

10 LEISTUNGSMESSUNG

ARBEIT

$$W = Q \cdot U$$

$$W = U \cdot I \cdot t$$

LADUNG

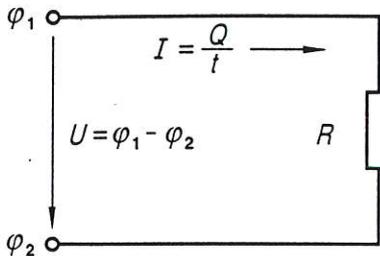
$$Q = I \cdot t$$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = \underline{U \cdot I}$$

**Elektrische Arbeit und Leistung**

Leistungsaufnahme eines Widerstandes

Aus  $W = U \cdot I \cdot t$  folgt  $P = U \cdot I$   
 $[W] = VA s = Ws$   $[P] = VA = W$



$$P = \frac{U^2}{R}$$

$$[P] = V^2 / \Omega = W$$

$$P = I^2 \cdot R$$

$$[P] = A^2 \cdot \Omega = W$$

- Die elektrische Leistung ist gleich dem Produkt aus elektrischer Spannung  $U$  und elektrischem Strom  $I$

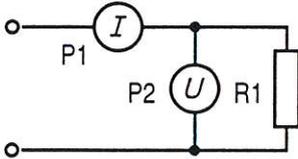
**Berechnung**

Die in einem Betriebsmittel, z. B. in einem Widerstand, umgesetzte Arbeit ist proportional zu der elektrischen Ladungsmenge  $Q$ , die durch das Betriebsmittel geflossen ist und der dabei überwundenen Potentialdifferenz  $\phi_1 - \phi_2$  (Spannung  $U$ ). Da die durch das Betriebsmittel geflossene Ladungsmenge gleich dem Produkt aus Stromstärke und Betriebszeit ist, gilt für die elektrische Arbeit:  $W = Q \cdot U = I \cdot t \cdot U = U \cdot I \cdot t$ .

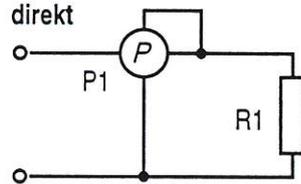
Die Leistung ist allgemein definiert als pro Zeiteinheit verrichtete Arbeit; für die elektrische Leistung folgt daraus:  $P = W/t = U \cdot I$ .

Bei einem Betriebsmittel mit dem Widerstand  $R$  besteht der Zusammenhang  $U = I \cdot R$  (Ohmsches Gesetz). Somit gilt für die elektrische Leistung:  $P = U^2/R = I^2 \cdot R$ .

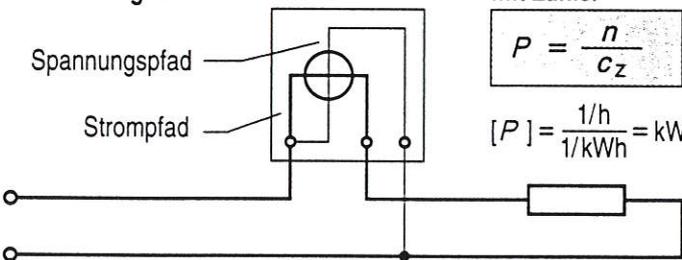
Leistungsmessung indirekt \*



direkt



mit Leistungsmesser



mit Zähler

$$P = \frac{n}{c_z}$$

$$[P] = \frac{1/h}{1/kWh} = kW$$

- Elektrische Leistung kann direkt oder indirekt bestimmt werden

**Messung**

Die elektrische Leistung eines Betriebsmittels kann auf verschiedene Weise gemessen werden.

