

**Auslegung und Ausführung  
von Strom- und Spannungs-  
wandlerkreisen**

**Februar 1992**

# **Interessengemeinschaft Energieverteilung IG – EVU**

**In der Interessengemeinschaft Energieverteilung (IG–EVU) sind von folgenden Firmen Mitarbeiter vertreten:**

<b>Badenwerk</b>	<b>Litz, Dillmann, Scheerle</b>
<b>Bayernwerk</b>	<b>Gabsa, Sendlinger</b>
<b>BEWAG</b>	<b>Kuntze</b>
<b>EVS</b>	<b>Hauck</b>
<b>HEW</b>	<b>Dabelstein</b>
<b>Österreichische Elektrizitätswirt- schafts-AG</b>	<b>Dr. Hofbauer</b>
<b>Pfalzwerke</b>	<b>Bischof</b>
<b>PreussenElektra</b>	<b>Pfahlert</b>
<b>RWE-Energie</b>	<b>Reith</b>
<b>VEW</b>	<b>Donschen, Klose</b>
<b>ABB</b>	<b>Karl, Scholz, Dr. Krischker, Dr. Reinhardt</b>
<b>AEG</b>	<b>Dr. Blaum, Schauerhammer</b>
<b>Calor Emag</b>	<b>Hörner</b>
<b>Siemens</b>	<b>Günther, Harbauer, Brückner, Popp</b>

# **Inhalt**

1. Vorwort
2. Stromwandler
3. Klemmen und Klemmenleisten für Stromwandler
  - 3.1 Klemmenarten
  - 3.2 Klemmenleistenaufbau
    - 3.2.1 Kriterien, Anforderungen
      - 3.2.1.1 Phasenreihenfolge
      - 3.2.1.2 Reihenfolge der Wandlerkerne
      - 3.2.1.3 Kurzschließmöglichkeit der Wandler
      - 3.2.1.4 Kurzschließmöglichkeit der Geräte
      - 3.2.1.5 Behandlung von Kabelabgängen
      - 3.2.1.6 Prüfmöglichkeit
      - 3.2.1.7 Erdung
      - 3.2.1.8 Sternpunktbildung
    - 3.2.2 Aufbau der Klemmenleiste
    - 3.2.3 Beispiele von Klemmenleisten
  - 3.3 Kennzeichnung
  - 3.4 Darstellung
4. Bemessung der Leiterquerschnitte für Stromwandlerkreise
5. Spannungswandler
6. Klemmen und Klemmenleisten für Spannungswandler
  - 6.1 Klemmenarten
  - 6.2 Klemmenleistenaufbau
  - 6.3 Kennzeichnung
  - 6.4 Darstellung
7. Bemessung der Leiterquerschnitte für Spannungswandlerkreise

## 1. Vorwort

Diese Schrift behandelt im wesentlichen die Klemmenleisten der Sekundärkreise von Strom- und Spannungswandlern und deren Anordnung in den Komponenten von Hochspannungsschaltanlagen (> 1kV).

Zu diesem Thema gab es bisher weder nationale noch internationale Ausarbeitungen. Deshalb wurden bei vielen Betreibern hausinterne Regeln und Standards erarbeitet, die von Betreiber zu Betreiber Unterschiede aufweisen und seit vielen Jahren erfolgreiche Anwendung finden.

Nachfolgende Empfehlungen sind überall dort anzuwenden, wo keine betreiber-spezifischen Vorschriften zu beachten sind.

Werden betreiberspezifische Vorschriften überarbeitet, soll dies auf der Grundlage dieser Ausarbeitung erfolgen.

## 2. Stromwandler

- Ein Stromwandler ist ein Meßwandler, bei dem der Sekundärstrom dem Primärstrom praktisch proportional und phasengleich ist.  
Der Stromwandler hat die Aufgabe, den zu messenden Strom in einen Meßstrom zur Speisung von Zähl-, Meß-, Regel- und Schutzeinrichtungen zu transformieren. Gleichzeitig sind die Primär- und Sekundärwicklungen galvanisch voneinander getrennt.
- Der Primär-Nennstrom eines Stromwandlers ist der auf dem Leistungsschild angegebene Wert des primären Stromes, für den der Wandler berechnet ist. Die genormten Primär-Nennströme gemäß IEC-Publikation Nr. 185 (1966) sind:  
**10 - 12,5 - 15 - 20 - 25 - 30 - 40 - 50 - 60 - 75 A**  
(Vorzugswerte sind fett gedruckt) sowie das dekadische Vielfache dieser Werte. Bei umschaltbaren Stromwandlern gelten die genormten Werte für den kleinsten Wert des Primärstromes.
- Der Sekundär-Nennstrom eines Stromwandlers ist der auf dem Leistungsschild angegebene Wert des sekundären Stromes, für den der Wandler berechnet ist. Die genormten Sekundär-Nennströme gemäß IEC-Publikation Nr. 185 (1966) sind: 1 A, 2 A und 5 A.
- Ein Stromwandler kann mehrere Kerne haben.  
Je nach Klassengenauigkeit und Überstromkennziffer werden Zähl-, Meß-, und Schutzkerne unterschieden.

So haben z. B. Zählkerne eine hohe Klassengenauigkeit und kleine Überstromkennziffer, Schutzkerne eine hohe und Meßkerne eine niedrige Überstromkennziffer.

Ein Stromwandler kann sowohl auf der Primär- als auch auf der Sekundärseite mit Anzapfungen versehen und/oder umschaltbar sein.

- Bei Anlagen mit Nennspannungen über 1 kV müssen sekundärseitige Stromkreise von Stromwandlern gemäß VDE 0141 geerdet werden. In Anlagen mit Nennspannungen bis 1 000 V ist diese Maßnahme nicht erforderlich, kann aber z. B. aus funktionellen Gründen ausgeführt werden.
- Die Betriebsmittelkennzeichnung für Stromwandler ist in DIN 40 719, Teil 2 Tabelle C5 festgelegt. Die Anschlußbezeichnungen für Stromwandler sind für die wichtigsten Normen der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

ANSI	H1	H2	H1	H3	H2	H4		H1	H2	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8			
BS	P1	P2	P1	K1	K2	P2	P1	P2	P3	P1	P2									
IEC	P1	P2	P1	C1	C2	P2		P1	P2											
VDE 0414	K	L	K <sub>a</sub>	K <sub>b</sub>	L <sub>a</sub>	L <sub>b</sub>	K	L2	L1	K	L	AK	AL	BK	BL	CK	CL	DK	DL	
Primär Primary																				
Sekundär Secondary																				
VDE 0414	k	l	k	l	k	l	k	l	k	l	k	l	k	l	k	l	k	l	k	l
IEC	S1	S2	S1	S2	S1	S2		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7						
BS	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7					
ANSI	X1	X2	Y1	Y2	X1	X2		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X1					X2

ANSI American National Standard Institute  
 BS British Standard  
 IEC International Electrotechnical Commission  
 VDE Verband Deutscher Elektrotechniker

- Stromwandler dürfen nur bis zur maximal zulässigen Bürde belastet oder sekundärseitig kurzgeschlossen betrieben werden. An offenen sekundärseitigen Klemmen treten im Betrieb hohe Spannungen auf, wodurch Personen und angeschlossene Geräte gefährdet werden. Laut VDE 0100 Teil 430 Abschnitt 5.6 ist aus genannten Gründen auf eine Absicherung zu verzichten.
- Bei Stromwandlern mit Anzapfungen bzw. mit Umschaltmöglichkeiten erfolgt aus Sicherheitsgründen die Beschaltung grundsätzlich am Wandler selbst.

### 3. Klemmen und Klemmenleisten für Stromwandler

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die Verwendung von Reihenklemmen. Fertige Geräteeinheiten für Prüfung und Anschluß, z. B.: test terminal, fallen nicht hierunter.

#### 3.1 Klemmenarten

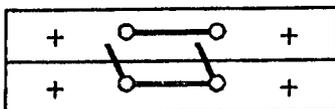
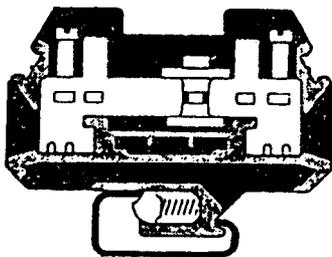
Für diese Aufgaben werden von den Klemmenherstellern spezielle Trennklemmen und Durchgangsklemmen (Wandlerklemmen) angeboten.

Die Trennklemmen für Stromwandlerkreise besitzen eine Längstrennstelle und Brückenzubehör für beide Seiten.

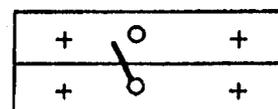
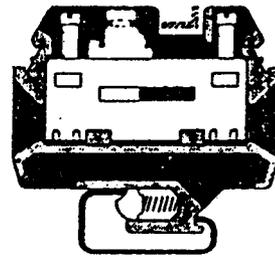
Die Durchgangsklemmen haben besonderes Zubehör (Gleitstege, Brücken) um die Anforderungen für Stromwandlerprüfsätze zu erfüllen.

**Bild 1**

Trennklemme



Durchgangsklemme



Als Reihenklemmen für Stromwandlerkreise werden vorzugsweise Trennklemmen eingesetzt. Durch die Möglichkeit der Längstrennung in der Klemme ist ein einfacher Klemmenleistenaufbau mit wenigen Klemmen gegeben. Die Durchgangsklemme hingegen erfordert zusätzliche "Stützpunktklemmen".

