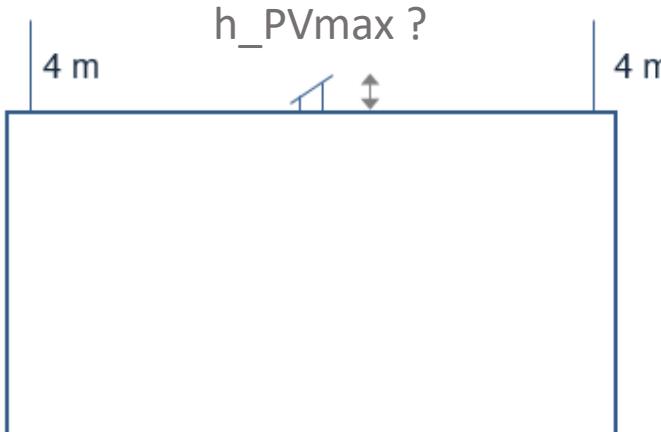


## II.3 Überspannungsschutz: Aufgabe

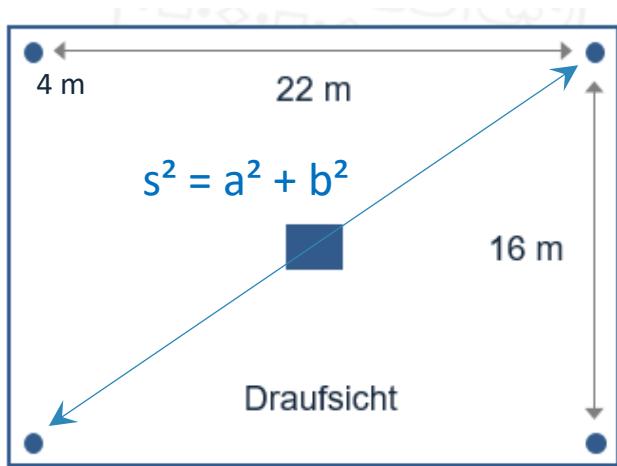
- BSK III, wie hoch darf der PV-Auf



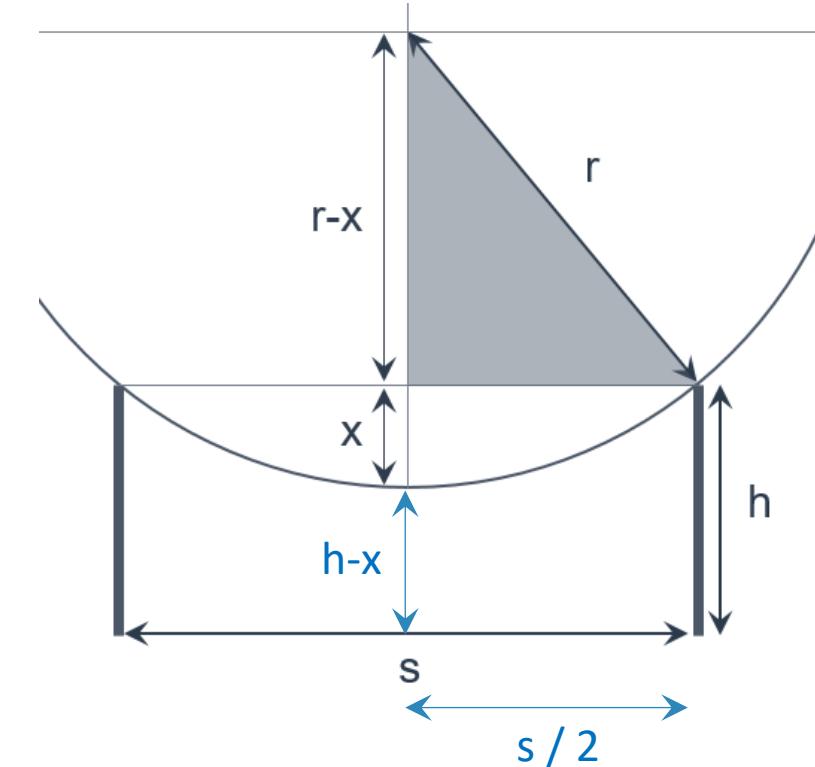
## II.3 Überspannungsschutz: Lösung



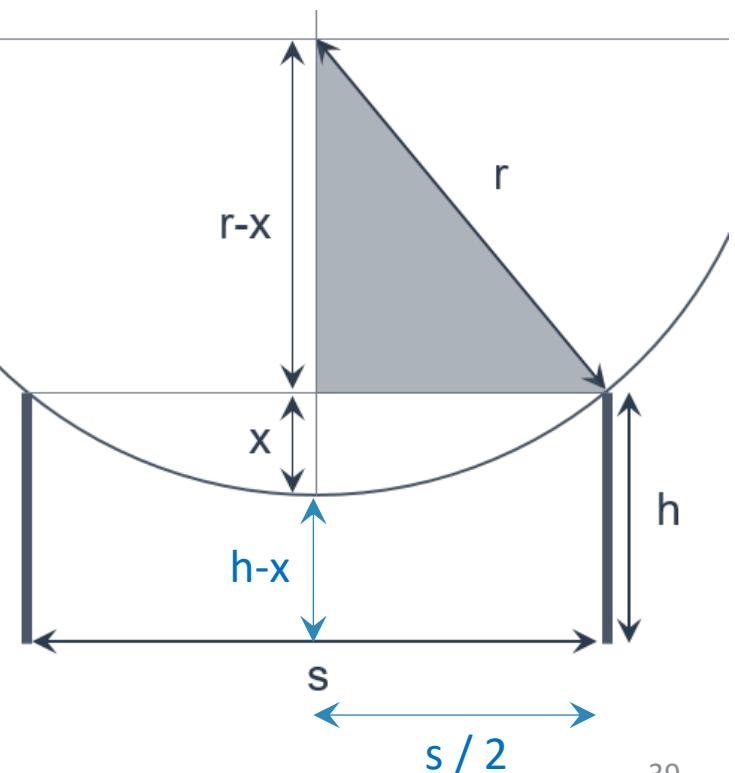
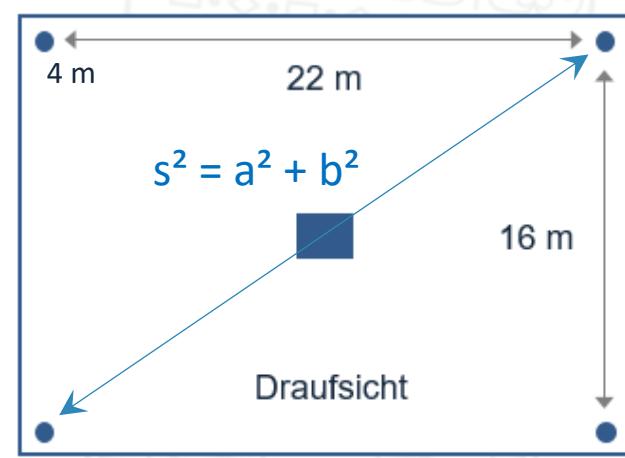
Seitenansicht



Draufsicht



## II.3 Überspannungsschutz: Lösung



## II.3 Überspannungsschutz

Trennungsabstand s

$$s = k_i \times \frac{k_c}{k_m} \times l$$

s = Trennungsabstand

$k_i$  = Induktionsfaktor,

abhängig von der gewählten Schutzklasse

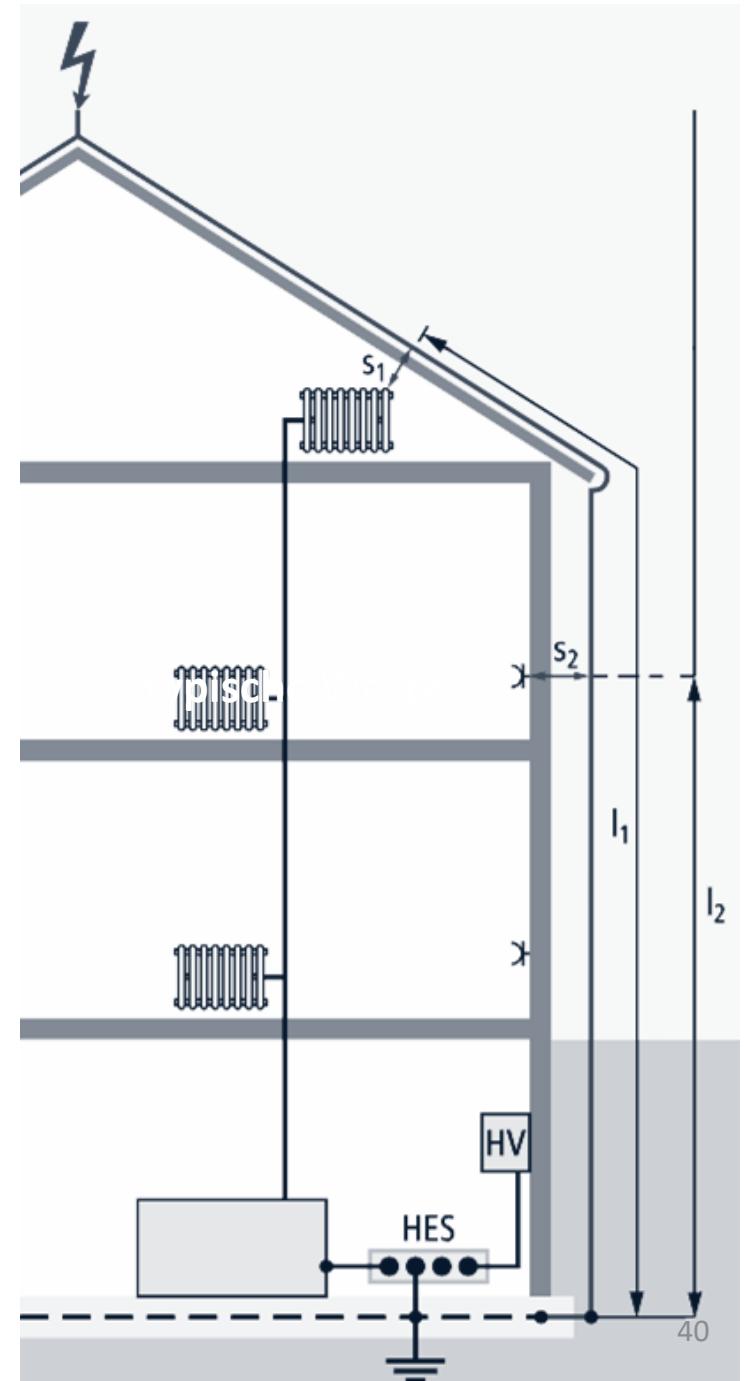
$k_c$  = Stromaufteilungsfaktor,

abhängig von der Anzahl der Ableitungen

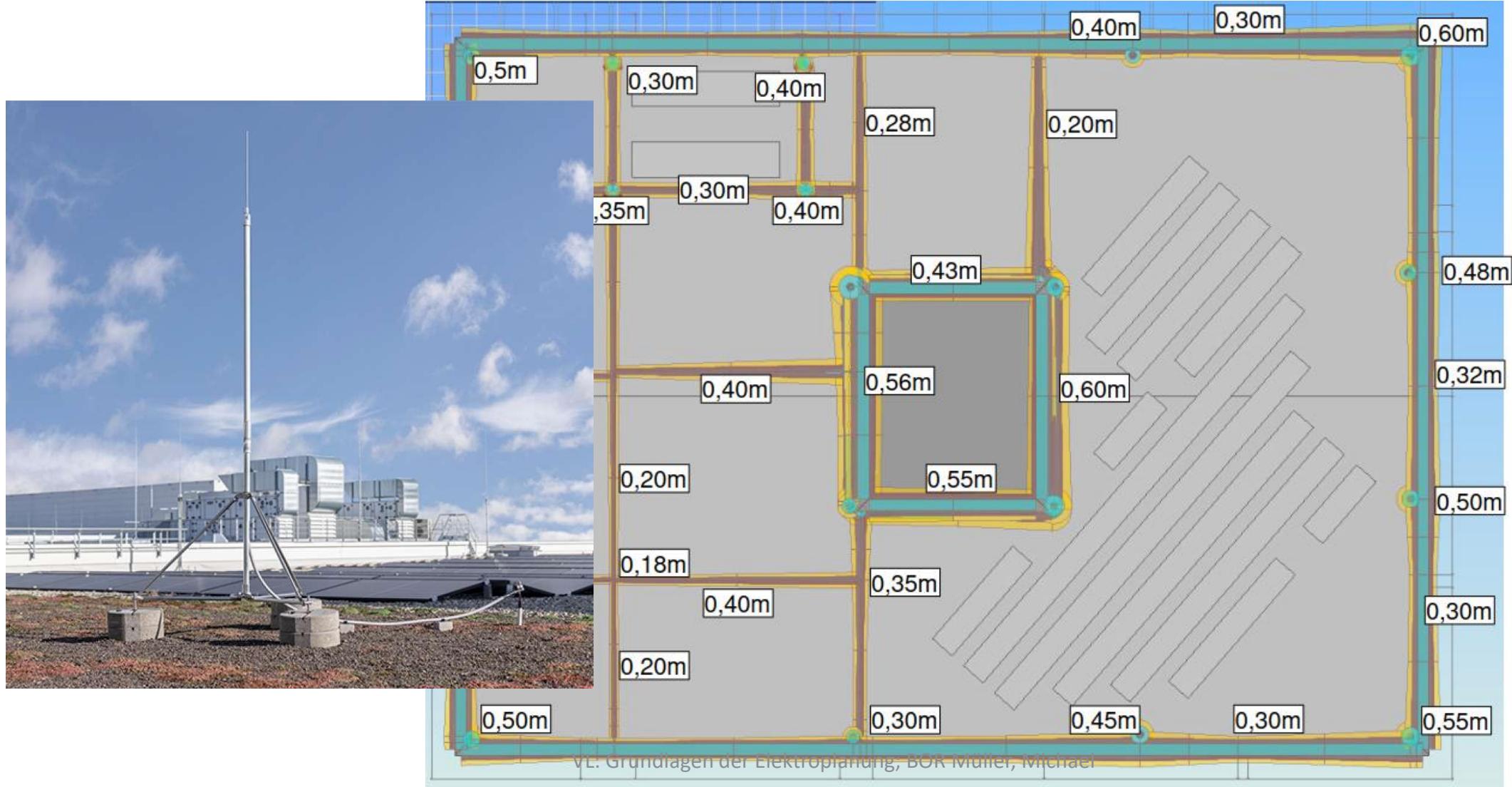
$k_m$  = Materialfaktor,

abhängig von Isolationseigenschaft der Umgebung

l = Länge, Punkt des zu ermittelnden Trennungsabstands zum nächsten PA



## II.3 Überspannungsschutz: Trennungsabstand



## II.4 Innerer Überspannungsschutz

- PA für alle elektrischen Anlagen
- 3-stufiges Konzept für Ableiter
  - Typ 1: Blitzschutz 100 kA (10/350)
  - Typ 2: Überspannungsschutz 20 kA (8/20)
  - Typ 3: Geräteschutz

# Seminararbeit

# **Grundlagen der Elektroplanung**

# Ablauf und Umfang

- Heutige Themenwahl
- Übermittlung Inhaltsverzeichnis bis 24.12.  
zur Abstimmung und Bestätigung
- Vortrag und Abgabe: Ende Januar bis Februar
  - 30 Minuten Vortrag
  - 15 Minuten Diskussion und Rückfragen
  - 3 Din A4 Seiten textliche Darstellung; ohne Bilder und Grafiken

# Themenauswahl

# Kapitel III

# Netzformen

## III.1 Gebäudeverteilung: Grundlagen

- MS-Anschluss > 150/250/350 kW
- Technischen Anschlussbedingungen (TAB) VNB
- 26.BimSchV
- luftisiert / ~~SF<sub>6</sub>~~

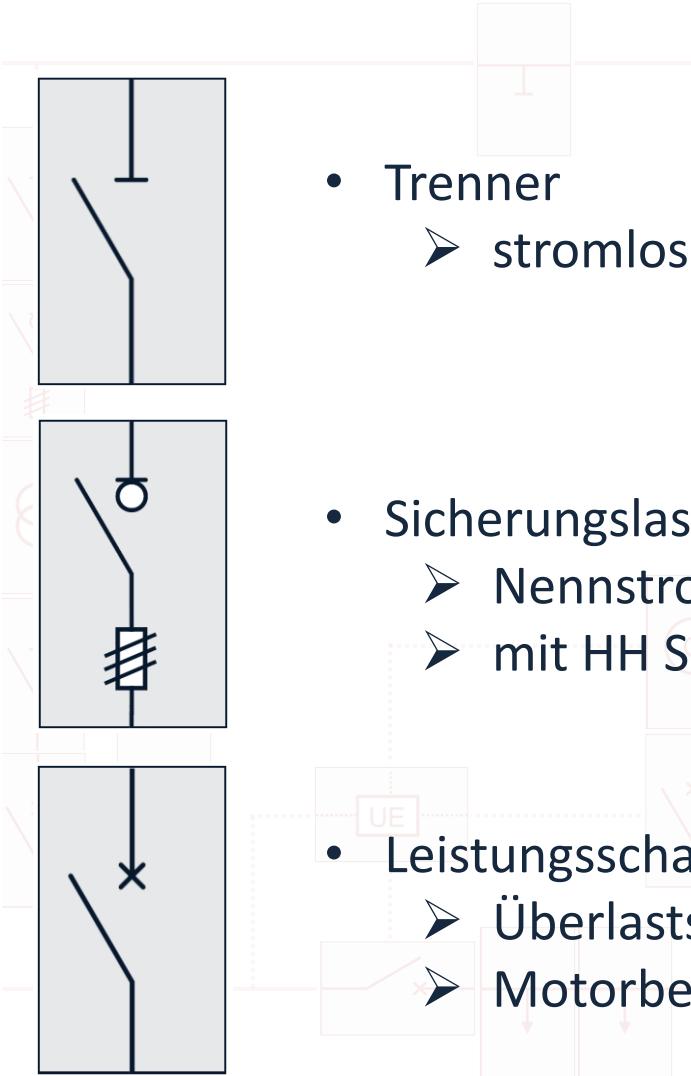
## III.1 Gebäudeverteilung: Grundlagen

- DIN VDE **0100** Teil 410
- DIN VDE 0100 Teil 420
- DIN VDE 0100 Teil 520
- DIN VDE 0100 Teil 540
- DIN VDE 0100 Teil 710
- DGUV V3/V4

## III.1 Gebäudeverteilung: Grundlagen

- MSHV - NSHV – GHV – UV – VBA
- AV
- (EV)
- (SV / USV / BSV) – bauordnungsrechtlich geforderte Versorgungseinrichtung für Sicherheitszwecke bspw. aus DIN VDE 0100-710 / -718

## III.2 Schutzeinrichtungen



- Trenner  
➤ stromlos
- Sicherungslasttrennschalter  
➤ Nennstrom  
➤ mit HH Sicherung
- Leistungsschalter  
➤ Überlastströme  
➤ Motorbetrieben

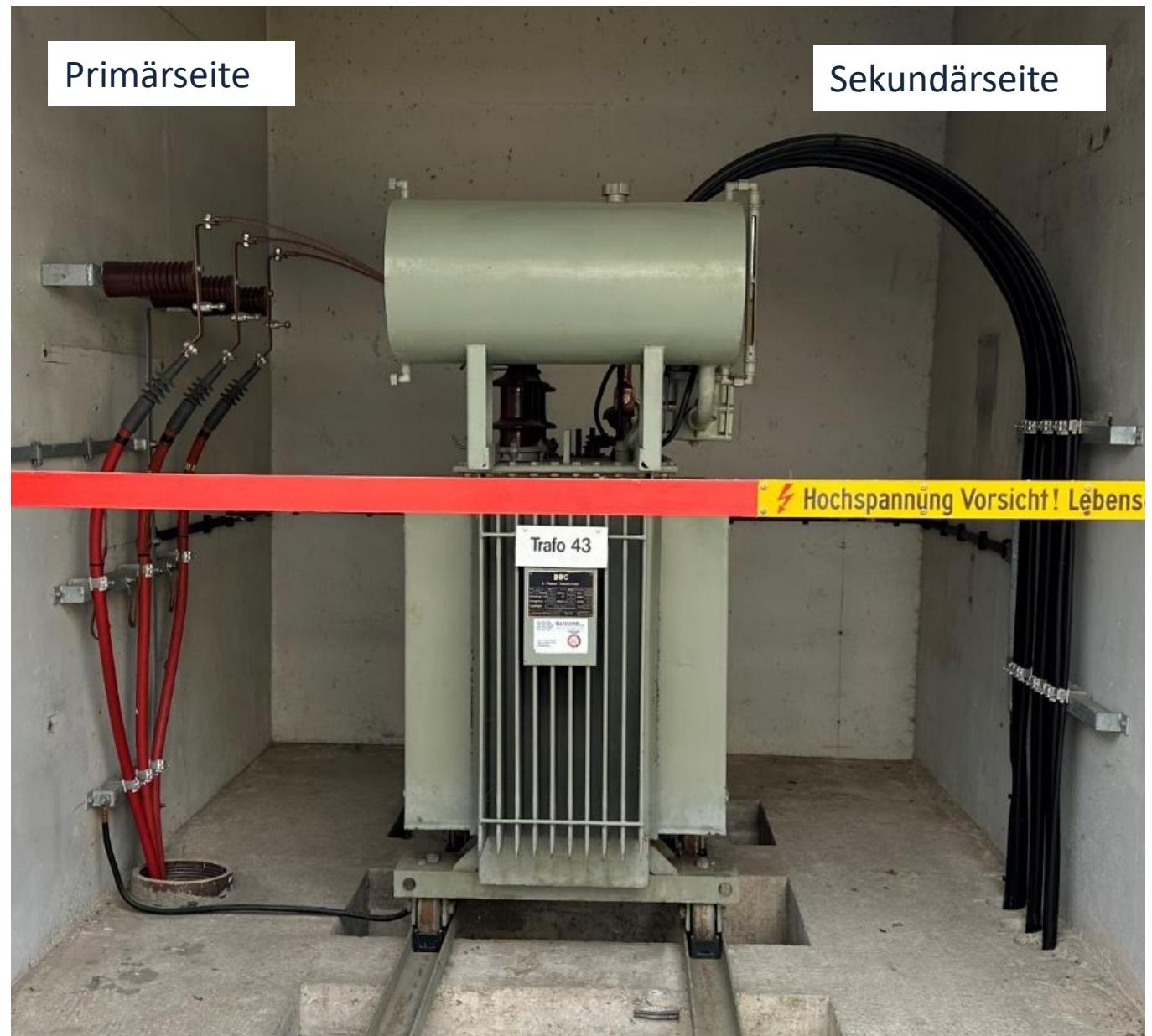
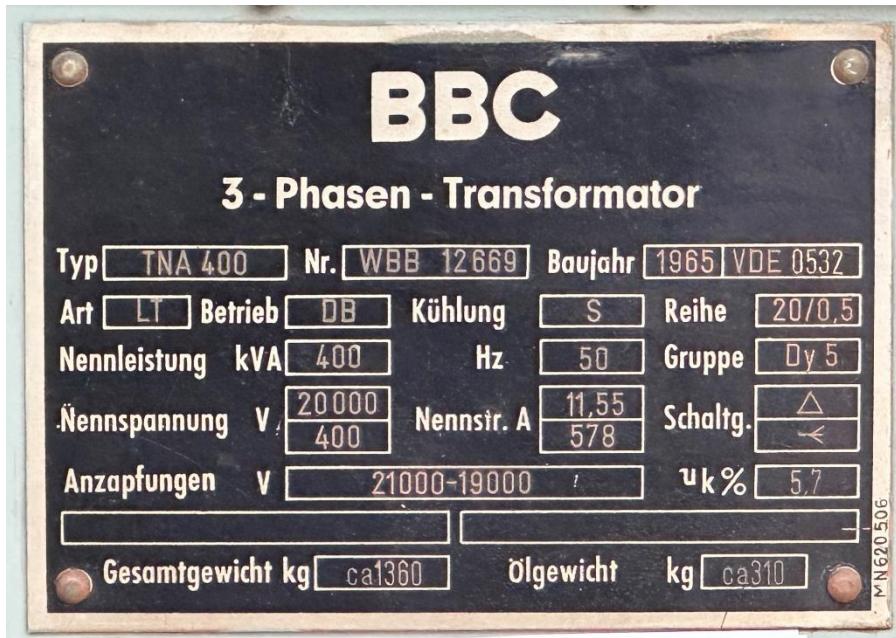
## III.3 AV

- Abgangsfeld Transformator



# III.3 AV

- Transformator



## III.3 AV

- NSHV | GHV



## III.3 AV

- UV



## III.3 AV

- NSHV | GHV



1

2

3

4

3

4

12

13

2000

1800

1600

1400

1200

1000

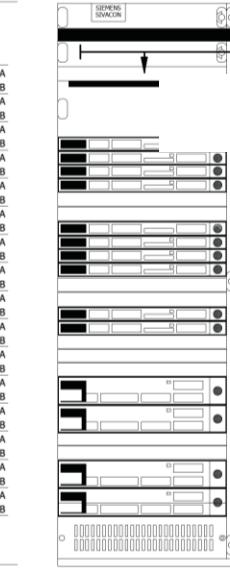
800

600

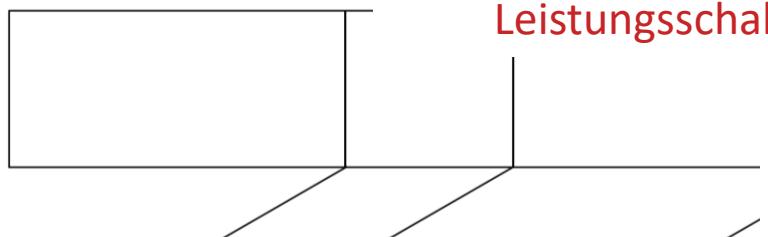
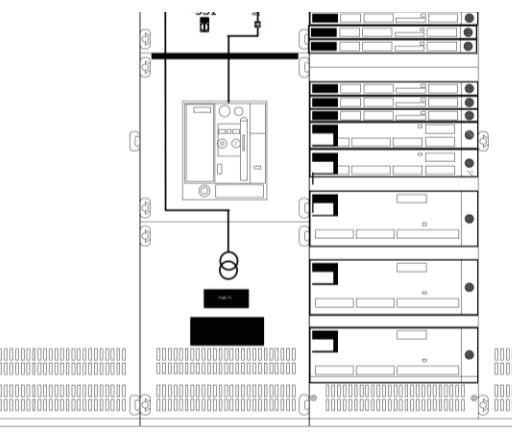
400