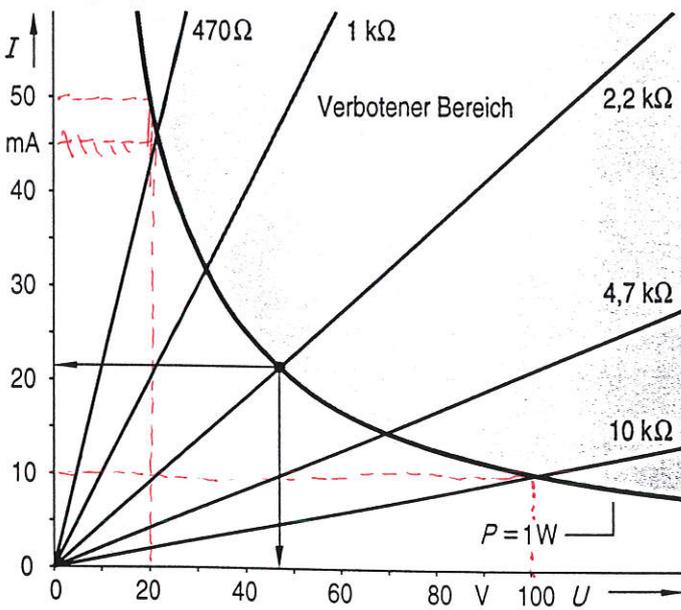
Werden die am Betriebsmittel anliegende Spannung und der fließende Strom gemessen, so kann die Leistung berechnet werden:  $P = U \cdot I$ . Diese Methode heißt indirekte Leistungsmessung. Mit Hilfe eines Leistungsmessers, kann die Leistung direkt gemessen werden. Soll die Arbeit bestimmt werden, so muß zusätzlich die Betriebszeit gemessen werden. Dann gilt:  $W = P \cdot t$ . Mit Hilfe eines Zählers (Elektrizitätszähler, kWh-Zähler) kann die elektrische Arbeit direkt gemessen werden. Wird zusätzlich die Betriebszeit gemessen, so kann die Leistung berechnet werden.

Mit Hilfe der sogenannten Zählerkonstante  $c_z$  kann die Leistung aus der Drehfrequenz  $n$  der umlaufenden Zählerscheibe berechnet werden:  $P = n/c_z$ .

\* STROMFEHLER/SCHALTUNG

ALLGEMEINE ANMERKUNGEN

Leistungshyperbel für 1-Watt-Widerstände



Die grafische Darstellung von  $P = U \cdot I$  ergibt eine Hyperbel

$P = U \cdot I = 20\text{V} \cdot 50\text{mA} = 1\text{W}$   
 $= 100\text{V} \cdot 10\text{mA} = 1\text{W}$

**=> LEISTUNGSHYPERBEL**

**Leistungshyperbel**

Die elektrische Leistung ist gleich dem Produkt aus Spannung und Strom:  $P = U \cdot I$ . Eine bestimmte Leistung, z. B.  $P = 1\text{W}$ , kann durch  $U = 1\text{V}$  und  $I = 1\text{A}$  zustande kommen, aber ebenso aus  $U = 2\text{V}$  und  $I = 0,5\text{A}$ . Alle  $U$ - $I$ -Wertepaare, die zur gleichen Leistung führen, ergeben in der grafischen Darstellung eine Hyperbel, die sogenannte Leistungshyperbel. Für jeden Punkt der Leistungshyperbel gilt:  $U \cdot I = P = \text{konstant}$ .

Mit Hilfe von Leistungshyperbeln lassen sich bequem die zulässigen Spannungen bzw. die zulässigen Ströme für Widerstände mit vorgegebener zulässiger Leistung ermitteln.

Beispiel: Widerstand  $2,2\text{ k}\Omega$   
 zulässige Leistung  $1\text{ W}$   
 höchste zulässige Spannung  $47\text{ V}$   
 höchster zulässiger Strom  $21,5\text{ mA}$

Der Bereich unter der Leistungshyperbel ist der Arbeitsbereich des Widerstandes, der Bereich oberhalb der Hyperbel ist der „verbotene Bereich“.

**Leistungsschilder**

Das Leistungsschild eines Betriebsmittels macht Angaben über Spannung, Strom, Betriebsart, Leistungsfaktor und Schutzart, sowie Angaben über Hersteller und Typenbezeichnung.

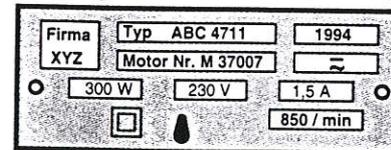
Bei der Leistungsangabe ist zu beachten:

Bei Motoren wird die an der Welle abgegebene Nennleistung angegeben,

bei Betriebsmitteln wie Bohrmaschinen, Heizgeräten, Lampen, Elektrogeräten usw. wird die aufgenommene elektrische Nennleistung angegeben.