### 3.2 Klemmenleistenaufbau

Der Klemmenleistenaufbau wird bestimmt, durch die Anforderungen an die Prüf- und Kurzschließmöglichkeiten an den verschiedenen Stellen im Stromkreis sowie von der Anzahl der Geräte im Einbauort und der Klemmenart.

#### 3.2.1 Kriterien, Anforderungen

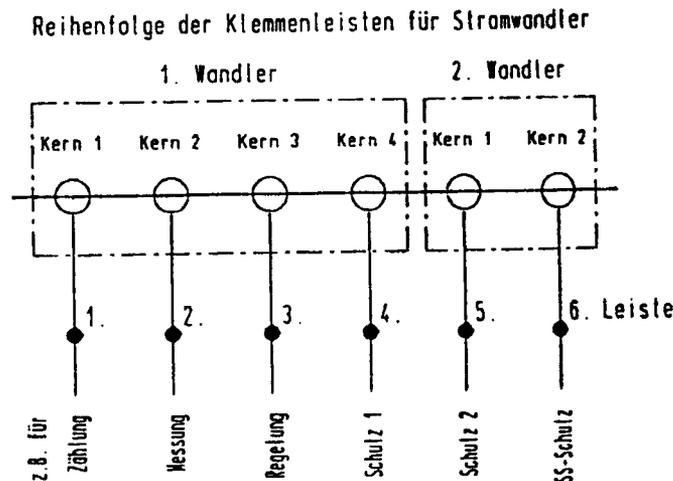
Folgende Anforderungen muß ein Klemmenprüfsatz für Stromwandlerkreise erfüllen:

##### 3.2.1.1 Phasenreihenfolge

Innerhalb des Klemmensatzes eines Wandlerkernes wird die Reihenfolge N/L1, N/L2, N/L3 (N ist der geerdete Leiter) und Sternpunktbildung empfohlen (siehe Bild 2).

##### 3.2.1.2 Reihenfolge der Wandlerkerne

Die Klemmenleisten sind entsprechend der Reihenfolge der Wandlerkerne, Kern 1, 2, 3 usw. aufzubauen:



### 3.2.1.3 Kurzschließmöglichkeit der Wandler

Die Klemmen sind so anzuordnen, daß der Wandler phasenweise mit einer Brücke auf der dem Wandler zugeordneten Klemmenseite kurzgeschlossen werden kann. Durch eventuell vorhandene Längstrennmöglichkeit in der Klemme kann die Kurzschließmöglichkeit nicht aufgehoben werden.

### 3.2.1.4 Kurzschließmöglichkeit der Geräte

Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten:

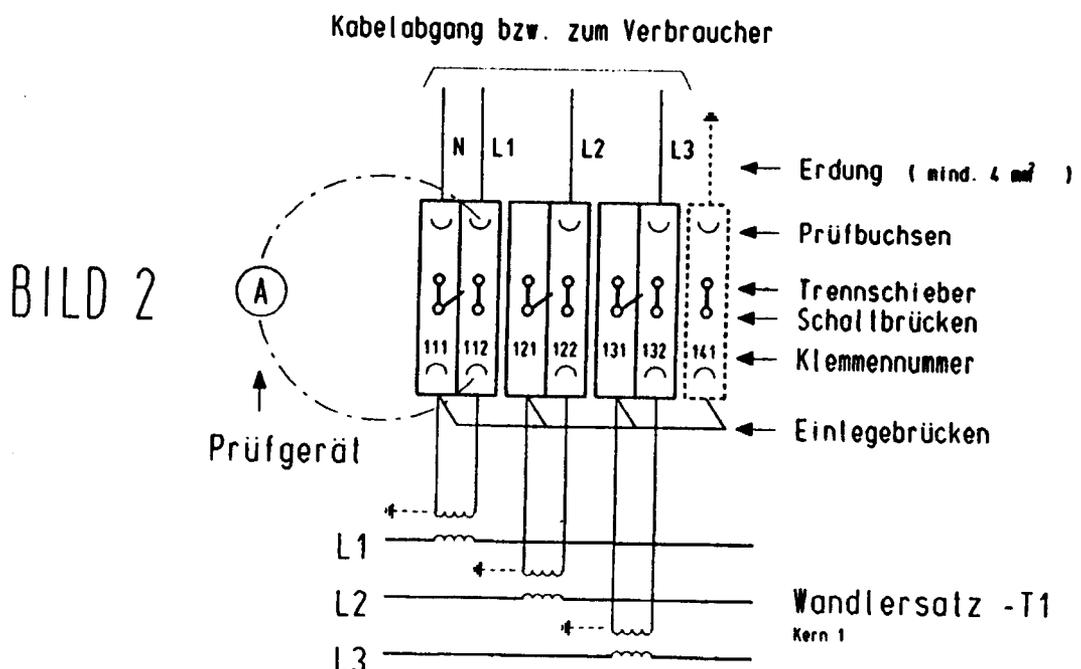
1. Gemeinsame Kurzschließbarkeit von Betriebsmittelgruppen je Phase, z. B.: alle Meßgeräte in einer Phase (Bild 3.1, 3.2).
2. Einzelkurzschließbarkeit der Betriebsmittel je Phase z. B. bei autarken Schutzfunktionen und Störwerterfassung am gleichen Wandlerkern (Bild 5).

### 3.2.1.5 Behandlung von Kabelabgängen

Jeder Kabelabgang muß einzeln je Phase kurzschließbar sein (Bild 5).

### 3.2.1.6 Prüfmöglichkeit

Der Klemmensatz muß so aufgebaut sein, daß je Phase und gegebenenfalls im Sternpunkt und in der Erdung ein Prüfgerät eingeschleift werden kann. Dies geschieht über Prüfbuchsen und Öffnen der Brücken und/oder Schieber (siehe Bild 2). Damit ist auch die Möglichkeit der Wandlerprüfung und das Einprägen eines Prüfstromes gegeben.



### 3.2.1.7 Erdung

Die Erdung der drei Phasen der Wandlersekundärkreise erfolgt nur an einer Stelle an einem gemeinsamen Punkt:

- Direkt am Wandler; wenn an dieser Stelle nicht möglich oder nicht zweckmäßig (z. B.: beim Zusammenschalten mehrerer Wandler oder im Hinblick auf den Schutz) so ist die Erdung an der **ersten** gemeinsamen Klemmenstelle der drei Phasen z. B.: Wandlerzwischenkasten bzw. Vorortsteuerschrank, vorzunehmen.  
Ausnahmen bilden spezielle Anforderungen des Anlagenschutzes, z. B.: Zusammenschalten von Wandlern bei 1 1/2 Leistungsschalter-System oder zur Symmetrierung langer Wandlerleitungen.
- Bei Abgängen ist die Erdung vorzugsweise zur Sammelschiene hin, bei Einspeisungen zur Energiequelle hin gerichtet, bei Transformatoren ist die Erdung abhängig vom Schutz.

### 3.2.1.8 Sternpunktbildung

Für Meß- und Schutzkerne wird der Sternpunkt, wenn erforderlich, an der ersten gemeinsamen Klemmenstelle gebildet und die Klemmen am Ende der zugehörigen Klemmenleiste angeordnet (Bild 5).

Bei Meßkernen mit hoher Klassengenauigkeit (für Abrechnungszählung) kann die Sternpunktbildung entfallen (Bild 4).

### 3.2.2 Aufbau der Klemmenleiste

Der Aufbau der Klemmenleiste wird von folgenden Vorgaben bestimmt.

1. Klemmenart (Trennklemme, Durchgangsklemme)
2. Verwendungszweck (Zählung, Messung, Schutz)
3. Aufgabe der Klemmenleiste (Durchschleifen bei einem Verbraucher oder Aufteilen bei mehreren Verbrauchern).

### 3.2.3 Beispiele von Klemmenleisten

Siehe Bilder Seite 10 und 11.

