

## Vorlesung

Elektrische Installationstechnik

Kapitel 2

Elektrische Energieversorgung von Gebäuden

Dr. Andreas Kühner  
Version 1 / April 2009



Energie  
braucht Impulse

## Freileitungsanschluss

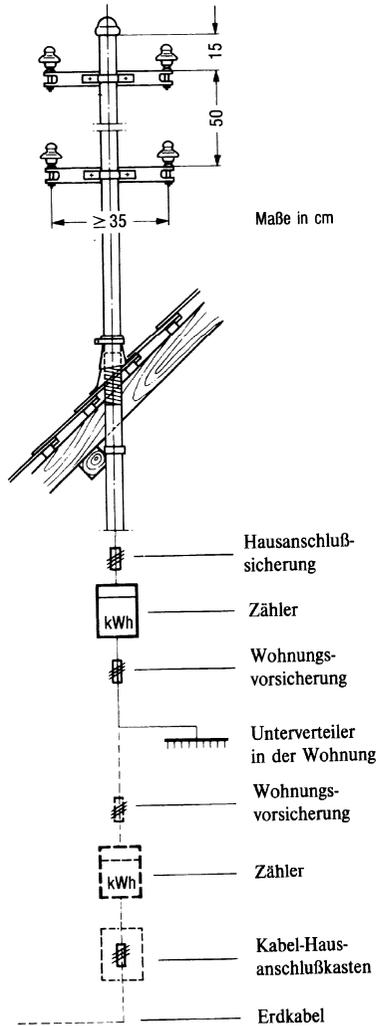
- Technische Anschlussbedingungen TAB
- keine feuchte oder leichtentzündbare Räume für Dachständer oder Wandschlüsse
- Leitung zwischen der Einführung und Hausanschluss sollte kurz sein
- Einplanung von Antenne und Informationstechnischen Vorgaben



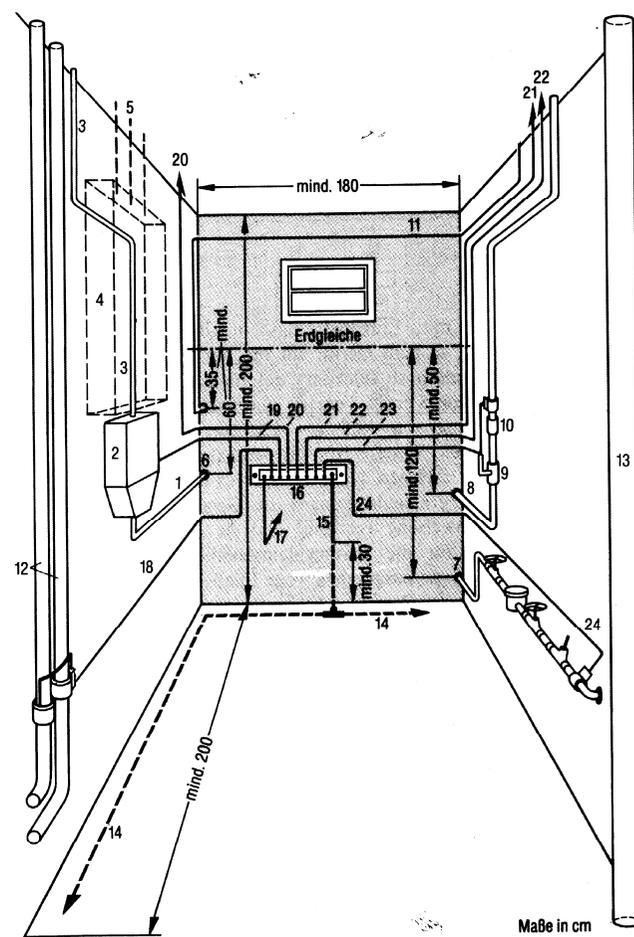
## Kabelanschluss

- Technische Anschlussbedingungen TAB
- DIN 18012 Hausanschluss im Kellergeschoss oder Treppenhaus
- Hausanschlussraum L=2m; B=1,8m; H=2m
- Tür B=0,65m; H=1,95m
- Raumtemperatur 30 Grad
- Starkstromkabel und Informationskabel separat verlegen