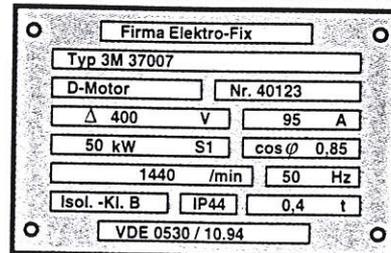
Das Produkt aus Strom und Spannung ist nicht immer gleich der Wirkleistung. Erläuterungen zu der zusätzlich auftretenden Blindleistung folgen in Kapitel 5 und 6.

**Leistungsschild einer Handbohrmaschine**



Bei Handbohrmaschinen wird die im Nennbetrieb aufgenommene Wirkleistung angegeben

**Leistungsschild eines Drehstrommotors**



Bei Motoren wird die im Nennbetrieb an der Welle abgegebene Leistung angegeben

# LEISTUNGSMESSUNG

ALLGEMEIN GILT:

ARBEIT

$$W = Q \cdot U$$

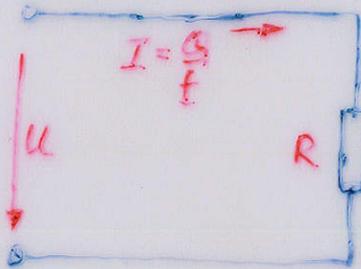
LADUNGS-  
MENGE

$$Q = I \cdot t$$



$$W = U \cdot I \cdot t$$

$$[V] \cdot [A] \cdot [s] = [Ws]$$

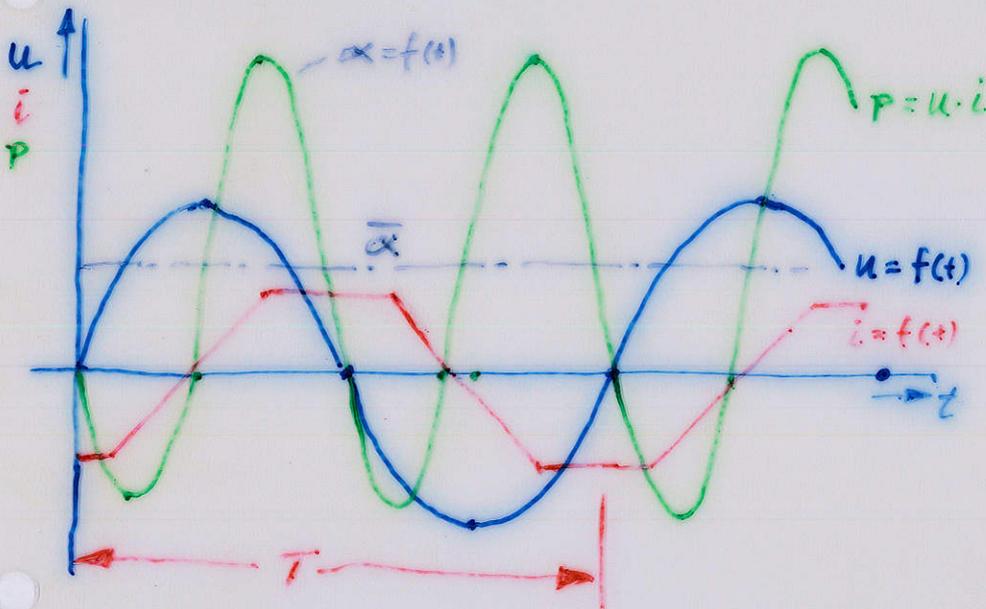


$$P = \frac{W}{t}$$

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

$$[V] \cdot [A] = [W]$$

# WECHSELSTROMGRÖSSEN



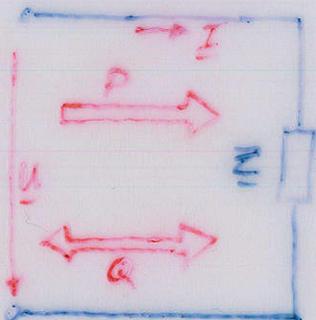
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u \cdot i \cdot dt$$