Bild 3.1

KLEMMENLEISTE FUER MESSUNG UND SCHUTZ  
 DURCHSCHLEIFEN MIT STERNPUNKTBILDUNG  
 DURCH DRAHTBRUECKEN

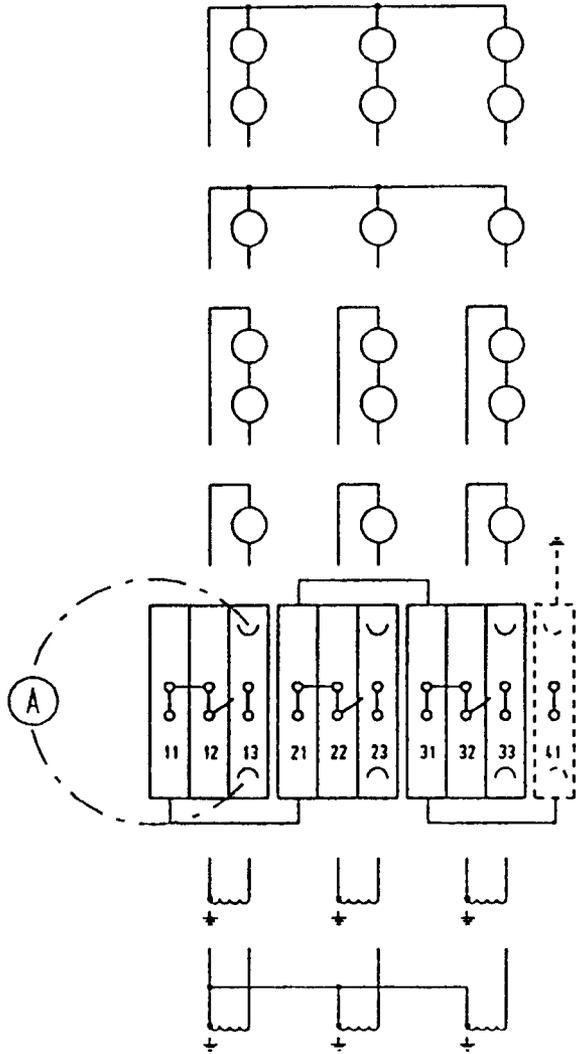
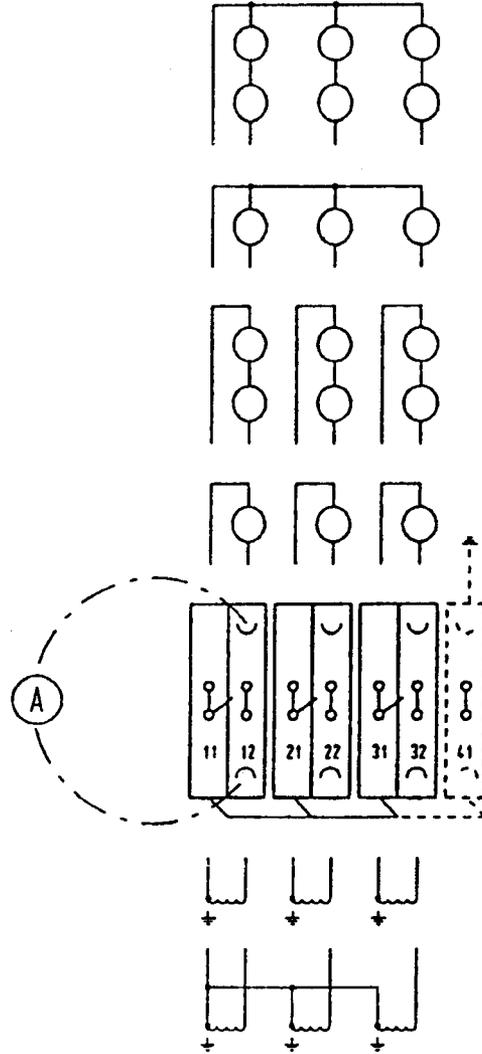


Bild 3.2

KLEMMENLEISTE FUER MESSUNG UND SCHUTZ  
 DURCHSCHLEIFEN MIT STERNPUNKTBILDUNG  
 DURCH EINLEGEBRUECKEN



KLEMMENLEISTE FUER ZAEHLUNG  
 DURCHSCHLEIFEN OHNE STERNPUNKTBILDUNG

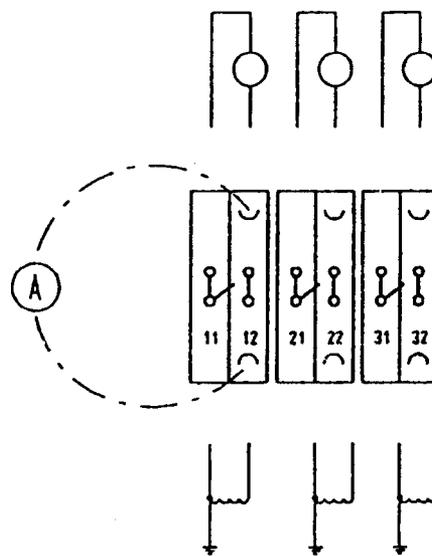


Bild 4

KLEMMENLEISTE FUER ZAEHLUNG  
 DURCHSCHLEIFEN OHNE STERNPUNKTBILDUNG

Bild 5  
 KLEMMENLEISTE FUER MESSUNG UND SCHUTZ  
 MIT STERNPUNKTBILDUNG  
 AUFTEILEN MIT 2 VERBRAUCHERN

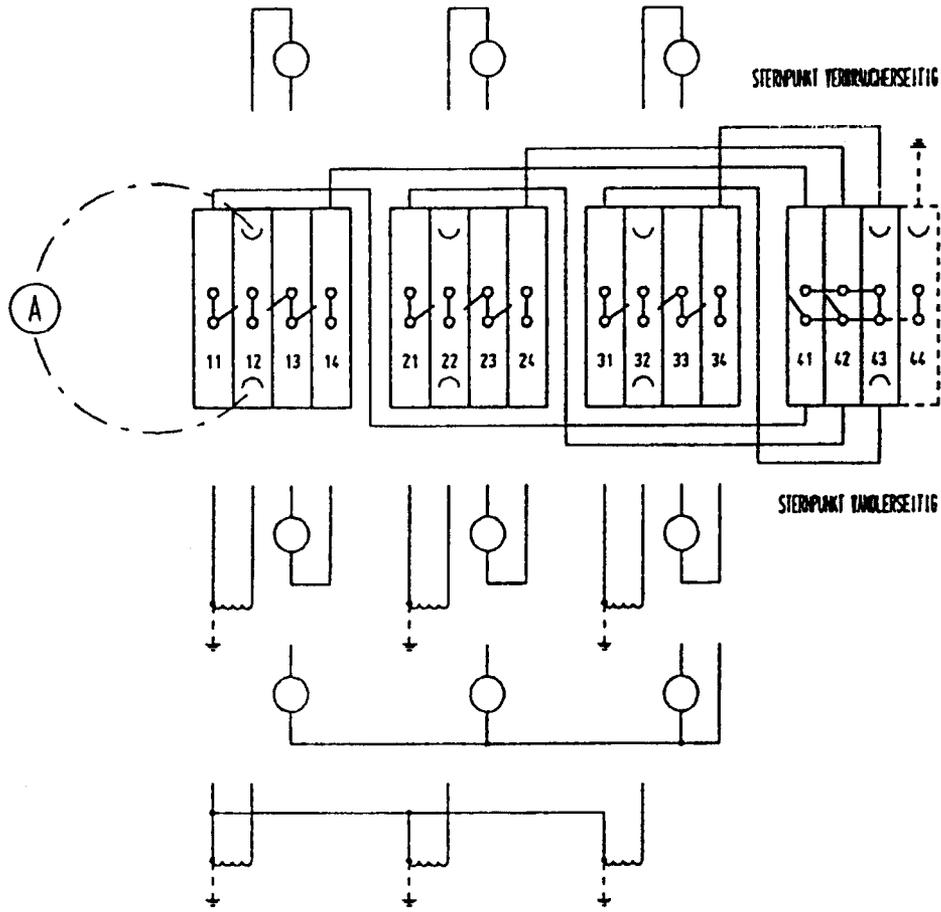
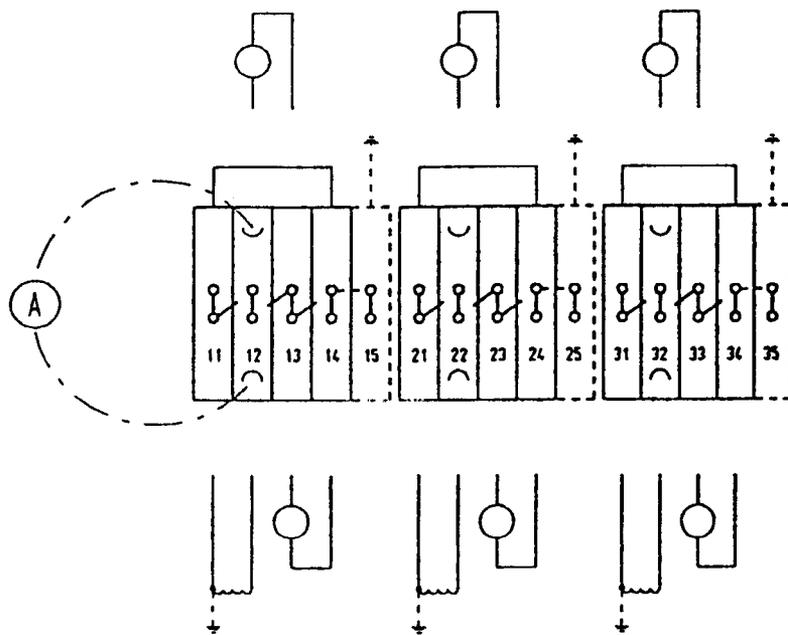


Bild 6  
 KLEMMENLEISTE FUER ZAEBLUNG  
 OHNE STERNPUNKTBILDUNG  
 AUFTEILEN MIT 2 VERBRAUCHERN



### 3.3 Kennzeichnung

Im Zuge der Standardisierung wird eine Festlegung der Bezeichnung der Klemmenleisten, sowie der Bezeichnung der Klemmennummern angestrebt.

- Nachfolgende Klemmenleistenbezeichnungen und Klemmennummern werden für die erste gemeinsame Klemmenstelle der drei Phasen empfohlen (z. B.: Wandlerzwischenkasten bzw. Vorortsteuerschrank).

Stromwandler	Klemmen- leisten- bezeichnung	Klemmennummern			
		L1	L2	L3	N
1. Kern	- X610	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
2. Kern	- X620	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
3. Kern	- X630	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
4. Kern	- X640	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49

Für weitere Kerne ist sinngemäß zu verfahren.

- Für die Klemmenleistenbezeichnung und Klemmennummern von Stromwandlerklemmen in weiteren Komponenten für Zählung, Meßwertverarbeitung, Schutz, usw. gilt folgende Empfehlung:

Stromwandler	Klemmen- leisten- bezeichnung	Klemmennummern			
		L1	L2	L3	N
1. Kreis	- X601	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
Für weitere Kreise in der selben Komponente gilt:					
2. Kreis	- X602	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
3. Kreis	- X603	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49

Für weitere Kreise ist sinngemäß zu verfahren.