200

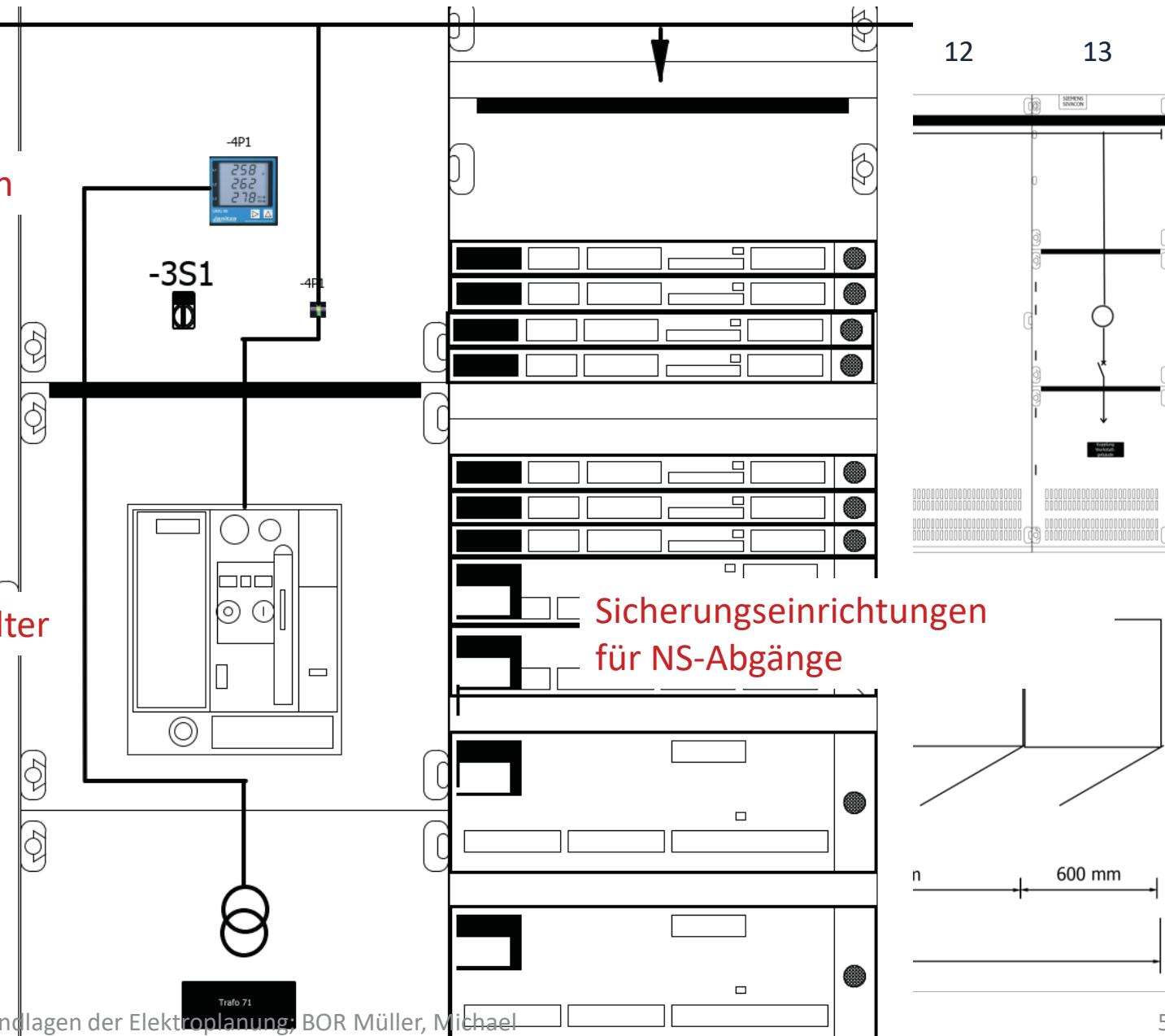
0



Zähl- und Messeinrichtungen

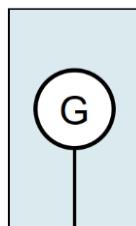
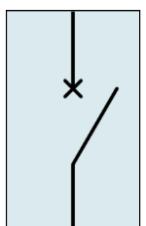
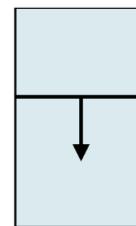
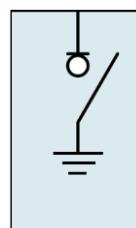
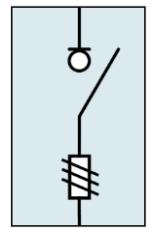
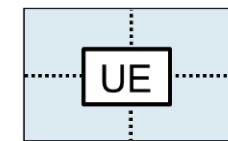
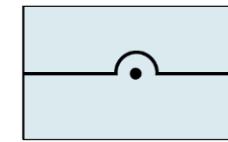
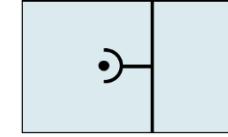
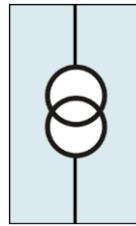
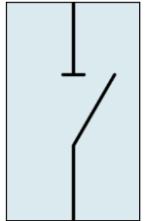


Leistungsschalter



600 mm

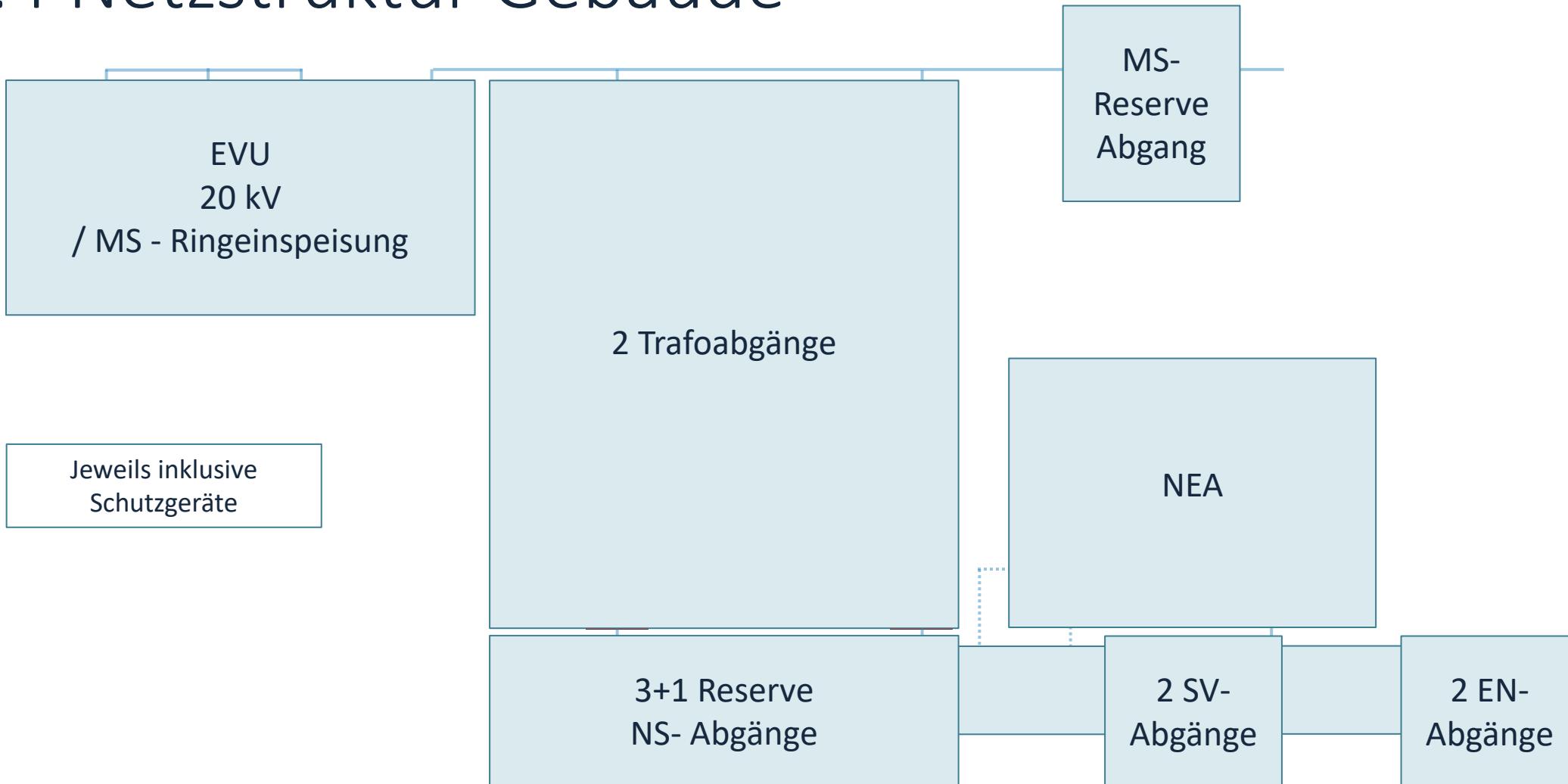
## III.4 Netzstruktur Gebäude



## III.4 Netzstruktur Gebäude

- Netz-Ring-Einspeisung EVU inkl. Zähl- und Messfeld
- 2 Trafo Abgangsfelder inklusive Schutzgeräte + 1 Reserve
- NS-AV 3 Abgänge + 1 Reserve
- NS-SV 2 Abgänge + zugehöriges NEA und Peripherie
- NS-EN 2 Abgänge

## III.4 Netzstruktur Gebäude

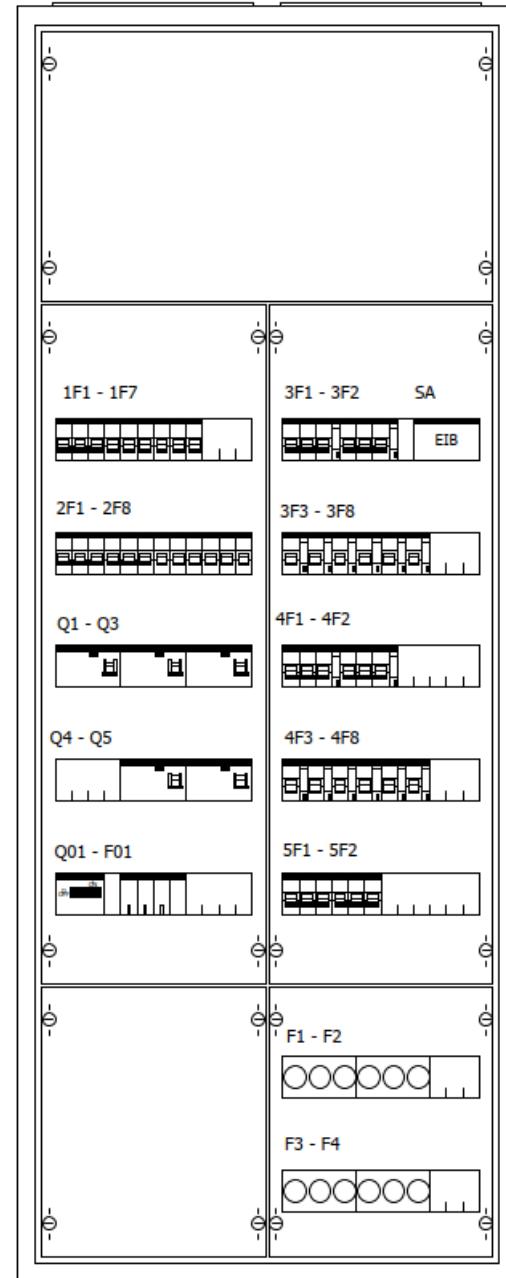


## III.5 Unterverteilung

Leitungsschutzschalter B10A/B16A  
Beleuchtung / Steckdosen

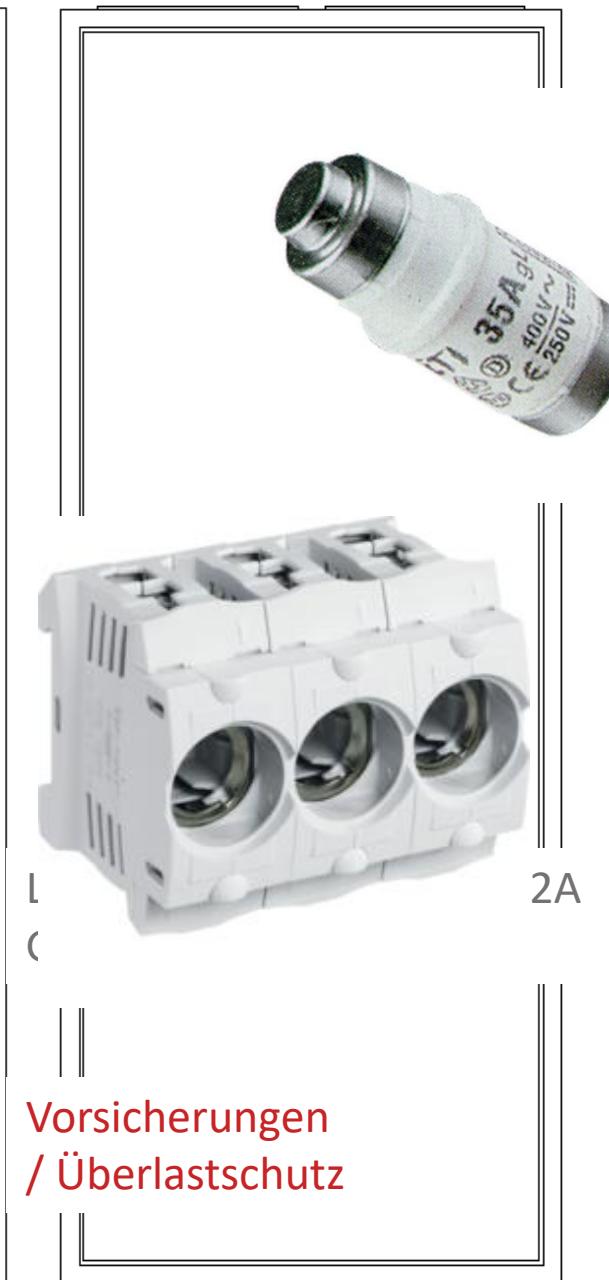
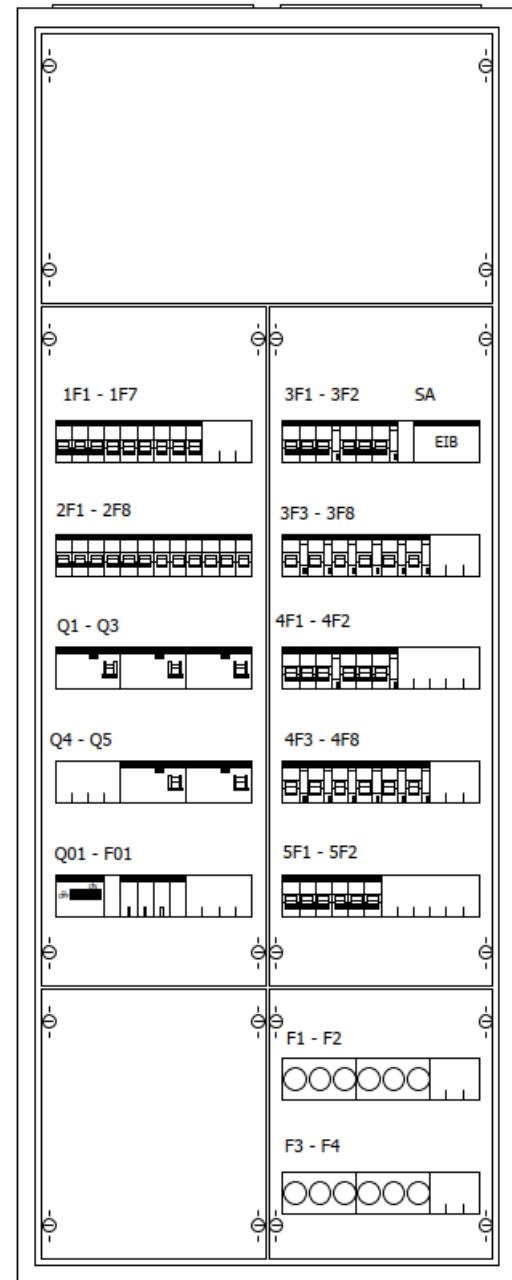
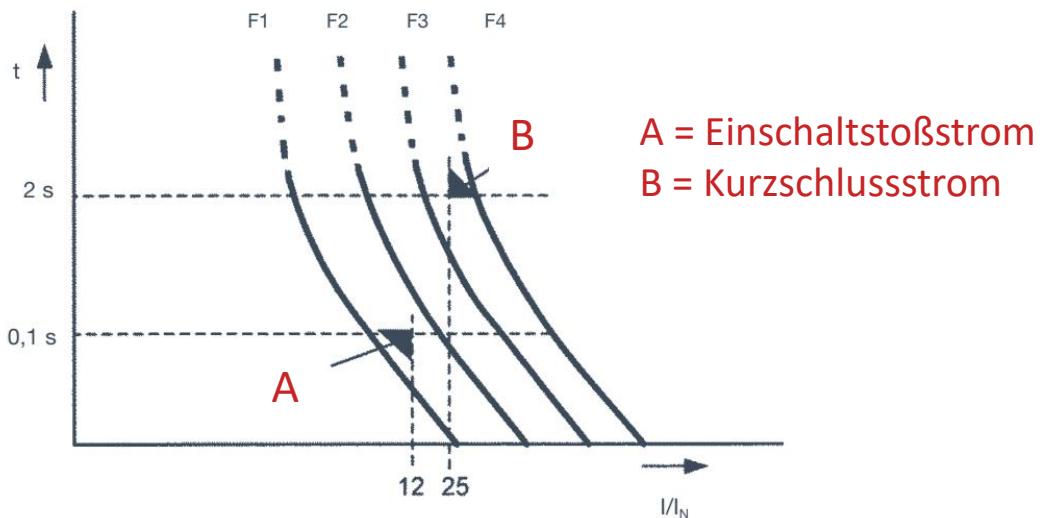
FI Schalter

Überspannung

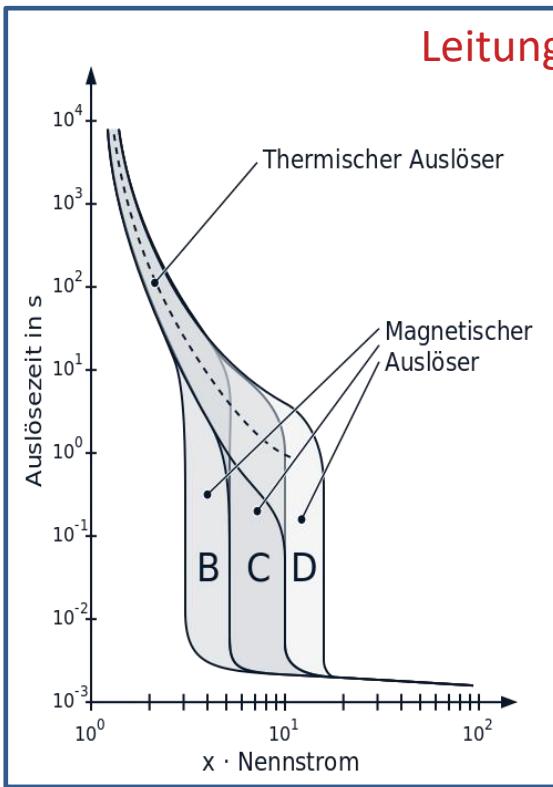


# III.5 Unterverteilung

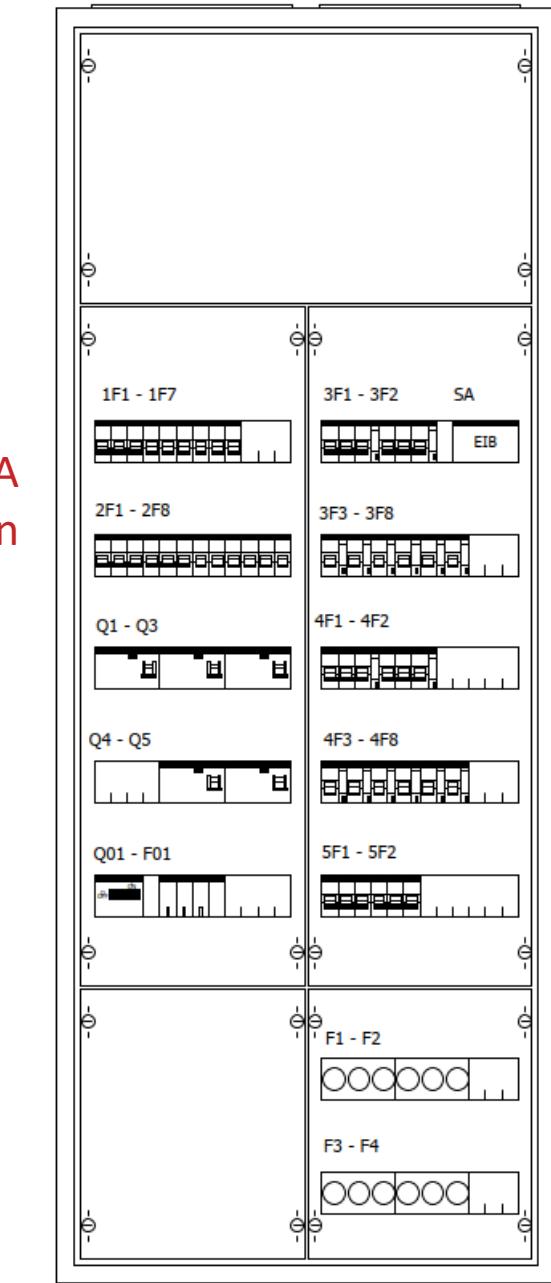
Leitungsschutzschalter B10A/B16A  
Beleuchtung / Steckdosen



# III.5 Unterverteilung



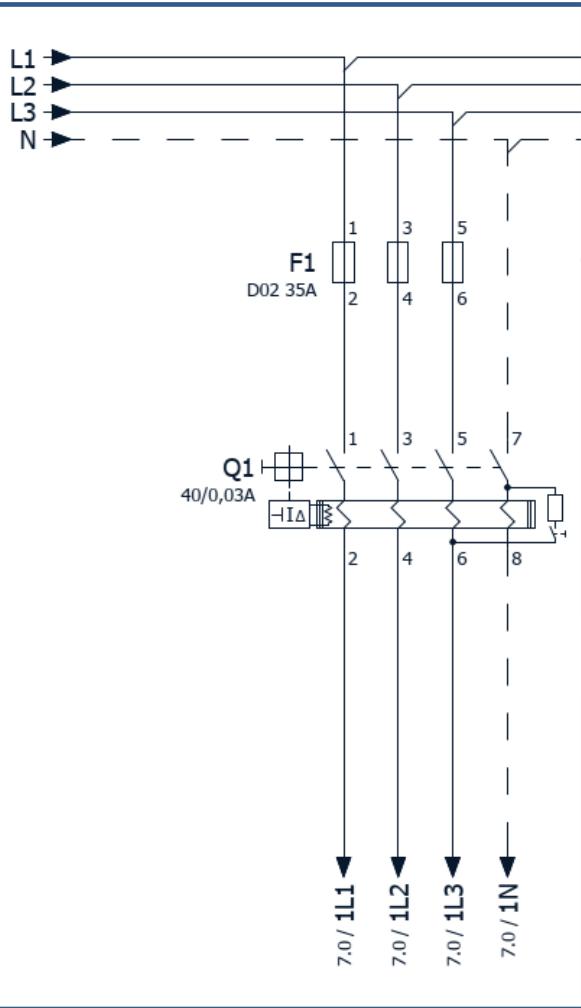
Leitungsschutzschalter B10A/B16A  
Beleuchtung / Steckdosen



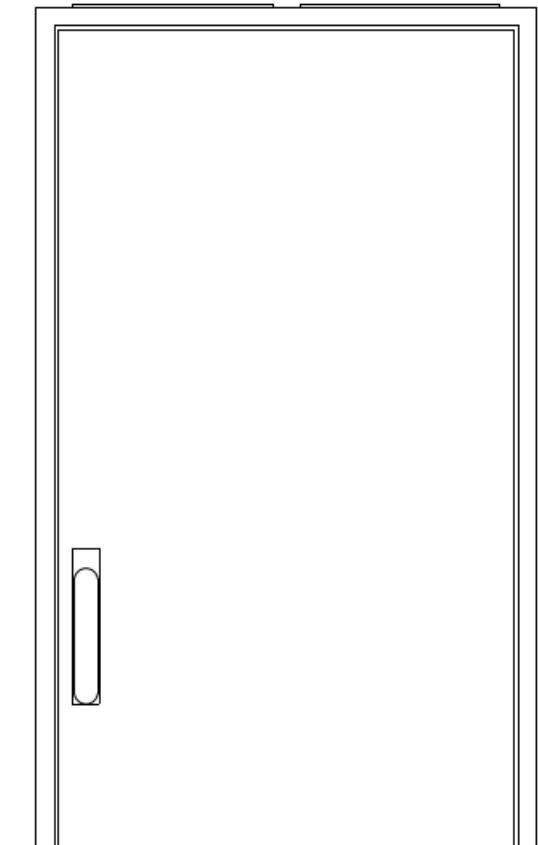
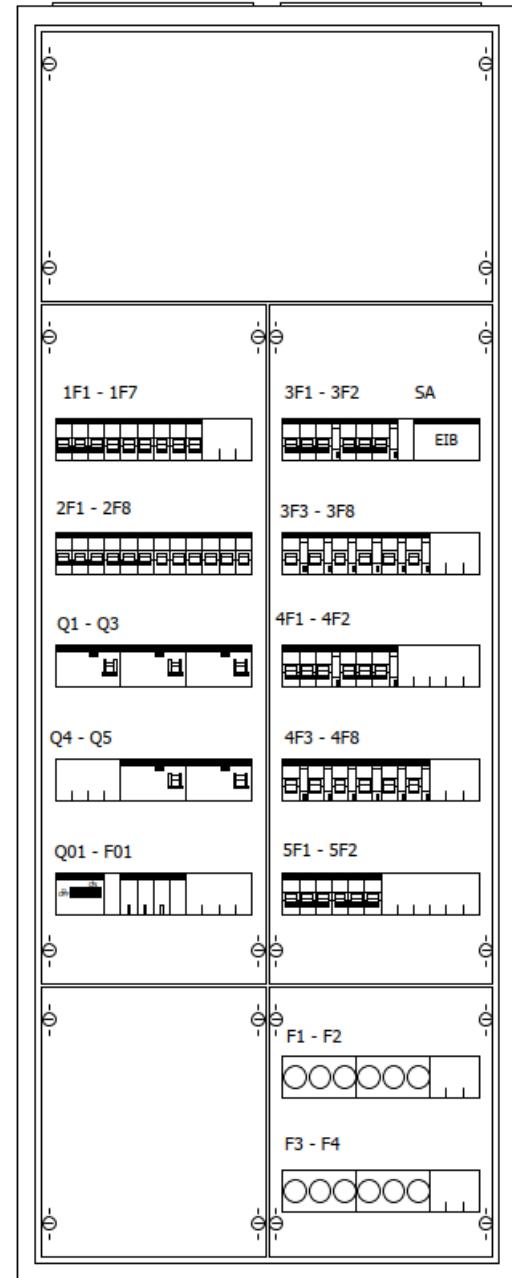
Leitungsschutzschalter B32A  
Großverbraucher

Vorsicherungen  
/ Überlastschutz

# III.5 Unterverteilung



Überspannung

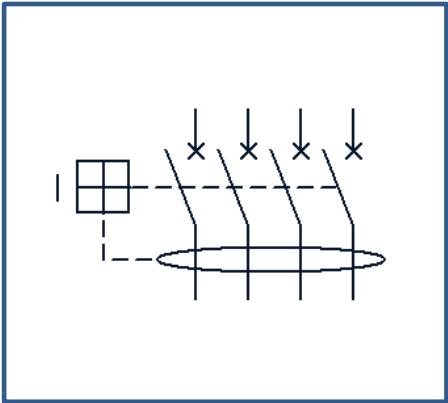


Leitungsschutzschalter B32A  
Großverbraucher

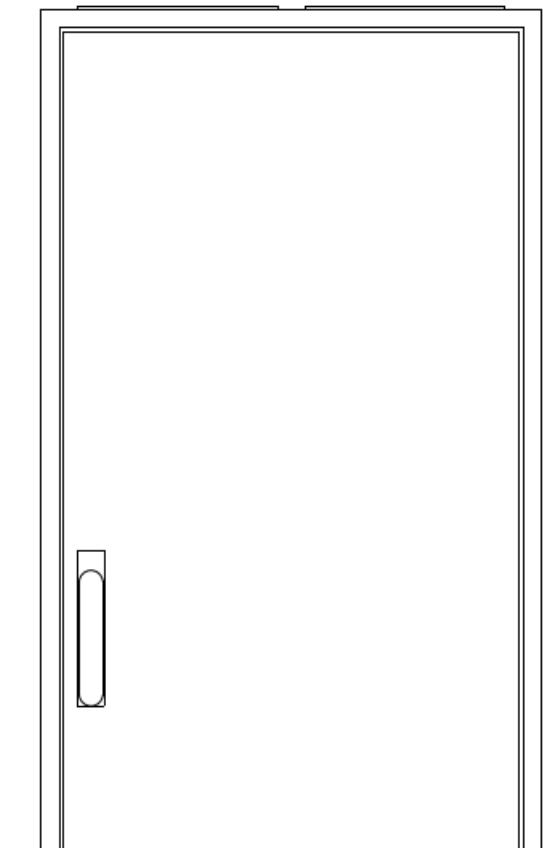
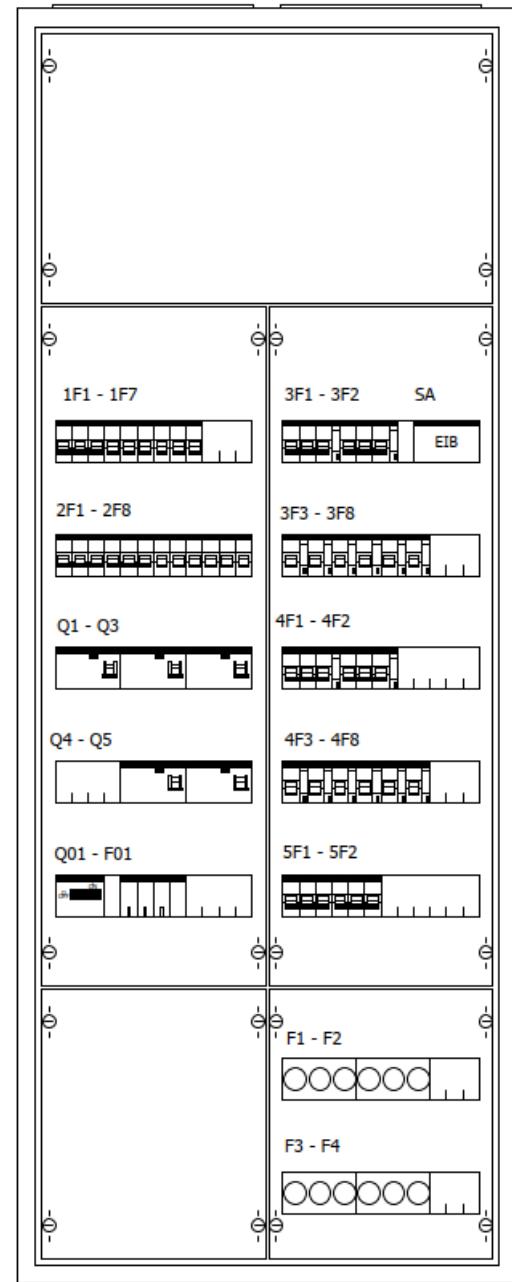
Vorsicherungen  
/ Überlastschutz

# III.5 Unterverteilung

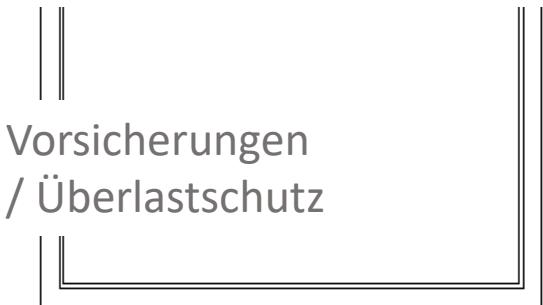
Leitungsschutzschalter B10A/B16A  
Beleuchtung / Steckdosen



FI Schalter



Leitungsschutzschalter B32A  
Großverbraucher



Vorsicherungen  
/ Überlastschutz

## III.5 Unterverteilung

- Haushalt → FI Typ A
- RCD für Elektromobilität?