WIRKLEISTUNG

$\alpha$  = MESSZEIGER-  
AUSSCHLAG

$$\alpha \sim U \cdot i \sim P$$

# KOMPLEXE LEISTUNG



$$\underline{S} = U \cdot I \cdot \cos \varphi + j U \cdot I \cdot \sin \varphi$$

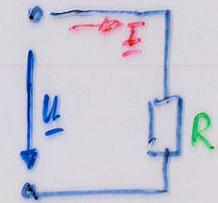
$$\underline{S} = P + jQ$$

SCH E I N L E I S T U N G  $S = [VA]$

W I R K L E I S T U N G  $P = [W]$

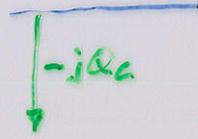
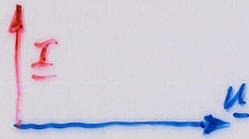
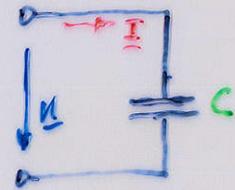
B L I N D L E I S T U N G  $Q = [var]$

# WIRK-, BLIND-, SCHEINLEISTUNG



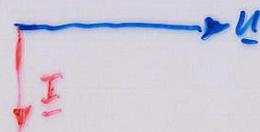
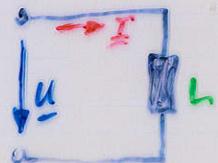
WIRKLEISTUNG

$$\underline{P} = P$$



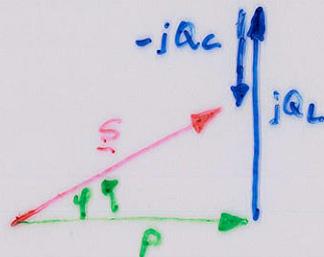
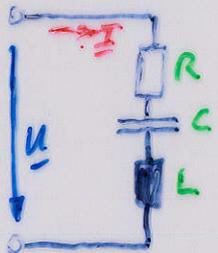
KAPAZIT. BLINDLEISTUNG

$$\underline{Q}_c = -jQ_c$$



INDUKTIVE BLINDLEISTUNG

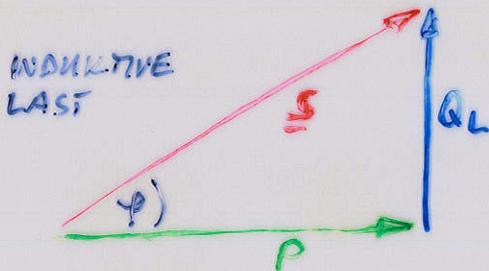
$$\underline{Q}_L = +jQ_L$$



$$\underline{S} = P + jQ_L - jQ_C$$

$$S^2 = P^2 + (Q_L - Q_C)^2$$

## LEISTUNGSFAKTOR



$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\underline{S} = \underbrace{U \cdot I \cdot \cos \varphi}_{\text{WIRKLEISTUNG}} + j \cdot \underbrace{U \cdot I \cdot \sin \varphi}_{\text{BLINDLEISTUNG}}$$

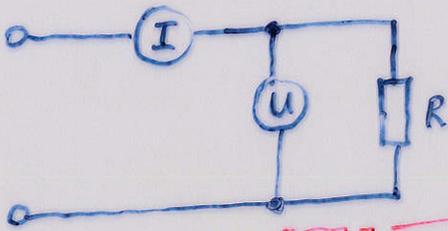
WIRKLEISTUNG

BLINDLEISTUNG

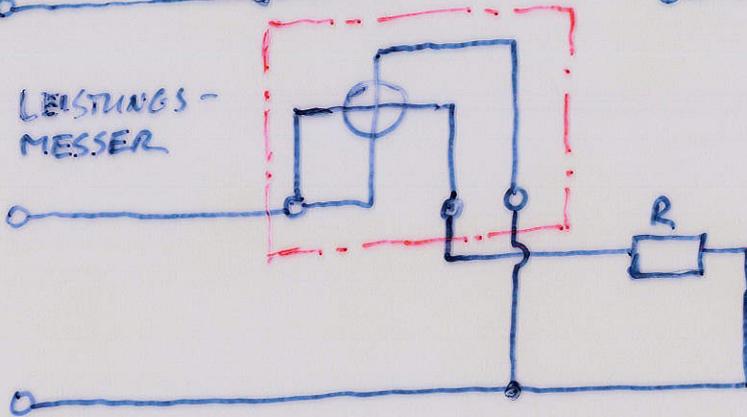
INDUKTIV, WENN  $\varphi$  POSITIV  
KAPAZITIV, WENN  $\varphi$  NEGATIV