## Aufbau der Klemmenleistenbezeichnung

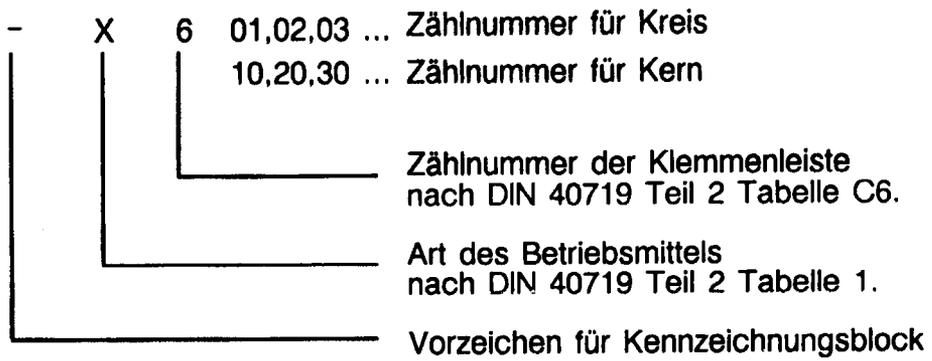
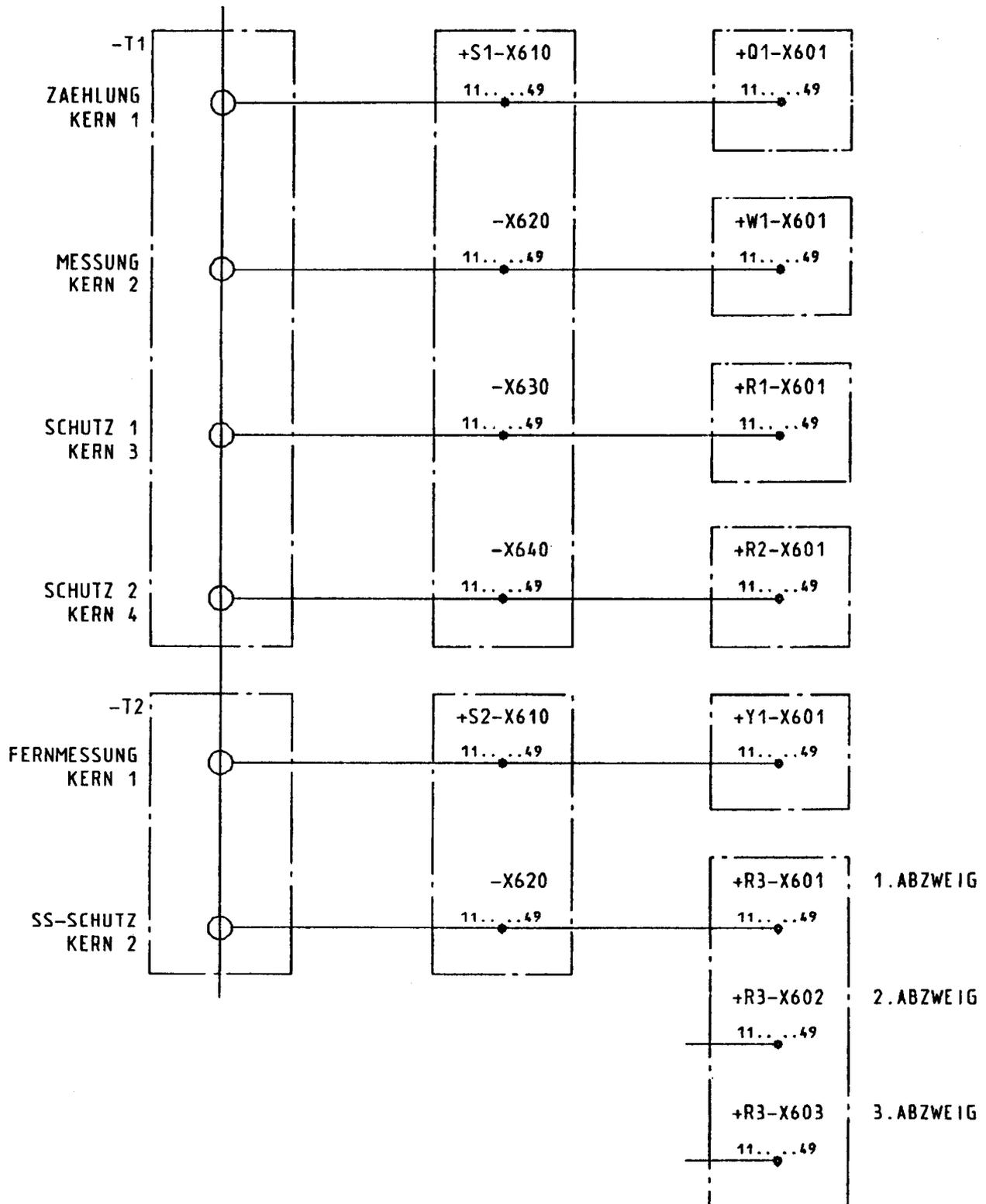


Bild 7: Empfehlung für Klemmennummern und Klemmenleistenbezeichnung.



### 3.4 Darstellung

Die Darstellung mit Brück-, Prüf- und Trennmöglichkeiten von Stromwandler-Prüfklemmensätzen erfolgt wahlweise im Anschlußplan oder im Stromlaufplan.

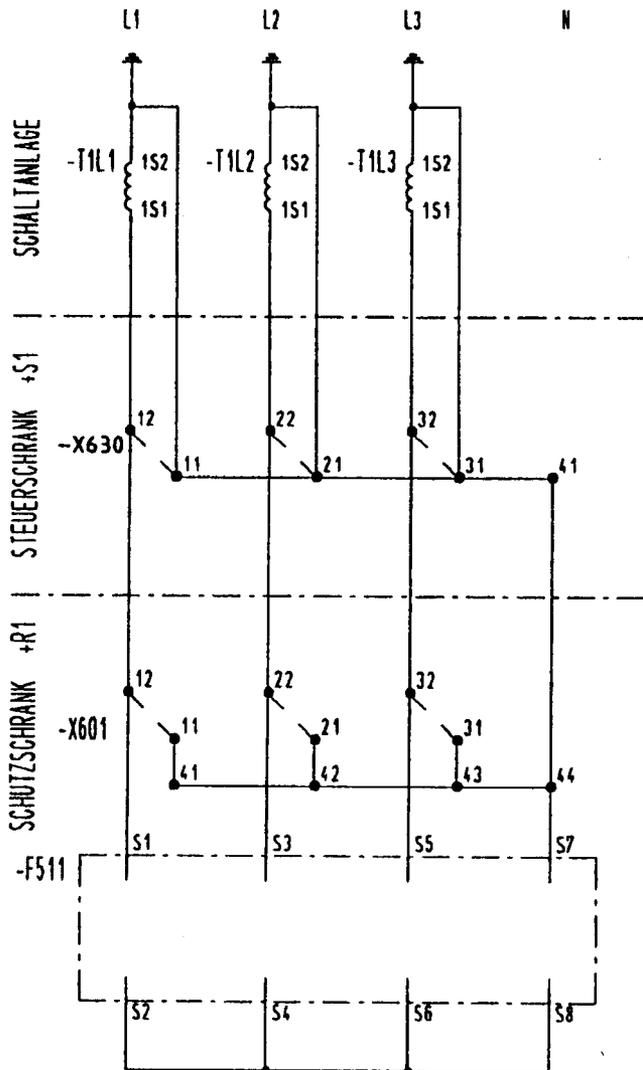
Bild 8: Beispiel für die Darstellung im Anschlußplan

ZIELBEZEICHNUNG		ANSCHLUSSLEISTE			ZIELBEZEICHNUNG		
KENNZEICHEN	ANSCHLUSS	=E3+S1 -X610			KENNZEICHEN	ANSCHLUSS	
ZÄHLUNG KERN 1	=E3-T1L1	1S2		11	=E3+Q1-X601	11	
	=E3-T1L1	1S1		12	=E3+Q1-X601	12	
	=E3-T1L2	1S2		21	=E3+Q1-X601	21	
	=E3-T1L2	1S1		22	=E3+Q1-X601	22	
	=E3-T1L3	1S2		31	=E3+Q1-X601	31	
	=E3-T1L3	1S1		32	=E3+Q1-X601	32	
				-X620			
MESSUNG KERN 2	=E3-T1L1	2S2		11		41	
	=E3-T1L1	2S1		12	-P401	1	
	=E3+W1-X601	11		13	-P401	2	
	=E3+W1-X601	12		14		41	
	=E3-T1L2	2S2		21		42	
	=E3-T1L2	2S1		22	-P402	1	
	=E3+W1-X601	21		23	-P402	2	
					24		42
	=E3-T1L3	2S2		31		43	
	=E3-T1L3	2S1		32	-P403	1	
	=E3+W1-X601	31		33	-P403	2	
					34		43
	11			41		14	
	21			42		24	
	32			43		34	
				-X630			
SCHUTZ 1 KERN 3	=E3-T1L1	3S2		11	=E3+R1-X601	11	
	=E3-T1L1	3S1		12	=E3+R1-X601	12	
	=E3-T1L2	3S2		21			
	=E3-T1L2	3S1		22	=E3+R1-X601	22	
	=E3-T1L3	3S2		31			
	=E3-T1L3	3S1		32	=E3+R1-X601	32	
				-X640			
SCHUTZ 2 KERN 4	=E3-T1L1	4S2		11	=E3+R2-X601	11	
	=E3-T1L1	4S1		12	=E3+R2-X601	12	
	=E3-T1L2	4S2		21			
	=E3-T1L2	4S1		22	=E3+R2-X601	22	
	=E3-T1L3	4S2		31			
	=E3-T1L3	4S1		32	=E3+R2-X601	32	