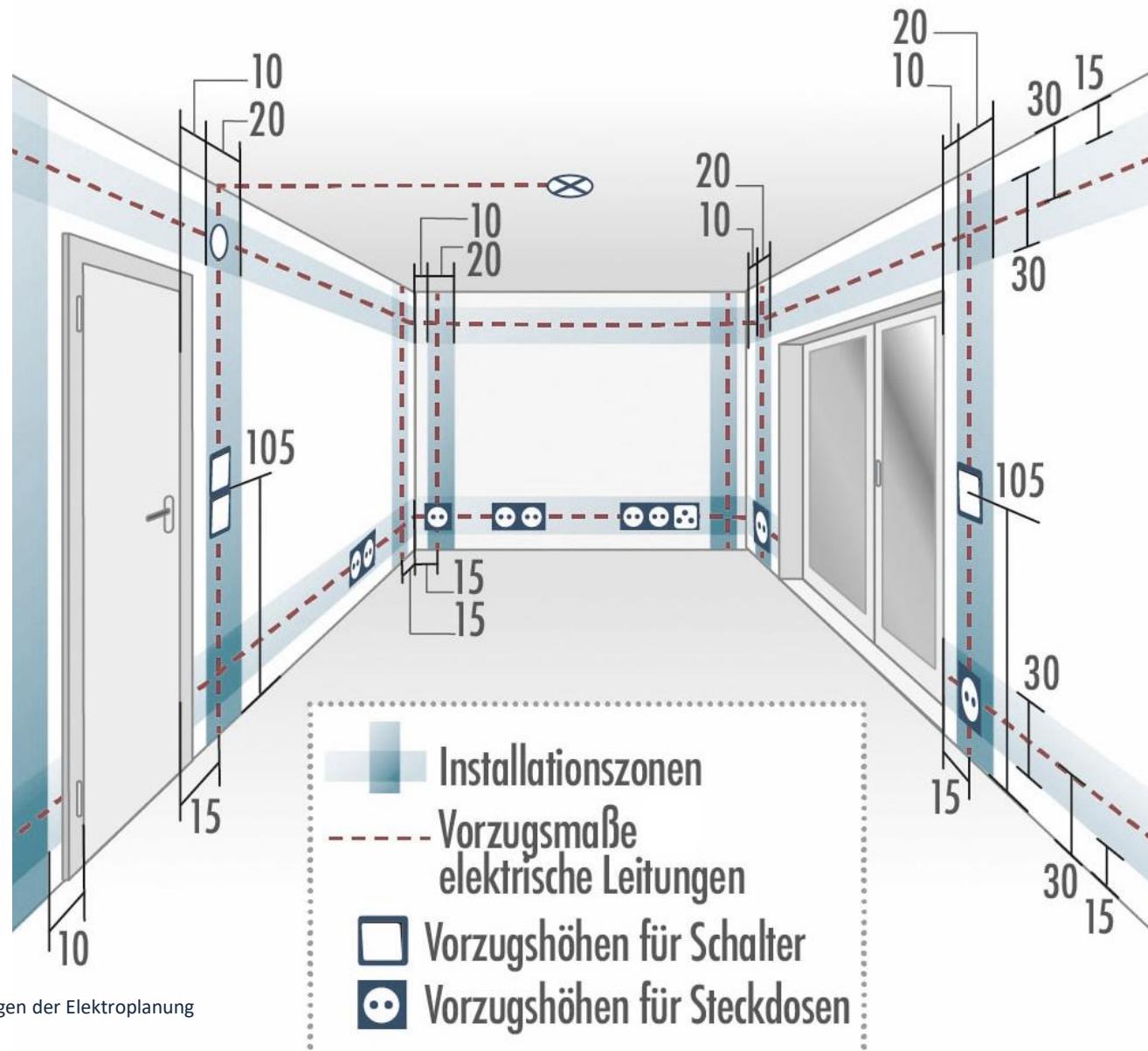
**ohm**

## III.5 Unterverteilung



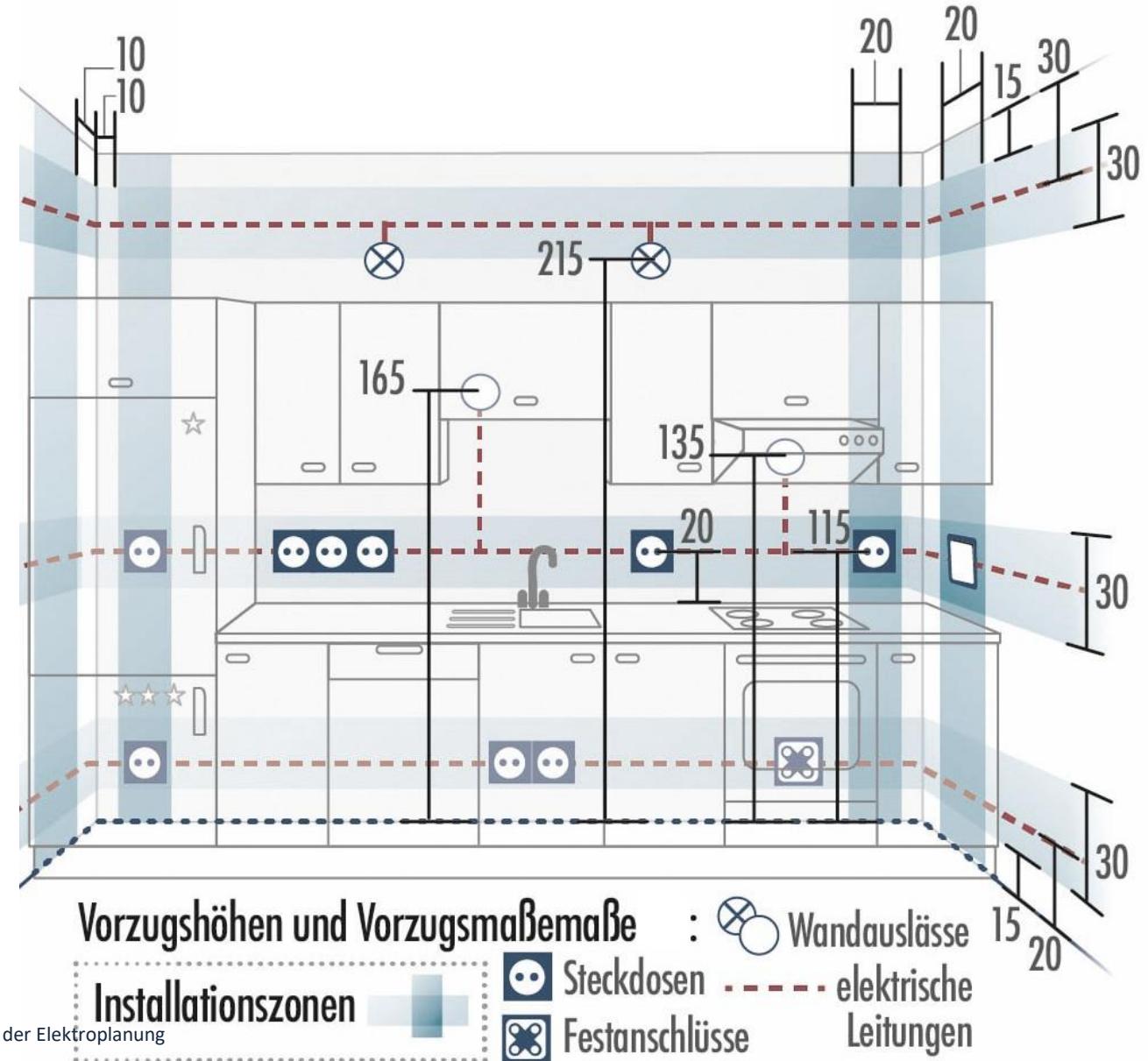
## III.5 Unterverteilung

- Installationszonen  
gem. DIN 18015-3



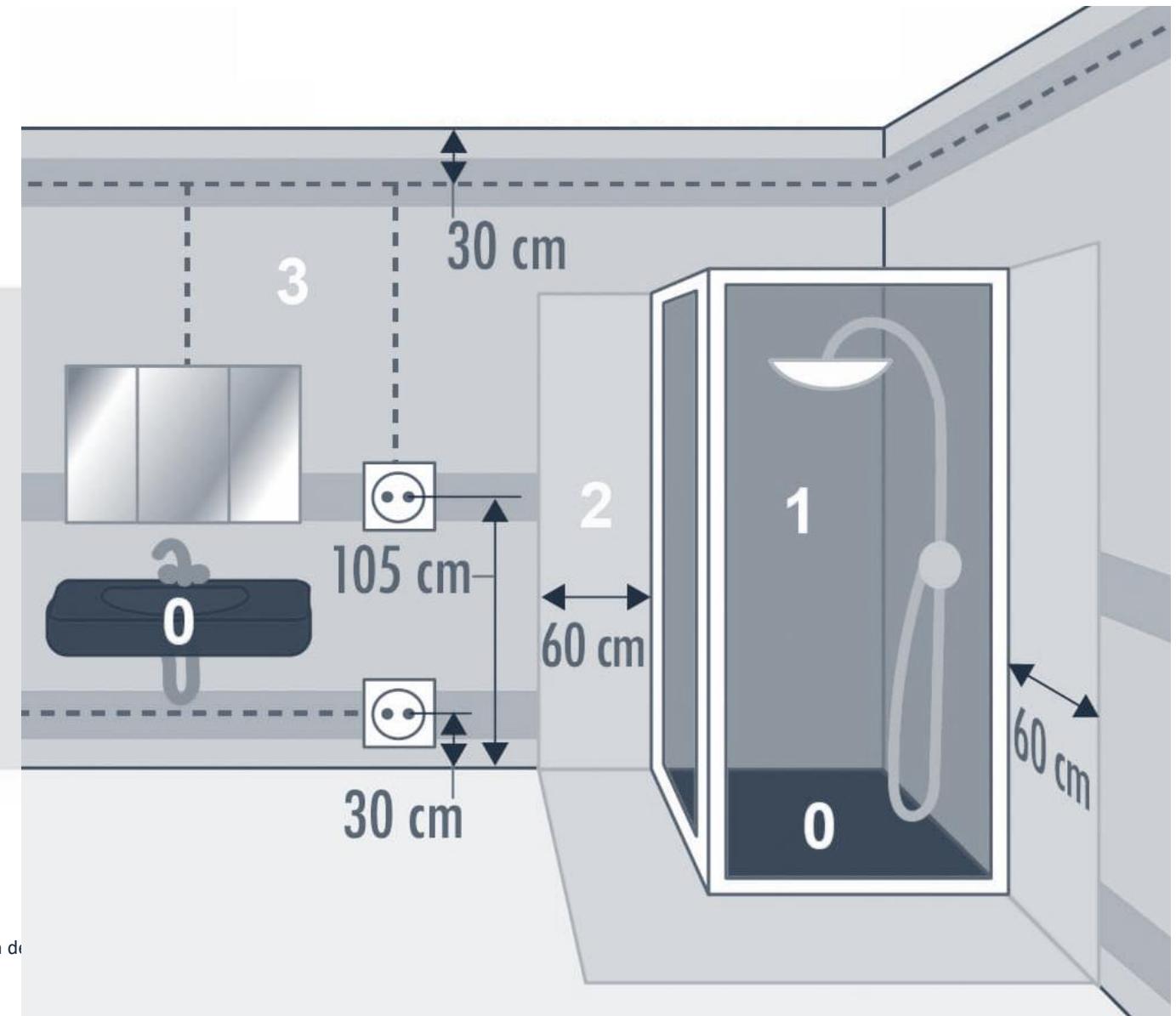
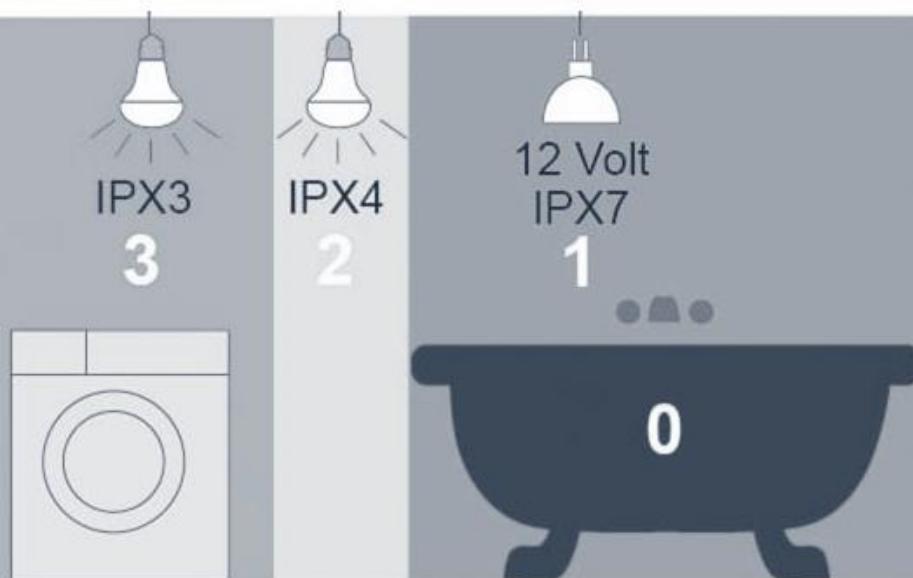
## III.5 Unterverteilung

- Installationszonen  
gem. DIN 18015-3



## III.5 Unterverteilung

- Installationszonen  
gem. DIN 18015-3



# III.5 Unterverteilung

- Installationszonen  
gem. DIN 18015-3

IP 0x	kein Berührungsschutz kein Fremdkörperschutz	IP x0	kein Wasserschutz
IP 1x	Handrückenschutz Schutz gegen Fremdkörper	IP x1	Schutz gegen senkrecht fallende Wassertropfen
IP 2x	Fingerschutz ( Prüffinger, Ø 12 mm )	IP x2	Schutz gegen schrägfallende Wasser - tropfen ( 15° gegen die Senkrechte )
IP 3x	Werkzeugschutz ( Zugangssonde, Ø 2,5 mm, l = 100 mm ) Schutz gegen Fremdkörper ≥ Ø 2,5 mm	IP x3	Schutz gegen Sprühwasser ( 60° gegen die Senkrechte )
IP 4x	Drahtschutz ( Zugangssonde, Ø 1,0 mm ) Schutz gegen Fremdkörper ≥ Ø 1,0 mm	IP x4	Schutz gegen Spritzwasser
IP 5x	Drahtschutz ( wie IP 4x ) staubgeschützt	IP x5	Schutz gegen Strahlwasser
IP 6x	Drahtschutz ( wie IP 4x ) Staubschutz	IP x6	Schutz gegen starkes Strahlwasser
		IP x7	Schutz gegen zeitweiliges Untertauchen
		IP x8	Schutz gegen dauerndes Untertauchen

## III.5 Unterverteilung

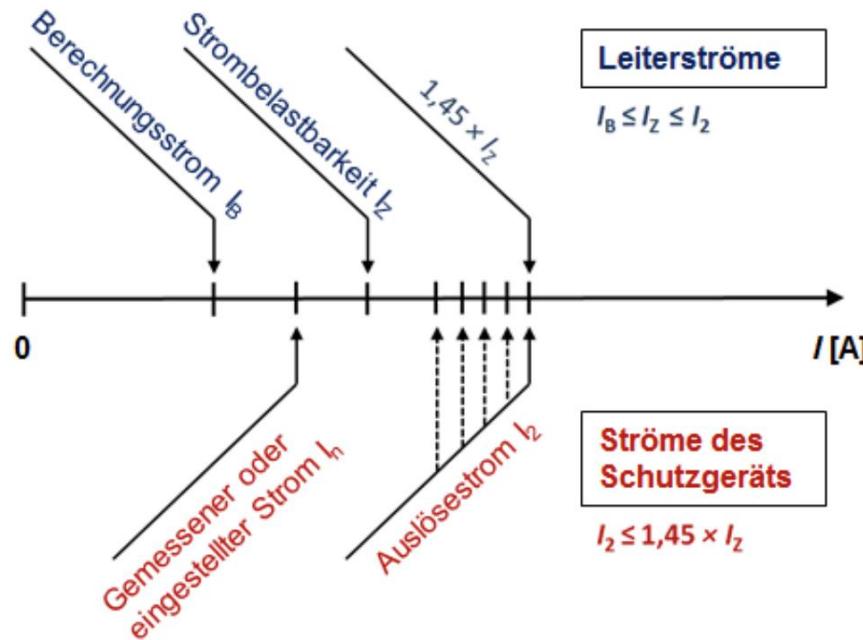
- Haushalt → FI Typ A
- RCD für Elektromobilität?
  - Abgang LP min. zu schützen mit:
    - Wallbox ohne integrierte DC-Fehlerstromerkennung → FI Typ A-EV / Typ B
    - Wallbox mit DC-Fehlerstromerkennung → FI Typ A

## III.5 Unterverteilung: Schutzeinrichtungen

- Prüfumfang: Besichtigen + Erproben + Messen
  - Durchgängigkeit Schutzleiter / Potentialausgleiches
  - Schleifenimpedanz
  - Isolation el. Betriebsmittel, isolierende Böden / Wände
  - Funktion RCD

## III.5 Unterverteilung: Schutzeinrichtungen

- Schutzkriterien vor Überlast



$$(1) \quad I_B \leq I_N \leq I_z$$

$$(2) \quad I_2 \leq 1.45 I_z$$

$I_B$  Betriebsstrom Stromkreis

$I_z$  Zul. max. Strombelastbarkeit

$I_N$  Nennstrom Schutzeinrichtung

$I_1$  kleiner Prüfstrom

$I_2$  Auslösestrom (großer Prüfstrom)

## III.5 Unterverteilung: Schutzeinrichtungen

- Schutzkriterien vor Überlast

$$(1) \quad I_B \leq I_N \leq I_z$$

$I_N$	$I_1$	$I_2$
4 A	1,25	2,1
6-10 A	1,25	1,9
16-25 A	1,25	1,75
$\geq 32 A$	1,25	1,6

$$(2) \quad I_2 \leq 1.45 I_z$$

$I_B$  Betriebsstrom Stromkreis

$I_z$  Zul. max. Strombelastbarkeit

$I_N$  Nennstrom Schutzeinrichtung

$I_1$  kleiner Prüfstrom

$I_2$  Auslösestrom (großer Prüfstrom)

Prüfströme für  
Schmelzsicherungen (gG)

## III.5 Unterverteilung: Kurzschlussenschutz

- Bedingung: tatsächliche Ausschaltzeit < zulässige Ausschaltzeit  $t$

$$t = \left( \frac{k \times S}{I} \right)^2$$

$k$  Materialkoeffizient gem. DIN VDE 0100 Teil 540

$S$  Leiterquerschnitt in  $\text{mm}^2$

$I$  Effektivwert Kurzschlussstrom in A

- Kurzschlussstromberechnung der sowohl größten (dreipolig) und kleinsten (einpolig = „Körperschluss“) Kurzschlussströme

## III.6 Netzverteilung: Schutzeinrichtungen

- Prüfumfang: Besichtigen + Erproben + Messen
- Schutzkriterien vor Überlast
- Keine Schalt- und Schutzorgane im Schutzleiter!

# III.6 Netzformen

## 1. Buchstabe: Erdung des Trafos / Stromquelle

T	Direkte Erdung des Sternpunkts über Betriebserder
I	Isolierung aller aktiven Teile von Erde

## 2. Buchstabe: Erdung der Körper in der ELT Anlage

T	Direkte Erdung der Körper über Anlagenerder
N	Verbindung der Körper mit dem Betriebserder der Quelle

## 3. Buchstabe: Ausführung N- und PE - Leiters

S	Separat verlegt
C	Kombiniert als PEN

# III.6 Netzformen

## 1. Buchstabe: Erdung des Trafos / Stromquelle

T	Direkte Erdung des Sternpunkts über Betriebserder
---	---

I	Isolierung aller aktiven Teile von Erde
---	---

## 2. Buchstabe: Erdung der Körper in der ELT Anlage

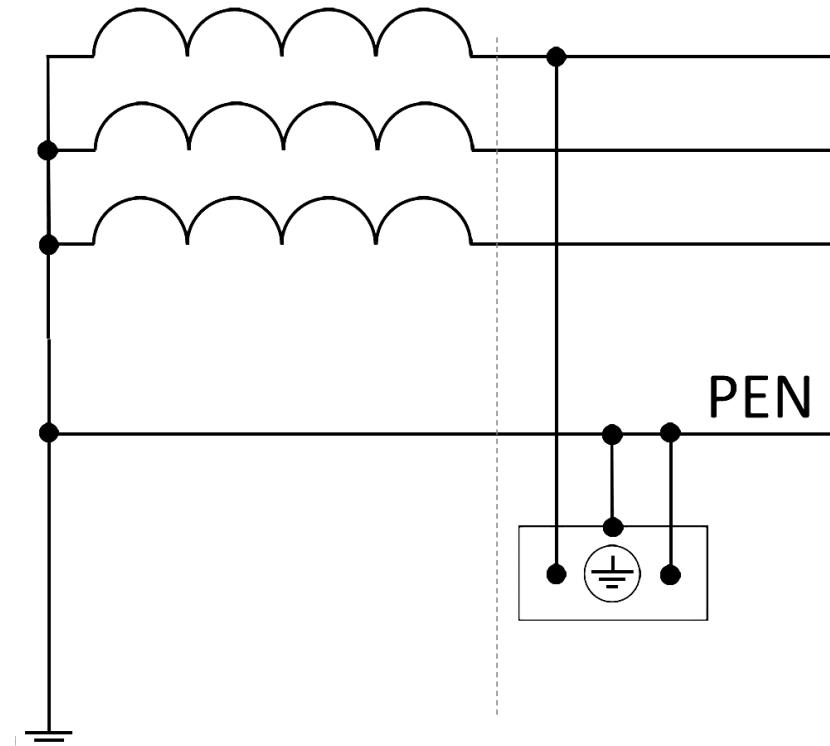
T	Direkte Erdung der Körper über Anlagenerder
---	---

N	Verbindung der Körper mit dem Betriebserder der Quelle
---	--

## 3. Buchstabe: Ausführung N- und PE - Leiters

S	Separat verlegt
---	-----------------

C	Kombiniert als PEN
---	--------------------



TN-C-System

# III.6 Netzformen

## 1. Buchstabe: Erdung des Trafos / Stromquelle

T	Direkte Erdung des Sternpunkts über Betriebserder
---	---

I	Isolierung aller aktiven Teile von Erde
---	---

## 2. Buchstabe: Erdung der Körper in der ELT Anlage

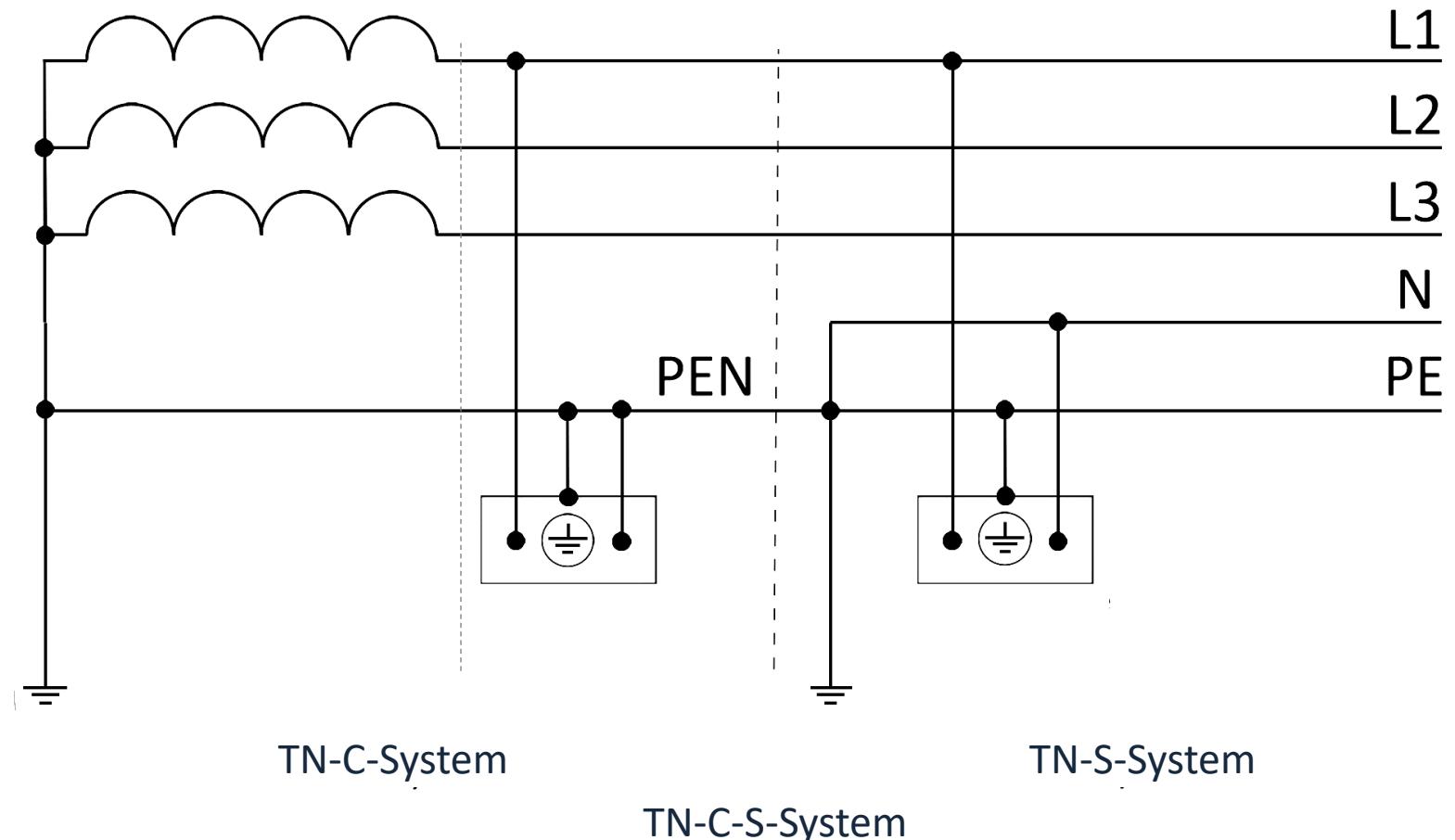
T	Direkte Erdung der Körper über Anlagenerder
---	---