# LEISTUNGSMESSTECHNIK

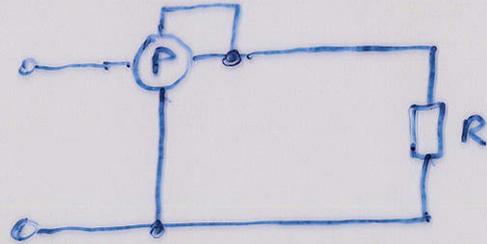
## LEISTUNGSMESSUNG INDIREKT



LEISTUNGS-  
MESSER



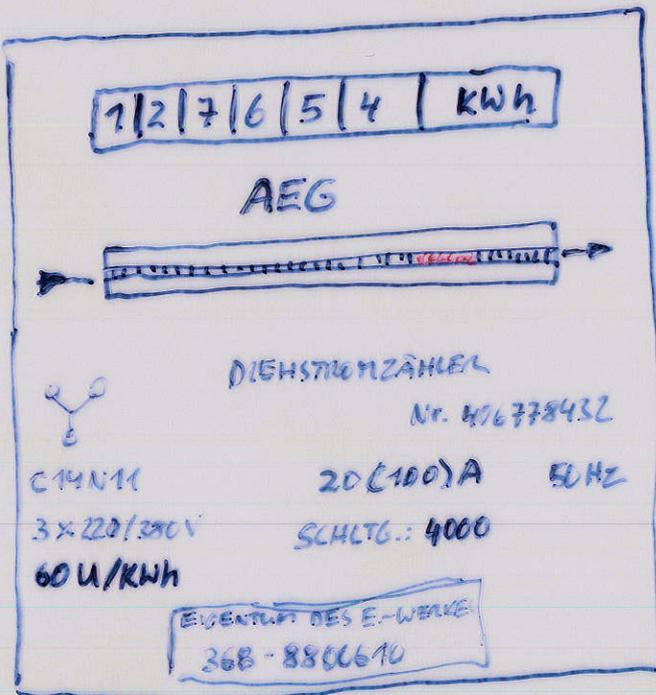
## DIREKT



WIRD DIE ARBEIT "W"  
GEMESSEN, MUSS ZUSÄTZ-  
LICH DIE BETRIEBSZEIT  
GEMESSEN WERDEN!

$$P = W/t$$

ELEKTRIZITÄTSZÄHLER  
(KWH-ZÄHLER)