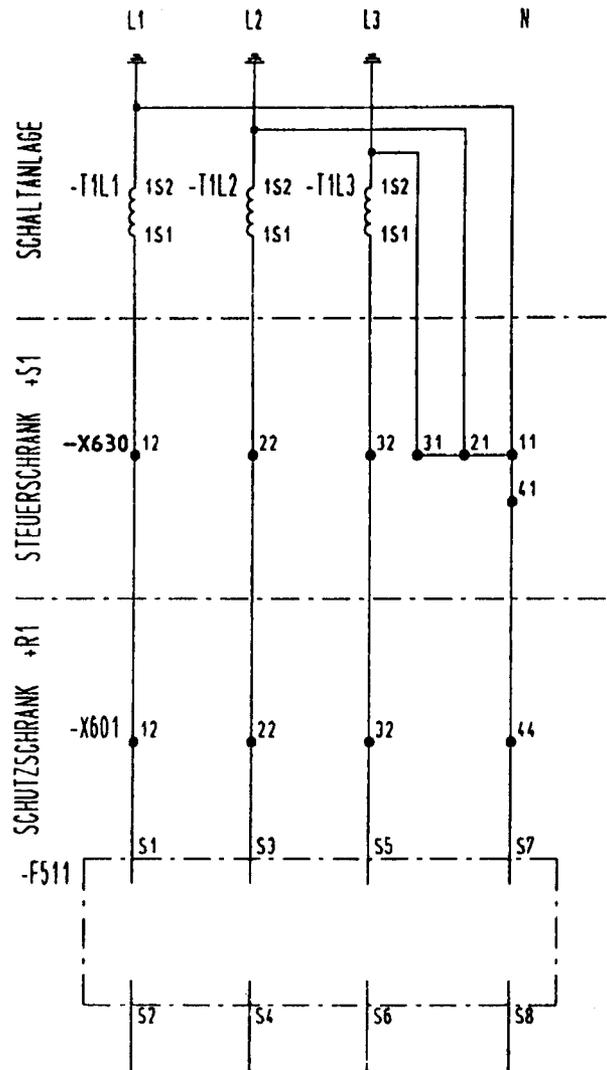
Die empfohlene Darstellung ergänzt die in DIN 40900 Teil 3 vorgeschlagenen Symbole durch eine präzisere Angabe der Prüf-, Brück- und Trennmöglichkeiten.

Bild 9: Beispiele für Darstellung im Stromlaufplan

STROMLAUFPLAN MIT DARSTELLUNG DER KURZSCHLIESSBARKEIT



STROMLAUFPLAN OHNE DARSTELLUNG DER KURZSCHLIESSBARKEIT



#### **4. Bemessung der Leiterquerschnitte für Stromwandlerkreise**

Für sekundäre Stromwandlerleitungen-/kabel können bei Stromwandlern mit 1 A Sekundärstrom Leiter mit Querschnitten von 1 mm<sup>2</sup> und 1,5 mm<sup>2</sup> eingesetzt werden. Bei diesen und größeren Querschnitten und Leitungs-/Kabellängen bis zu 10 m kann der Eigenverbrauch der Leitungen/Kabel vernachlässigt werden. Aus Gründen der mechanischen Festigkeit werden die Mindest-Leiterquerschnitte der Kabel häufig mit 2,5 mm<sup>2</sup> festgelegt.

Für Stromwandler mit 5 A Sekundärstrom sollte, bedingt durch die hohe Verlustleistung, der Leiterquerschnitt 2,5 mm<sup>2</sup> nicht unterschritten werden.

Abhängig von den Gerätedaten und der Leitungs-/Kabellänge (> 10m) ist der Leiterquerschnitt unter Berücksichtigung des Überstromfaktors nachzurechnen und die Wandlerleistung zu überprüfen.

Für die Bestimmung des Mindest-Leiterquerschnitts wird die Restleistung des Wandlers (nach Abzug des Leistungsbedarfs der Geräte) zugrunde gelegt. (Siehe Seite 18: Leistungsverbrauch der Leitung/Kabel für Wandlersekundärstrom 1A, 5A.)

Gemäß VDE 0141 Paragraph 5.3.4.1 ist für die Verbindungsleitung von der Klemme, die geerdet wird, bis zum Anschluß an die Erdungsanlage ein Mindestquerschnitt von 4 mm<sup>2</sup> Cu vorzusehen.

Anwenderspezifische Vorschriften über Leiterquerschnitte sind bei Abrechnungszählung, Messung und Schutz zu berücksichtigen.

Leistungsverbrauch der Leitungen/Kabel für Wandlersekundärstrom 1A, 5A

Der Leistungsverbrauch der Leitungen/Kabel ermittelt sich nach der Gleichung:

$$S_{\text{Ltg.}} = \frac{2 \cdot L \cdot I^2}{\chi \cdot A} \quad [\text{VA}]$$

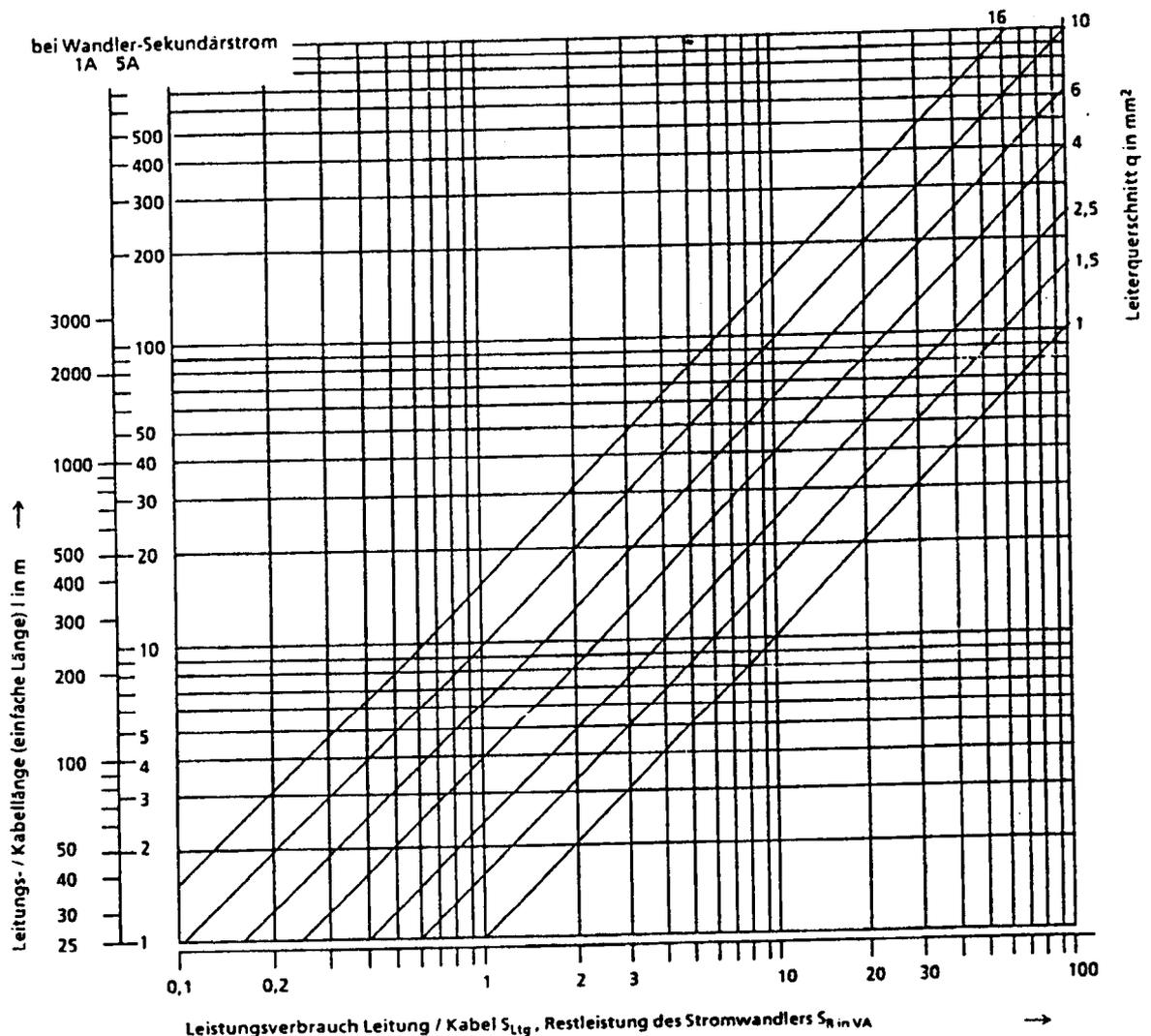
$S_{\text{Ltg.}}$  Leistungsverbrauch der Leitung/Kabel in VA

A Querschnitt des Leiters in  $\text{mm}^2$

I Belastungsstrom der Leitung (Wandler-Sekundärstrom) in A

$\chi$  Leitfähigkeit (Kupfer bei + 35°C:  $53\text{m}/\Omega \text{ mm}^2$ )

L einfache Leitungslänge in m



Leistungsverbrauch der Leitung/Kabel für Wandlersekundärstrom 1A, 5A

Restleistung der Stromwandler, Umgebungstemperatur = 35°C, Leitungsmaterial

Kupfer

## 5. Spannungswandler

- Ein Spannungswandler ist ein Meßwandler, bei dem die Sekundärspannung der Primärspannung praktisch proportional und phasengleich ist. Der Spannungswandler hat die Aufgabe, die zu messende Netzspannung in eine Meßspannung zur Speisung von Zähl-, Meß-, Regel- und Schutz-Einrichtungen zu transformieren. Gleichzeitig sind die Primär- und Sekundärwicklungen galvanisch voneinander getrennt.
- Die primäre Nennspannung eines Spannungswandlers ist der auf dem Leistungsschild angegebene Wert der primären Spannung, für den der Wandler berechnet ist.