# Freileitungs- und Kabelanschluss bei Wohnbauten

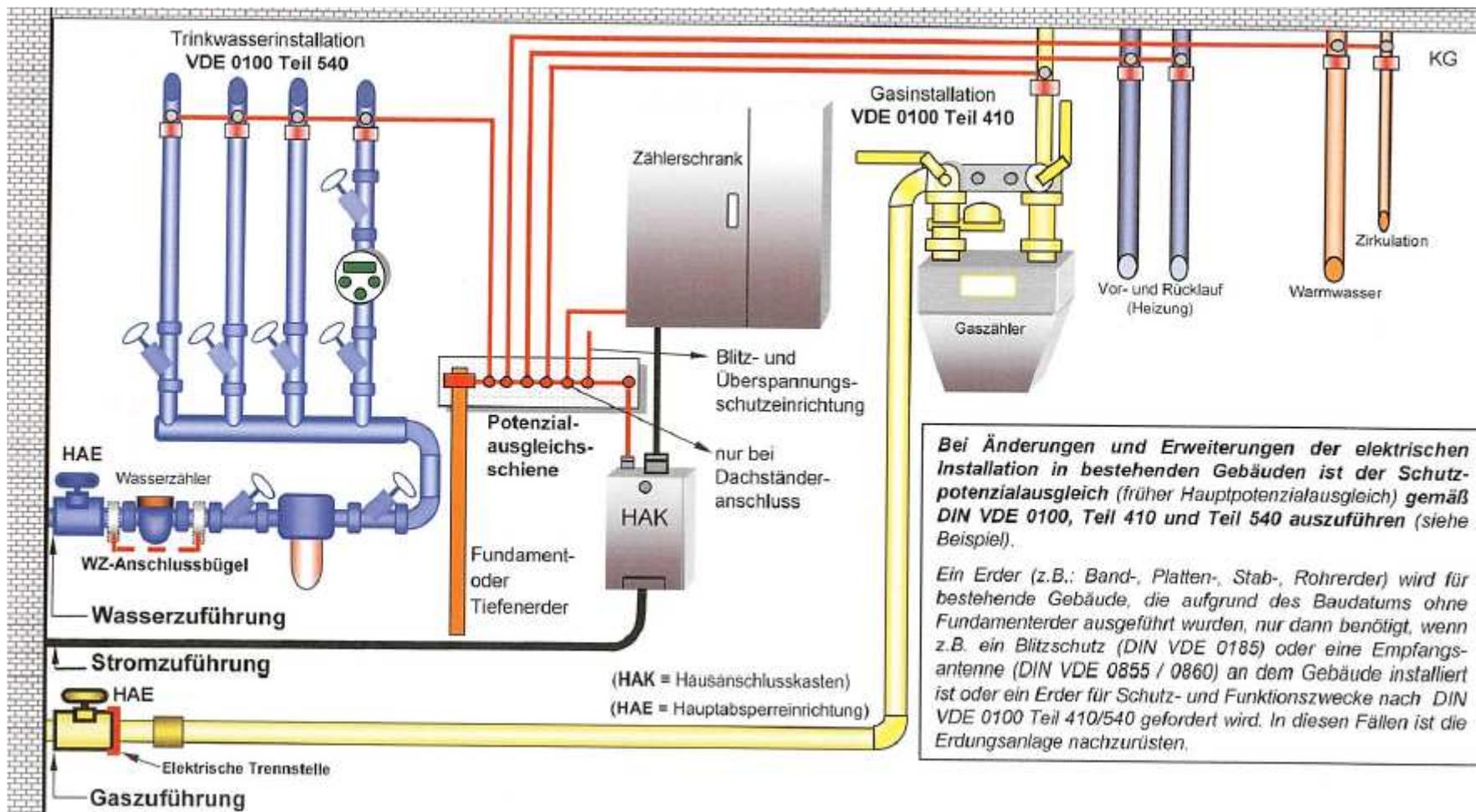


Hausanschluss im Freileitungsnetz

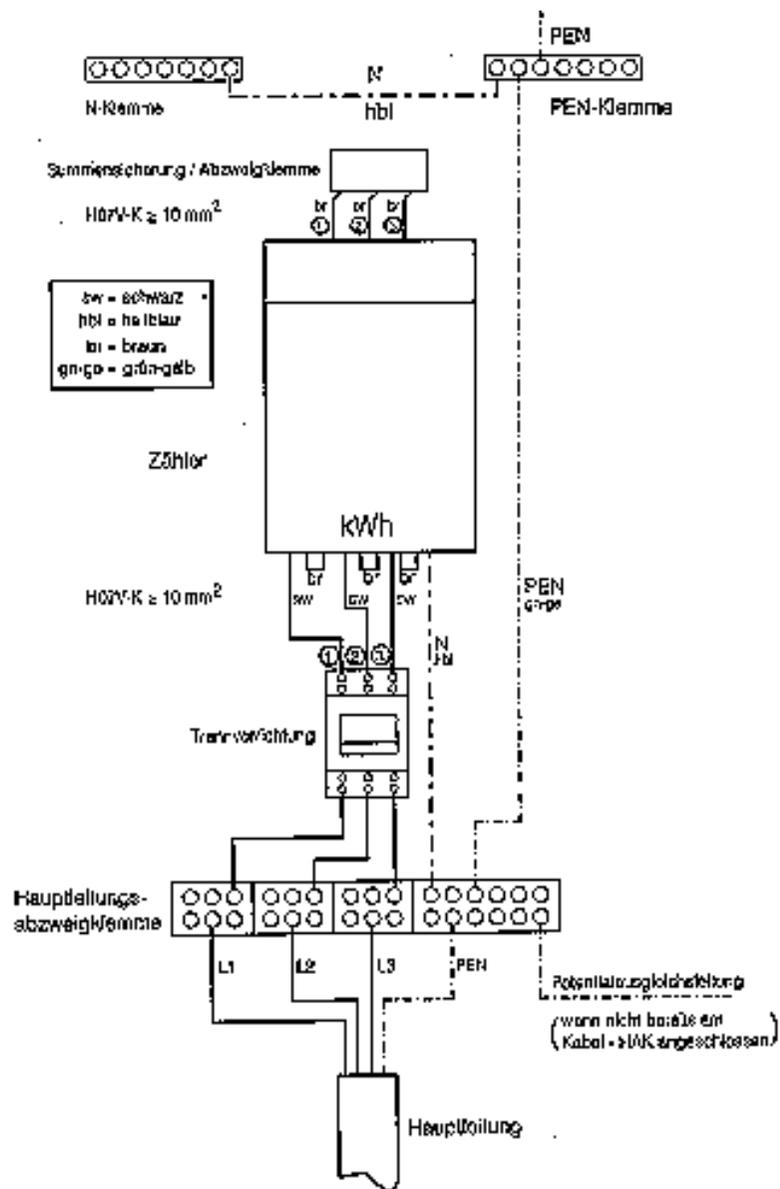


Hausanschluss im Kabelnetz

## Potenzialausgleich (Beispiel)



# Zählerplatzverdrahtung bei Wohnbauten



## Belastbarkeit der Steigleitungen bei Wohnbauten



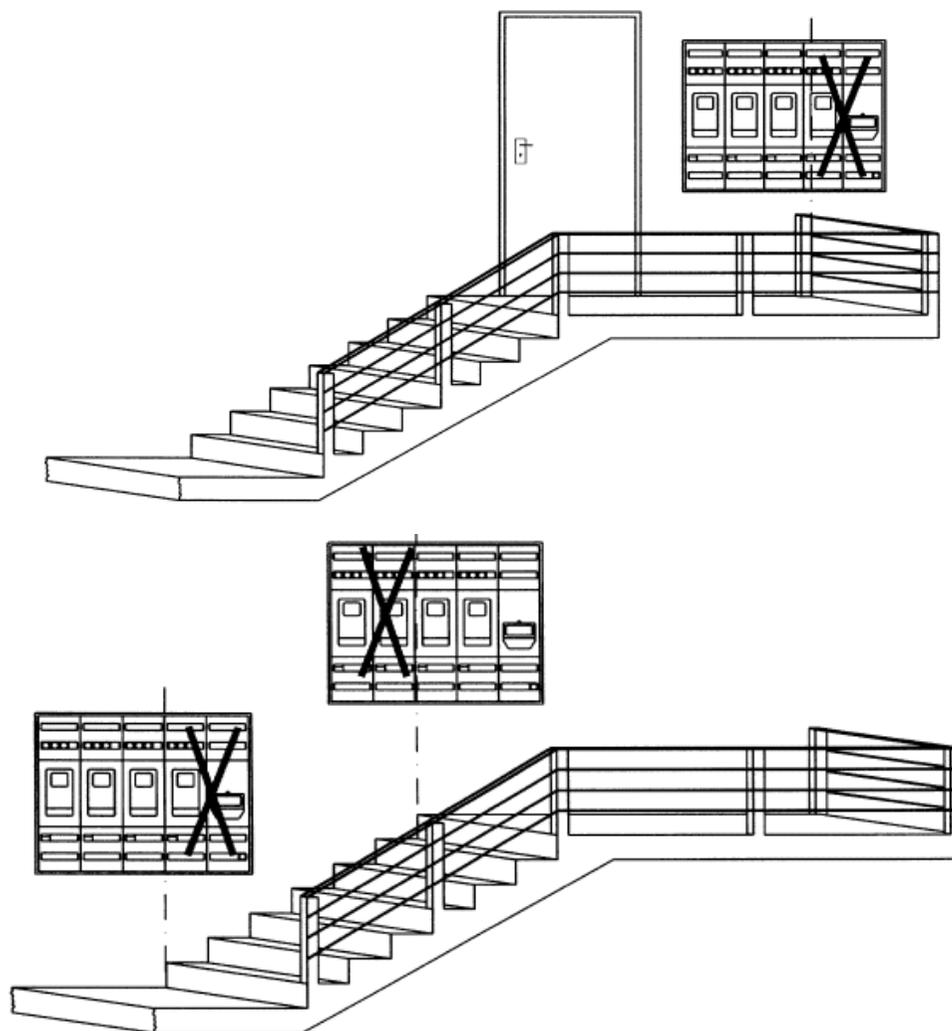
Anzahl Wohneinheiten	Hauptleitung mindestens belastbar
1 - 5	63 A
6 - 10	80 A
11 - 18	100 A
19 - 36	125 A
37 - 100	160 A

ohne elektrischer Warmwasseraufbereitung

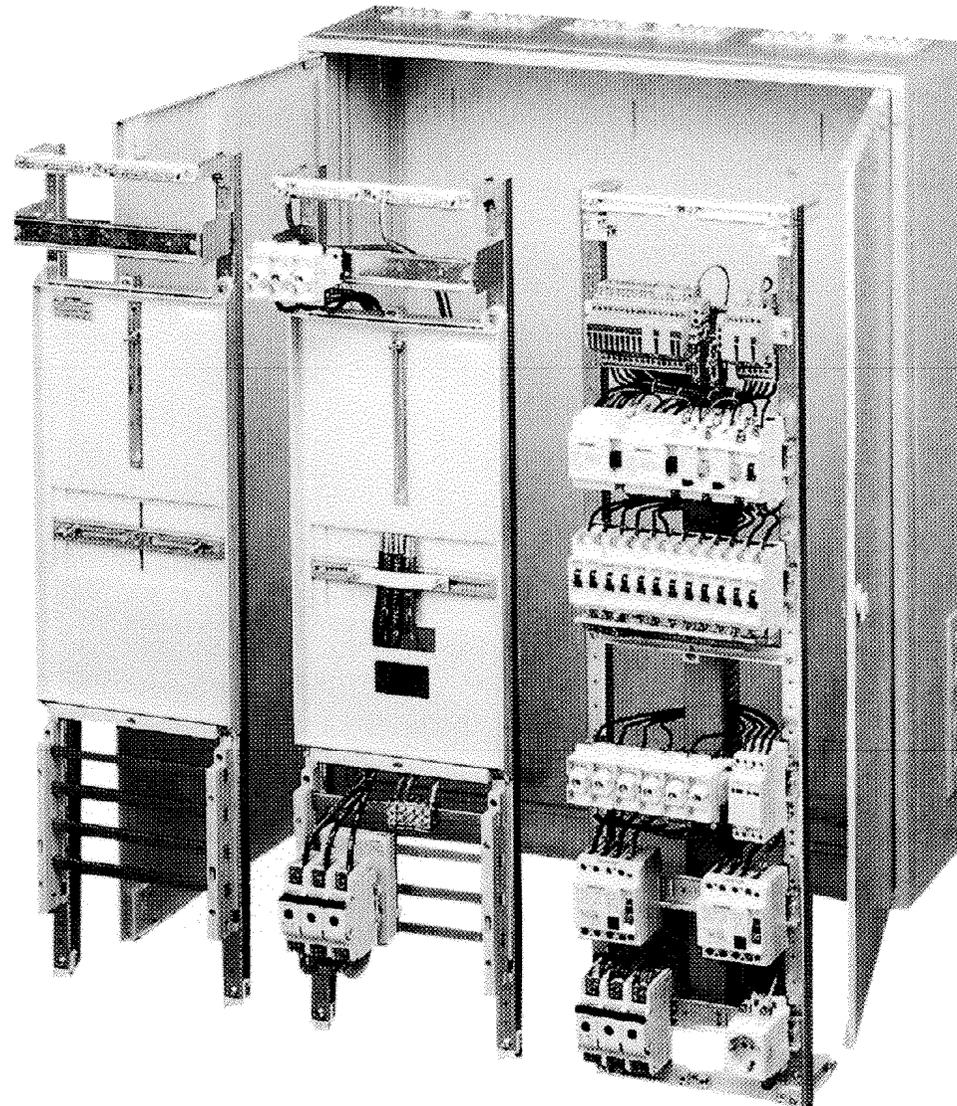
Anzahl Wohneinheiten	Hauptleitung mindestens belastbar
1	63 A
2	80 A
3	100 A
4 - 6	125 A
7 - 11	160 A
12 - 22	200 A
23 - 48	250 A

mit elektrischer Warmwasseraufbereitung

## Anordnung der Zähler und Unterverteiler bei Wohnbauten



## Installationsverteiler bei Wohnbauten



## Stromkreisverteiler bei Wohnbauten



Aufputz



Unterputz



Feuchtraum-Aufputz

# Stromkreisverteiler

## Ortsfest

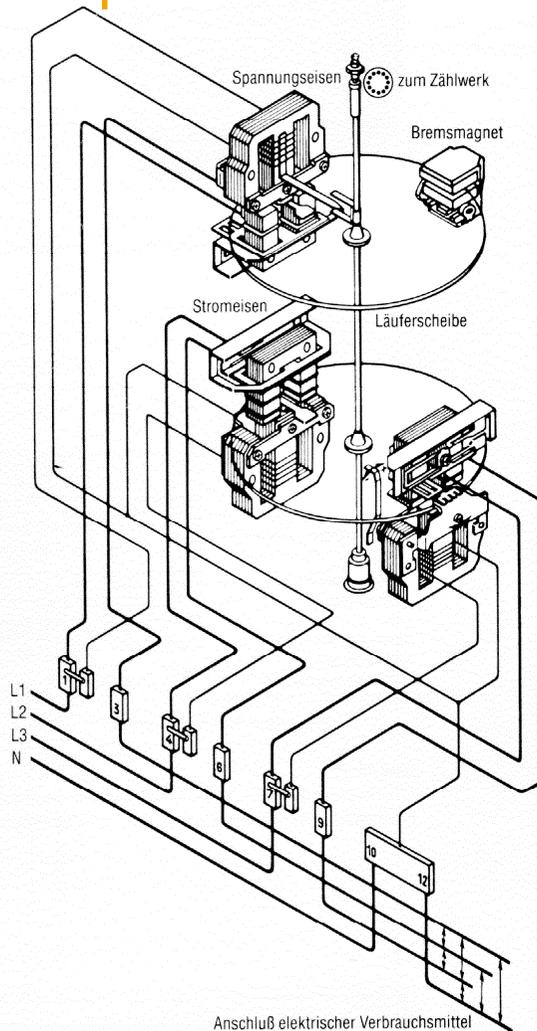
- Kleinverteiler  
für alle Anwendungen bis 63 A  
N-Einbaugeräte DIN 43880  
Schnappbefestigung für Hutschienen  
12 Teilungseinheiten (TE) je 18 mm  
Aufputz, Unterputz, Hohlwand, Haube
- N-Verteiler  
Bautiefe 70 mm  
N-Geräte (N-FI, N-LS....)  
Aufputz, Unterputz, Hohlwand, Haube