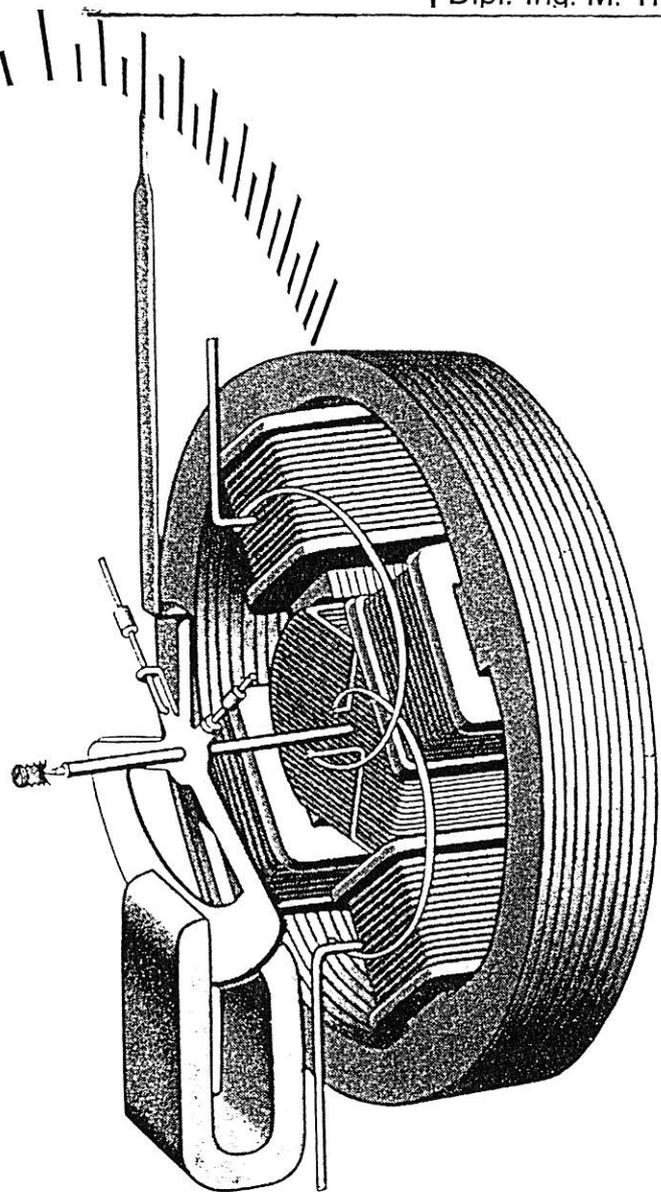
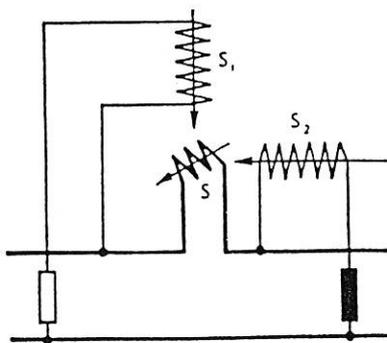
ELEKTRIZITÄTSZÄHLER

$$P = \frac{W}{C_z}$$

$$[P] = \frac{1/h}{1/kWh} = kW$$

$$C_z = \text{ZÄHLERKONSTANTE}$$

## Elektrodynamisches Quotienten-Meßwerk

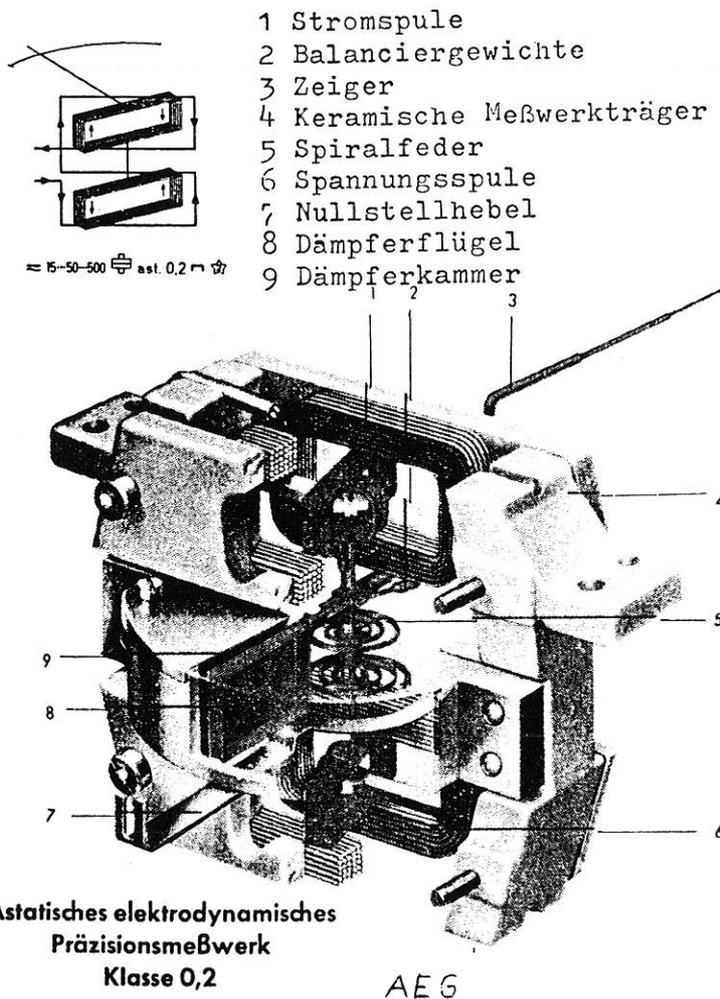


Das Quotienten-Meßwerk zeigt unmittelbar den Phasenverschiebungswinkel zwischen Wechselstrom und Wechselspannung an.