Die primären Nennspannungen der Spannungswandler sind nicht genormt. Für den Betrieb des Spannungswandlers ist die Nennspannung maßgebend.

- Die sekundäre Nennspannung eines Spannungswandlers ist der auf dem Leistungsschild angegebene Wert der sekundären Spannung, für den der Wandler berechnet ist. Die genormten sekundären Nennspannungen sind nach den IEC-Empfehlungen 186 (1969):

100, 110 und 200 V (europäische Praxis)  
115, 120 und 230 V (amerikanische Praxis)  
bzw. das  $1/\sqrt{3}$ fache dieser Werte.

Die genormten Tertiär-Nennspannungen der Erdschlußwicklungen für Schaltungen im offenen Dreieck betragen nach den IEC-Empfehlungen 186 A (1970):

100, 110 (200) V;  $100:\sqrt{3}$ ,  $110:\sqrt{3}$ ,  $(200:\sqrt{3})$  V und  $100:3$ ,  $110:3$  und  $(200:3)$  V. Die üblichen Werte sind  $100:3$  und  $110:3$  V.

Die Nennübersetzung  $K_n$  ist das Verhältnis der primären Nennspannung zur sekundären Nennspannung. Sie wird als ungekürzter Bruch angegeben.

- Ein Spannungswandler kann mehrere Sekundärwicklungen haben. Je nach Klassenkennzeichen werden Wicklungen für Meß- und Schutzzwecke oder nur für Schutzzwecke unterschieden.  
So haben z. B. Wicklungen für Abrechnungszählung eine hohe Klassengenauigkeit (0,1 bis 0,5) und Meß- und Schutzeinrichtungen eine geringe Klassengenauigkeit ( $> 1$ ).

Ein Spannungswandler kann sowohl auf der Primär- als auch auf der Sekundärseite mit Anzapfungen versehen sein.

- Bei Anlagen mit Nennspannungen über 1 kV müssen sekundärseitige Stromkreise von Spannungswandlern gemäß VDE 0141 geerdet werden.  
In Anlagen mit Nennspannungen bis 1 000 V ist diese Maßnahme nicht erforderlich, kann aber z. B. aus funktionellen Gründen ausgeführt werden.

In der Regel wird der Sternpunkt der Primär- und der Sekundärwicklung geerdet. Bei der Dreieckswicklung wird der Anschluß der dritten Phase geerdet. Bei V-Schaltung von Spannungswandlern wird auf der Sekundärseite in der Regel der gemeinsame Anschluß beider Wicklungen geerdet.

Diese Erdung soll an einer Sekundärklemme des Spannungswandlers vorgenommen werden. Ist jedoch die Erdung an dieser Stelle nicht möglich, so muß diese an der nächstgelegenen Klemmenstelle zuverlässig durchgeführt werden (siehe DIN VDE 0141 Paragraph 5.3.4).

- Die Betriebsmittelkennzeichnung für Spannungswandler ist in DIN 40719, Teil 2 Tabelle C5 festgelegt. Die Anschlußbezeichnungen für Spannungswandler sind für die wichtigsten Normen der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

	Phase gegen Phase				Phase gegen Erde			
ANSI	H <sub>1</sub> , H <sub>2</sub>				H <sub>1</sub> , H <sub>2</sub>			
BS	A B				A N			
IEC	A B				A N			
VDE 0414	U V				U X			
Primär Primary								
Sekundär Secondary								
VDE 0414	u v	u <sub>1</sub> u <sub>2</sub> v	1u 1v 2u 2v	u v e n	u x	u <sub>1</sub> u <sub>2</sub> x	1u 1v 2u 2v	u v e n
IEC	a b	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> b	1a 1b 2a 2b	a b d <sub>a</sub> d <sub>n</sub>	a n	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> n	1a 1n 2a 2n	a n d <sub>a</sub> d <sub>n</sub>
BS	a b	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> b	1a 1b 2a 2b	a b d <sub>a</sub> d <sub>n</sub>	a n	a <sub>1</sub> a <sub>2</sub> n	1a 1n 2a 2n	a n d <sub>a</sub> d <sub>n</sub>
ANSI	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub> , X <sub>2</sub> , Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub>

ANSI American National Standard Institute

BS British Standard

IEC International Electrotechnical Commission

VDE Verband Deutscher Elektrotechniker

- Die genormten Nennleistungen nach IEC-Publikation 186 (1969) sind:

**10, 15, 25, 30, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500 VA**

bei einem sekundären Leistungsfaktor von  $\cos \beta = 0,8$ .

Die fett gedruckten Werte sind zu bevorzugen.

- Sekundärkreise von Spannungswandlern sind grundsätzlich abzusichern und zwar möglichst nahe am Wandler (Grenzleistung beachten).

Es wird empfohlen die Kreise für Zählung, Meßwertverarbeitung und Schutz getrennt abzusichern.

## 6. Klemmen und Klemmenleisten für Spannungswandler

Die nachfolgenden Aussagen beziehen sich ausschließlich auf die Verwendung von Reihenklemmen. Fertige Geräteeinheiten für Prüfung und Anschluß (z. B.: test terminal) fallen nicht hierunter.

### 6.1 Klemmenarten

Für diese Aufgaben werden vorzugsweise Durchgangsklemmen verwendet.

### 6.2 Klemmenleistenaufbau

Der Klemmenleistenaufbau wird bestimmt durch die Anzahl der Geräte im Einbauort und durch die Anzahl der anzuschließenden externen Verbraucher.

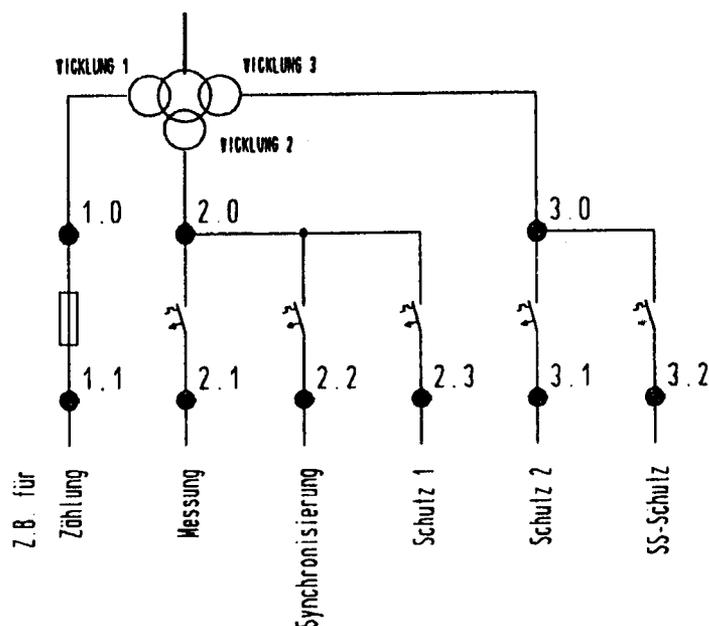
Die Phasenreihenfolge innerhalb eines Klemmensatzes ist L1, L2., L3, N.

Die Reihenfolge der Klemmensätze in einem Einbauort wird wie folgt festgelegt:

1. In der Reihenfolge der Sekundärwicklungen.
2. Vor der Absicherung, nach der Absicherung.
3. – Zählung,  
– Messung, Meßwertverarbeitung, Synchronisierung,  
– Schutz

Bild 10

Reihenfolge der Klemmensätze für Spannungswandler



Jedes Wandlerpotential (vor und nach der Absicherung) ist an der ersten Klemme (Einspeiseklemme) mit einer Prüfbuchse auszuführen.

### 6.3 Kennzeichnung

Im Zuge der Standardisierung wird eine Festlegung der Bezeichnung der Klemmenleisten, sowie der Bezeichnung der Klemmennummern angestrebt.