## Ortsveränderlich



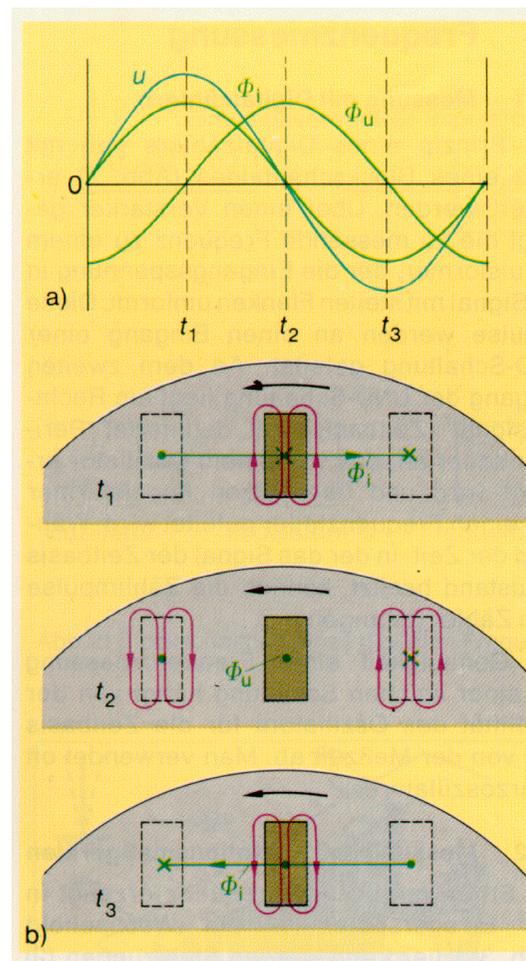
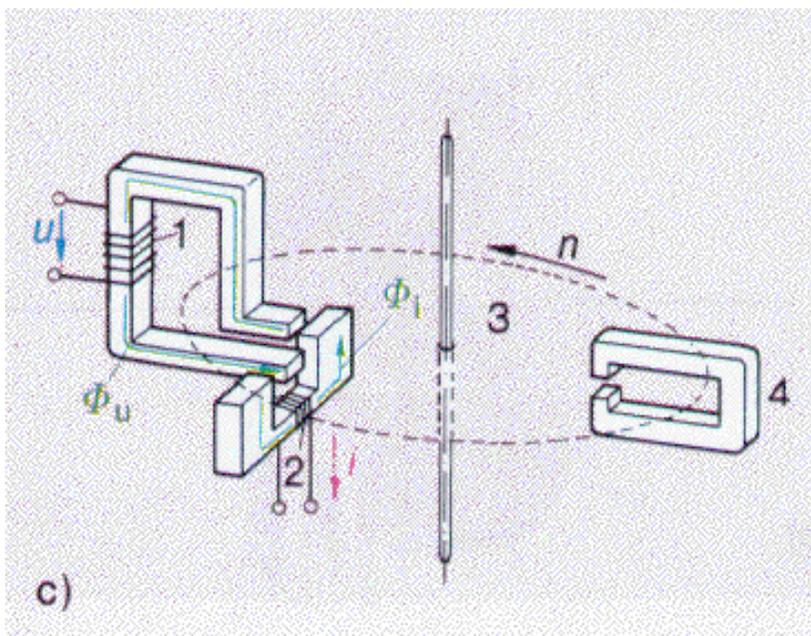
# Elektrizitätszähler und digitale Zeitschaltuhren

## Prinzipbild eines Drehstromzählers

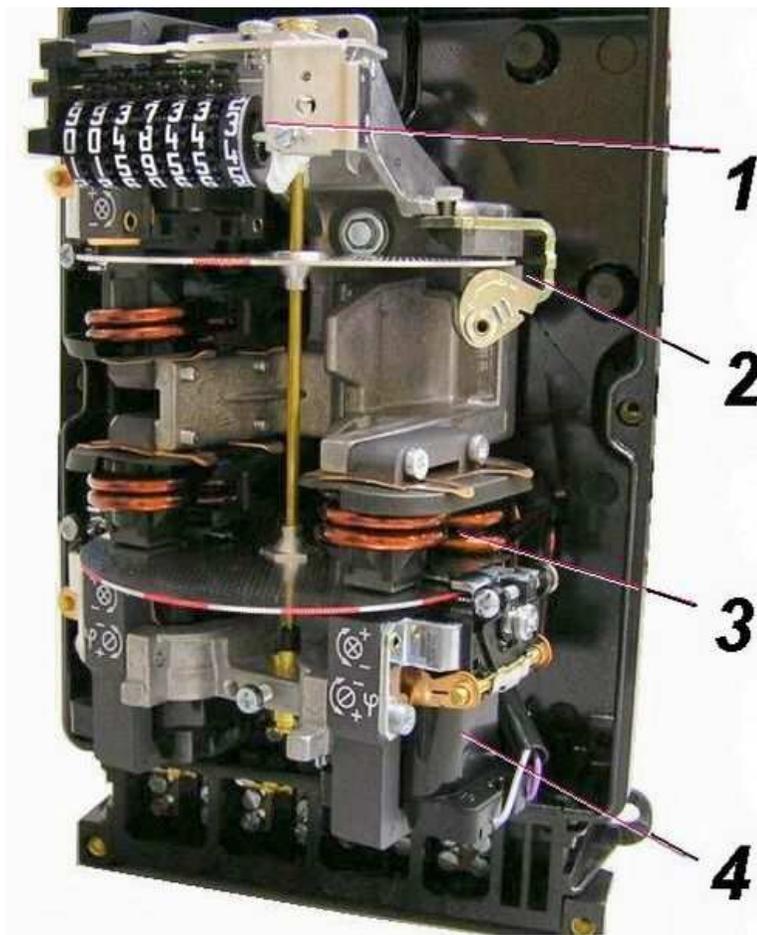


# Elektrizitätszähler und digitale Zeitschaltuhren bei Wohnbauten

## Induktionsmotorzähler (Ferraris-Zähler)



## Elektrizitätszähler und digitale Zeitschaltuhren bei Wohnbauten



Ferraris-Drehstromzähler (geöffnet) mit zwei starr gekoppelten Ferrarisscheiben:

- 1 - Rollenzählwerk
- 2 - justierbare Wirbelstrombremse (Dauermagnet)
- 3 - eine der drei Stromspulen
- 4 - eine der drei Spannungsspulen

(die dritte versteckt sich links hinter dem Zähler)

# Elektrizitätszähler und digitale Zeitschaltuhren

## Elektronische Zähler (Wechsel- und Drehstrom)



# Elektrizitätszähler und digitale Zeitschaltuhren

## Zeitschaltuhren



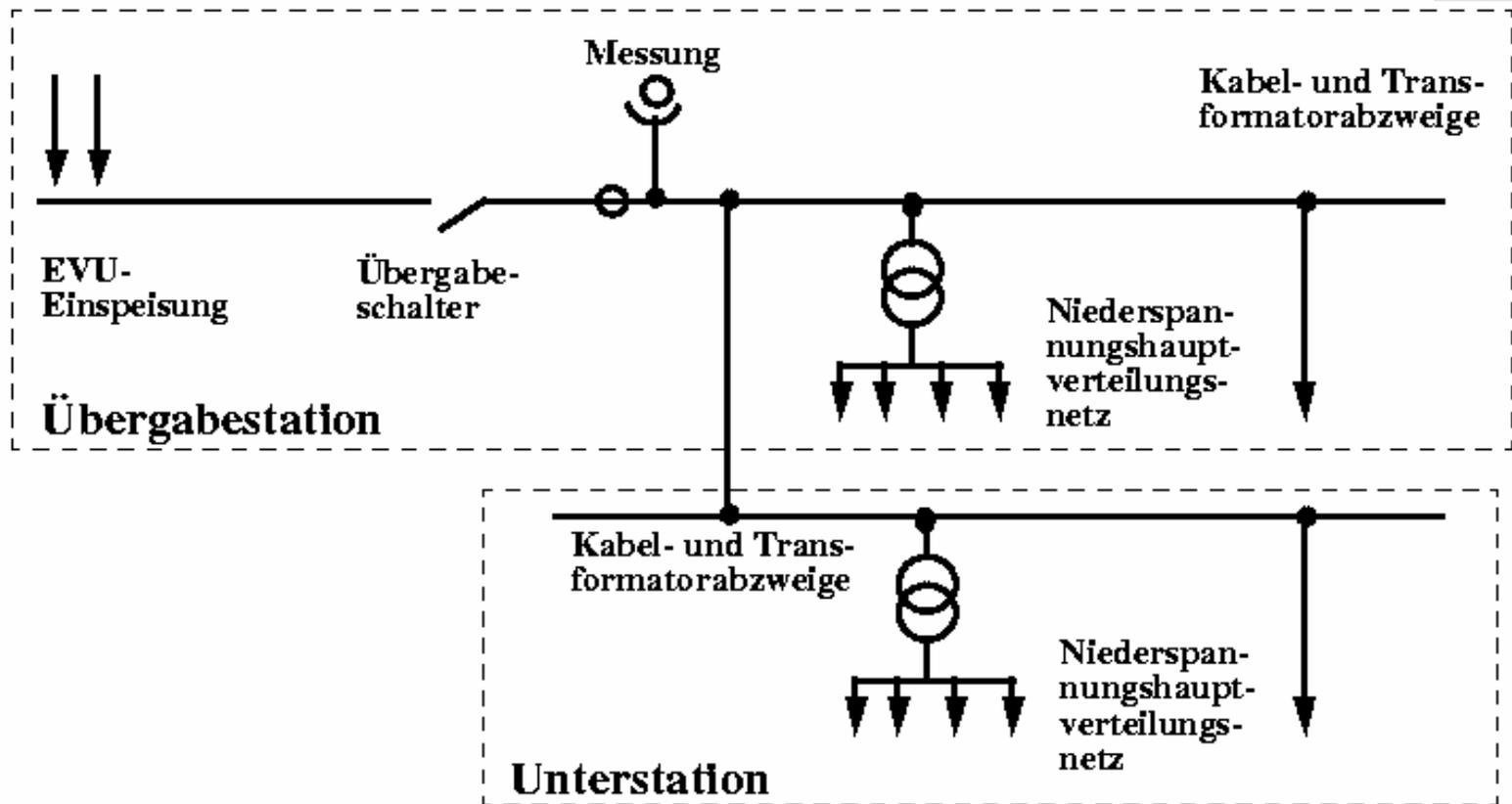
Anwendungen:

- Prozessabläufe
- Vorheizungen
- Beleuchtungen
- Steuerung akustischer Signale

Ausstattung:

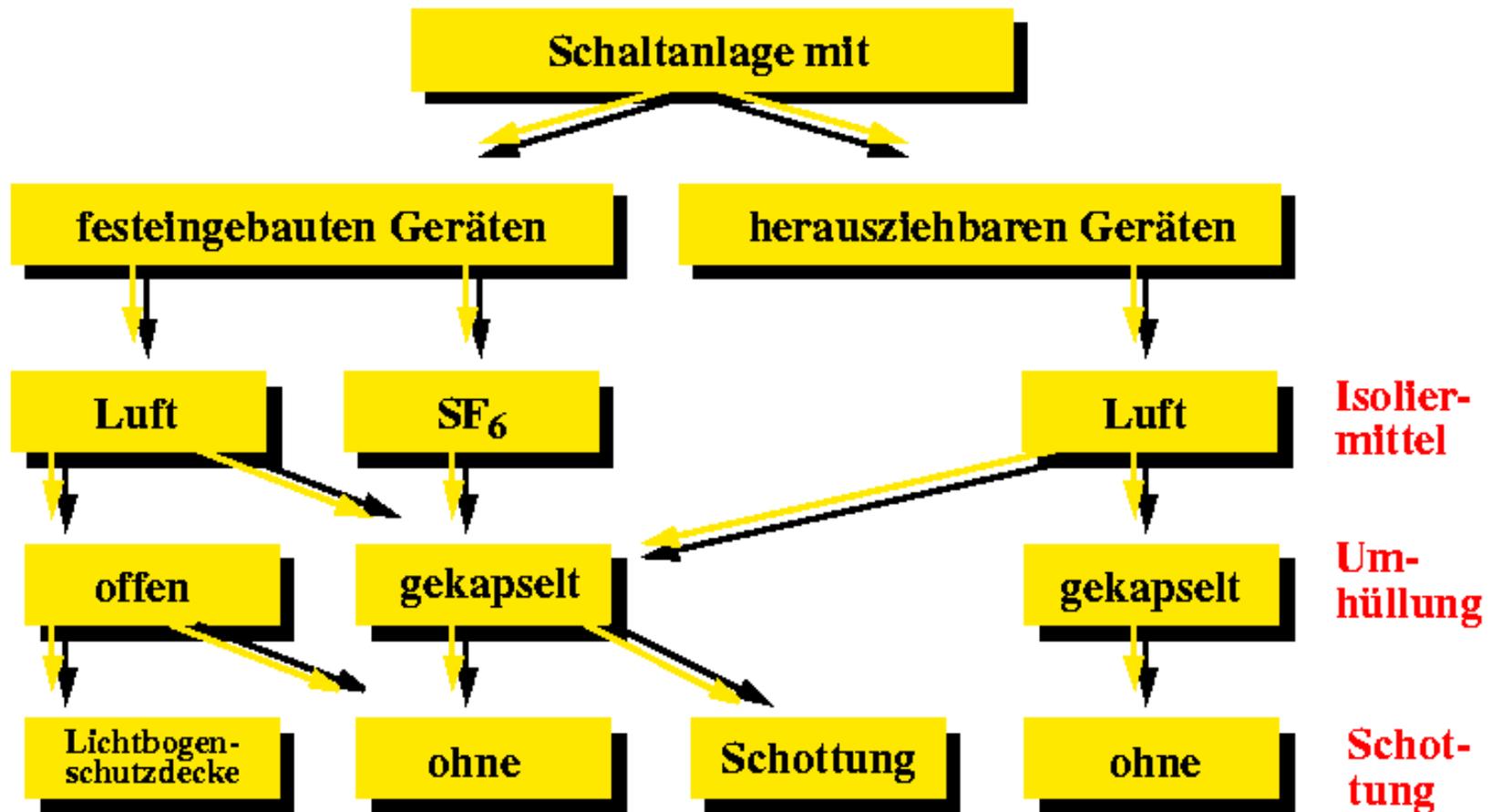
- Automatische Sommer-/Winterzeitumstellung
- Gangreserve 4 Jahre
- Hohe Ganggenauigkeit
- Plombierbare Klarsichtabdeckung
- 22 Wochenprogramme
- Ferienprogramm
- Programmunabhängige Wahltaste.

# Elektrische Energieversorgung von Großbauten



# Mittelspannungsschaltanlagen Typen

EnBW



## Planung Mittelspannungsschaltanlagen

- **Betriebsbedingungen (Welche Grundsaltungen?)**
- **Bauliche Vorschriften:**
  - Räume grund- und hochwasserfrei
  - guter Zugang
  - Wände, Decken, Fußböden müssen trocken sein
  - Sicherheitsabstände (DIN VDE 0101)
  - Anlagen von mehr als 40m Länge müssen zwei Ausgänge haben
  - Fenster vergittert
  - Belüftung und Druckentlastung
  - Kabelverlegung
- **Kurzschlussfestigkeit**
- **Reservefelder**
- **Hilfsanlagen**
- **Schaltfehlerschutz**

## Netzlast (Anschlusswert)

EnBW

$$P_{\max} = \sum P_i \cdot a \cdot g$$

$P_i$  Nennleistungen

$a$  Auslastungsfaktor

$g$  Gleichzeitigkeitsfaktor

Berücksichtigung der Leerlaufzeiten  
bei Motoren  $0,3 < g < 1$

## Gleichzeitigkeitsfaktor

Definition:

Der Gleichzeitigkeitsfaktor  $g$  ist das Verhältnis der höchsten gleichzeitig auftretenden Verbraucher zur Summe der Nennleistungen aller angeschlossenen Verbraucher.

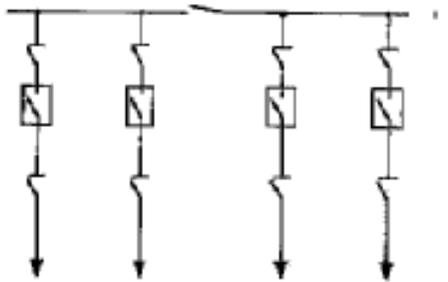
Abhängig:

Anzahl der Verbraucher, je verschiedenartiger die Verbraucher, Netzform

Verbrauchergruppen	Bürogebäude	Krankenhäuser	Kaufhäuser
Beleuchtung	0,85 .. 0,95	0,7 .. 0,9	0,85 .. 0,95
Klimanlage	1	0,9 .. 1	0,9 .. 1
Küchen	0,5 .. 0,85	0,6 .. 0,8	0,6 .. 0,8
Aufzüge/Rolltreppen	0,7 .. 1	0,5 .. 1	0,7 .. 1
Steckdosen	0,1 .. 0,15	0,1 .. 0,2	0,2

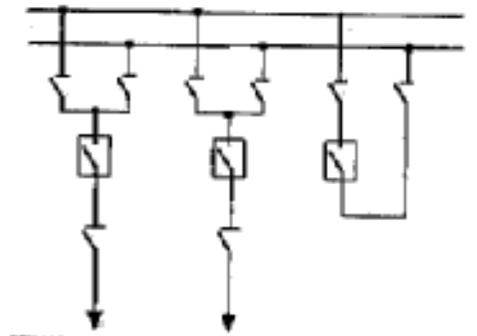
# Mittelspannungsschaltanlagen

Einfachsammelschiene



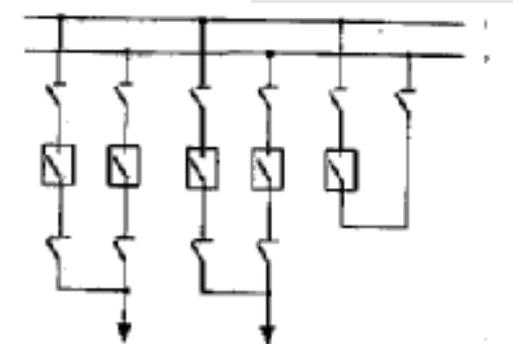
- für kleine Anlagen
- geringe Anschaffungs- und Instandskosten
- Längskupplung möglich