N	Verbindung der Körper mit dem Betriebserder der Quelle
---	--

## 3. Buchstabe: Ausführung N- und PE - Leiters

S	Separat verlegt
---	-----------------

C	Kombiniert als PEN
---	--------------------



# III.6 Netzformen

## 1. Buchstabe: Erdung des Trafos / Stromquelle

T	Direkte Erdung des Sternpunkts über Betriebserder
---	--

I	Isolierung aller aktiven Teile von Erde
---	--

## 2. Buchstabe: Erdung der Körper in der ELT Anlage

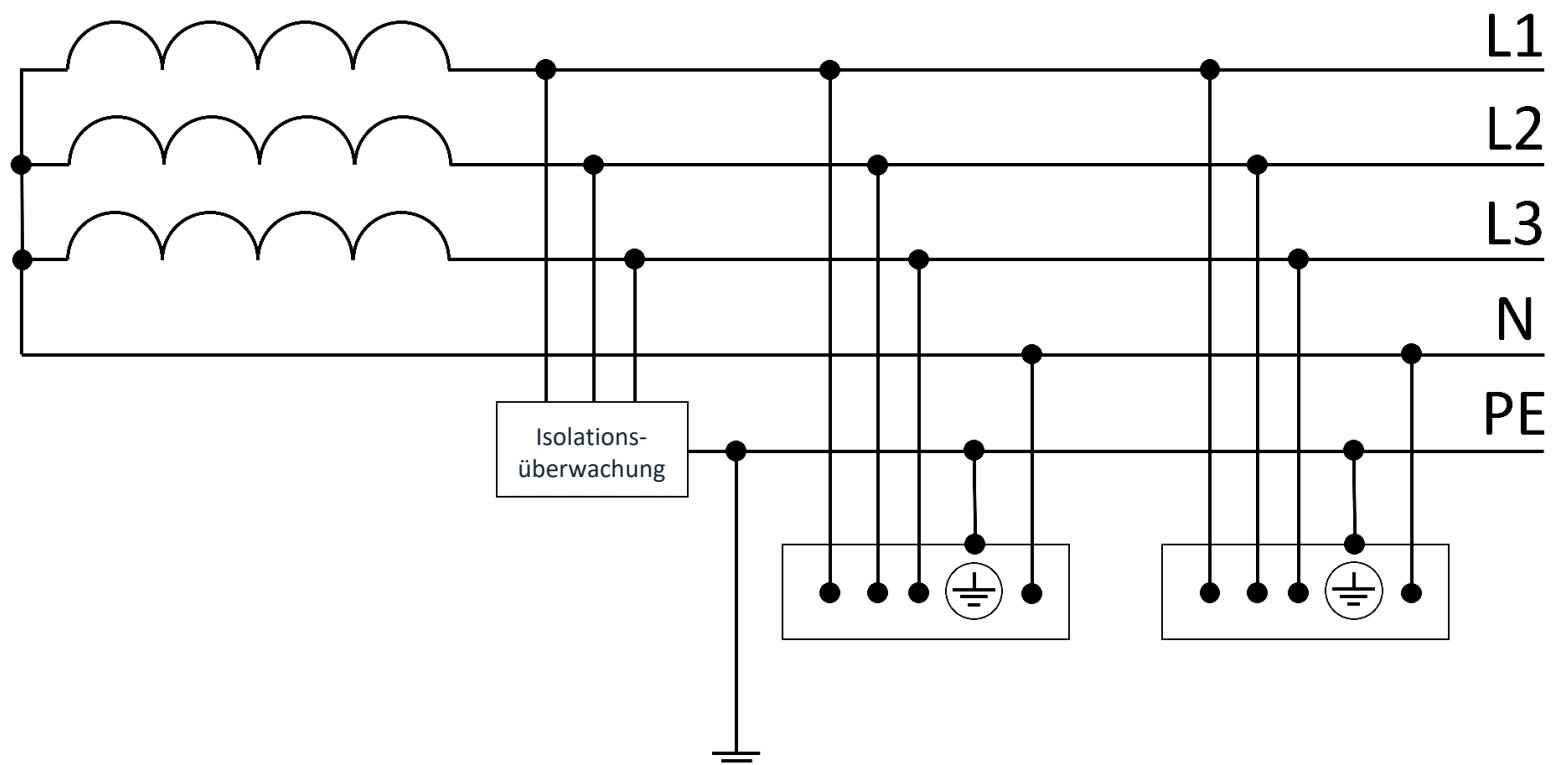
T	Direkte Erdung der Körper über Anlagenerder
---	--

N	Verbindung der Körper mit dem Betriebserder der Quelle
---	---

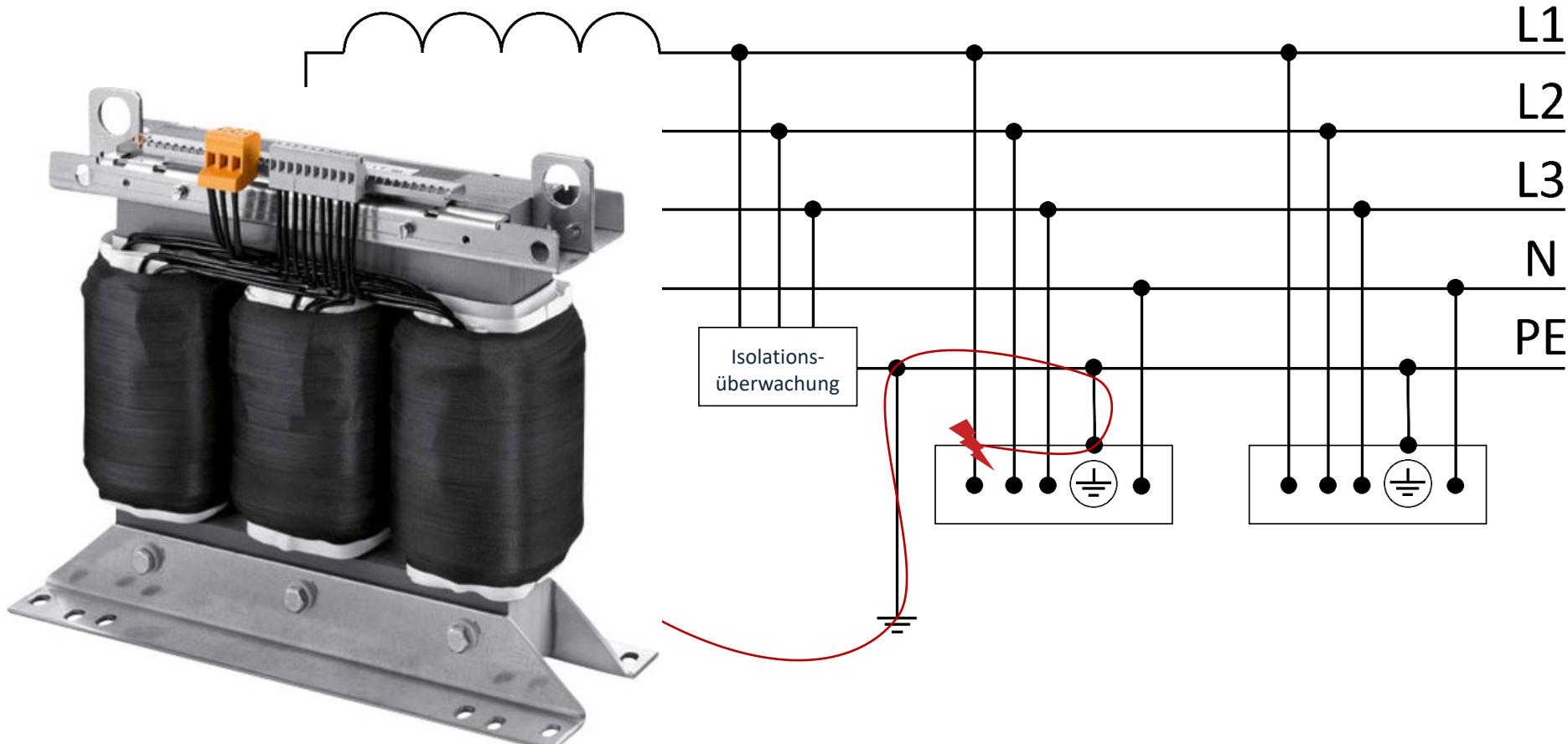
## 3. Buchstabe: Ausführung N- und PE - Leiters

S	Separat verlegt
---	-----------------

C	Kombiniert als PEN
---	--------------------



## III.6 Netzformen: IT



## III.7 SV: V: Netzstruktur

- MSHV
- Transformation
- NSHV → AV und **SV**
- GHV
- UV

## III.7 SV: Netzstruktur

## 1.07.1 SV-Netz : Einschlägige Vorschriften

- BayBO Art. 90 → EltBauV
- WHG
- BImSchG → 26. BImSchV | TA Lärm | TA Luft

Errichten von Starkstromanlagen > 1 kV

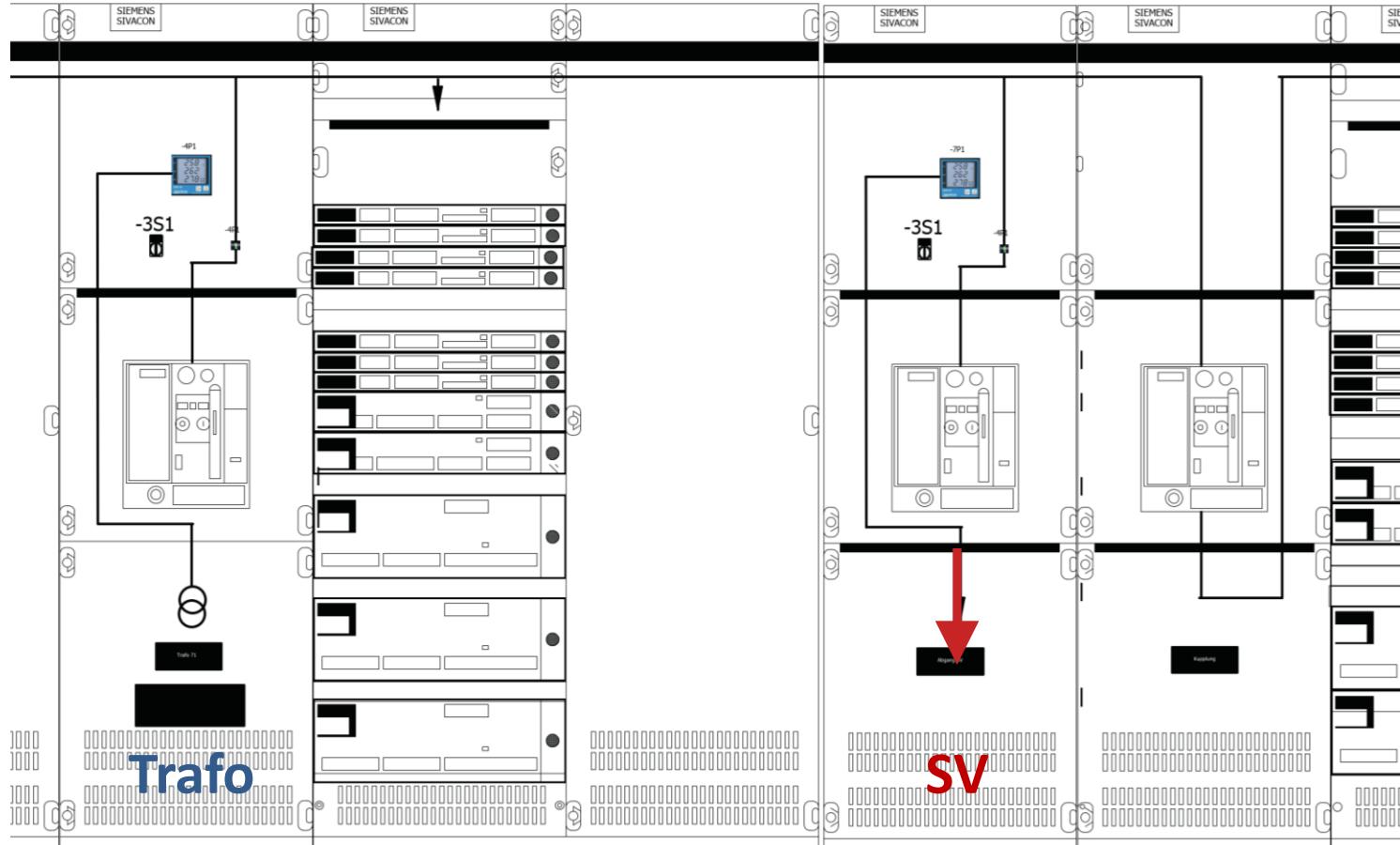
- DIN VDE 0101

Errichtung von Niederspannungsanlagen < 1 kV

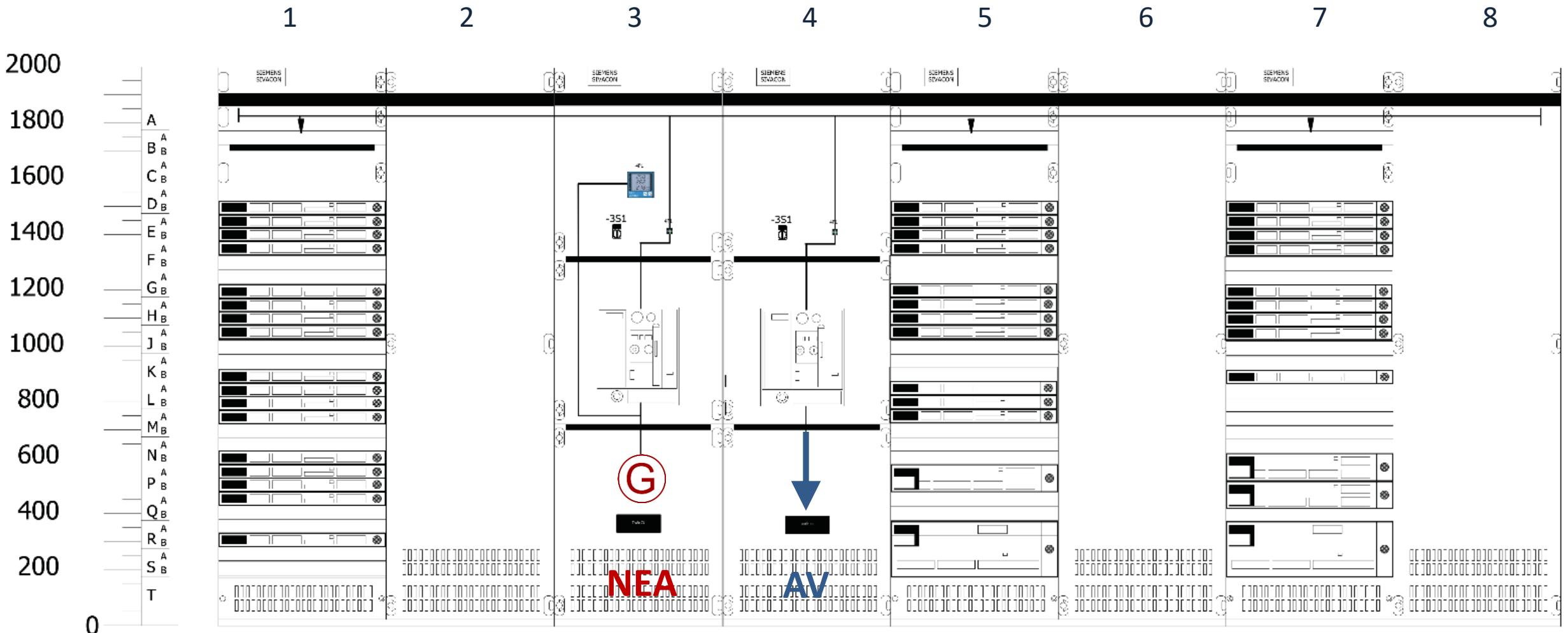
- DIN VDE 0100 – 410
- DIN VDE 0100 – 420

# III.7 SV: Kopplung in NSHV-AV

3            4            5            6            7



# III.7 SV: NSHV-SV



# III.7 SV: Netzstruktur

	Sicherheits-Stromversorgung	Ersatz-Stromversorgung
Forderung	Baurecht • Art. 90 BayBO ➤ VStättV, Klinik, Hochhaus, ... ➤ BSN	Nutzer • Betriebliche Anforderungen
Prüfung	SPrüfV	Keine Anforderung

## III.7 SV: Netzstruktur

- Anlagenanalyse (Anschlussleistung, Gleichzeitigkeitsfaktor, Umschaltzeiten)
- Rechtsgrundlagen (BSN, DIN VDE 0100-710, -718, -560; VStättV, HHR, ...)
- Sicherheitsstromversorgung: Qualitätsstufen
  1. Notstromversorgung mittels Dieselaggregat (NEA)
  2. Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)
  3. Batteriestromversorgung (BSV)

## III.7 SV: Netzstruktur

- Sicherheitsstromversorgung: Qualitätsstufen
  1. Notstromversorgung mittels Dieselaggregat (NEA)
    - Verfügbarkeit < 15 Sekunden
    - Bauliche Anforderungen:
      - Boden undurchlässig gegenüber wassergefährdende Stoffe
      - 10 cm Türschwelle
      - Abgase > gesonderte Leitung direkt ins Freie
      - Raumgröße: 40 m<sup>2</sup> (250 kVA) 70 m<sup>2</sup> (500 kVA)

## III.7 SV: Netzstruktur

- Sicherheitsstromversorgung: Qualitätsstufen
  - 2. Unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)
    - bspw. sicherheitstechnische Anlagen
    - i.d.R. kurze Überbrückungsdauer
  - 3. Batteriestromversorgung (BSV)
    - bspw. Klinik Gruppe 2
    - Überbrückungsdauer > 3 h

## III.7 SV: DIN VDE 0100-710

- stationäre und ambulante medizinisch genutzte Bereiche
- Klassifizierung nach Gefahr für Patienten und med. Personal
  - ✓ Gruppe 0
    - el. Anlage kann abgeschaltet werden, wenn AV entfällt
  - ✓ Gruppe 1 (minimal) invasive Eingriffe
    - el. Anlage kann abgeschaltet werden, bei Auftreten eines ersten Körper- oder Erdschlusses oder Ausfall AV
  - ✓ Gruppe 2 lebenswichtige Zwecke
    - el. Anlage darf bei jedem beliebigen 1.Fehler nicht abgeschaltet werden

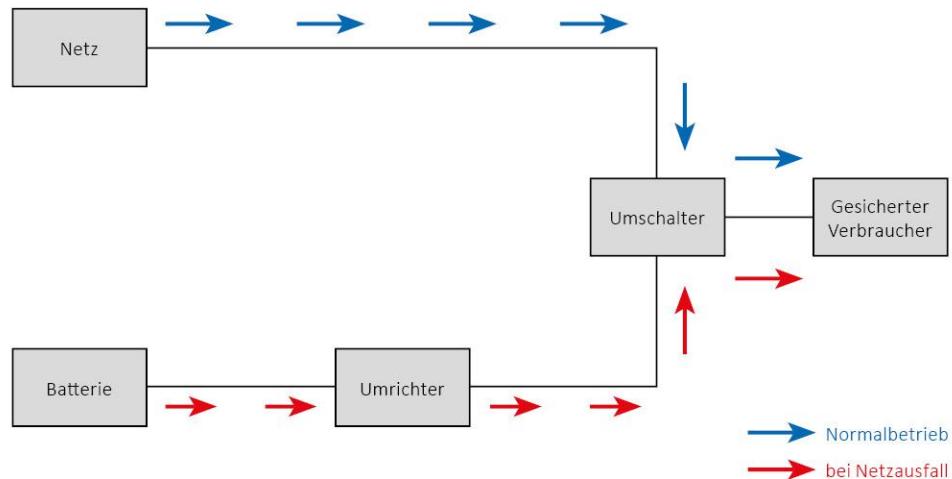
## III.7 SV: DIN VDE 0100-710

- Zweite Stromquelle: Stromversorgung für Sicherheitszwecke (min. 24h)
- ZSV: BSV für OP-Leuchten / ME Geräte mit Umschaltzeit < 0,5 s (min. 3 h)
- ZSV als bevorzugte Einspeisung vom GHV-SV
- Allgemein Stromversorgung und Sicherheitsstromversorgung:  
jeweils eigene Verteiler, nicht verbindlich: getrennte Räume

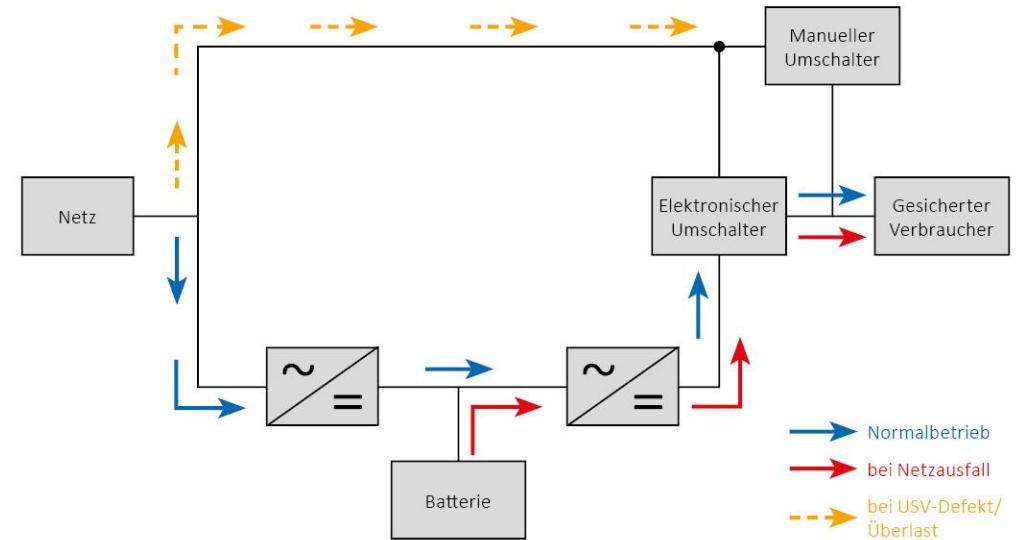
## III.7 SV: Netzstruktur

- USV-Typen: Voltage Frequency Dependent / Independent

Offline: VFD | Line Interactive: VI



Online: VFI



## III.7 SV: Kraftstoffverbrauch NEA: Aufgabe

- spezifischer Kraftstoffverbrauch: 240 g/kWh (50 Hz, 75% Last, 1500 min<sup>-1</sup>)
- $\rho_{\text{Diesel}} = 0,84 \text{ kg/l}$ ; Wirkungsgrad 90 %, Leistungsfaktor = 0,8

- Wie viel  $V_{\text{kVA}}$  in l/h verbraucht ein 100 kW<sub>el</sub> NEA?
- Welches Tankbehältervolumen ist zu wählen (Klinikum, min. 24 h)?

$$P_{\text{mech}} = P_{\text{el}} / \eta$$

$$V_{\text{kVA}} = V_{\text{spez}} \times P_{\text{mech}} / (\rho \times \cos \varphi)$$

$V_{\text{kVA}}$  = Verbrauch des Aggregats in l/h

$V_{\text{spez}}$  = spezifischer Verbrauch des Motors g/kWh

$\rho$  = Dichte in g/l

$\eta$  = Wirkungsgrad Generator in %

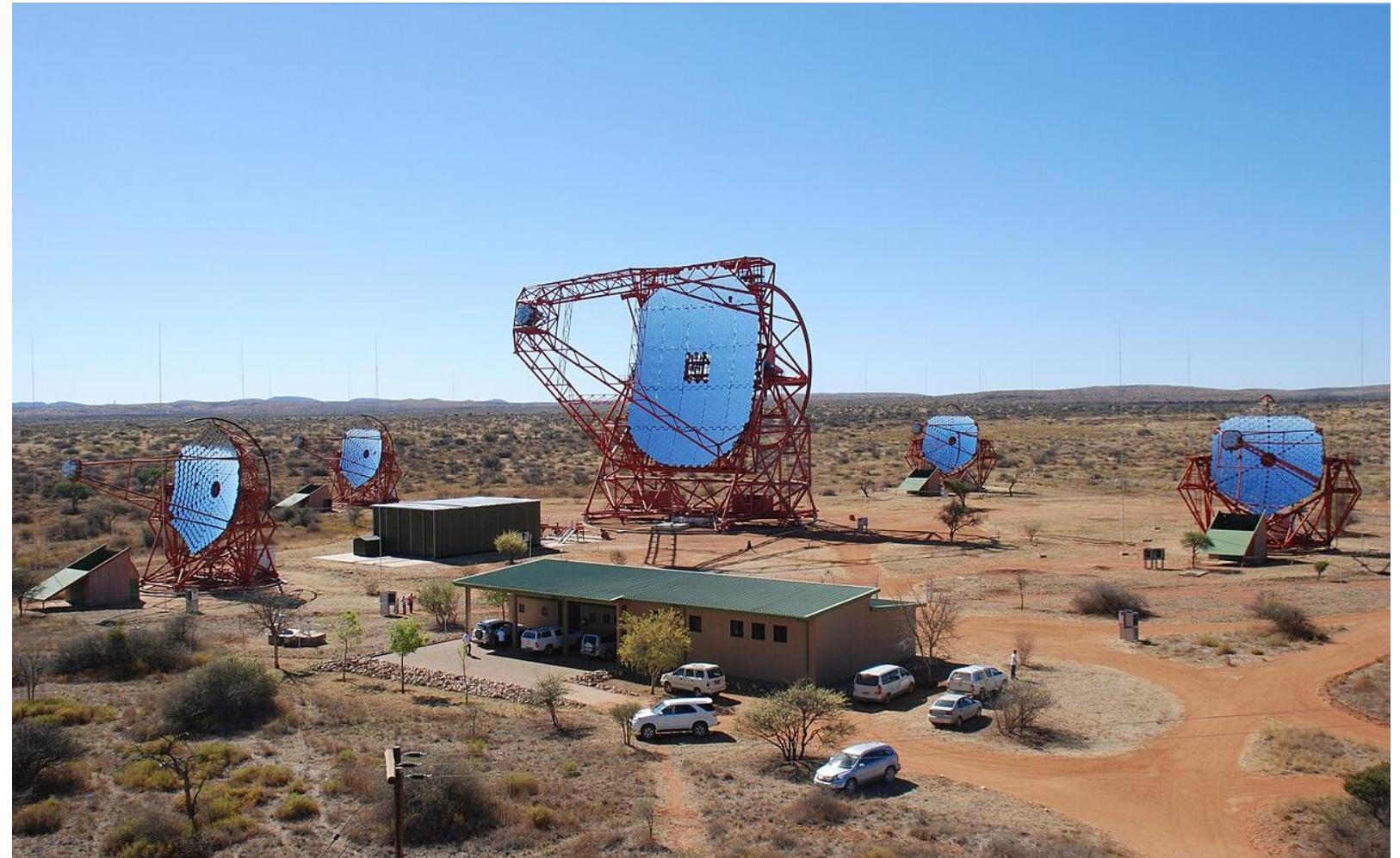
$P_{\text{el}}$  = erforderliche Leistung der Verbraucher in kW

$P_{\text{mech}}$  = Leistung am Schwungrad in kW

# III.7 SV: Kraftstoffverbrauch NEA: Lösung

# III.8 Raumgeometrie

Erlangen  
Centre  
for  
Astroparticle  
Physics

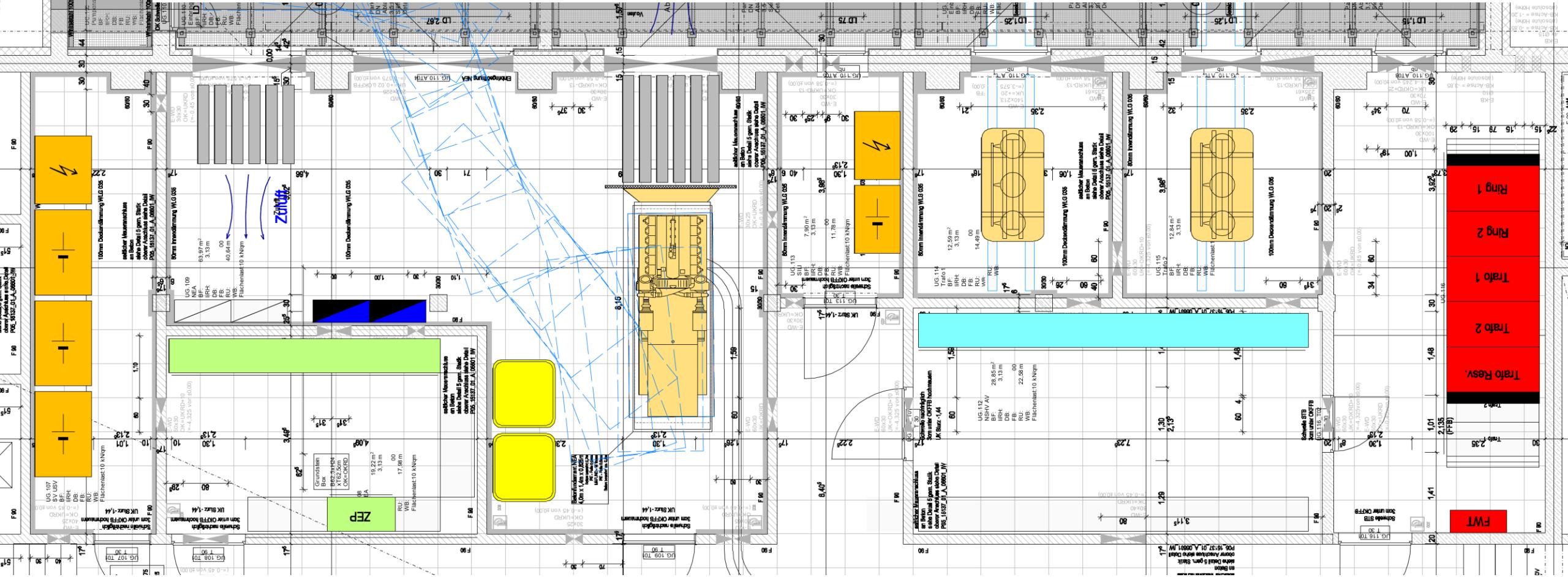


## BayBO Art. 90 → EltBauV

WHG

BImSchG → 26. BImSchV | TA Lärm | TA Luft

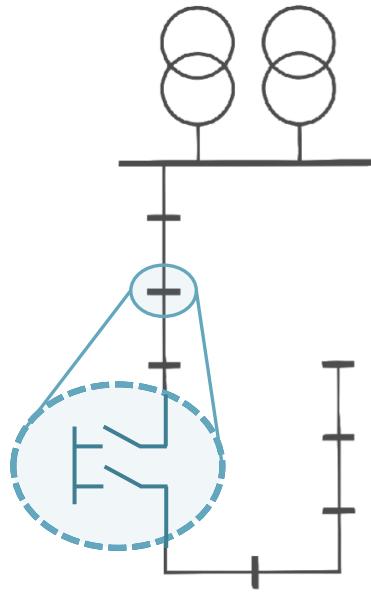
DIN VDE 0101 > 1 kV | 0100 – 410 < 1kV | -420