Das eine feste Spulenpaar ( $S_1$ ) liegt mit der Netzwechselspannung über Wirkwiderstände (Wirkspannungspfad) in Phase, während das andere Spulenpaar ( $S_2$ ) über Blindwiderstände (Blindspannungspfad) um  $90^\circ$  elektrisch verschoben ist. Eine richtkraftlose Drehspule ( $S$ ) wird vom Wechselstrom (Strompfad) durchflossen, dessen Phasenverschiebung gegen die Wechselspannung angezeigt werden soll.

Sind Wechselstrom und Wechselspannung in Phase, so hat das Feld der senkrecht angeordneten Wirkspannungsspulen und das Feld der Drehspule gleichzeitig seinen Höchstwert, und die Drehspule stellt sich in Richtung des senkrechten Spulenpaares. Eilt der Wechselstrom der Wechselspannung um  $90^\circ$  nach, so hat das Feld der waagrecht liegenden Blindspannungsspulen gleichzeitig mit dem Feld der Drehspule seinen Höchstwert, und die Drehspule stellt sich waagrecht. Ist der Wechselstrom weder mit der Wirkspannung noch mit der Blindspannung in Phase, so nimmt die Drehspule eine entsprechende Zwischenstellung ein.

Daneben verwendet man auch eisenfreie Meßwerke. Das Magnetfeld ist hier viel schwächer, weil es ein reines Luftfeld ist, (einige mT), Der Eigenverbrauch ist viel höher als bei eisengeschlossenen Meßwerken. Eisenfreie Geräte bevorzugt man im Feingerätebau. Sie erlauben Frequenzen zwischen 15 Hz und 1000 Hz bei der Kl 0,5. Bei den Geräten für die Kl 0,2 ist die Skala allerdings für einen viel kleineren Frequenzbereich eingemessen. Gegen Fremdfelder werden die eisenfreien Meßwerke durch einen Mumetallmantel abgeschirmt. Außerdem kann der Fremdfeldeinfluß durch astatistische Meßwerke weitgehend beseitigt werden.



Dabei sind zwei Meßwerke vereinigt, die auf eine gemeinsame Meßwerkwellen wirken. Die Ströme der beiden Drehspulen und der beiden feststehenden Spulen sind paarweise gleich, aber entgegengesetzt. Deshalb wird ein Fremdfeld in dem einen Meßwerk das Drehmoment in dem gleichen Maße verstärken wie es in dem anderen das Drehmoment schwächt. Eisenfreie Meßgeräte haben den Vorteil, daß die Skala für Wechselstrom mit Gleichstrom eingemessen werden kann.

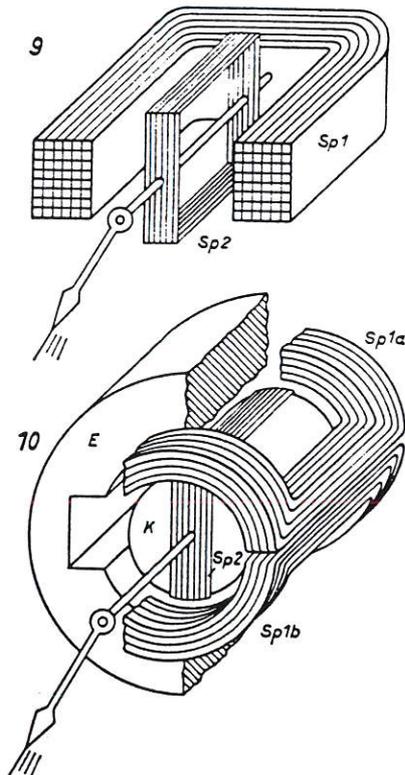
Eigenverbrauch:

Strompfad	2,5 mA	75 mVA
Spannungspfad	3 V	$U_n \cdot 1 \text{ mA}$

### 9. Eisenlose elektrodynamische Meßgeräte

Das magnetische Feld der feststehenden Feldspule  $Sp\ 1$  dreht die mit dem Zeiger verbundene Drehspule  $Sp\ 2$  so, daß deren magnetisches Feld in der gleichen Richtung verläuft wie für  $Sp\ 1$ . Die Gegenkraft entsteht durch zwei Stromzuführungs-Spiralfedern (nicht gezeichnet). Dämpfung durch Luftreibung, z. B. Flügelkolben in Zylinder.