Doppelsammelschiene



- geeignet für Verbraucher mit unterschiedlicher Betriebswichtigkeit

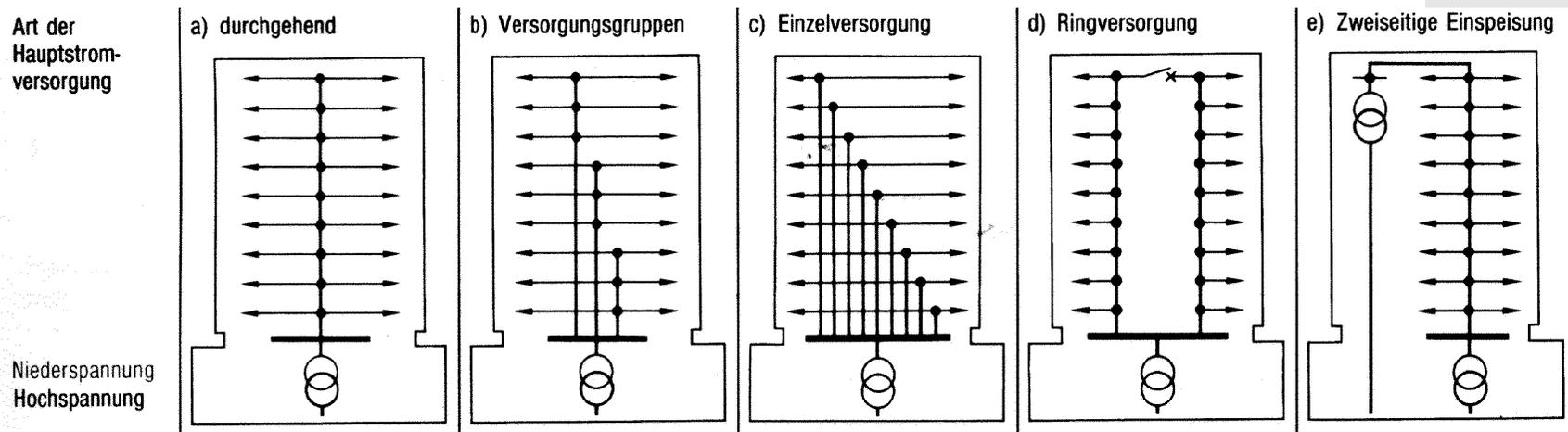
Zwei-Leistungsschalter-Methode



- unterbrechungslose Umschaltung
- keine Betriebsunterbrechung bei Revision

# Hauptstromversorgung

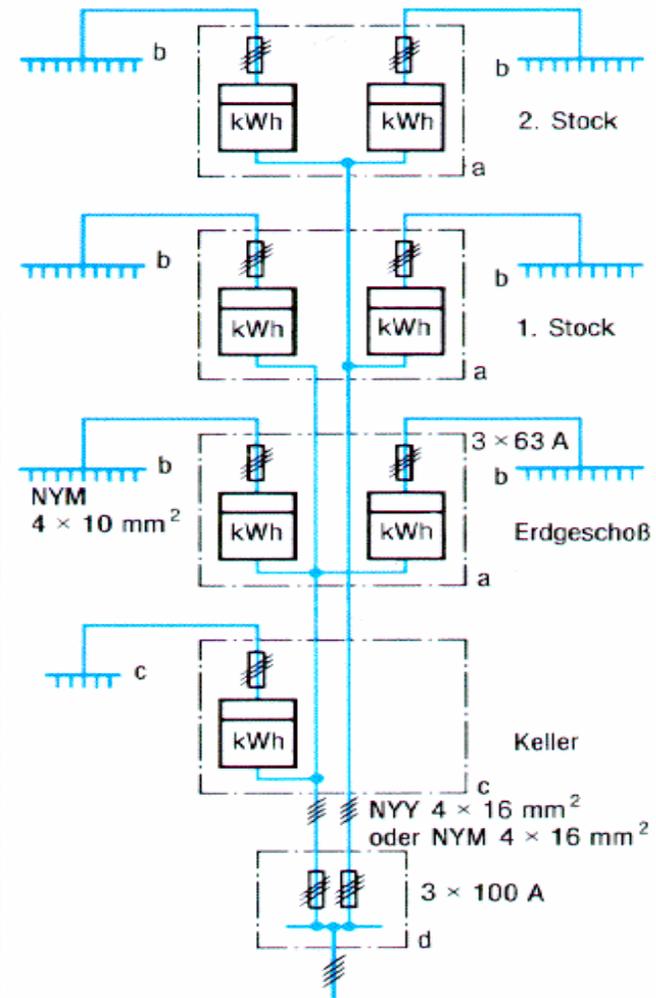
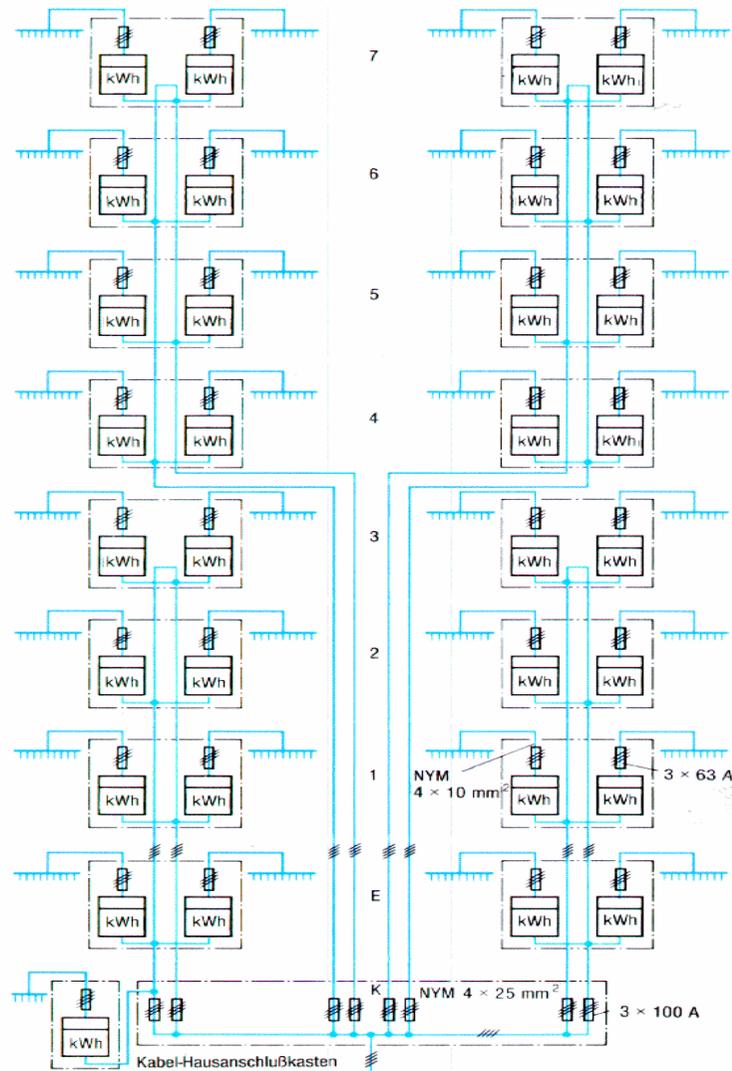
## Möglichkeiten der Hauptstromversorgung



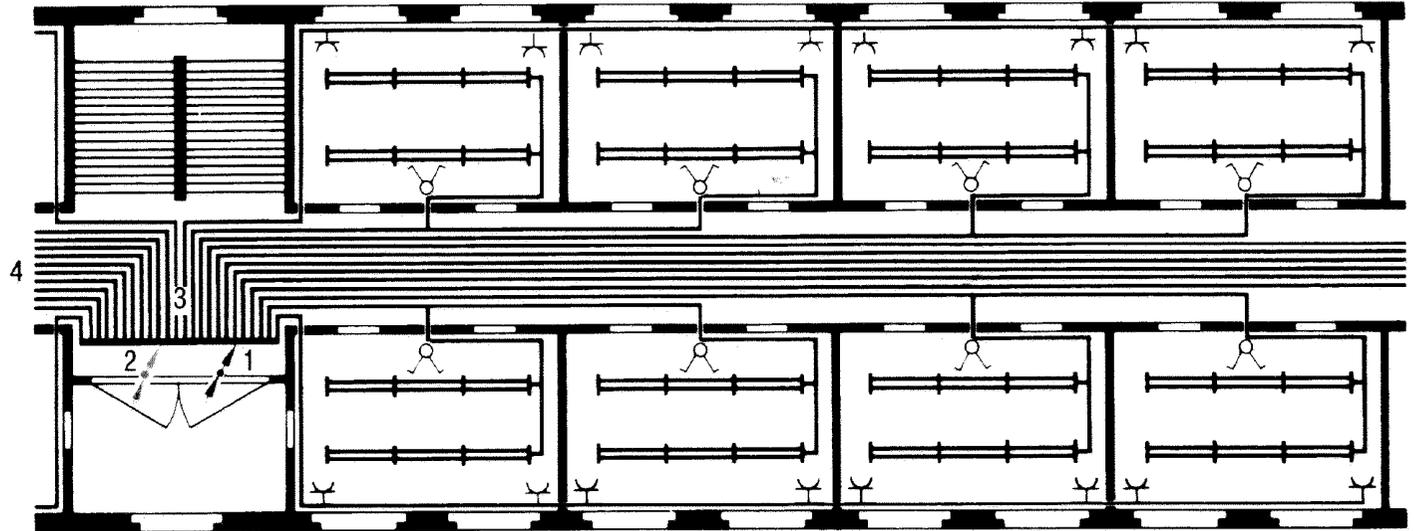
<b>Vorteile:</b>	-übersichtlich	-bei Störung	-bei Störung	-hohe Versorgungssicherheit
	-Ausgleich der	Ausfall einer	Ausfall einer	-bei e) geringere Verluste
	Belastungsspitzen	Gruppe	Etage	

<b>Nachteile:</b>	-geringe	-unterschiedliche	-unterschiedliche
	Versorgungs-	Belastungsspitzen	Belastungsspitzen
	sicherheit	in den Gruppen	in den Etagen

# Hauptleitung



# Verbraucherstromversorgung Zentrale Verteilungsform



- 1 Steigleitung, allgemein
- 2 Steigleitung, Ersatzstromversorgung
- 3 Flurverteiler
- 4 Verbraucherstromkreise