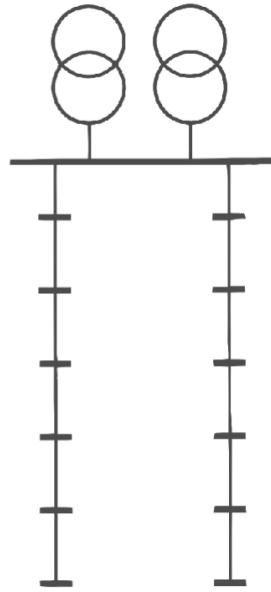
# Kapitel IV

# Verteilnetze

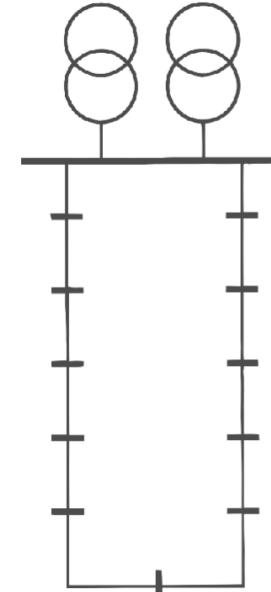
# IV.1 Netzformen



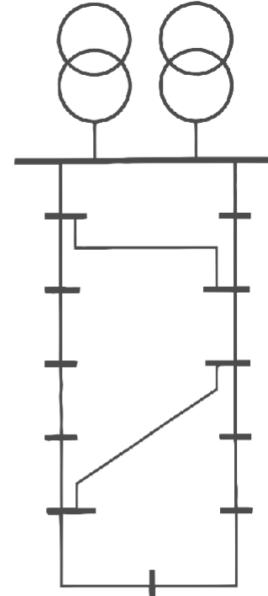
Stich



Strahlen



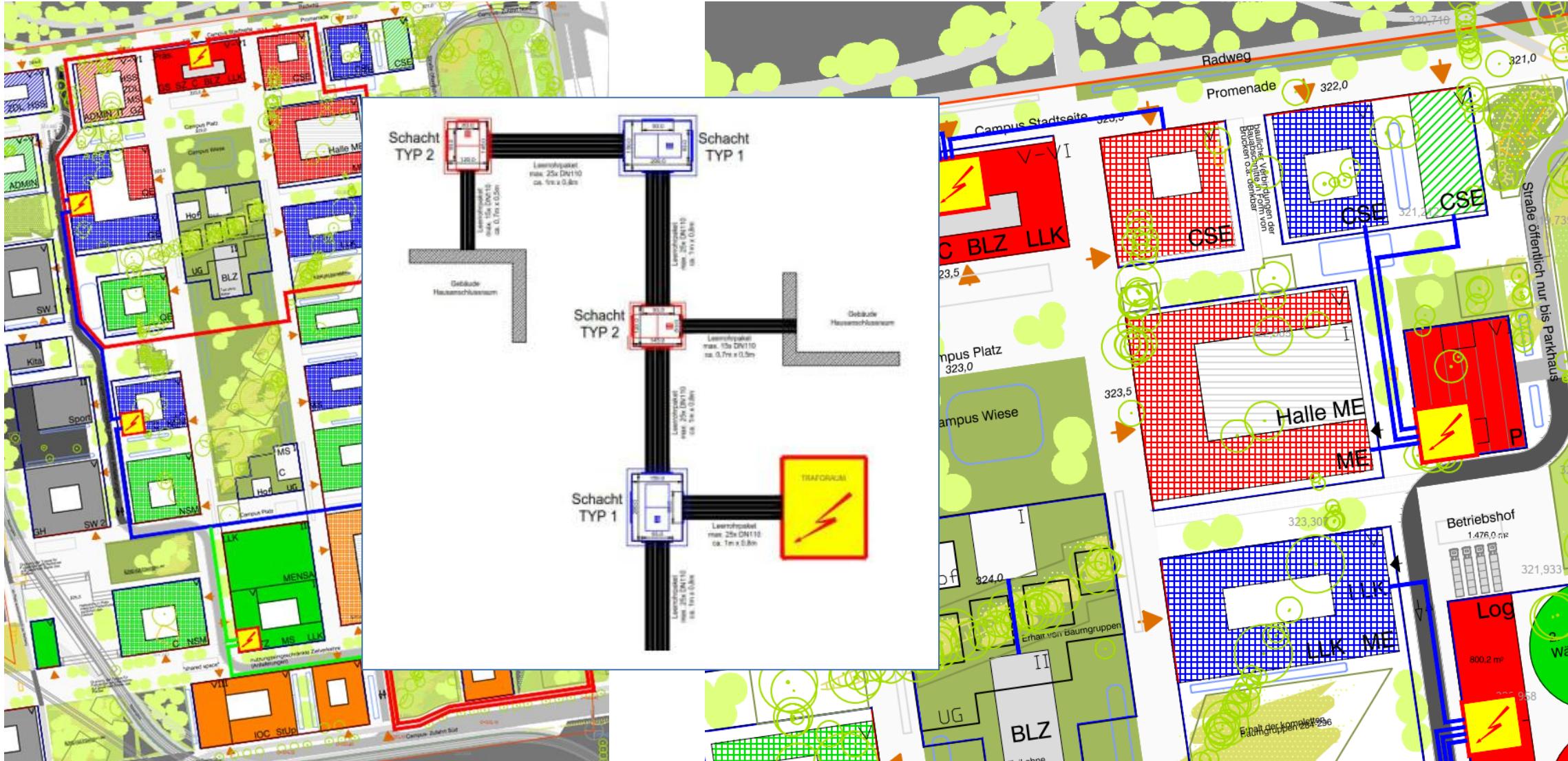
Ring



Maschen

# IV.1 Netzformen: Entscheidungskriterien

	Stich / Strahlen	Ring	Maschen
Versorgungssicherheit			
Flexibilität / Erweiterbarkeit			
Belastbarkeit			<i>Vor- und Nachteile</i>
Wirtschaftlichkeit			
Betriebs- / Schaltaufwand			
Fehlersuche			
Schutzeinrichtungen / Selektivität			



# Kapitel V

# Netzberechnung

# V.1 Dimensionierung Leitungsquerschnitt

- Spannungsfall

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_b \times \cos\varphi}{K \times A \times U_N}$$

Zulässigkeit:

- DIN 18015-1 → 3% Zähler bis zum Verbraucher
- DIN VDE 0100-520 → 4% Hausanschlusskasten bis zum Verbraucher

# V.1 Dimensionierung Leitungsquerschnitt

- Spannungsfall
- Stromstärke

# V.1 Dimensionierung Leitungsquerschnitt

Verlegeart	A1		A2		B1		B2		C	
	Verlegung in Elektro-installationsrohr in einer wärmegedämmten Wand				Verlegung in Elektroinstallationsrohren				Verlegung auf Wand	
Anzahl belasteter Adern	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
Nennquerschnitt in mm <sup>2</sup>										
Belastbarkeit in A										
1,5	15,5	13,5	15,5	13,0	17,5	15,5	16,5	15,0	19,5	17,5
2,5	19,5	18,0	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76

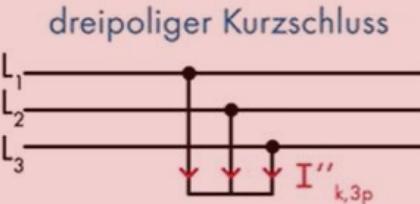
Verlegeart	Beschreibung
A1	Aderleitungen im Elektro-Installationsrohr in einer wärmegedämmten Wand
A2	Mehradriges Kabel oder mehradriges ummantelte Installationsleitung in einem Elektro-Installationsrohr in einer wärmegedämmten Wand
B1	Aderleitungen im Elektro-Installationsrohr auf einer Wand
B2	Mehradriges Kabel oder mehradriges ummantelte Installationsleitung in einem Elektro-Installationsrohr auf einer Wand
C	Ein- oder mehradriges Kabel ummantelte Installationsleitung auf einer Wand
D	Mehradriges Kabel oder mehradriges ummantelte Installationsleitung in einem Elektro-Installationsrohr oder in einem Kabelschacht im Erdboden
E	Mehradriges Kabel oder mehradriges ummantelte Installationsleitung frei in Luft mit Abstand von mindestens 0,3 x Durchmesser d zur Wand
F	Einadriges Kabel oder einadriges ummantelte Installationsleitungen, mit Berührung, frei in Luft mit Abstand von mindestens 1 Durchmesser d zur Wand
G	Einadriges Kabel oder einadriges Installationsleitungen, mit Abstand d, frei in Luft mit Abstand von mindestens 1 x Durchmesser d zur Wand

# V.1 Dimensionierung Leitungsquerschnitt

- Spannungsfall
- Stromstärke
- Betriebsbedingungen und Umgebungstemperatur
- Isolationsmaterial

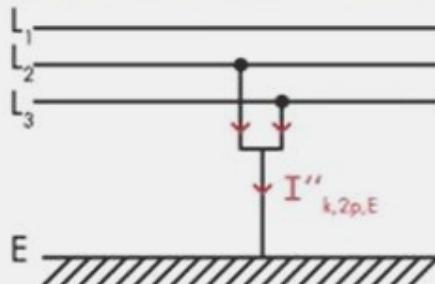
# V.2 Kurzschlussstromberechnung

$$I''_{k,3p} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z}$$

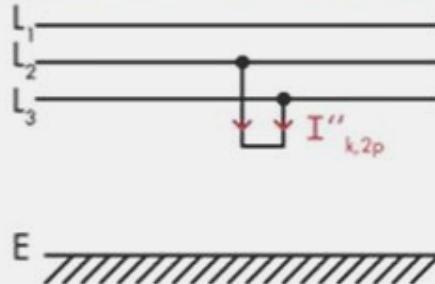


E 

zweipoliger Kurzschluss mit Erdberührung

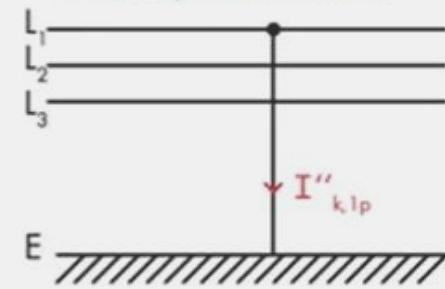


zweipoliger Kurzschluss ohne Erdberührung



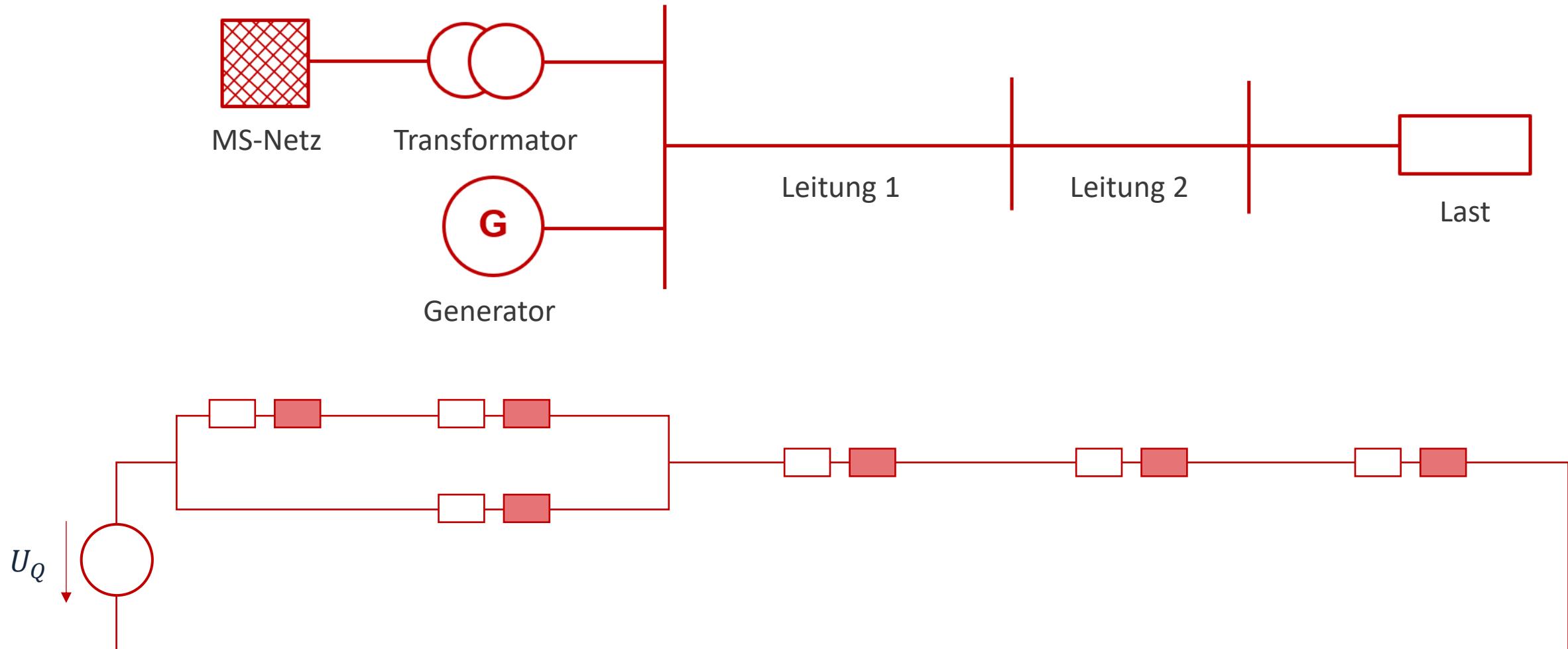
$$I''_{k,2p} = \frac{c * U_n}{\sqrt{2} * Z}$$

einpoliger Kurzschluss

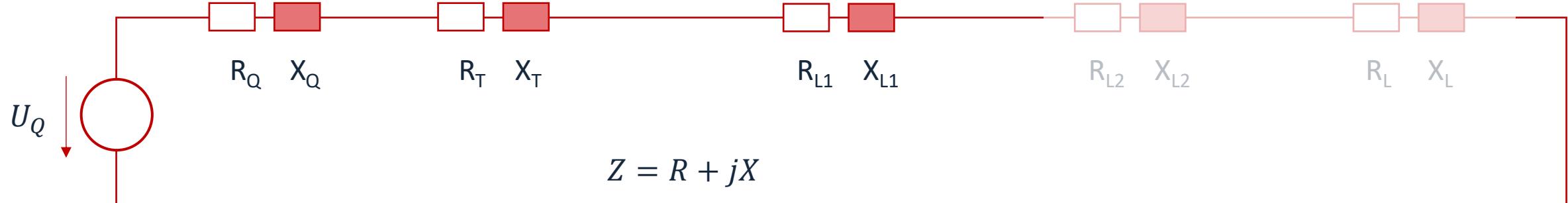
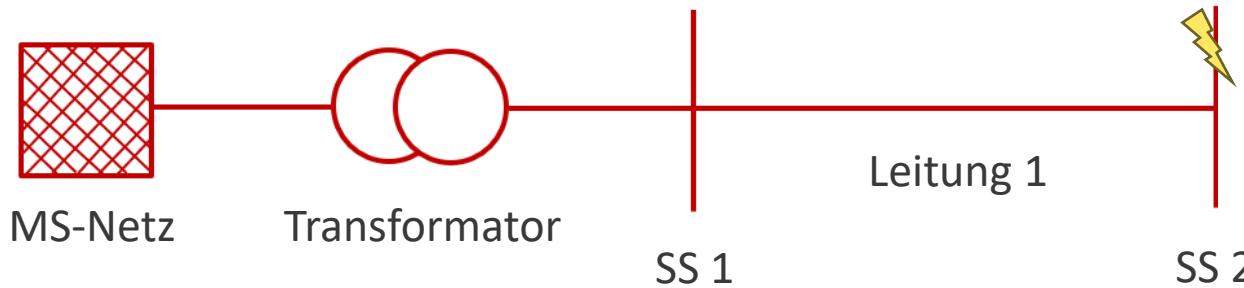


$$I''_{k,1p} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z}$$

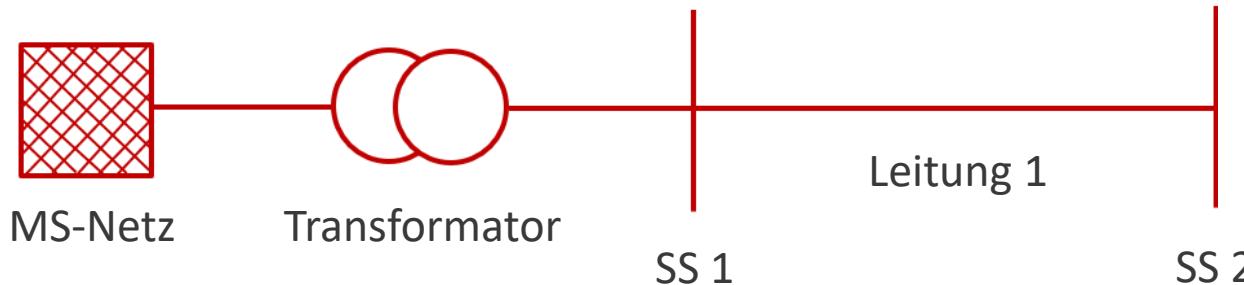
## V.2 Kurzschlussstromberechnung



## V.2 Kurzschlussstromberechnung



# V.2 Kurzschlussstromberechnung



c = Spannungsfaktor  
U<sub>N</sub> = Nennspannung

## V.2 Kurzschlussstromberechnung

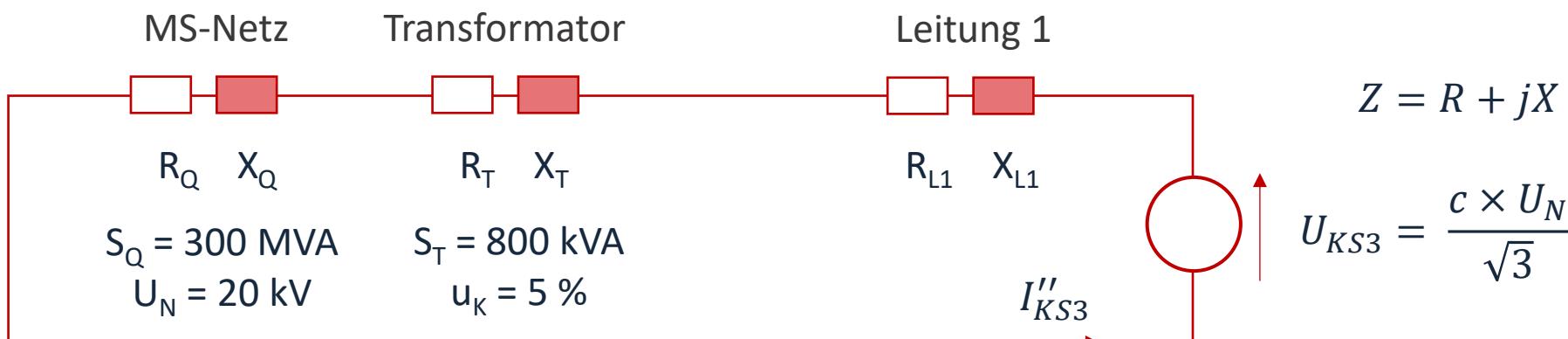
$$U = Z \times I \rightarrow Z = U/I$$

$$Z_Q = c \times U^2 / S =$$

$$P = U \times I \rightarrow I = P/U$$

$$Z_T = c \times U^2 / S =$$

$$Z = U^2 / P = c \times U^2 / S$$



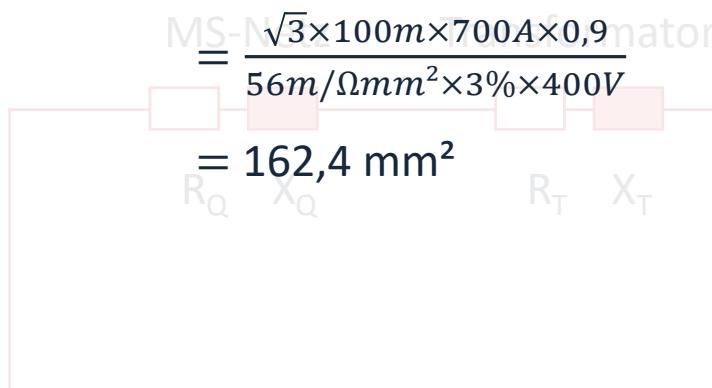
## V.2 Kurzschlussstromberechnung

$$I_{b,max} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \times U_N} = \frac{800kVA}{\sqrt{3} \times 400V} = 1.155 A$$

$$I_{b,f} = 700 A$$

$$\Delta U\% = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_b \times \cos\varphi}{K \times A \times U_N}$$

$$\rightarrow A = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_b \times \cos\varphi}{K \times \Delta U\% \times U_N}$$



$$Z_Q = \frac{c \times U^2}{S} = \frac{1,1 \times 400V^2}{300 \text{ MVA}} = 0,587 \text{ m}\Omega$$

$$Z_T = \frac{c \times U^2}{S} = \frac{0,05 \times 400V^2}{800 \text{ kVA}} = 10 \text{ m}\Omega$$

$$U_{KS3} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3}}$$

## V.2 Kurzschlussstromberechnung

$$I_{b,max} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \times U_N} = \frac{800kVA}{\sqrt{3} \times 400V} = 1.155 A$$

$$R_{L1} = r_{L1} \times L_1 = 0,105 \frac{\Omega}{km} \times 0,1km = 10,5 m\Omega$$

$$I_{b,f} = 700 A$$

$$X_{L1} = x_{L1} \times L_1 = 0,080 \frac{\Omega}{km} \times 0,1km = 8 m\Omega$$

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_b \times \cos\varphi}{K \times A \times U_N}$$

$$Z_{L1} = \sqrt{R_{L1}^2 + X_{L1}^2} = 13,2 m\Omega$$

$$\rightarrow A = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_b \times \cos\varphi}{K \times \Delta U \% \times U_N}$$

$$MS-N = \frac{\sqrt{3} \times 100m \times 700A \times 0,9}{56m/\Omega mm^2 \times 3\% \times 400V}$$

$$= 162,4 \text{ mm}^2$$

R<sub>Q</sub>

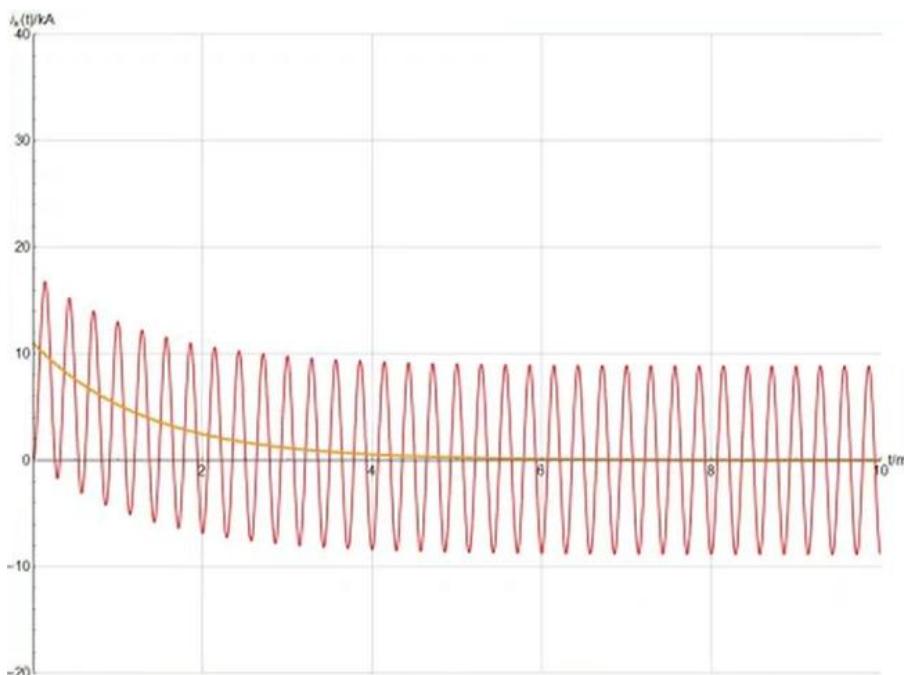
X<sub>Q</sub> R<sub>T</sub> X<sub>T</sub>

Nennquerschnitt S mm <sup>2</sup>	Resistanzbeläge R'_L in Ω/km bei der Leitertemperatur 20 °C		Nennquerschnitt S mm <sup>2</sup>	Reaktanzbeläge X'_L in Ω/km				
	Kupfer	Aluminium		Vierleiterkabel N(A)YY	Vierleiterkabel mit Schirm N(A)YCWWY	Dreieinhalb-leiterkabel N(A)KBA	Dreieinhalb-leiterkabel mit Aluminiummantel N(A) KLEY	Dreileiter-kabel mit Schirm N(A) YCWY
4	4,560	-	4	0,107	-	-	-	0,100
6	3,030	-	6	0,100	-	-	-	0,094
10	1,810	-	10	0,094	-	-	-	0,088
16	1,141	1,891	16	0,090	0,099	-	-	0,083
25	0,724	1,201	25	0,086	0,094	0,092	-	0,080
35	0,526	0,876	35	0,083	0,092	0,090	-	0,077
50	0,389	0,642	50	0,083	0,090	0,087	0,071	0,077
70	0,271	0,444	70	0,082	0,087	0,085	0,069	0,074
95	0,197	0,321	95	0,082	0,086	0,084	0,068	0,074
120	0,157	0,255	120	0,080	0,085	0,083	0,067	0,072
150	0,129 <sup>1)</sup>	0,208	150	0,080	0,086	0,084	0,068	0,072
185	0,105 <sup>1)</sup>	0,167	185	0,080	0,085	0,083	0,067	0,072
240	0,083 <sup>2)</sup>	0,131	240	0,079	0,084	0,082	0,066	0,072
300	0,069 <sup>2)</sup>	0,107	300	0,079	0,084	0,082	-	0,072

## V.2 Kurzschlussstromberechnung

$$Z_{KS} = (0,587 + 10 + 13,2) \text{ m}\Omega = 23,8 \text{ m}\Omega$$

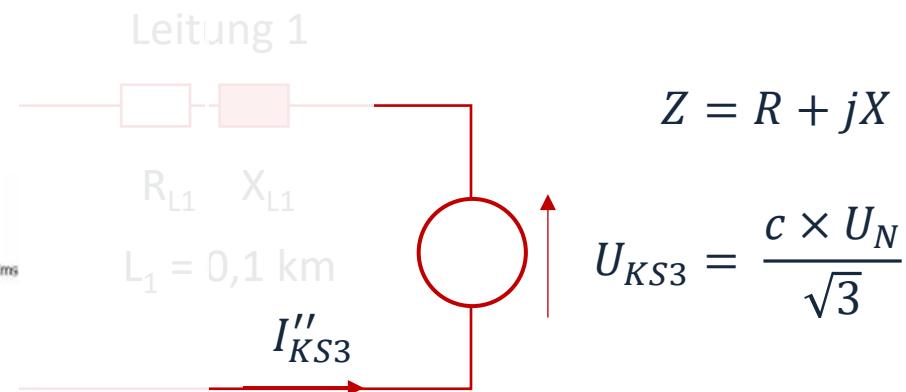
$$I''_{KS3} = \frac{c \times U_N}{\sqrt{3} \times Z_{KS}} = \frac{1,1 \times 400V}{\sqrt{3} \times 23,8 \text{ m}\Omega} = 19,2 \text{ kA}$$



$$Z_Q = \frac{c \times U^2}{S} = \frac{1,1 \times 400V^2}{300 \text{ MVA}} = 0,587 \text{ m}\Omega$$

$$Z_T = \frac{c \times U^2}{S} = \frac{0,05 \times 400V^2}{800 \text{ kVA}} = 10 \text{ m}\Omega$$