- Nachfolgende Klemmenleistenbezeichnungen und Klemmennummern gelten für die erste gemeinsame Klemmenstelle der drei Phasen z. B.: Wandlerzwischenkasten bzw. Vorortsteuerschrank:

Spannungswandler	Klemmenleistenbezeichnung		Klemmenbezeichnung			
	vor der Sicherung	nach der Sicherung	L1	L2	L3	N
1. Wicklung	- X710	- X711 bis - X719	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
2. Wicklung	- X720	- X721 bis - X729	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
3. Wicklung	- X730	- X731 bis - X739	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49

- Für die Klemmenleistenbezeichnungen und Klemmennummern von Spannungswandlerklemmen in weiteren Komponenten für Zählung, Messung, Synchronisierung, Schutz 1 und Schutz 2 usw. gilt folgende Empfehlung:

Spannungswandler	Klemmenleistenbezeichnung	Klemmenbezeichnung			
		L1	L2	L3	N
1. Kreis	- X701	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
2. Kreis	- X702	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49
3. Kreis	- X703	11 bis 19	21 bis 29	31 bis 39	41 bis 49

## Aufbau der Klemmenleistenkennzeichnung

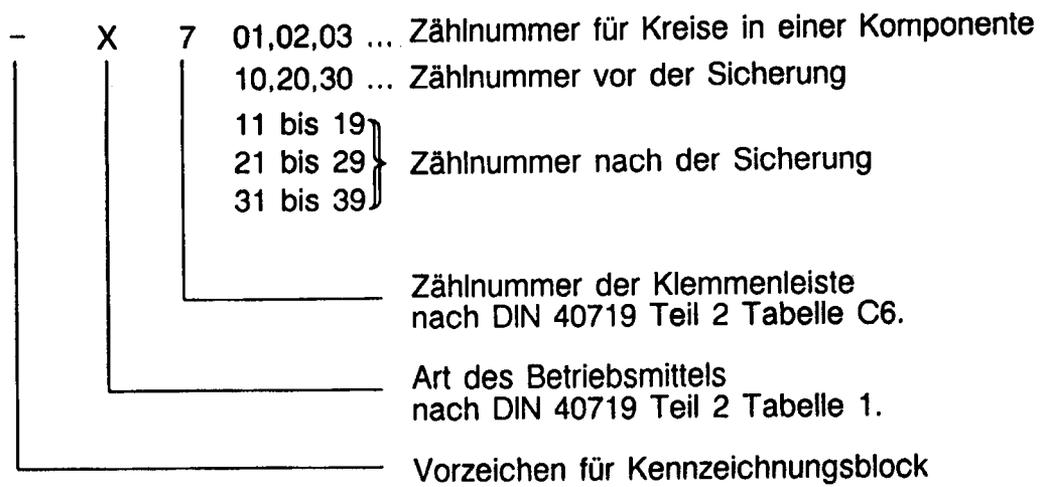
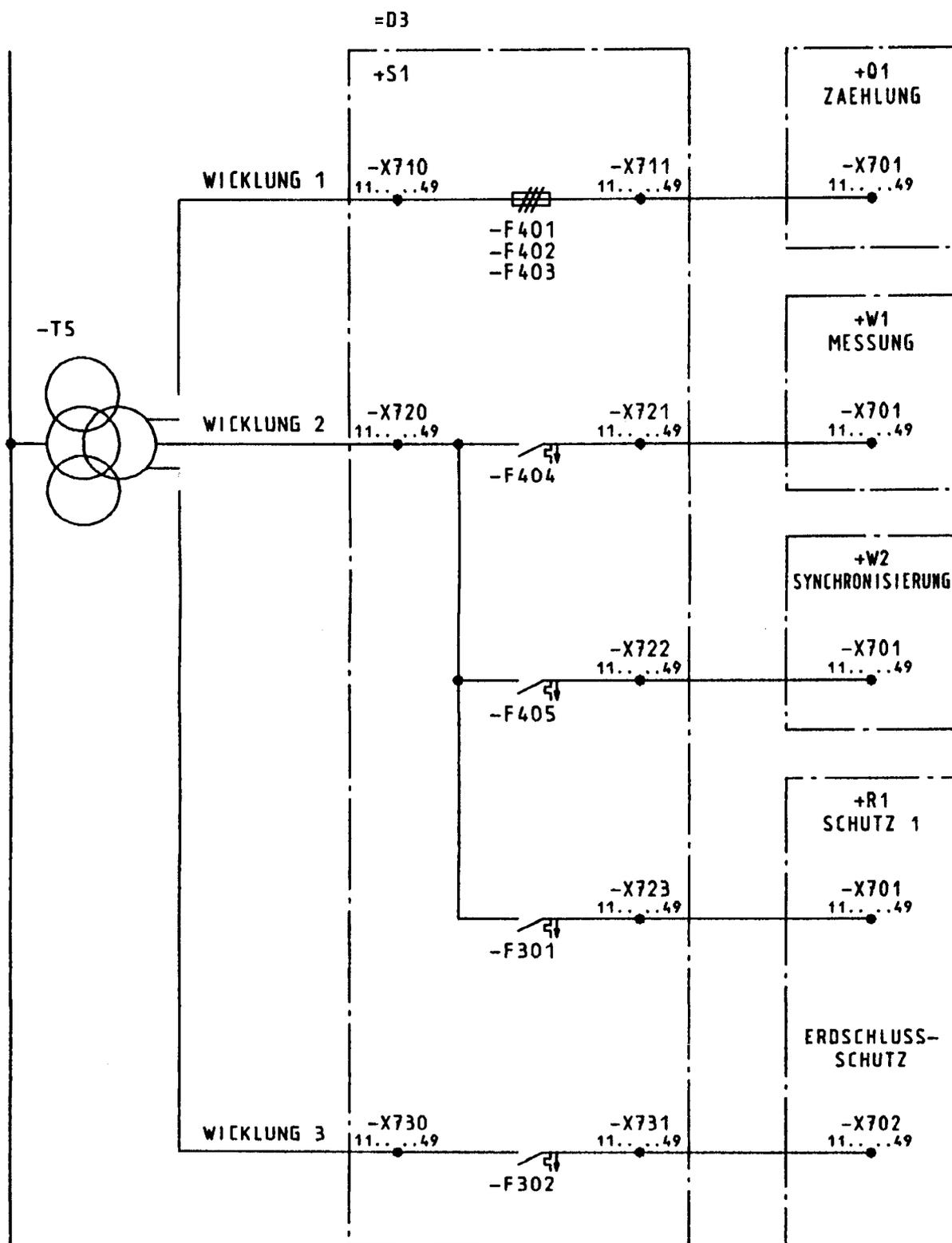


Bild 11: Empfehlung für Klemmenleistenbezeichnung und Klemmennummern



6.4 Darstellung im Anschlußplan  
 Beispiel für die Darstellung im Anschlußplan

ZIELBEZEICHNUNG		ANSCHLUSSLEISTE			ZIELBEZEICHNUNG	
KENNZEICHEN	ANSCHLUSS	=D3+S1			KENNZEICHEN	ANSCHLUSS
		-X710				
=D3-T5L1	1u			11	-F401	B0
=D3-T5L2	1u			21	-F402	B0
=D3-T5L3	1u			31	-F403	B0
=D3-T5L1	1v		●	41	-X711	41
=D3-T5L2	1v		●	42		
=D3-T5L3	1v		●	43		
		-X711				
=D3+Q1-X701	11			11	-F401	R1
=D3+Q1-X701	21			21	-F402	R1
=D3+Q1-X701	31			31	-F403	R1
=D3+Q1-X701	41			41	-X710	41
		-X720				
=D3-T5L1	2u			11	-F404	1
=D3-T5L2	2u			21	-F404	3
=D3-T5L3	2u			31	-F404	5
=D3-T5L1	2v		●	41	-X721	41
=D3-T5L2	2v		●	42	-X722	41
=D3-T5L3	2v		●	43	-X723	41
		-X721				
=D3+W1-X701	11			11	-F404	2
=D3+W1-X701	21			21	-F404	4
=D3+W1-X701	31			31	-F404	6
=D3+W1-X701	41			41	-X720	41
		-X722				
=D3+W2-X701	11			11	-F405	2
=D3+W2-X701	21			21	-F405	4
=D3+W2-X701	31			31	-F405	6
=D3+W2-X701	41			41	-X720	42
		-X723				
=D3+R1-X701	11			11	-F301	2
=D3+R1-X701	21			21	-F301	4
=D3+R1-X701	31			31	-F301	6
=D3+R1-X701	41			41	-X720	43
		-X730				
=D3-T5L1	3u			11	-F307	1
=D3-T5L1	3v		●	12		
=D3-T5L2	3u		●	21		
=D3-T5L2	3v		●	22		
=D3-T5L3	3u		●	31		
=D3-T5L3	3v		●	32	-X731	12
		-X731				
=D3+R1-X702	11			11	-F307	2
=D3+R1-X702	12			12	-X730	32

ZÄHLUNG

MESSUNG

SYNCHRONISIERUNG

SCHUTZ

ERDSCHLUSSSCHUTZ

## **7. Bemessung der Leiterquerschnitte für Spannungswandlerkreise**

Abhängig von der Wandlerbelastung, der Leitungslänge und dem Leitungsquerschnitt kann der Spannungsabfall in der Sekundärleitung die Meßgenauigkeit sehr stark verfälschen.

Bei Leiterlängen  $< 10$  m können Leiterquerschnitte von  $1 \text{ mm}^2$  und  $1,5 \text{ mm}^2$  eingesetzt werden.

Bei Leitungs-Kabellängen  $> 10$  m ist der Leiterquerschnitt nachzurechnen.

Der Leiterquerschnitt ist abhängig von:

- Leitungslänge
- zulässige Meßgenauigkeit
- Nennspannung
- Wandlerbelastung

(siehe Seite 28: Leiterquerschnitt, Leitungs-/Kabellänge in Abhängigkeit der Anschlußleistung des Spannungswandlers.)

Aus Gründen der mechanischen Festigkeit werden die Mindest-Leiterquerschnitte der Kabel häufig mit  $2,5 \text{ mm}^2$  festgelegt.

Gemäß VDE 0141 Paragraph 5.3.4.1 ist für die Verbindungsleitung von der Klemme, die geerdet wird, bis zum Anschluß an die Erdungsanlage ein Mindestquerschnitt von  $4 \text{ mm}^2$  Cu vorzusehen.

Anwendungsspezifische Vorschriften über Leiterquerschnitte sind bei Abrechnungszählung, Messung und Schutz zu berücksichtigen.