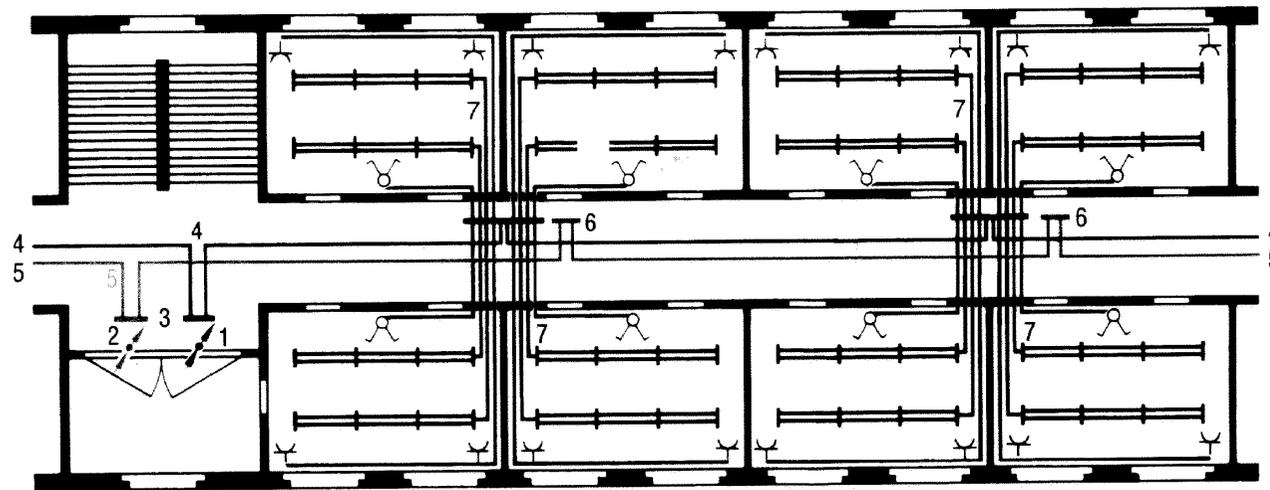
## Nachteile:

- unübersichtlich
- erhöhte Brandlast
- langwierige Fehlersuche

## Vorteile:

- Flexibilität

# Verbraucherstromversorgung Dezentrale Verteilungsform



- |  |   |
|--|---|
| 1 Steigleitung, allgemein                      | 5 Zuleitung zu den Deckenverteilern,<br>Ersatzstromversorgung |
| 2 Steigleitung, Ersatzstromversorgung          | 6 Deckenverteiler   |
| 3 Flurverteiler                                | 7 Verbraucherstromkreise                                      |
| 4 Zuleitung zu den Deckenverteilern, allgemein |   |

## Vorteile:

- übersichtliche Anlagenstruktur
- kurze abgehende Leitungen
- geringe Brandlast
- leichte Fehlersuche
- Abschaltung nur kleiner Anlagenteile

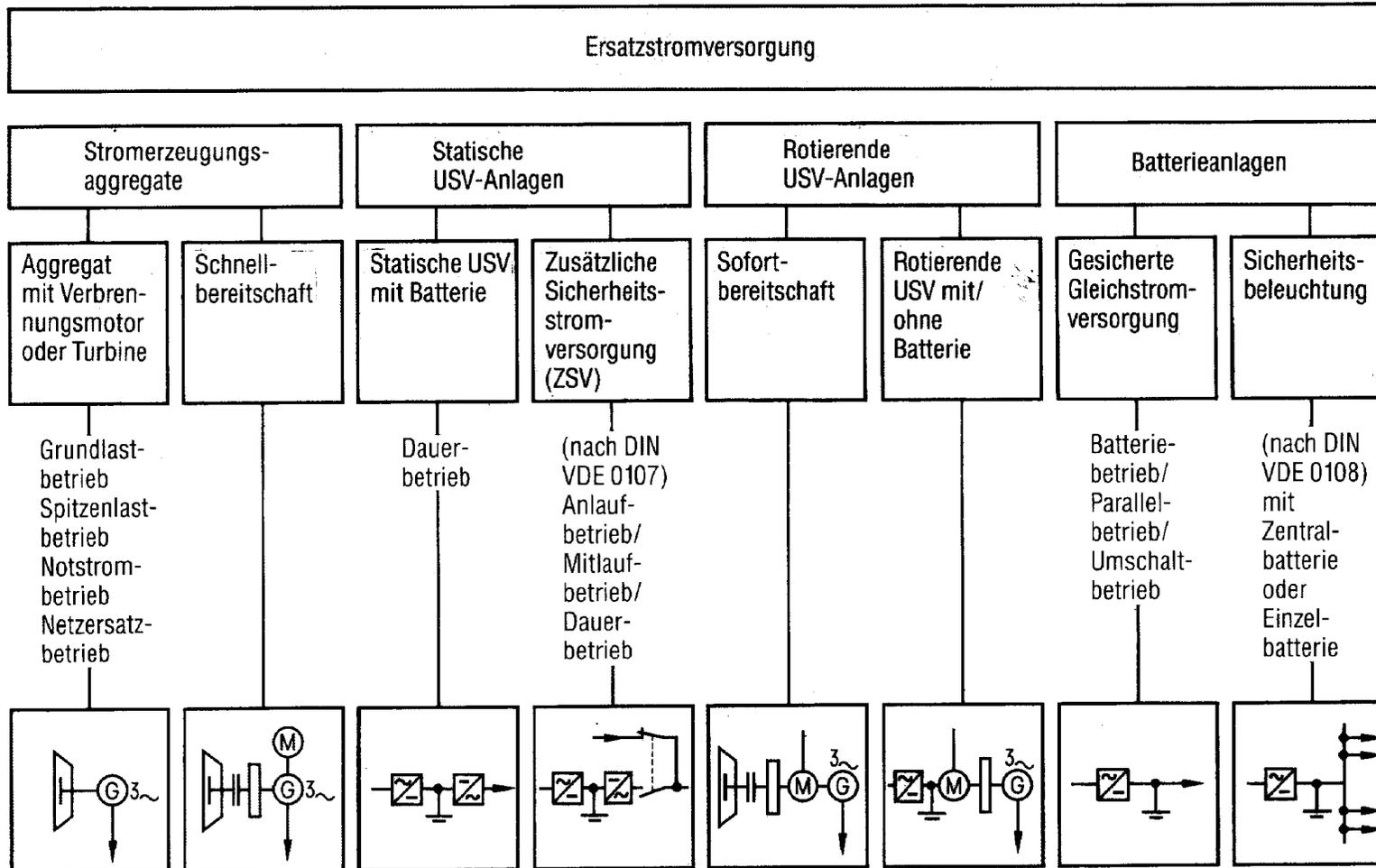
# Ersatzstromversorgungsanlagen



Je nach Anforderung der Stromversorgung unterscheidet man vier Ausführungsklassen:

1. geringe Anforderungen an Spannung und Frequenz
2. Anforderungen durch das öffentliche Netz
3. erhöhte Anforderungen, z.B.: Telekommunikationsanlagen
4. höchste Anforderungen, z.B.: EDV

# Ersatzstromversorgung



# Ersatzstromversorgungsanlagen

## Statisch unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)



### *- Batteriebetrieb:*

Die Verbraucher werden von der Batterie gespeist und die Gleichstromquelle lädt nur die Batterie.

### *- Parallelbetrieb:*

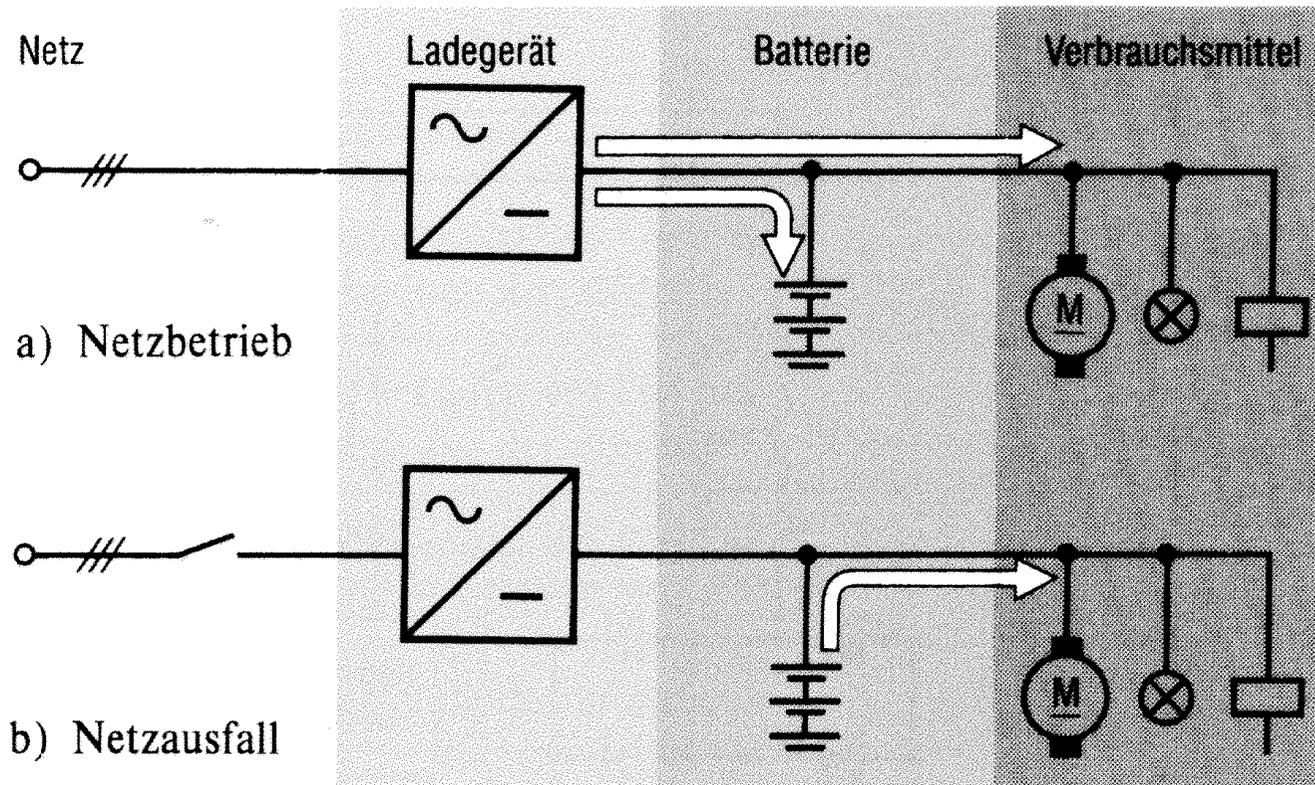
Die Batterie wird auf dem höchsten Ladeniveau gehalten und die Gleichstromquelle speist die Verbraucher. Nur bei Netzausfall übernimmt die Batterie die Versorgung.