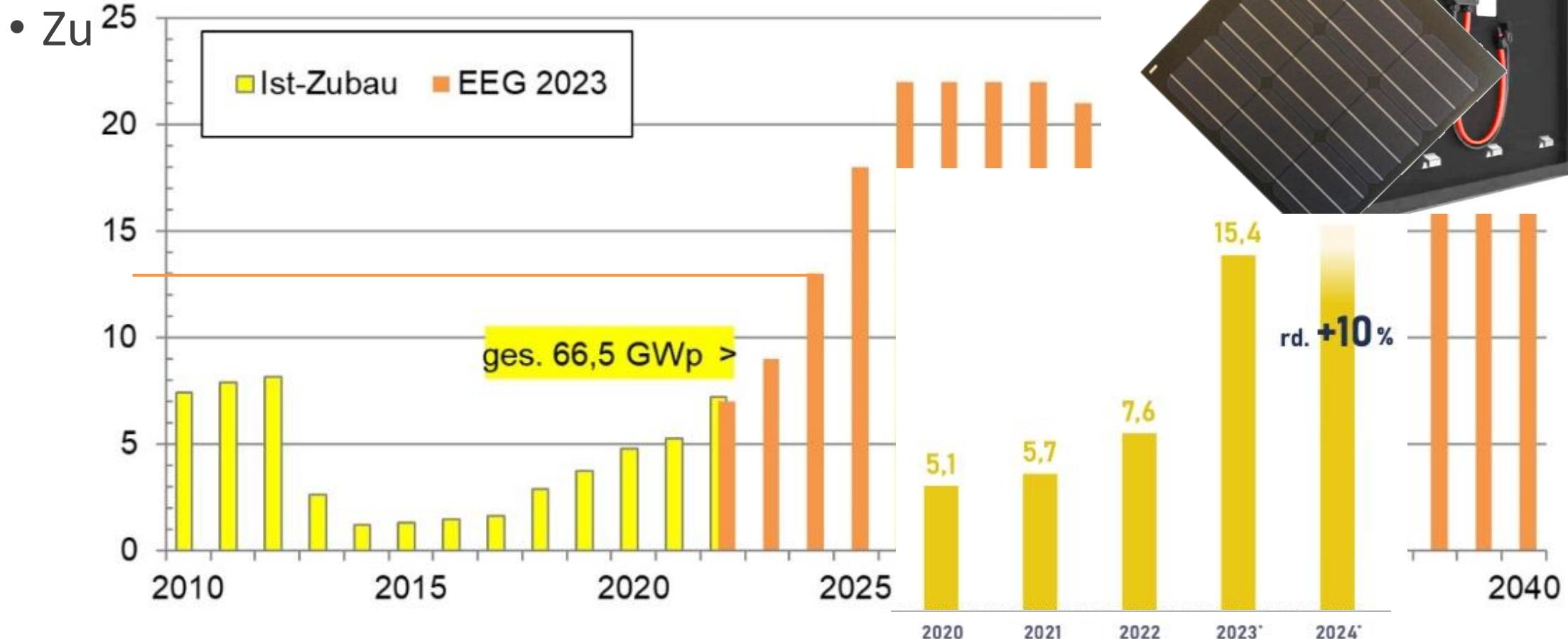
$$Z_{L1} = \sqrt{R_{L1}^2 + X_{L1}^2} = 13,2 \text{ m}\Omega$$



# Kapitel VI

# PV und Elektromobilität

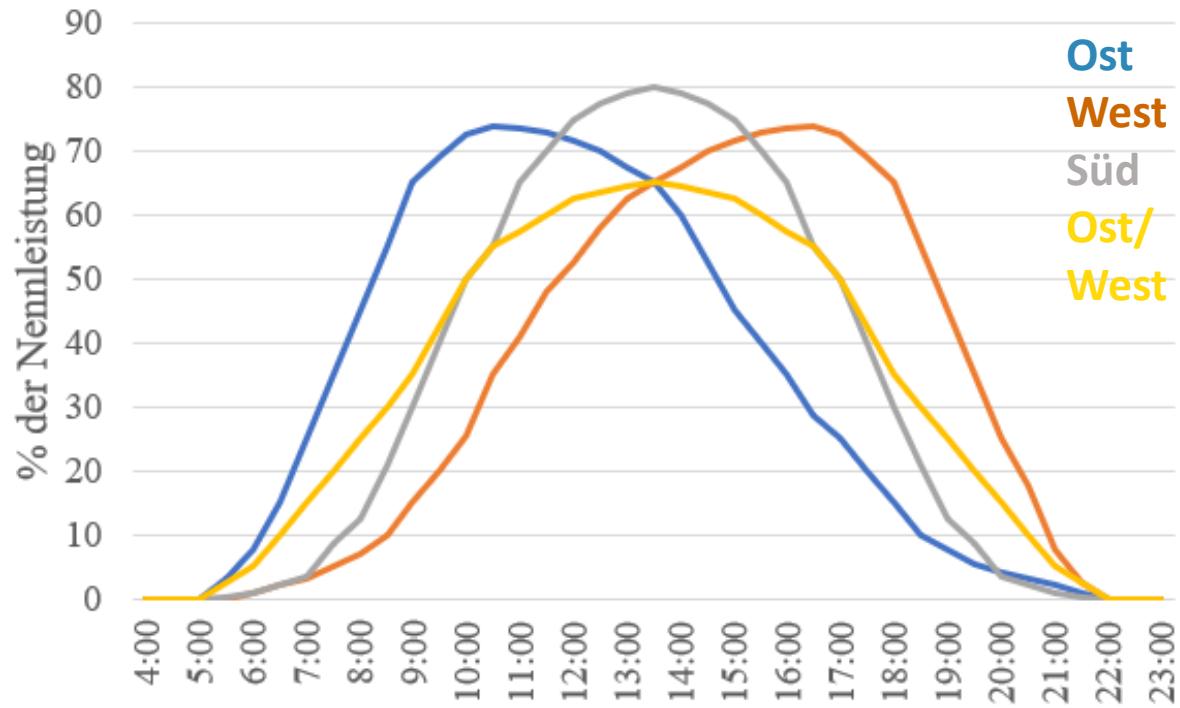
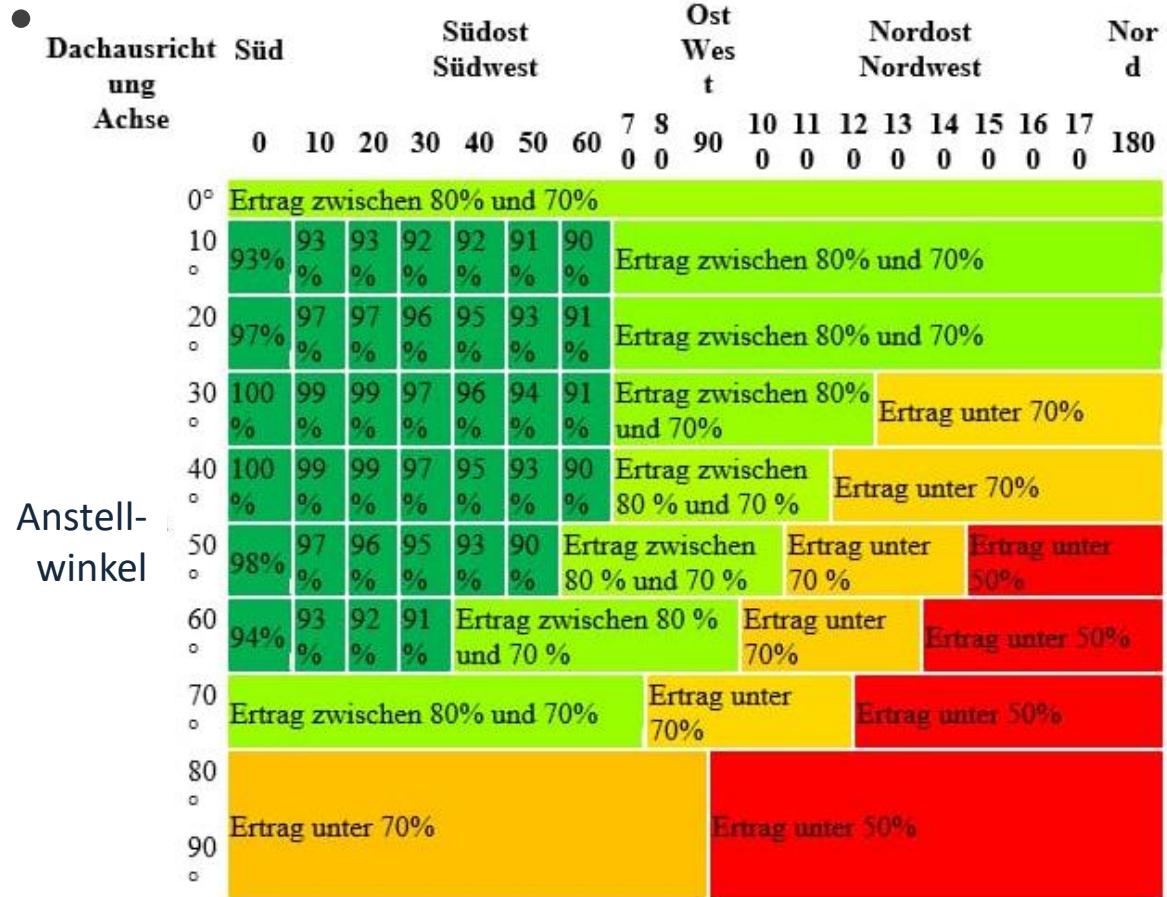
# VI.1 Photovoltaik



## VI.1 Photovoltaik

- Bayern: 1.000 – 1.200 kWh / m<sup>2</sup>
- Flächenbedarf: 8 m<sup>2</sup> pro kWp
- **Baukosten pro kWp: 2.000 € (brutto)**
- Amortisation Dachanlage: 10-15 Jahre
- Standard-Modul: ca. 1,1 x 1,6 x 1,8 m
- Leistung: 380 bis 450 Wp
- **Ertrag: 1.000 kWh / kWp**
- CO<sub>2</sub>-Ersparnis: 690 g<sub>CO<sub>2</sub></sub> / kWh
- Max. Modulgröße für Dächer: < 2 m<sup>2</sup> (Perspektive: < 3 m<sup>2</sup>)

# VI.1 Photovoltaik



# VI.1 Photovoltaik

- Anmeldung Netzbetreiber → VDE-AR-N 4105 / 4110
- Statik: Standsicherheit
- Brandschutz
- Abstimmung örtl. Feuerwehr
- Neuerungen EEG 2023 und EnfG 2022
- Lebensdauer und Recycling
- DIN VDE 0100-712
- Bypassdiode, Leistungsoptimierer

# VI.1 Photovoltaik: Ausschreibung

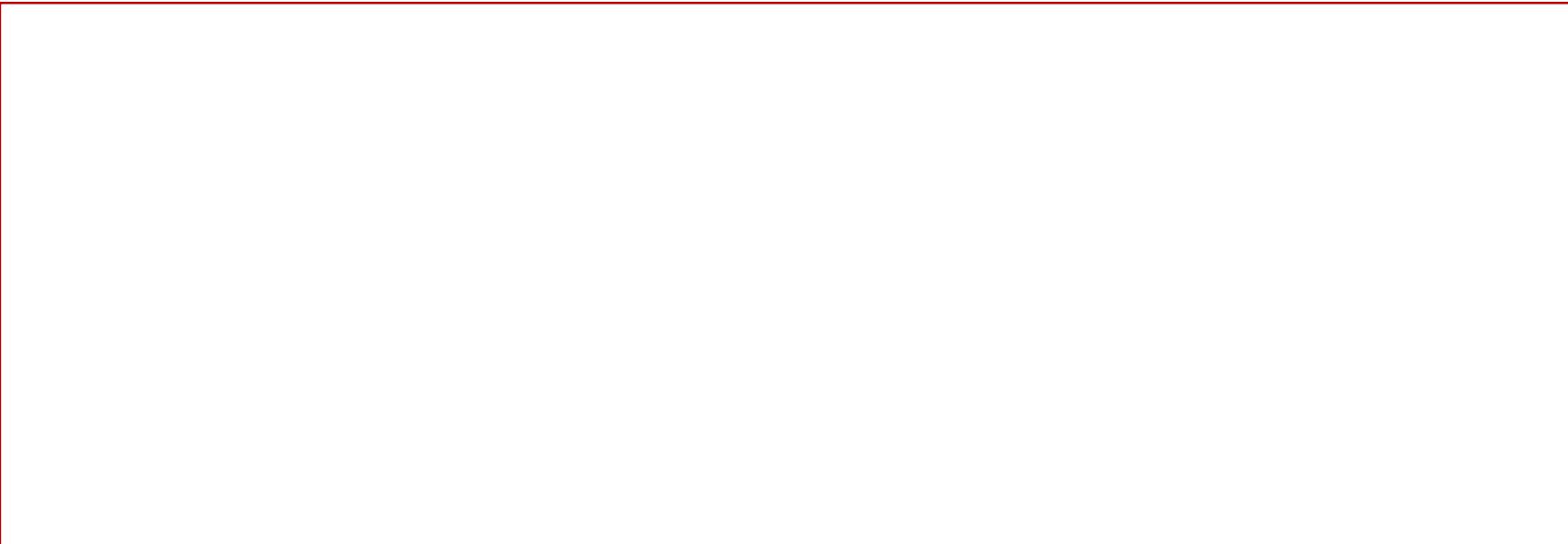
- Leistungen ohne besondere Vergütung: IBN, Dokumentation
- Bauseitige Leistungen: Blitzschutz, Leitungseinführung
- Module: > 400 Wp, Monokristallin, Wirkungsgrad: > 21 %, Produkt- / Leistungsgarantie (12 / 25 Jahre), VDE und CE- Zertifizierung
- Mindestabstand zu RWAs
- WR: Nennleistung, Trafолос zur Konvertierung DC in AC mit sinusförmigem Ausgangstrom und 3-phasiger Netzeinspeisung, Wirkungsgrad: > 98%
- Datenlogger, Mod-Bus Schnittstelle für dynamischen Leistungsregelung über

## VI.1 Photovoltaik: Aufgabe

- Neubau Mensa: 2.000 qm Dachgeschossfläche (40x50 m), 3 geschossig (15 m)
  - 1) Welche Arten von PV Anlagen können relevant sein?
  - 2) Wie viel kWp sind erreichbar?
  - 3) Welche Ausrichtung ist jeweils zu bevorzugen?
  - 4) Von welchen Gesamtkosten ist überschlägig auszugehen?
  - 5) Wie viele kWh Ertrag sind zu erwarten?
  - 6) Welche CO<sub>2</sub> Einsparung ist pro Jahr zu erwarten?

# VI.1 Photovoltaik: Lösung

- Neubau Mensa: 2.000 qm Dachgeschossfläche (40x50 m), 3 geschossig (12 m)



# VI.2 Elektromobilität

	Energie [kWh/100km]
Batterie	18
Brennstoffzelle	54
Benzin	65
eFuels	115

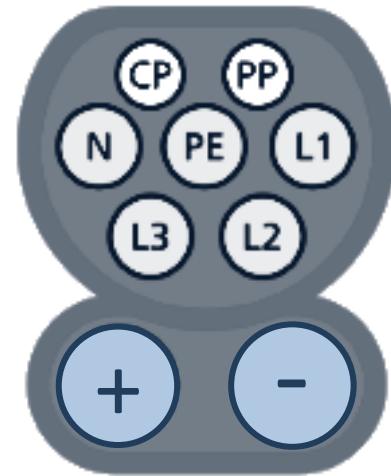
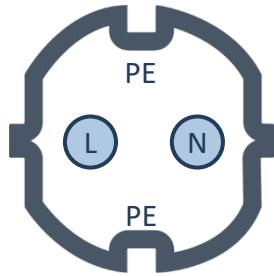
## VI.2 Elektromobilität

- Planungsschritte Ladeinfrastruktur

1. Bedarfsermittlung
2. Standortwahl
3. Prüfung Bestandsinstallationen
4. Fördermöglichkeiten
5. Technische Planung und Realisierung

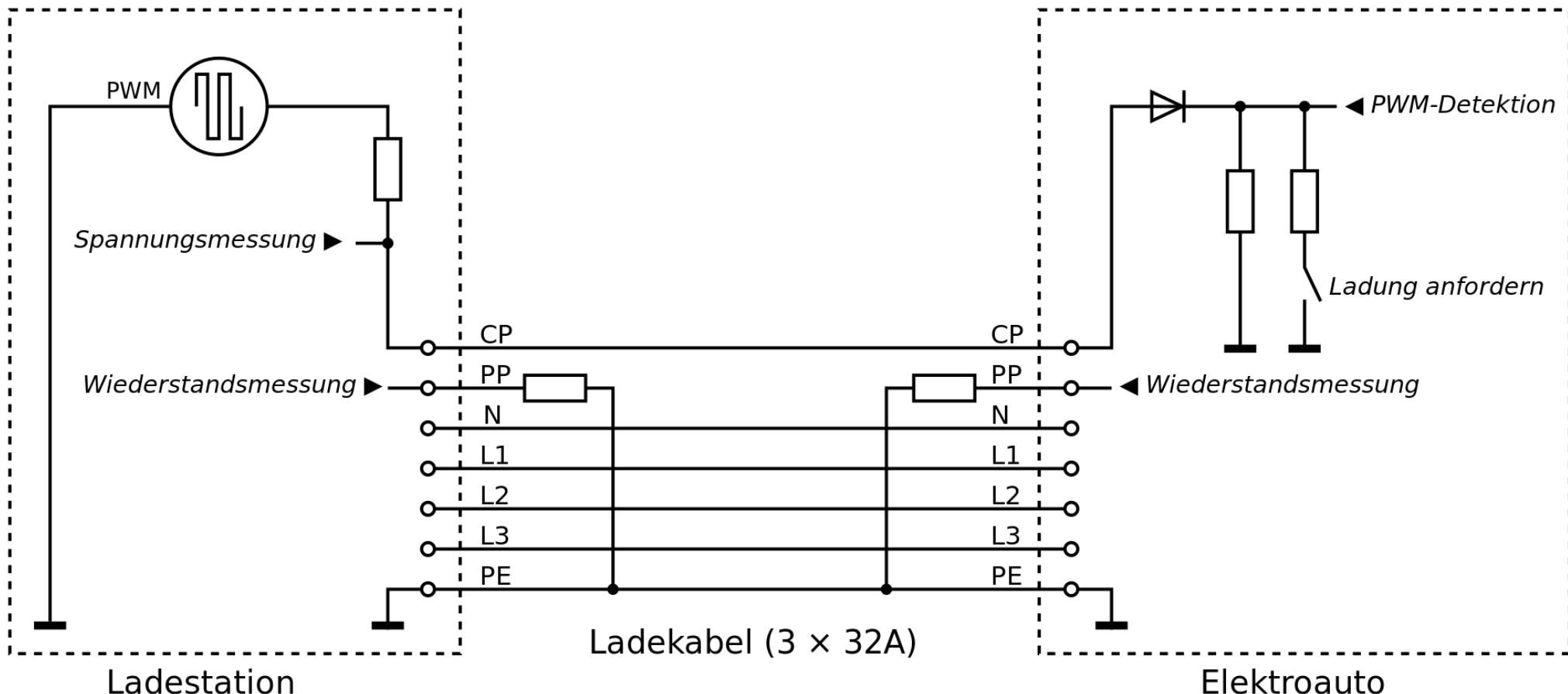
# VI.2 Elektromobilität

- Steckertypen



Schuko	Typ 2	Combined Charging System
1-phasig, AC max. 3,7 kW Typ CEE 7/3	1- / 3-phasig, AC max. 43,5 kW Norm EN 62196 Typ 2	5-phasig, DC max. 350 kW Norm IEC 62196

# VI.2 Elektromobilität



# VI.2 Elektromobilität

- Ladepunkttypen

	Ladeleistung [kW]	Dauer [h]
SKS	~ 2,3	~ 8 - 14
Wallbox	~ 3,6 - 11	~ 4 - 6
Ladesäule	~ 11 - 22	~ 2 - 4
DC-Hochleistungsladen	~ 50 - 350	~ 0,2 - 1

# VI.2 Elektromobilität

WG = Wohngebäude  
 NWG = Nichtwohngebäude  
 NB/SAN = Neubau / Sanierung

- Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz ([GEIG](#)), Novelle 2026

	Stellpl.	Leitungsinfrastr. & Vorverkabel.	LP
NB/SAN, WG	> 3	100 % L-Infrastruktur 50 % Vorverkabelung	1 LP bei NB
NB/SAN, NWG	> 5	100 % L-Infrastruktur 50 % Vorverkabelung	20 % LP Büro: 50 % LP
Bestand, NWG	> 20	bis 1.1.27 50 % L-Infrastruktur bis 1.1.33 50 % Vorverkabelung	bis 1.1.25 <u>≥ 1 LP</u> bis 1.1.27 10 % LP

## VI.2 Elektromobilität

- Stellplatz / LP Schlüssel gem. StMB(12/2024)\*

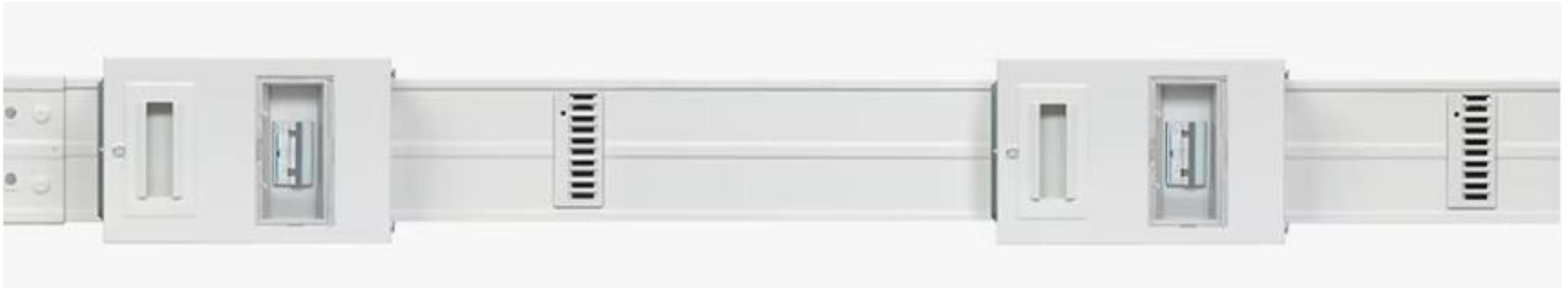
Stellplätze	1	2-5	6-9	>10
Privat LP	1	2	3	30%
Dienst LP	1		50%	

- Leitungsinfrastruktur für 60 % der Stellplätze; jeder LP = 11 kW
- Rechnerische Anschlussleistung je LP = 3,7 kW

\* Technische Empfehlungen für den Bau von Ladesäulen bei staatlichen Neubau- und Sanierungsmaßnahmen

## VI.2 Elektromobilität

- Bsp: Stromschiensystem in Parkhäusern



## VI.2 Elektromobilität: Aufgabe

- Abschätzung der erforderlichen Anschlussleistung eines neu zu errichtenden Parkhauses mit 200 Privat-Stellplätzen in kW

### Hilfestellungen:

1. Anzahl an LP, die gem. Techn.Empf. direkt zu errichten sind?
2. Leitungsinfrastruktur für wie viele zusätzliche Stellplätze vorzurüsten?
3. Anschlussleistung je LP für die Leistungsbilanz, inkl. Lademanagement?
4. Gesamtanschlussleistung, inkl. Lademanagement?
5. Auswahl geeigneter Transformator?

## VI.2 Elektromobilität: Lösung

- Abschätzung der erforderlichen Anschlussleistung eines neu zu errichtenden Parkhauses mit 200 Privat-Stellplätzen in kW

# Kapitel VII

# Schwachstromnetze

# VII.1 Daten: Strukturierte Verkabelung (DIN EN 50173)

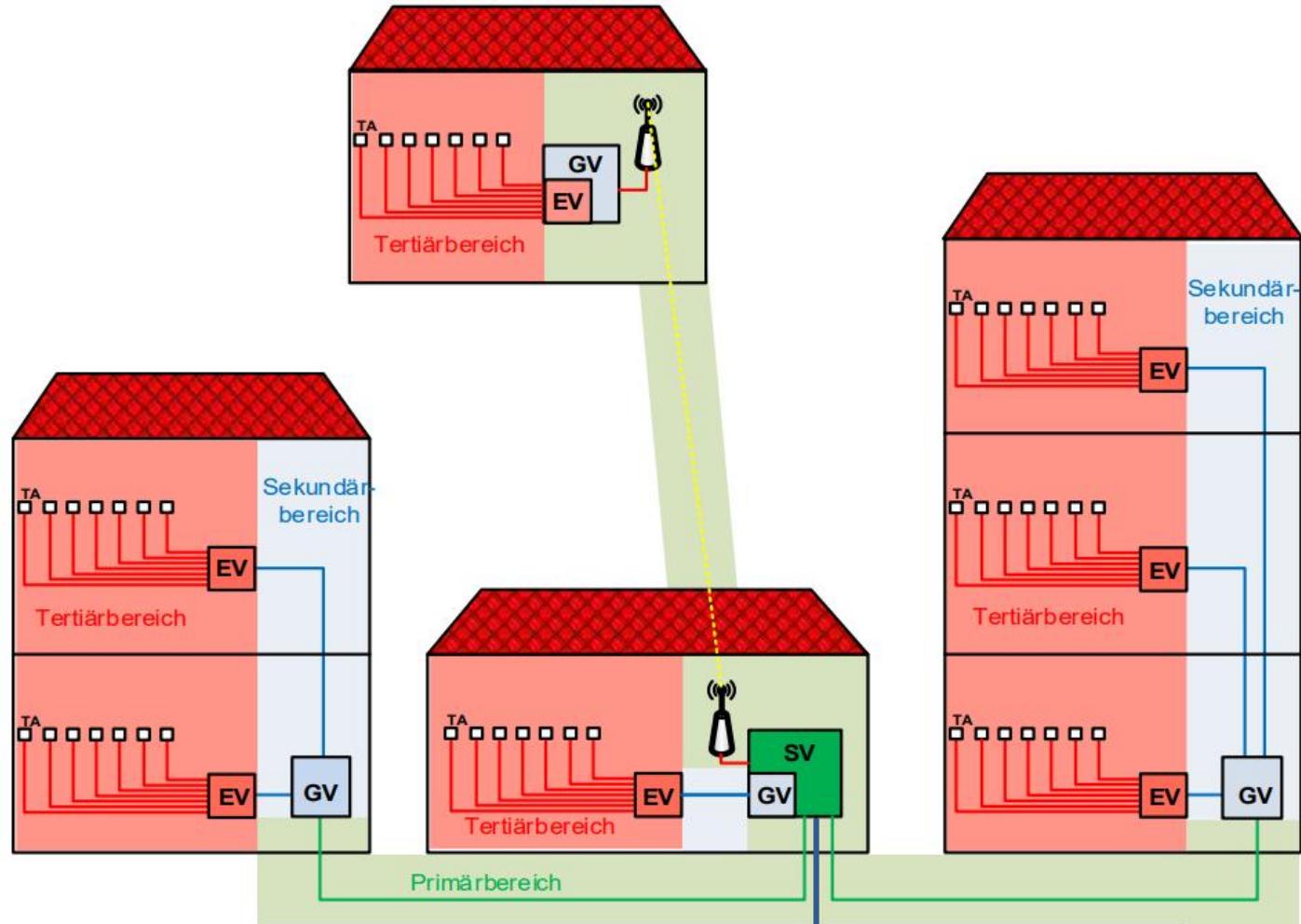
- Primär-
- Sekundär-
- Tertiär-

Legende:

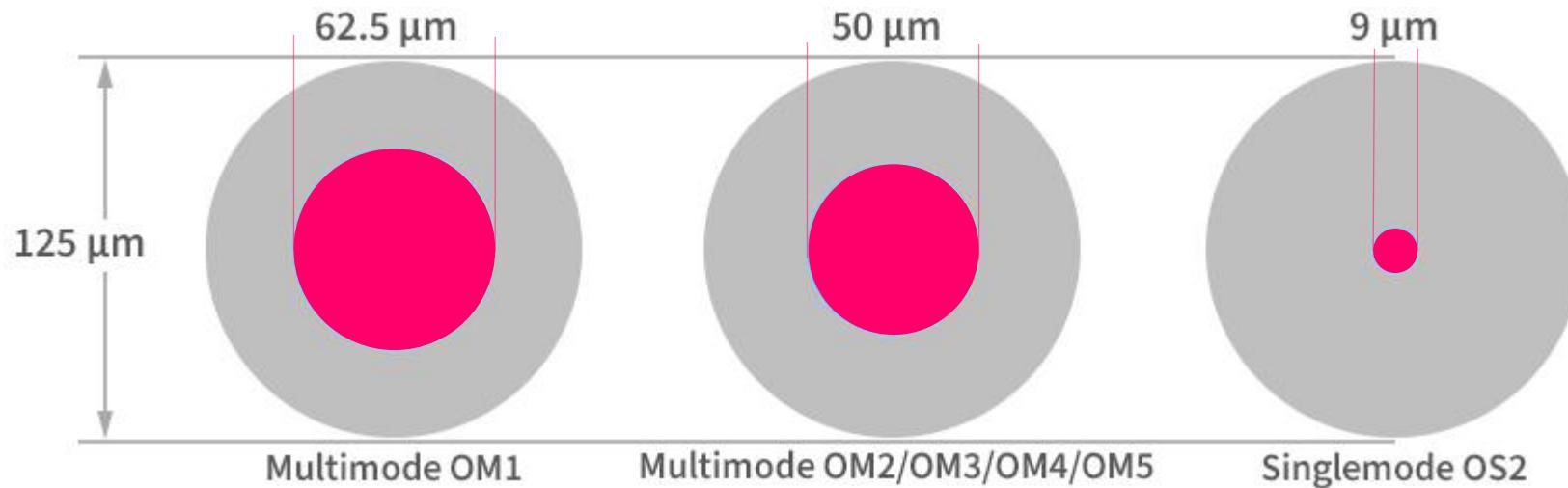
**SV:** Standort-Verteiler

**GV:** Gebäude-

**EV:** Etagen-



## VII.1 Daten: LWL



# VII.1 Daten: LWL

- Dämpfungsverluste



Dämpfungstyp	Dämpfung	Bsp.	
Stecker	0,2 dB	4	0,8 dB
Spleiß	0,1 dB	2	0,2 dB
Faser / Anschlusskabel	2,3 dB/km	1.000 m	2,3 dB
			3,3 dB