## Leiterquerschnitte für sekundäre Spannungswandlerleitung/-kabel

Der Leiterquerschnitt für den Anschluß am Sekundärkreis von Spannungswandler ist insbesondere abhängig von:

- der Leistungsaufnahme der Geräte (Anschlußleistung)
- der Kabellänge
- dem zulässigen Spannungsfall  $\Delta U$  für die Geräte

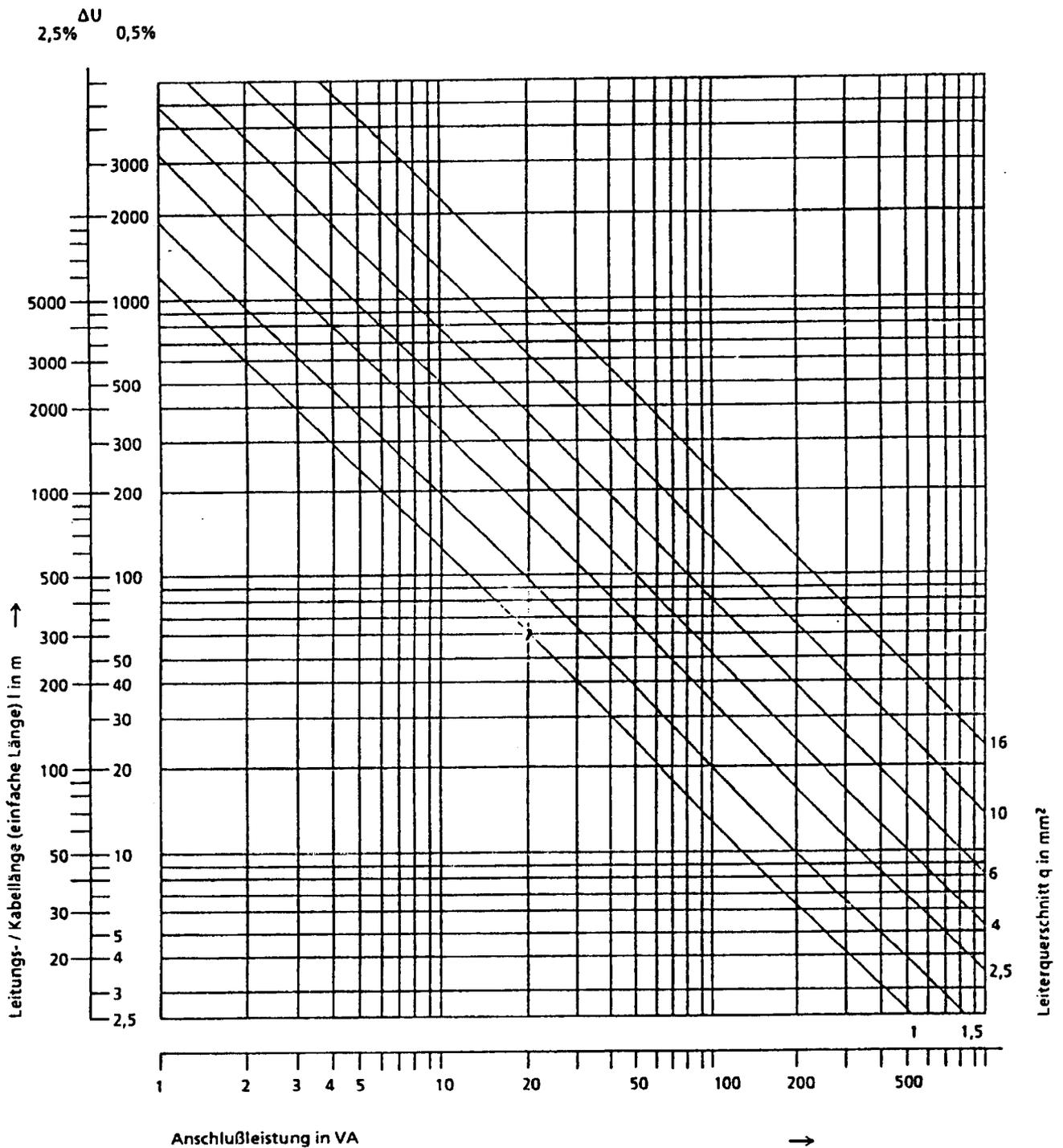
Der Leiterquerschnitt errechnet sich nach der Gleichung:

$$A = \frac{2 \cdot L \cdot S}{\chi \cdot u \cdot U}$$

- A    Leiterquerschnitt in mm<sup>2</sup>  
S    Anschlußleistung in VA  
L    einfache Leitungs-Kabellänge in m  
 $\chi$     Leitfähigkeit (Kupfer bei + 35 °C: 53 m/Ω mm<sup>2</sup>  
für Umgebungstemperatur + 35 °C  
u    zulässiger Spannungsfall in V (z.B. 0,5 V = 0,5 % von 100 V)  
U    Spannung in V, (z. B. 100 V)

Die Bestimmung des Leiterquerschnitts erfolgt nach Nomogram Seite 28. Für die Skala der  $\Delta U$ -Werte wurden folgende Festlegungen getroffen:

- o Für Meßgeräte  $\Delta U = 0,5 \%$
- o Für Schutzeinrichtungen  $\Delta U = 2,5 \%$   
Für bestimmte Schutzeinrichtungen z. B. für Spannungsrückgangsrelais, Leistungsrelais mit zulässigen Spannungsbereichen von z. B. 80 – 120 %  $U_N$ , ist ein Spannungsfall nach obengenannten Festlegungen praktisch ohne Bedeutung.



Leiterquerschnitt, Leitungs-/Kabellänge in Abhängigkeit der Anschlußleistung des Spannungswandlers. Für 100 V Sekundärspannung  $\Delta U = 2,5\%$ ,  $0,5\%$  Umgebungstemperatur  $+ 35\text{ }^\circ\text{C}$ , Leitermaterial Kupfer.

## Leistungsaufnahme der Geräte

Die Leistungsaufnahme der an den Sekundärwicklungen von Strom- und Spannungswandlern angeschlossenen Geräte ist Tabelle 1 zu entnehmen. Diese Werte sind Richtwerte nach dem jetzigen Stand der Technik. Die genauen Einzelwerte sind den entsprechenden Listen zu entnehmen bzw. vom Hersteller der Geräte anzufordern.

Lfd. Nr.	Bezeichnung	Leistungsaufnahme		Bemerkungen
		Strompfad VA	Spg.-Pfad VA	
1	Strommesser (Drehisenmeßwerk)	0,1-1,6		
2	Spannungsmesser (Drehisenmeßwerk)	0,9-4		
3	Frequenzmesser		1-3	
4	Anzeiger für Wirkleistung	0,1-1,15	0,3	
5	Anzeiger für Leistungsfaktor	3,8	1,4	
6	Synchronoskop		4,5; 4	Netzseite; Generator
7	Meßumformer	0,5	0,1	
8				
9				
10				
11	Stromschreiber	0,5; 1,25		1A; 5A
12	Spannungsschreiber		0,12	
13	Leistungsschreiber, $\cos\phi$ -Schreiber	0,2; 1	0,12	1A; 5A
14				
15				
16				
17	Wechselstrom-Wirkverbrauchsähle	1,1-2,5	2,5-4,5	
18	Drehstrom-Wirkverbrauchsähler	0,32-1,1	4	3- o. 4-Leiteranlagen
19	Drehstrom-Wirkverbrauchsähler	0,32-1,5	5,6	3-Leiteranlagen
20	Drehstromzähler	2	4,4	3- o. 4-Leiteranlagen
21	Drehstrom-Blindverbrauchsähler	0,32-1,5	7,5	3- o. 4-Leiteranlagen
22	Drehstrom-Präzisionszähler	1,2	6	3- o. 4-Leiteranlagen
23				
24				
25				
26				
27				
28	Schaltuhr		1,8	
29				
30	Stromrelais	3		
31	Spannungsrelais		1	
32	Spannungsrelais		0,1	
33	Spannungskontrollrelais		2	
34	Spannungsrückgang-Zeitrelais		3,3; 4,8	Je nach Anschluß Je nach Einstellung 3 x 100, je n. Einstellg.
35	Wirkleistungsrelais	0,49	9,2; 4,4; 2	
36	Blindleistungsrelais	0,5-1,8	8,2; 3,8; 1,6	
37				
38				
39	Maschennetzrelais	0,6		
40	Richtungsrelais	0,1	3	
41	Frequenzrelais		2	
42	Frequenzabhängiges Spg.-Rückg.-Relais		6-8	
43				
44				
45	Überstromzeitschutz	15/15/30		
46	Kurzschlußschnellauslösung	0,2		
47	Überlast- und Kurzschlußschutz	15/22/40		
48	Stromabhängiger Überstromschutz	0,2 (0,5)		(...) für Erdstrompfad
49	Überstromschutz	20	30; 40	
50	Elektronischer Überstromzeitschutz	0,1-6		
51	Distanzschutz für Mittelspannungsnetze	20; 30; 2,3	13-120	
52	Distanzschutz für Hochspannungsnetze	2,05	35-120	1A
53	Distanzschutz für Hochspannungsnetze	6	35-120	5A
54	Distanzschutz für Hochspannungsnetze	0,35; 1,35	17	1A; 5A
55	Unterimpedanzanregung	0,2-1,3	2-12	
56	Transformator-Differentialschutz	0,25		
57	Elektronische Meßbaugruppe f. Transf.	0,3		
58	Leitungs-Differentialschutz	4,8		
59	Elektronischer Leitungsdifferentialschutz	4-11		
60				
61				
62				
63				
64	Erdschlußmelderrelais		12	
65	Wattmetrisches Erdschlußrelais	0,13; 3,2	19,8	1A; 5A