### *- Pufferbetrieb:*

-Hierbei deckt die Batterie die Stromspitzen der Verbraucher ab. Sie ist nicht immer voll aufgeladen, liefert aber bei Netzausfall ihre Energie an die Verbraucher.

# Ersatzstromversorgungsanlagen

## Statisch unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV)



Parallelbetrieb

## Elektrische Energieversorgung von Industriebauten



Die Anforderungen an das Versorgungsnetz von Industriebauten hängt vom Fabrikationszweig ab. Um Produktionsstörungen zu vermeiden verwendet man als Redundanz für die Energieversorgung das (n-1)-Kriterium. Dieses fordert zwei getrennte Einspeisungen (z.B. Ringkabel) sowie eine Ersatzstromversorgung für den Notfall.

## Niederspannungsschaltanlagen und Verteiler bei Industriebauten



### - *Ströme:*

Die Bemessungsströme der Sammelschienen, Einspeisung und Abzweige, sowie die Kurzschlussfestigkeit der Sammelschienen, sind zu beachten.

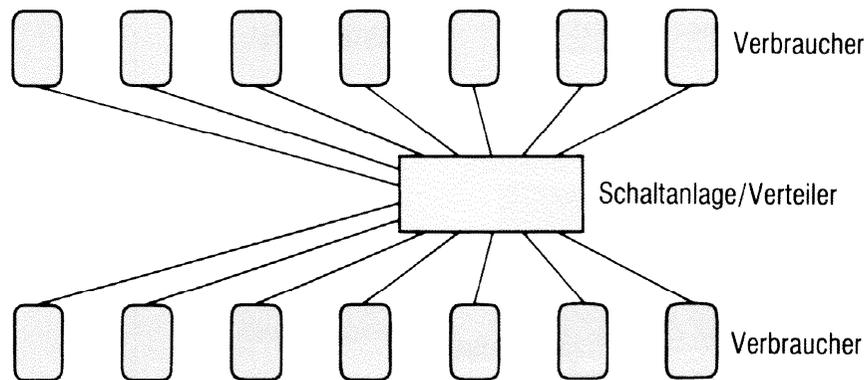
### - *Schutzart und Aufstellungsart:*

Festlegung der Schutzmaßnahmen, die Bedienungsfronten und die Aufstellungsart.

### - *Geräte-Einbauart:*

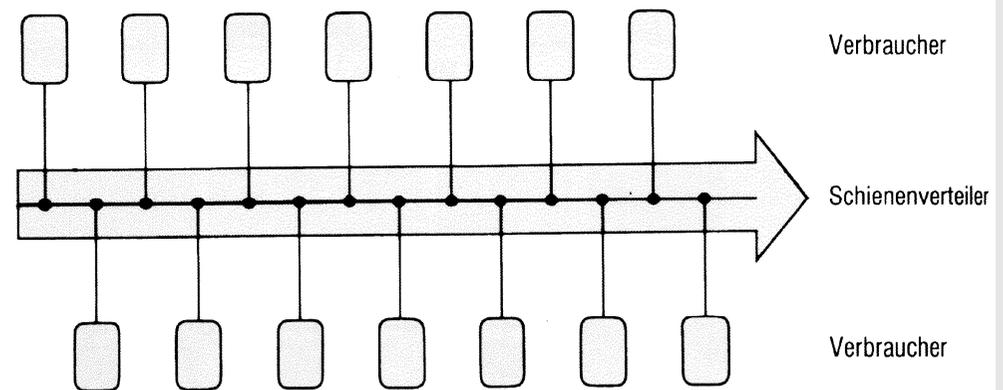
Festlegung ob die Geräte fest, als Einsatz oder als Einschub auszulegen sind.

# Niederspannungsschaltanlagen und Verteiler bei Industriebauten

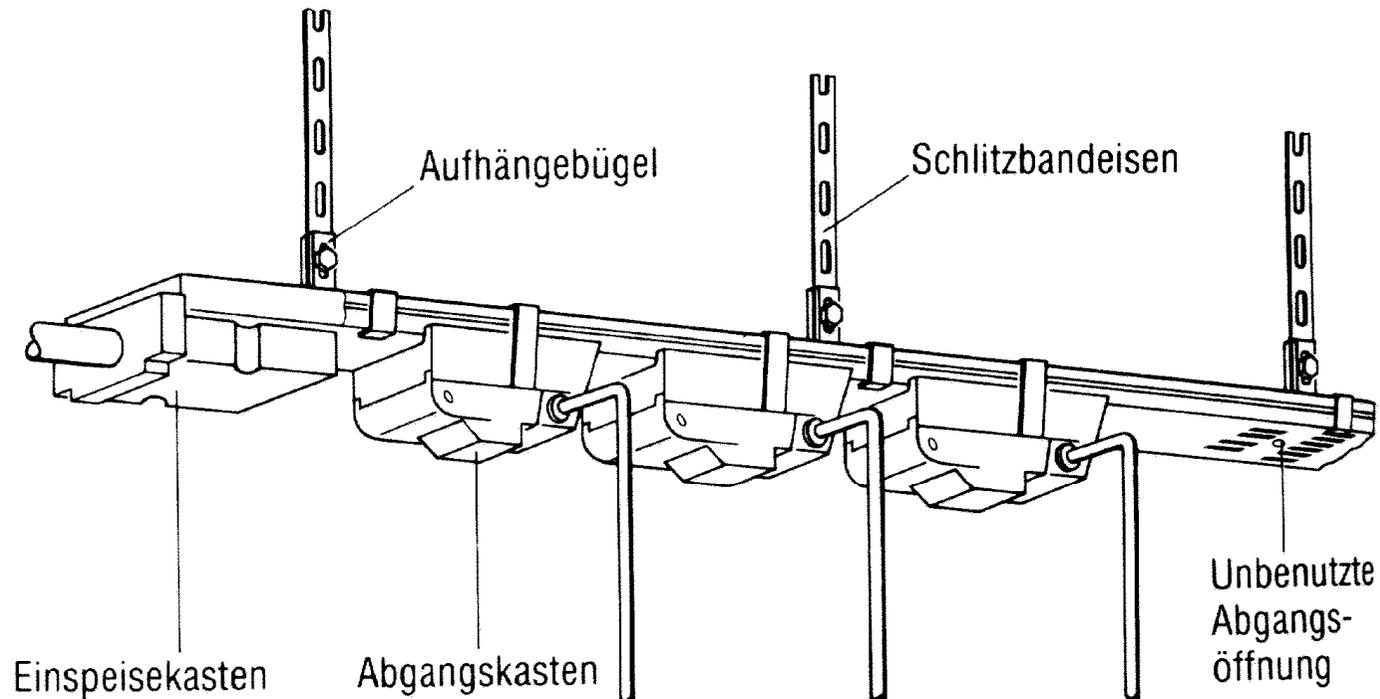


Punktverteiler

Linienverteiler

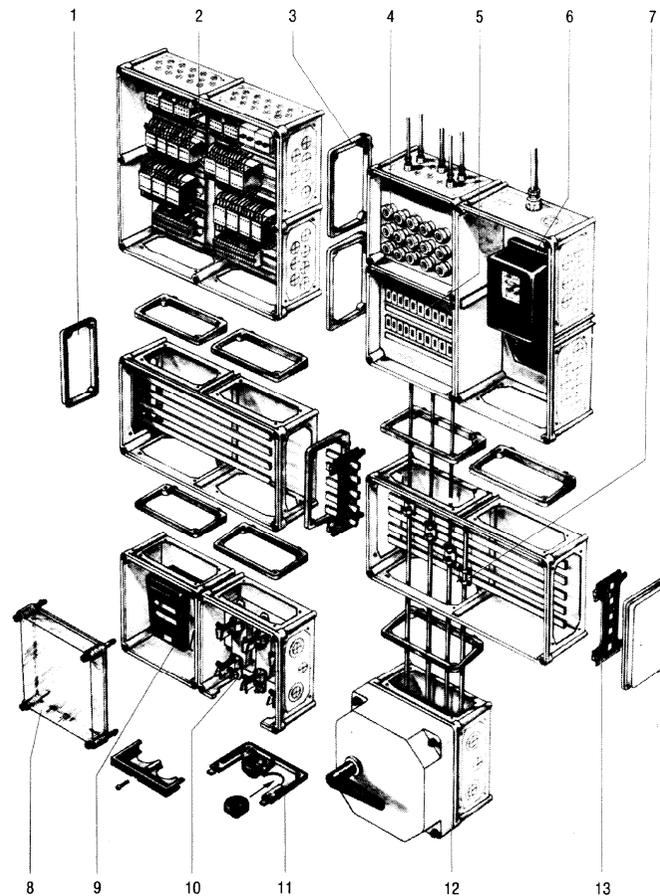


## Niederspannungsschaltanlagen und Verteiler bei Industriebauten



### Schienenverteiler mit veränderbaren Abgängen

# Niederspannungsschaltanlagen und Verteiler bei Industriebauten



Aufbau eines NS-Verteiler in Kastenform

- |                                      |  |                            |
|--------------------------------------|--|----------------------------|
| 1 Abschlußplatte                     | 5 Einbaugeräte mit Schnapp-<br>befestigung | 8 Deckel                   |
| 2 Kasten mit Geräten für Steuerungen | 6 Zählerkasten                             | 9 NH-Sicherungslasttrenner |
| 3 Dichtungsrahmen                    | 7 Bauteile für Sammelschienenzug           | 10 NH-Sicherungsunterteile |
| 4 DIAZED-Sicherungskasten            |  | 11 Kabel-Einführungsplatte |
|                                      |  | 12 Lasttrennschalter       |
|                                      |  | 13 Sammelschienenhalter    |

Bild 9.3/1 Aufbau der Niederspannungs-Verteiler 8HP

## Niederspannungsschaltanlagen und Verteiler bei Industriebauten

Unterschied NS-Schaltanlage und Verteiler?