Kategorie / Dämpfungsbudget OM3, 1 Gbit, 850 nm : 3,56 dB

# VII.1 Daten: LWL Netzstruktur

- Multirohrverband



1 Rohr  
12 Fasern



24 Rohre  
432 Fasern

# VII.1 Daten: Strukturierte Verkabelung (DIN EN 50173)

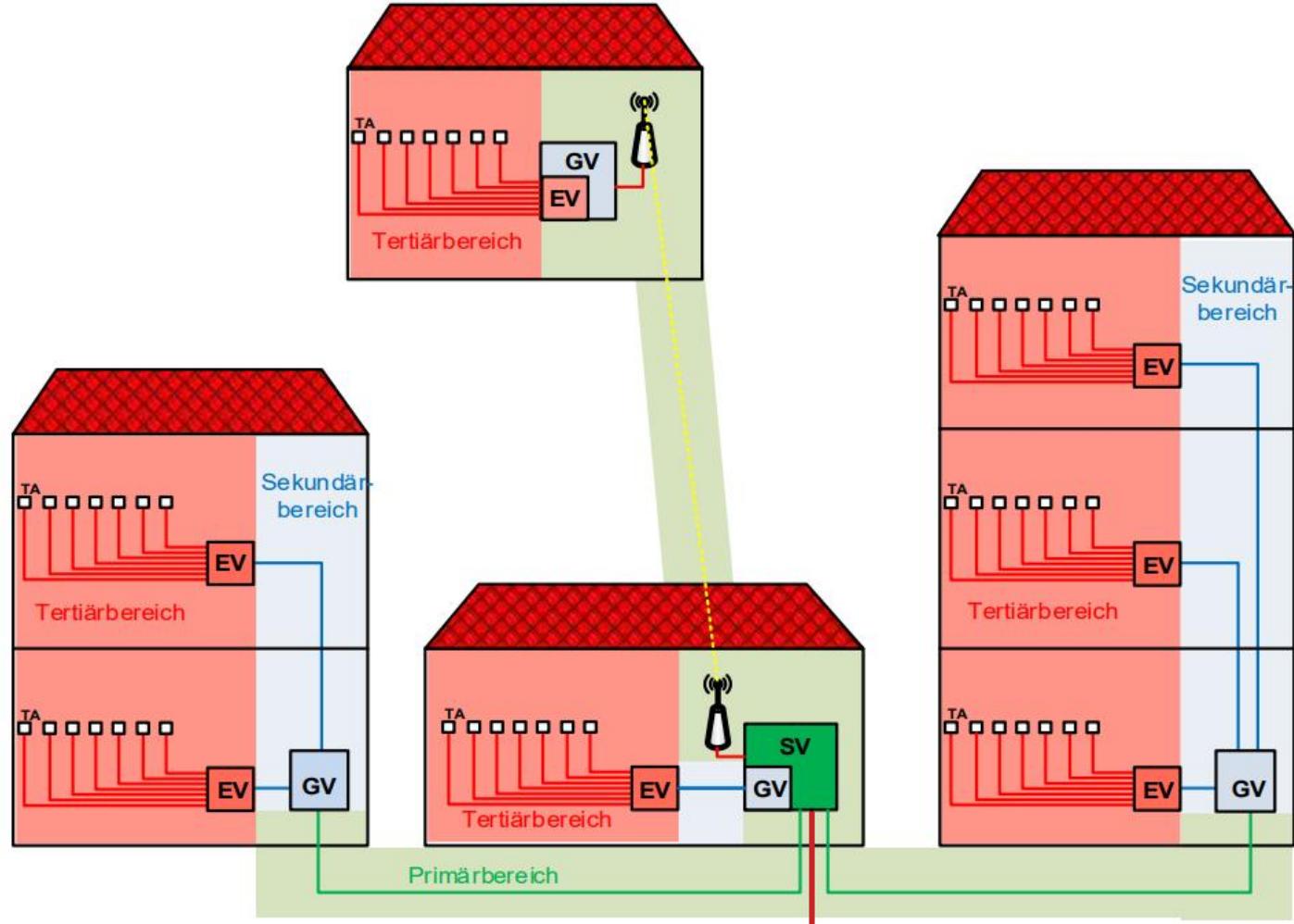
- Primär-
- Sekundär-
- **Tertiär-**

Legende:

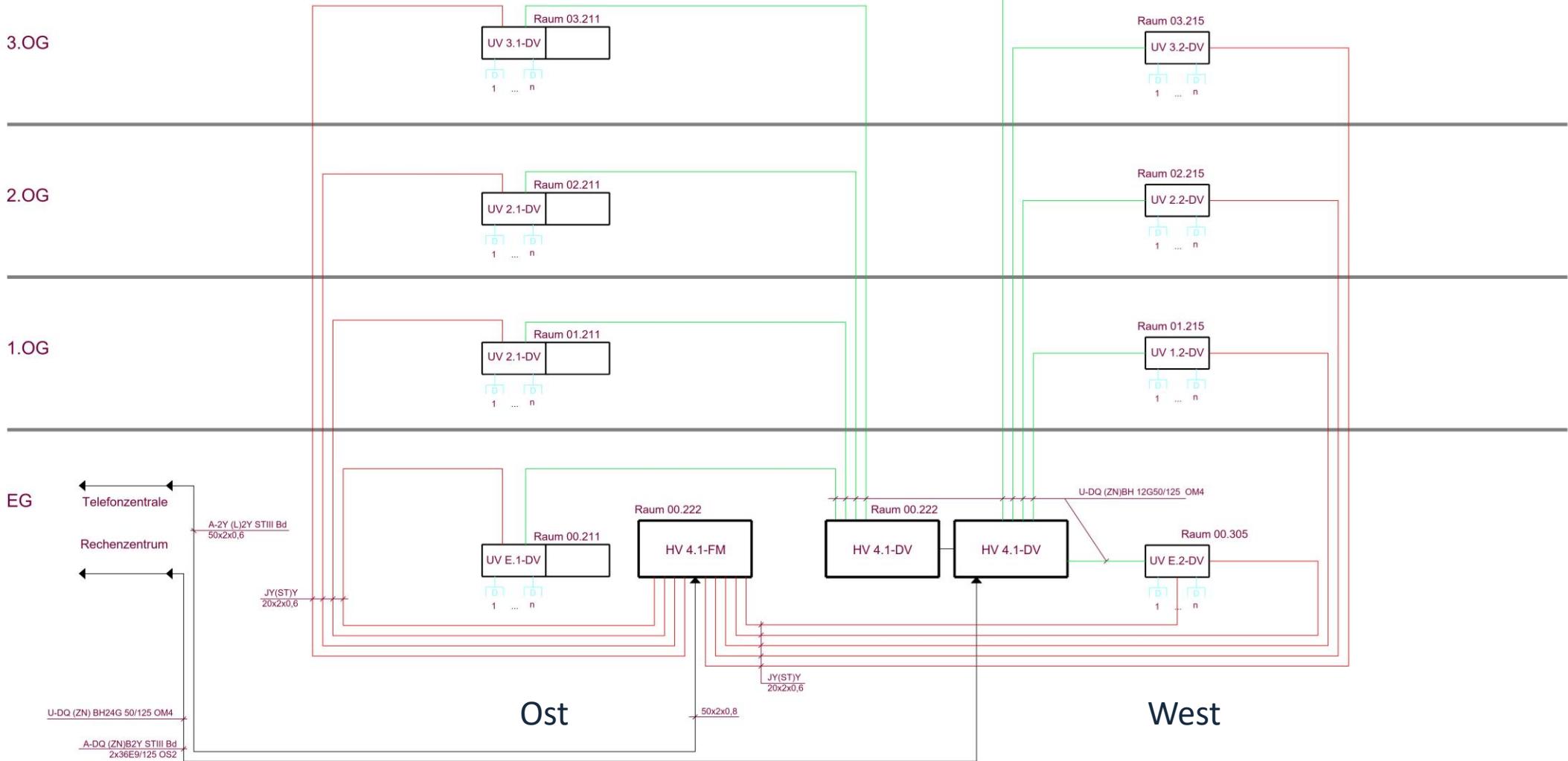
SV: Standort-Verteiler

GV: Gebäude-

EV: Etagen-

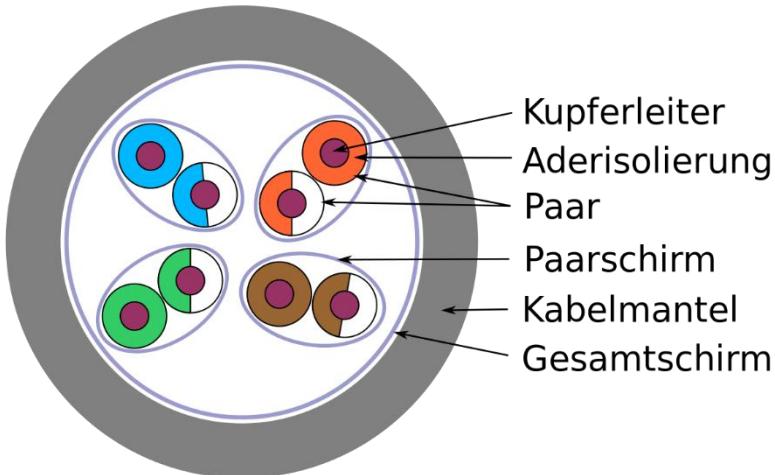


# VII.1 Daten: Datenverteiler



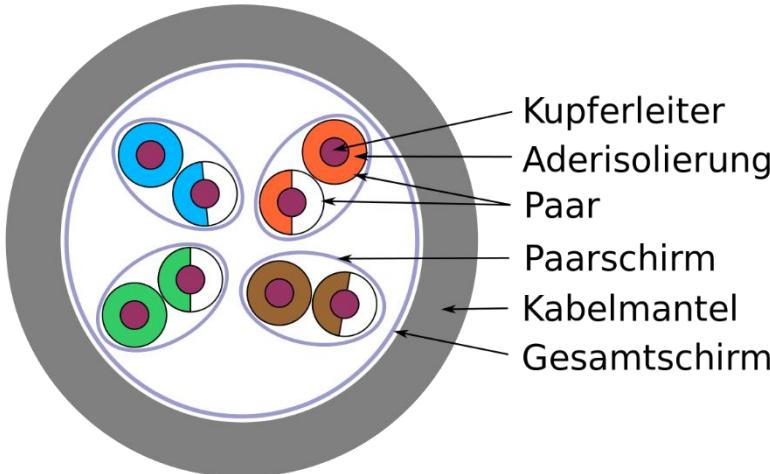
# VII.1 Daten: Netzstruktur Tertiärbereich

- Twisted Pair



# VII.1 Daten: Netzstruktur Tertiärbereich

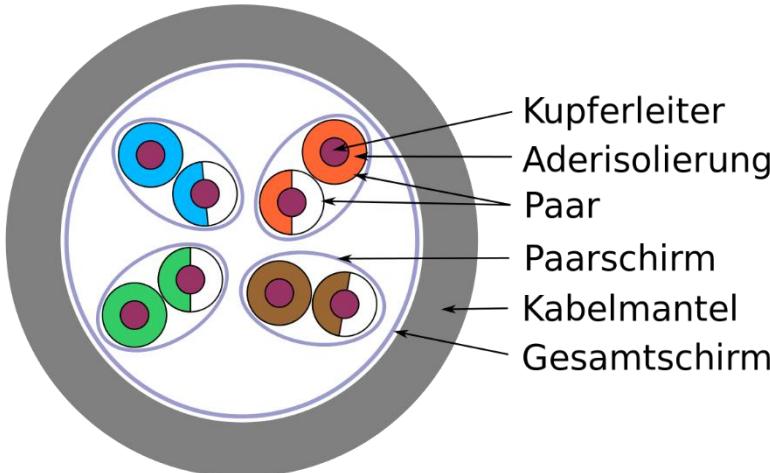
- Twisted Pair



Kategorie	Frequenz in MHz	Datenrate Mbit/s
5	bis 100	100
6	bis 250	1.000
6A	bis 500	10.000

# VII.1 Daten: Netzstruktur Tertiärbereich

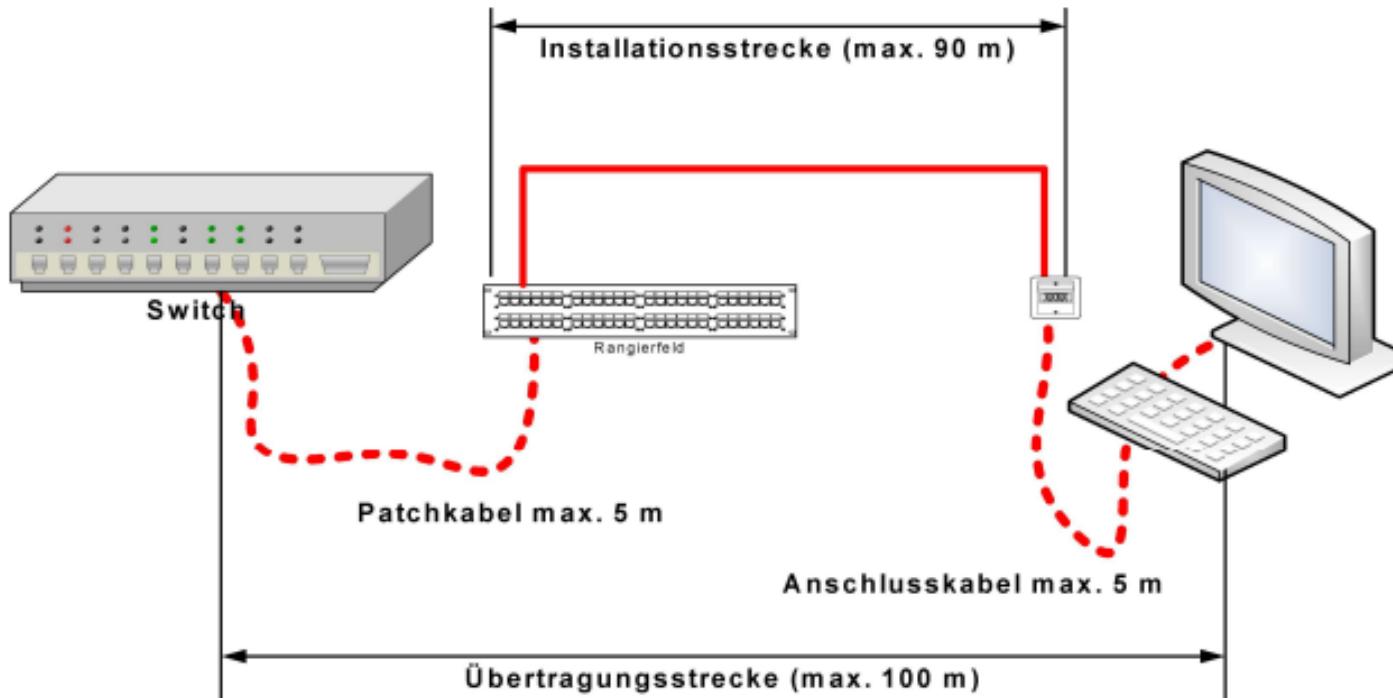
- Twisted Pair



Kategorie	Frequenz in MHz	Datenrate Mbit/s
5	bis 100	100
6	bis 250	1.000
6A	bis 500	10.000
7	bis 600	10.000
7A	bis 1.000	10.000
8	bis 2.000	40.000

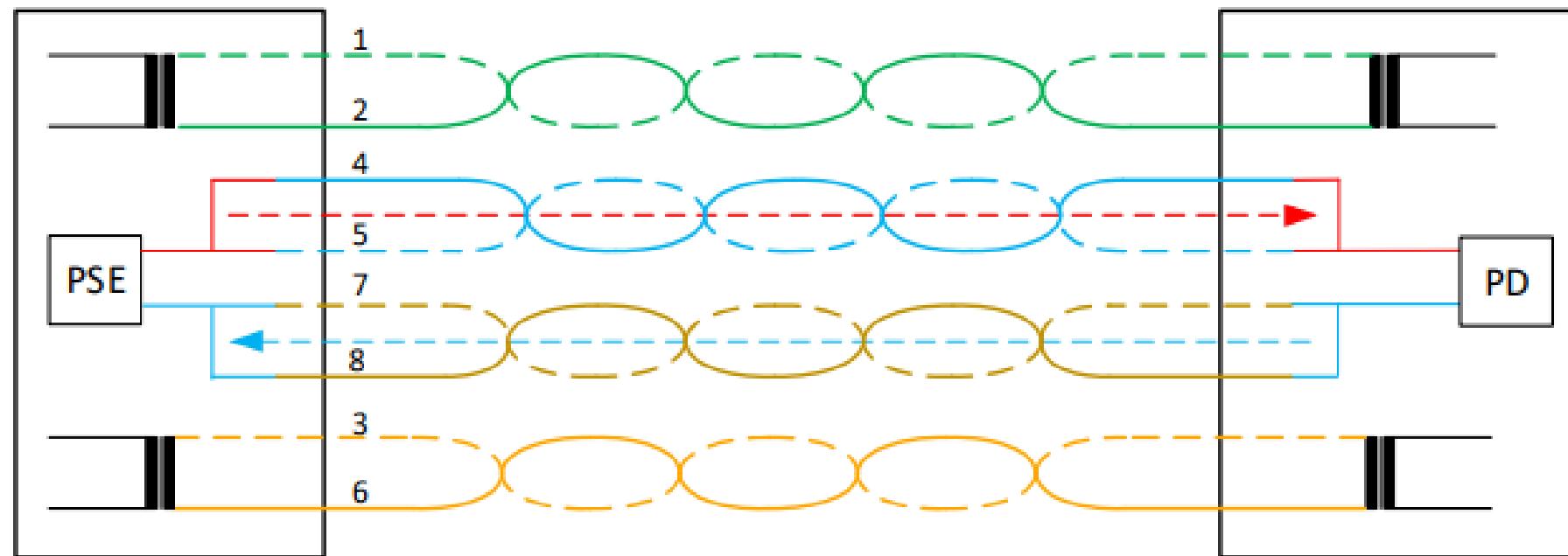
# VII.1 Daten: Netzstruktur Tertiärbereich

- Übertragungsstrecke Cat7 < 100m; Cat 8 < 30m

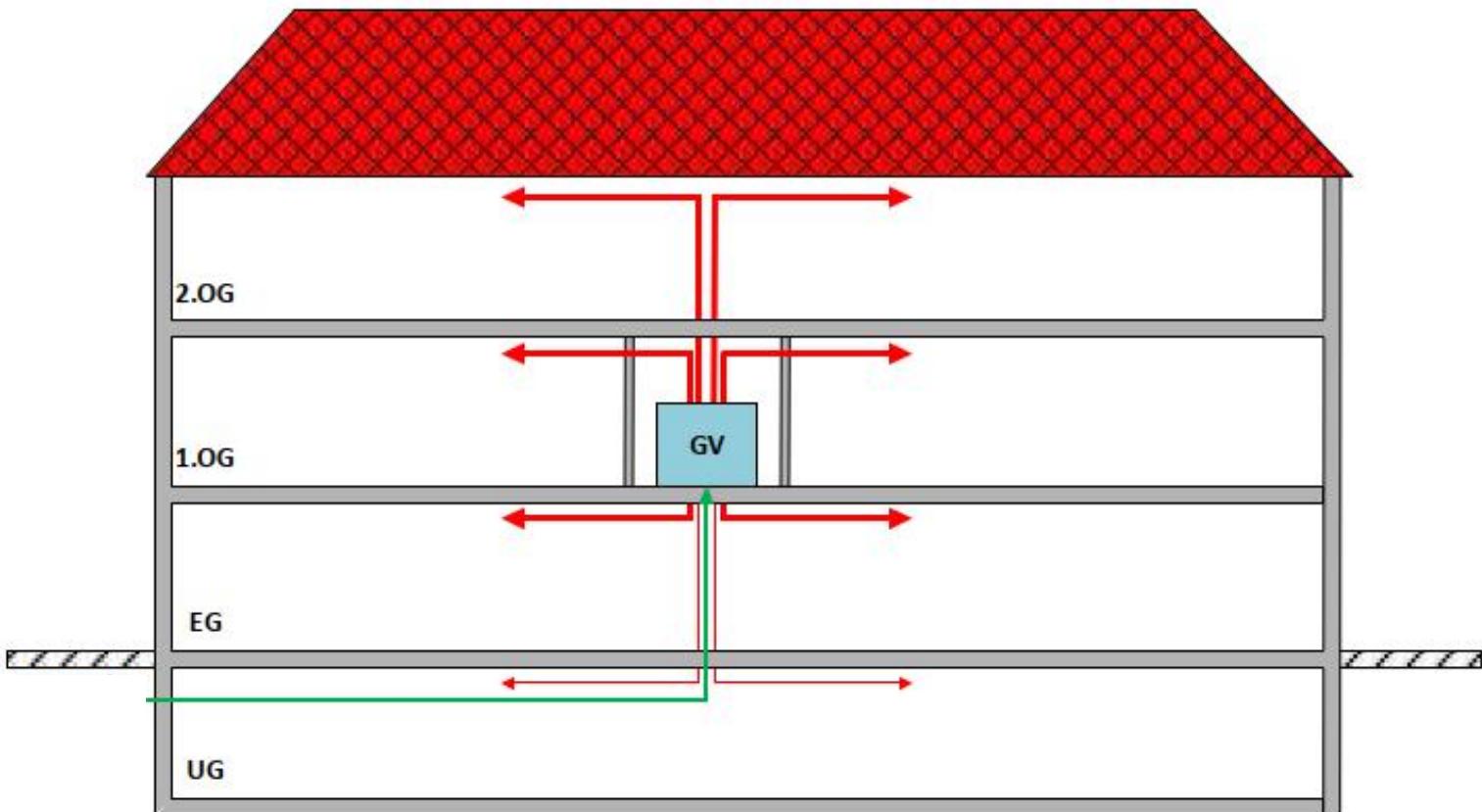


# VII.1 Daten: Netzstruktur Tertiärbereich

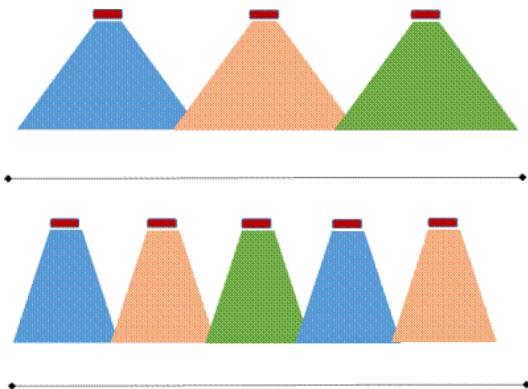
- Power over Ethernet (PoE)



# VII.1 Daten: Netzstruktur



# VII.1 Daten: W-LAN Ausleuchtung



## VII.1 Daten: W-LAN

- Funkfrequenzbänder: 2,4 / 5 GHz
- Geschwindigkeit: 100 Mbits / 1 Gbps
- Sendeleistung: 50-100 mW | 17-20 dBm | 5 dBi | 150 m | 20 W

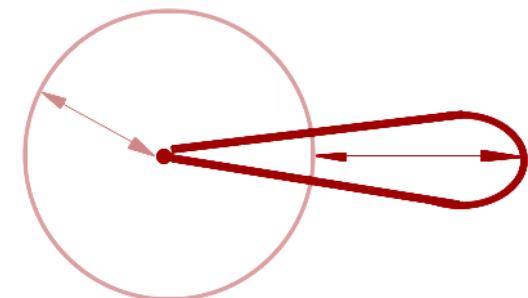
Legende:

mW = Sendeausgangsleistung

dBm = Absolute Leistungsangabe in Dezibel Milliwatt

dBi = Antennengewinn, relative Angabe bzgl. isotropen Kugelstrahler

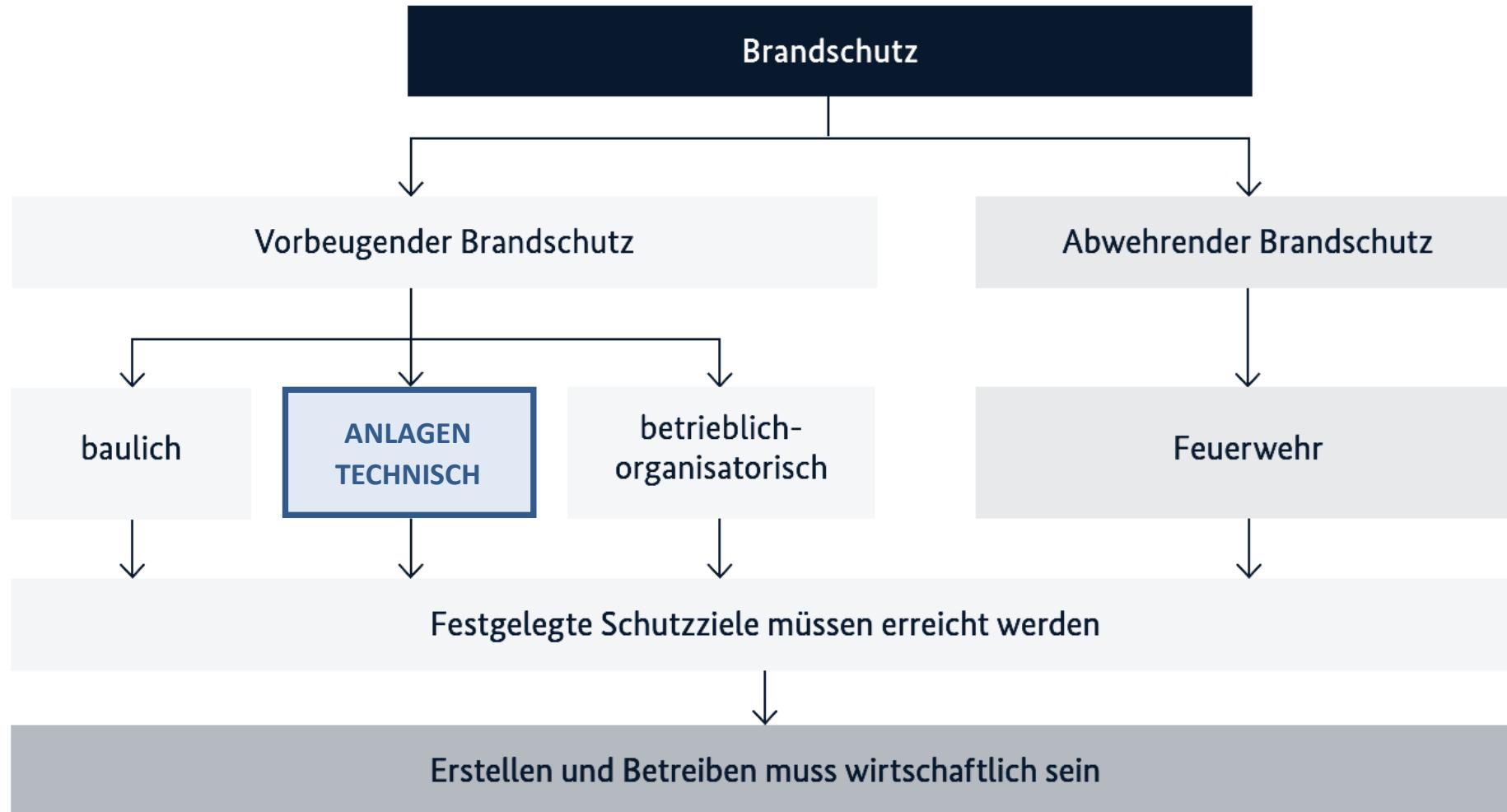
W = Anschlussleistung



## VII.1 Daten: Sondernetze

- Abseits sternförmig strukturierter Verkabelung nach DIN EN 50173:
  - Brandmeldeanlagen
  - BOS-Digitalfunk / Mobilfunk
  - Videoüberwachungs- / Einbruchmeldeanlagen

## VII.2 Brandmeldeanlagen



## VII.2 BMA

1. Branderkennungs-, Täuschungsgrößen
2. Meldebereiche
3. Melderarten, Brandmeldezentrale
4. Projektierung
5. Sonderanwendungen
6. Alarmierung
7. Errichtung und Inbetriebnahme

## VII.2 BMA

- Brandereignis
  - Verbrennungsprodukte
- Art der Nutzung, Installation und Brandlast
  - Gefährdungsbeurteilung (GBU / BSK / BSN)
  - Überwachungsumfang (Kategorie)

## VII.2 BMA: Überwachungsumfang

- Kategorie 1 – **Vollschutz**  
→ flächendeckend
- Kategorie 2 – **Teilschutz**  
→ flächendeckend, einzelne Brandabschnitte
- Kategorie 3 – **Schutz von Fluchtwegen**  
→ ausschließlich Rettungswege
- Kategorie 4 – **Einrichtungsschutz**  
→ Teilüberwachung einzelner Brandabschnitte

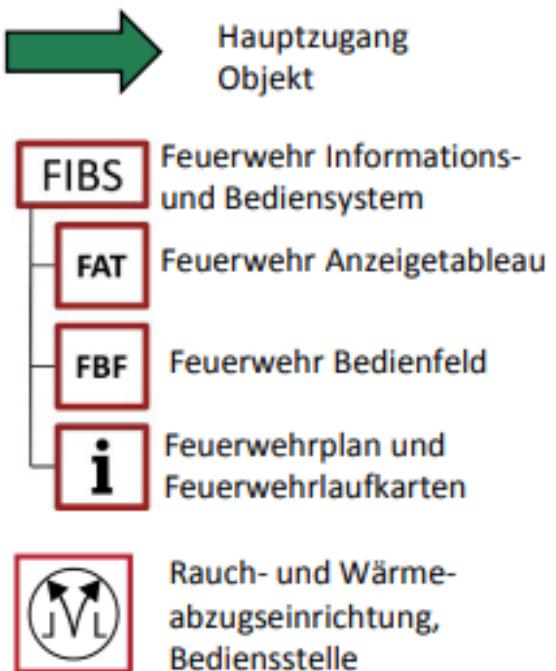
## VII.2 BMA

- Brandereignis
  - Verbrennungsprodukte
- Art der Nutzung, Installation und Brandlast
  - Gefährdungsbeurteilung (GBU / BSK / BSN)
  - Überwachungsumfang (Kategorie)
  - Detektionsmethode

# VII.2 BMA

## Brandmelder

1. Handfeuermelder
2. Automatische Melder
  - a. Punktformig
  - b. Linienförmig
  - c. Flammenmelder
  - d. Ansaugrauchmelder
  - e. Lüftungskanalrauchmelder
  - f. ...



## Legende

	Standort
	Laufweg
	Auswerteeinheit Linienförmiger Rauchmelder
	Überwachungsbereich linienförmiger Rauchmelder mit Meldernummer
	Transformator mit Angabe der Spannungs- ebenen
	Raum mit besonderer Gefährdung

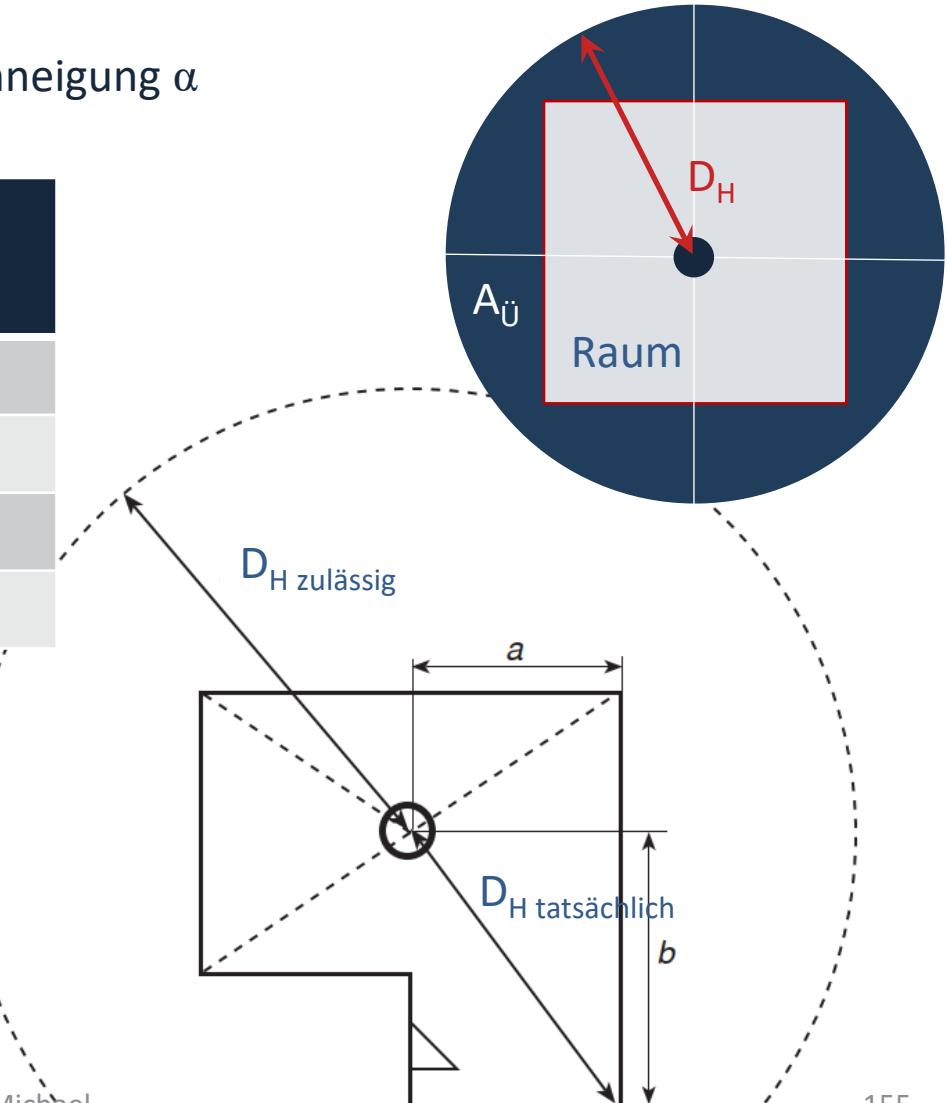
## VII.2 BMA: Punktförmige Melder

AÜ = Überwachungsfläche eines Punktmelders nach DIN EN 54-7 bei Dachneigung  $\alpha$

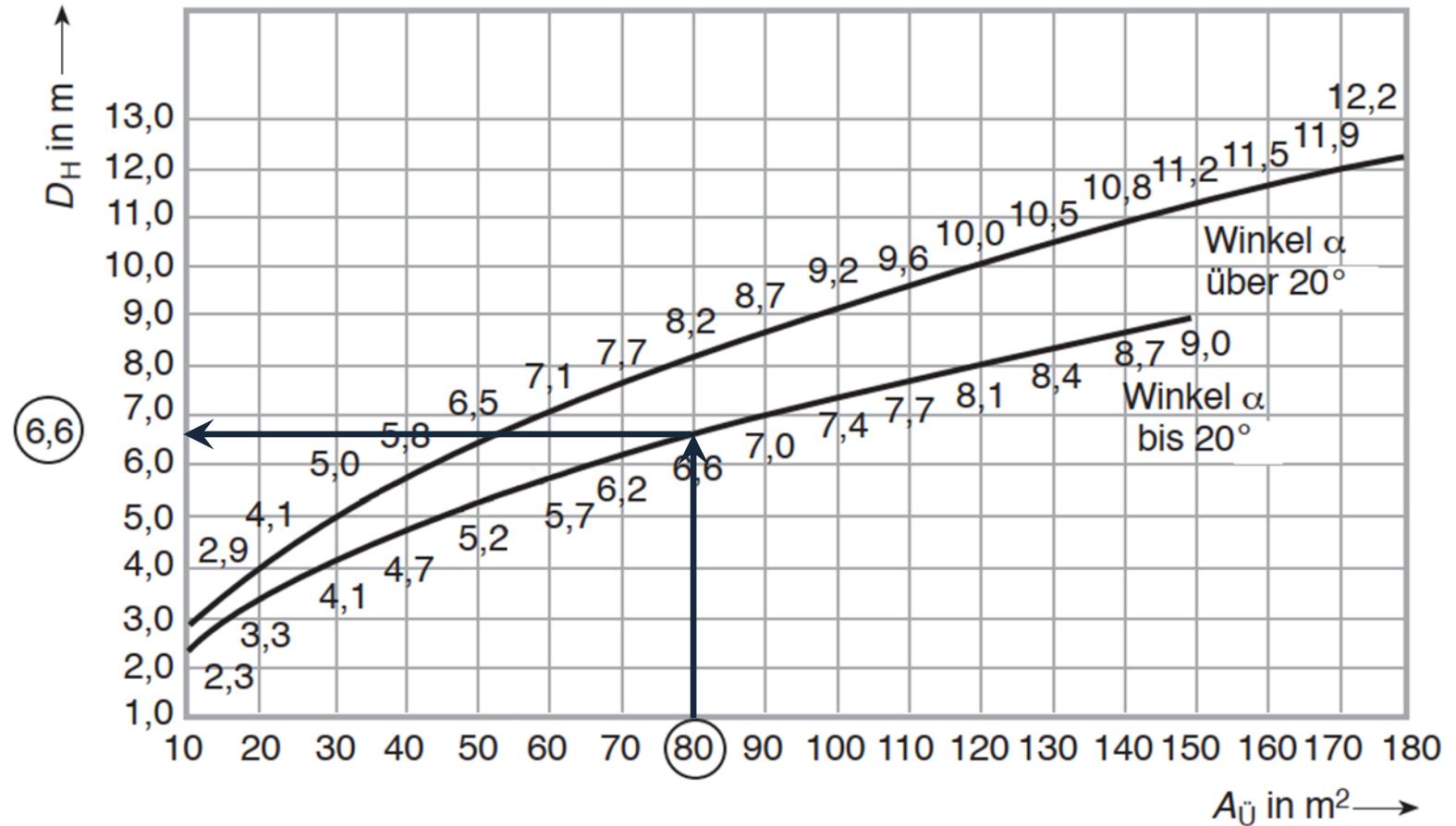
Grundfläche	Raumhöhe	AÜ $\alpha \leq 20^\circ$	AÜ $\alpha > 20^\circ$
$\leq 80 \text{ m}^2$	$\leq 12 \text{ m}$	$80 \text{ m}^2$	$80 \text{ m}^2$
$> 80 \text{ m}^2$	$\leq 6 \text{ m}$	$60 \text{ m}^2$	$90 \text{ m}^2$
	$6 - 12 \text{ m}$	$80 \text{ m}^2$	$110 \text{ m}^2$
	$\leq 16 \text{ m}$	$120 \text{ m}^2$	$150 \text{ m}^2$

Rauchmelder DIN 54-7

$$\rightarrow D_{H \text{ tat}} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

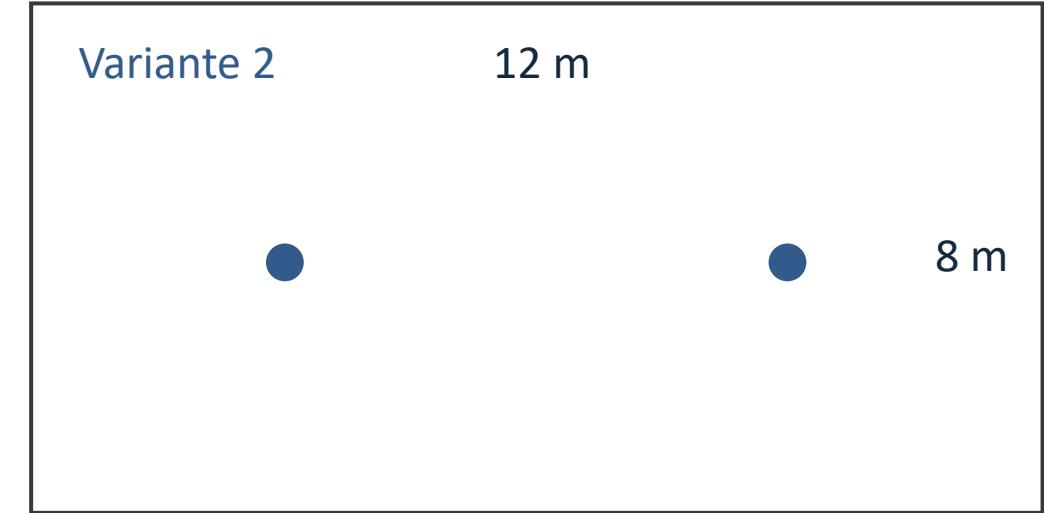
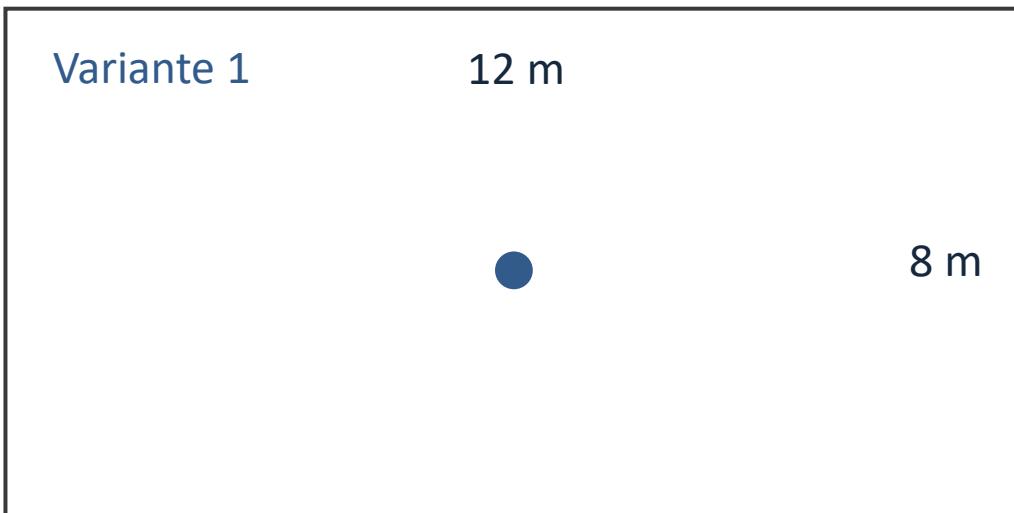


## VII.2 BMA: $D_H$ zulässig



## VII.2 BMA : Aufgabe

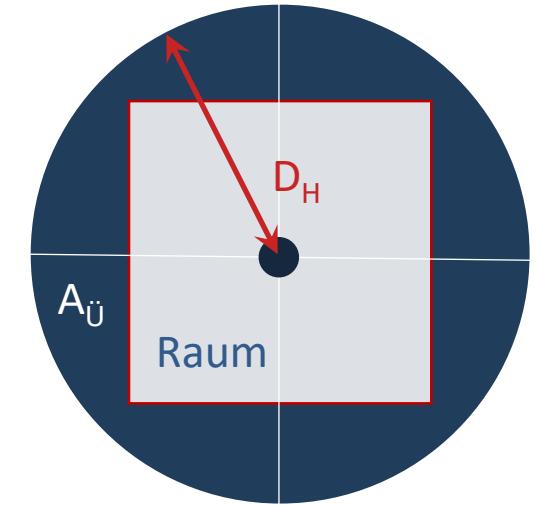
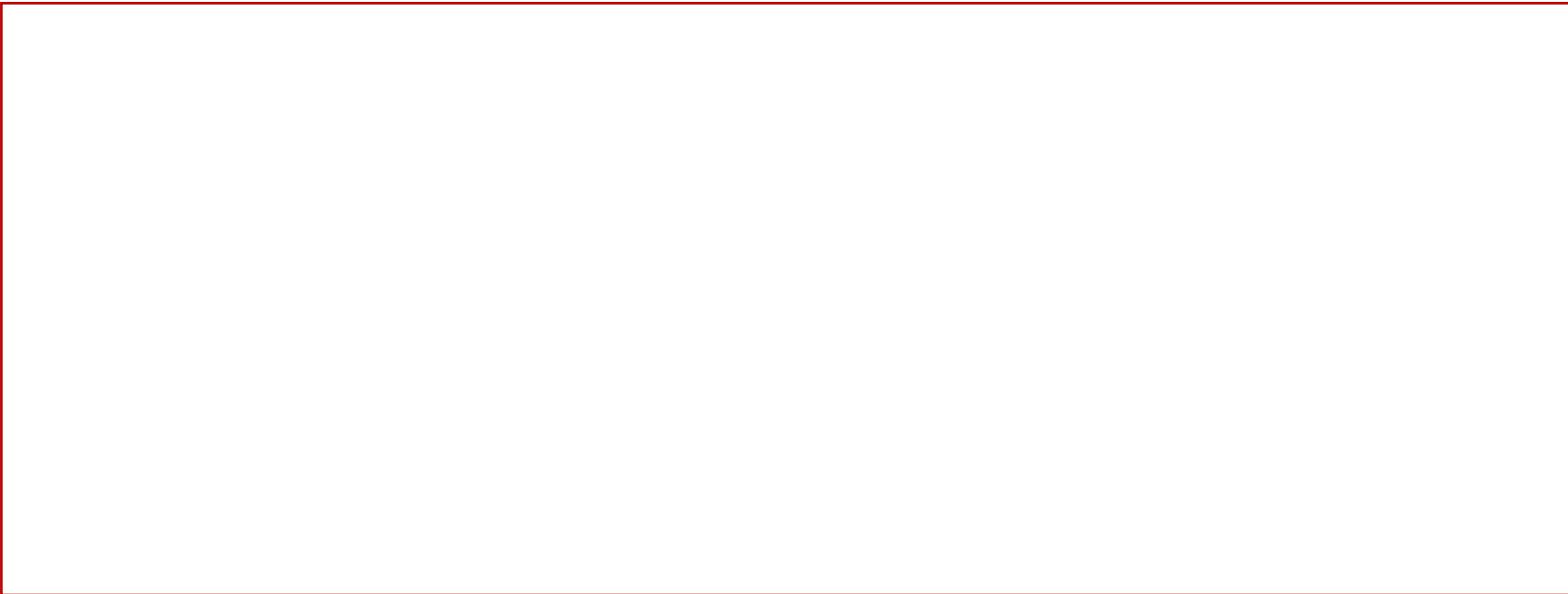
- Welche der beiden Varianten ist die wirtschaftlichere (und zulässig)?



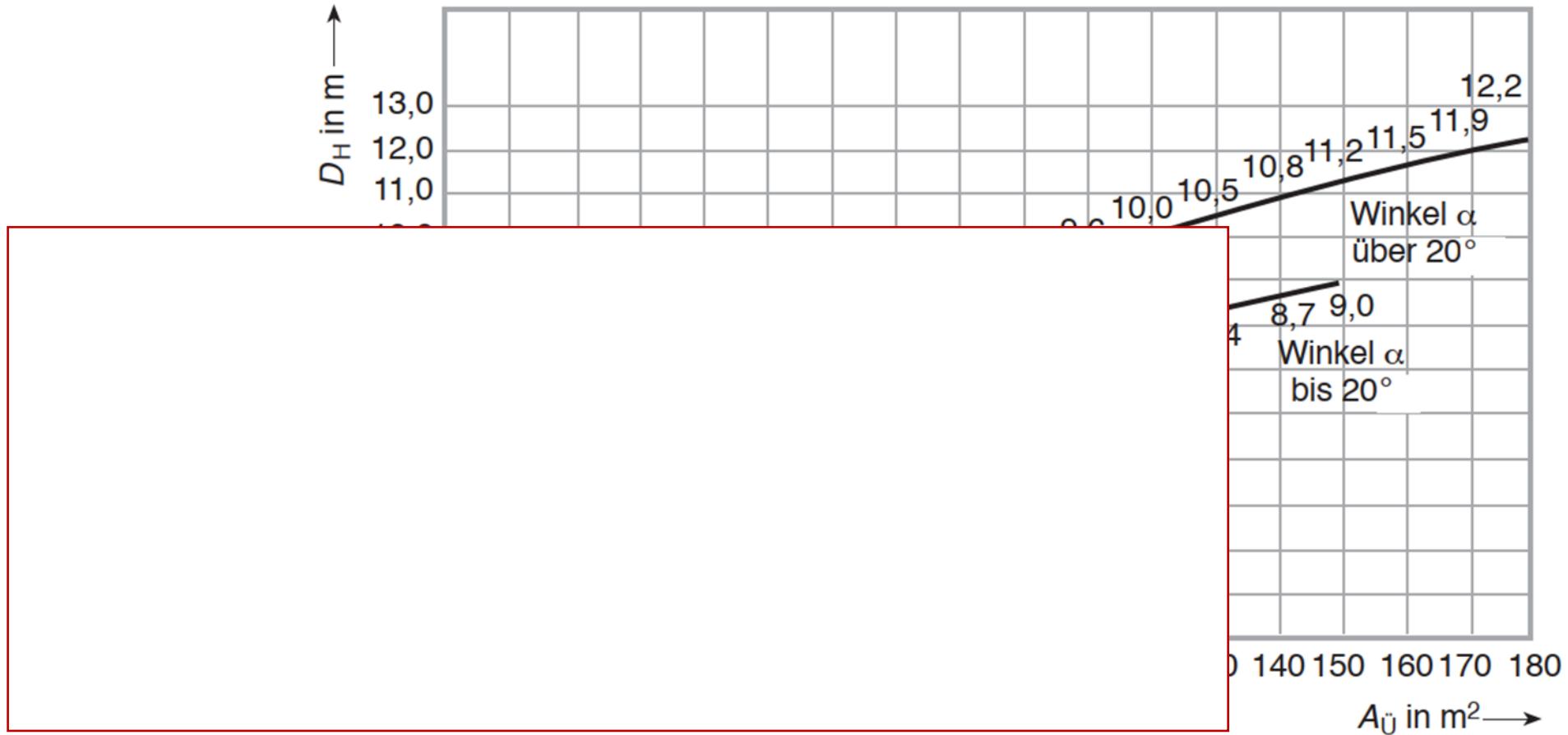
Halle, Raumhöhe 4m, Dachneigung = 10°

## VII.2 BMA: Lösung

AÜ = Überwachungsfläche eines Punktmelders nach DIN EN 54-7 bei Dachneigung ... °



## VII.2 BMA : Lösung



## VII.2 BMA : Lösung

- Welche der beiden Varianten ist die wirtschaftlichere (und zulässig)?

$$\rightarrow D_{H,zul} = 5,7 \text{ m}$$



## VII.2 BMA

### Brandmelder

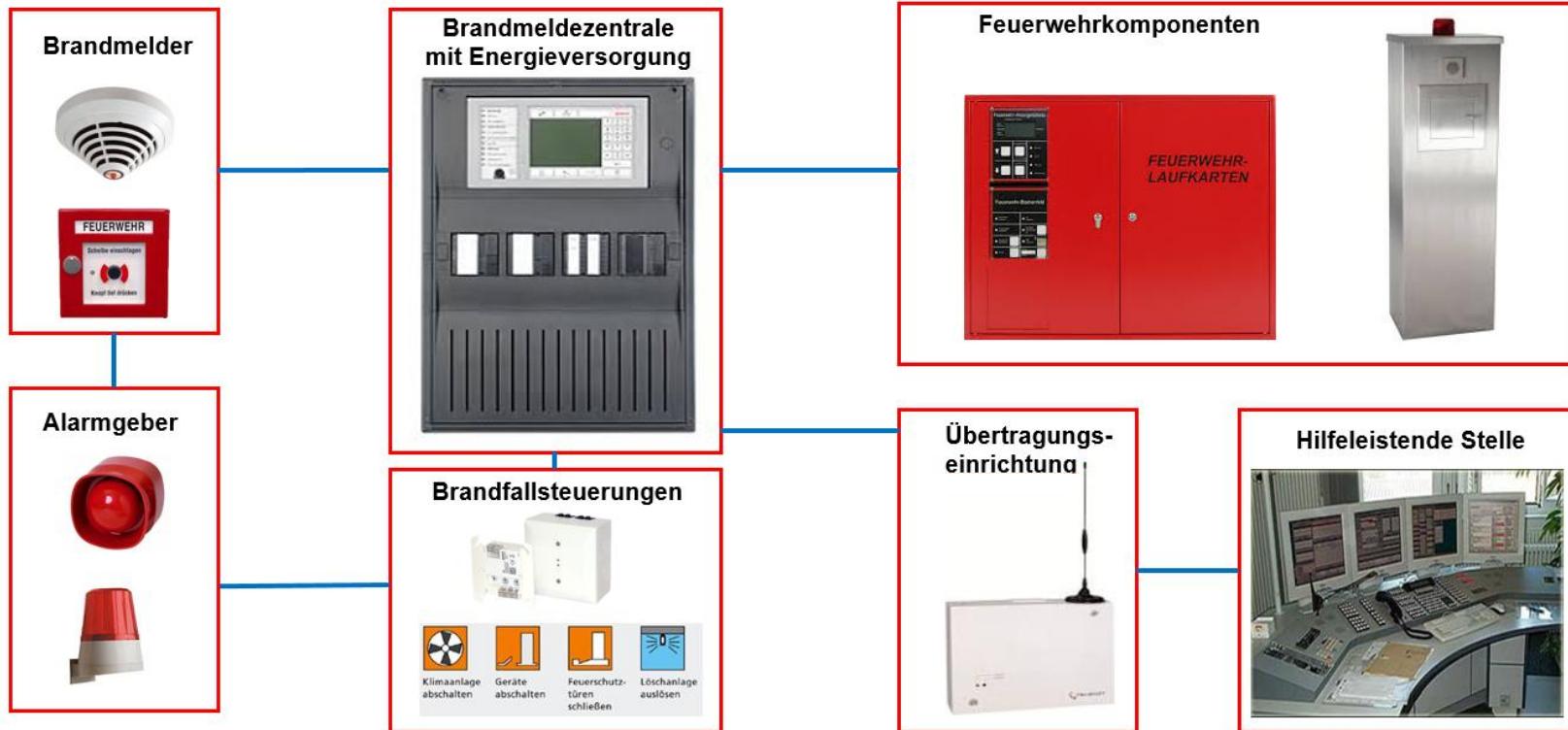
1. Handfeuermelder
2. Automatische Melder
3. Sonderräume: Flure / TRH

## VII.2 BMA

### Zentralentechnik

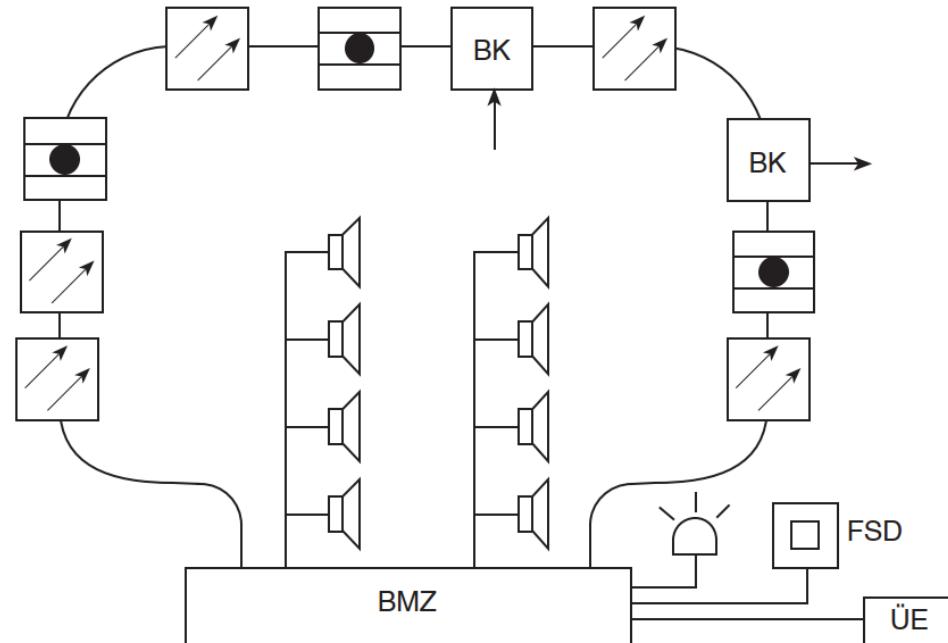
- 12/24 V DC
- eigener Abgang aus GHV-AV
- Batteriestromversorgung: min. > 4 h
- Bauliche Abgrenzung → Eigener Raum

# VII.2 BMA



## VII.2 BMA

1. Verlege Systeme
  2. Grenzwertmeldetechnik
  3. BUS
- Einzel-Melder-Erkennung  
> 100 Busteilnehmer
- Störung: „Öffnung“ Ring



## VII.2 BMA

- Brandereignis
  - Verbrennungsprodukte
- Art der Nutzung, Installation und Brandlast
  - Gefährdungsbeurteilung (GBU / BSK / BSN)
  - Überwachungsumfang (Kategorie)
  - Detektionsmethode
  - Melderbereiche /-gruppen
  - Alarmierungsmethode (GBU / BSK / BSN)

## VII.2 BMA

### Alarmierung

1. Elektroakustische Notfallwarnsysteme (ENS)
2. Sprachalarmanlagen (SAA)

Bestandteil der BMA (Ansteuerung)

Überbrückungszeit analog BMA

Speech Transmission Index: STI  $\geq 0,5$

## VII.2 BMA

### Errichtung und IBN

- Alle Arbeiten  
→ DIN 14675 zertifizierter Fachbetrieb
- SPrüfV  
→ *Die Prüfung ist vor der ersten Inbetriebnahme der baulichen Anlagen, unverzüglich nach einer wesentlichen Änderung der baulichen Anlage, durch einen Prüfsachverständigen für Brandschutz durchzuführen.*

REFERENT

[michael.mueller@th-nuernberg.de](mailto:michael.mueller@th-nuernberg.de)

Staatliches Bauamt Erlangen-Nürnberg

# Grundlagen der ELEKTROPLANUNG