- Schaltanlagen:*
- hohe Stromtragfähigkeit der Betriebsmittel zu etwa 63 kA
  - Stahlblech als Kapselungsmaterial
  - Bauhöhe 2200 mm
  - Einbaumöglichkeit der Geräte als Einsatz, Einschub oder fest.
  - hohe Kurzschlussfestigkeit bis 220 kA (Scheitelwert)
- Verteiler:*
- Bemessungsströme der Betriebsmittel bis etwa 2 kA
  - unterschiedliche Kapselungsarten (Isolierstoff oder Stahlblech)
  - Bauhöhe 1000 mm
  - Der Geräteeinbau ist fest.
  - Kurzschlussfestigkeit bis 80 kA

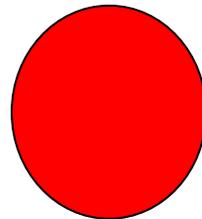
## Blindleistungskompensation



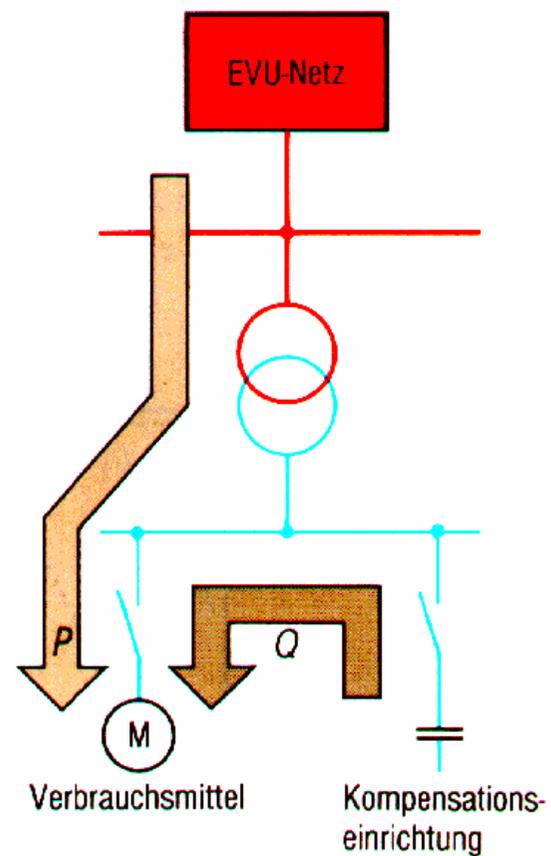
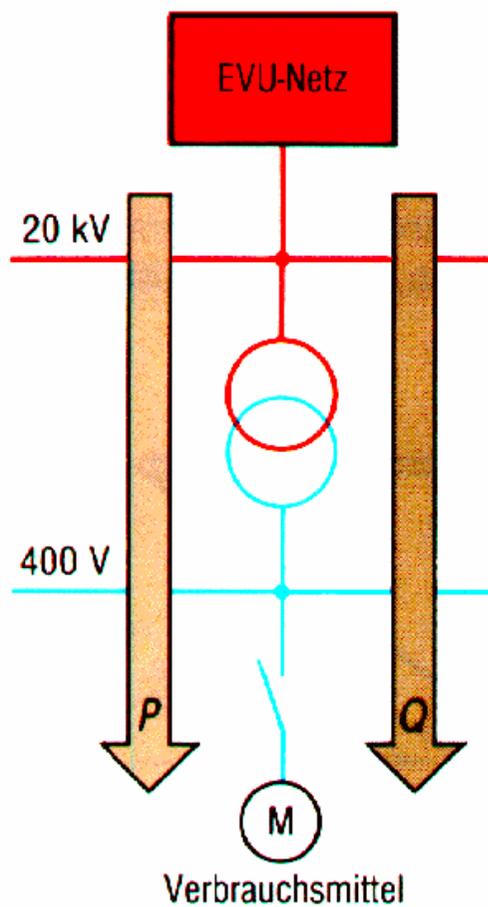
Wird Blindleistung vom Netz geliefert verursacht sie an Generatoren, Trafos, Schaltanlagen, Leitungen und Kabeln einen erhöhten Spannungsabfall und zusätzliche Verluste.

Die Lösung des Problems stellt die Kompensation der Blindleistung direkt am Verbraucher dar, wodurch die Betriebsmittel für Transport und Erzeugung der elektrischen Energie entlastet werden.

Daher fordert der Netzbetreiber ein bestimmtes Verhältnis von Wirk- zu Scheinleistung (Leistungsfaktor).



# Blindleistungskompensation



# Blindleistungskompensation

		Gewünschter Leistungsfaktor									
		1,00	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70
Vorhandener Leistungsfaktor	cos $\varphi_1$										
	0,40	2,29	2,09	2,00	1,93	1,86	1,81	1,67	1,54	1,41	1,27
	0,45	1,99	1,79	1,70	1,63	1,56	1,51	1,37	1,24	1,11	0,97
	0,50	1,73	1,53	1,44	1,37	1,30	1,25	1,11	0,98	0,85	0,71
	0,55	1,52	1,32	1,23	1,16	1,09	1,04	0,90	0,77	0,64	0,50
	0,60	1,33	1,13	1,04	0,97	0,90	0,85	0,71	0,58	0,45	0,31
	0,65	1,17	0,97	0,88	0,81	0,74	0,69	0,55	0,42	0,29	0,15
	0,70	1,02	0,82	0,73	0,66	0,59	0,54	0,40	0,27	0,14	–
	0,75	0,88	0,68	0,59	0,52	0,45	0,40	0,26	0,13	–	–
	0,80	0,75	0,55	0,46	0,39	0,32	0,27	0,13	–	–	–
	0,85	0,62	0,42	0,33	0,26	0,19	0,14	–	–	–	–
0,90	0,48	0,28	0,19	0,12	0,05	–	–	–	–	–	

$$\frac{Q_C}{P} = \tan \varphi_{schlecht} - \tan \varphi_{gut}$$

# Blindleistungskompensation



Leistungskondensatoren kommen als Einphasenkondensatoren oder als Drehstromkondensatoren in Stern- und Dreieckschaltung vor.

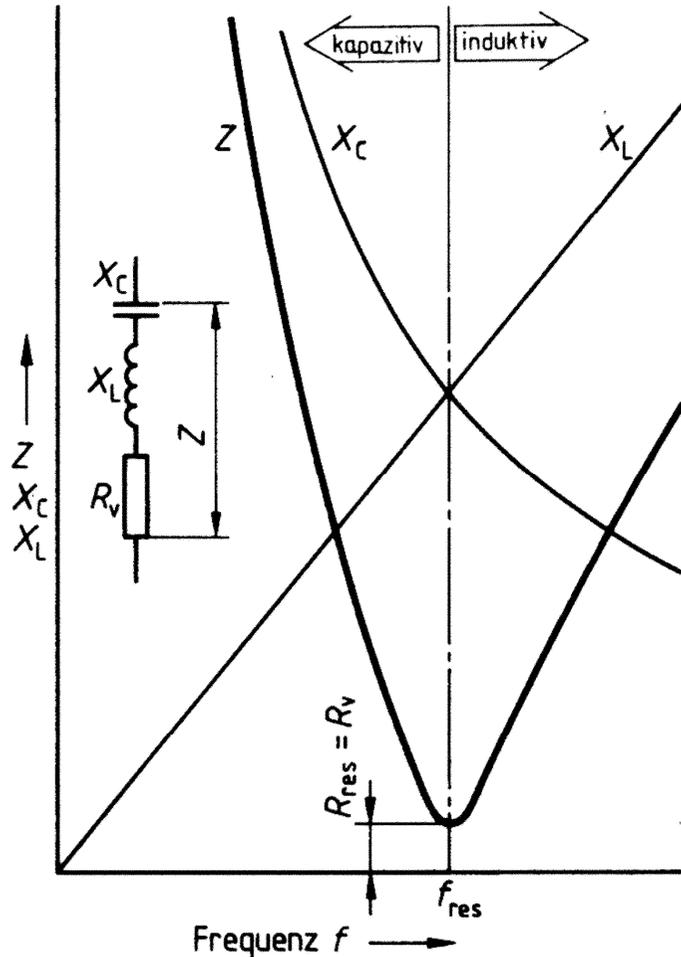
Um die gleiche Blindleistung zu erreichen muss bei der Dreieckschaltung die Kondensatoren nur 1/3 der Kapazität haben.  $\rightarrow C=C_Y=1/3C_\Delta$

Die **Einzelkompensation** findet bei großen Verbrauchern mit konstantem Leistungsfaktor und langer Einschaltdauer Verwendung. Vorteile liegen in der Entlastung der Zuleitungen und die Kondensatoren können häufig direkt an die Klemmen der Verbraucher angeschlossen und mit einem gemeinsamen Schalter betätigt werden.

Bei der **Gruppenkompensation** wird die Kompensationseinrichtung einer Gruppe von Verbrauchern (z.B.: Motoren, Leuchtstofflampen) zugeordnet, die gemeinsam über einen Schütz am Netz angeschlossen sind.

**Zentralkompensation** wird über Blindleistungs-Regelheiten betrieben z.B. 1:1:2:2:3 (50:50:100:100:150)

## Einsatz abgestimmter Filterkreise



### Resonanzkurve eines Reihenschwingkreis

Filterkreise (Saugkreise) sind Reihenschwingkreise, die jedoch genau auf die einzelnen Harmonischen des Stromrichterstromes abgestimmt sind und daher für diese nur sehr kleine Impedanzen darstellen. Hierdurch fließen die Oberschwingungsströme weitgehend in den Filterkreisen und werden so vom übergeordneten Netz ferngehalten. Sie werden häufig für die 5., 7., 11. und 13. Oberschwingung eingesetzt.