Anwendung für Gleich- oder Wechselstrom bis etwa 100 Hz. Als Spannungsmesser liegen Spulen  $Sp\ 1$  und  $Sp\ 2$  mit einem Vorwiderstand in Reihe. Als Strommesser bis 5 A liegen  $Sp\ 1$  und  $Sp\ 2$  in Reihe, bei höheren Stromstärken parallel. Vielfach wird ein Stromwandler verwendet. Skalenteilung für Strom- oder Spannungsmesser ungleichmäßig. — Als Leistungsmesser ist  $Sp\ 1$  Stromspule,  $Sp\ 2$  Spannungsspule; Skalenteilung gleichmäßig. Eichung mit Gleichstrom. Der Einfluß magnetischer Fremdfelder auf die Anzeige ist bei eisengeschirmten elektrodynamischen Meßgeräten gering. — Astatiche Meßgeräte sind gegen Fremdfelder praktisch unempfindlich. Bei diesen Geräten sind zwei gleichartige Meßwerke mit der Zeigerachse gekuppelt. Die Spulen der beiden Meßwerke werden in entgegengesetztem Sinn vom Strom durchflossen.

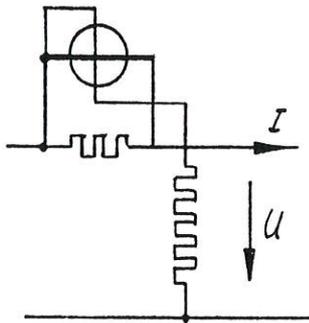


### 10. Eisengeschlossene elektrodynamische Meßgeräte

Die Wirkungsweise des Gerätes ist die gleiche wie beim vorher beschriebenen eisenlosen Meßgerät. Die feststehende Spule  $Sp\ 1$  ist zum Unterschied von voriger Bauart in zwei Formspulen  $Sp\ 1a$  und  $Sp\ 1b$  unterteilt, die in dem geblättern Eisenmantel  $E$  eingebettet sind. Die Drehspule  $Sp\ 2$  enthält einen feststehenden Eisenkern  $K$ . Solche Geräte haben ein größeres Drehmoment als die eisenlose Ausführung. Gegenkraft und Dämpfung wie bei Nr. 9. Meßgenauigkeit Klasse 0,2.

#### 10a. Leistungsfaktormesser

Eine Sonderbauart von elektrodynamischen Meßgeräten dient zur Messung des Leistungsfaktors ( $\cos \varphi$ ). Die feststehenden Spulen werden vom Meßstrom durchflossen. Mit dem Zeiger sind zwei um  $90^\circ$  gegeneinander versetzte Drehspulen (Spannungsspulen) verbunden, deren Drehmomente einander entgegenwirken. Der Zeigerausschlag ist verhältnismäßig zum Phasenwinkel  $\varphi$ . Bei induktiver bzw. kapazitiver Belastung Ausschlag im entgegengesetzten Sinne. Bei stromlosem Gerät ist praktisch keine Richtkraft vorhanden.

Anwendung

Das elektrodynamische Meßgerät wird zur Leistungsmessung gebraucht. Die Drehspule wird über einen Vorwiderstand an Spannung angelegt. Die feststehende Spule, die Stromspule, erhält ggf. einen Nebenwiderstand. Der **Skalenverlauf des Leistungsmessers ist linear.** In Sonderfällen gebraucht man

**das Meßgerät zur Strom- bzw. Spannungsmessung. Die beiden Spulen sind dann in Reihe geschaltet und der Skalenverlauf ist quadratisch.**

Wirkungsweise

Für die Stromspule gilt:  $\Phi_i \sim I$

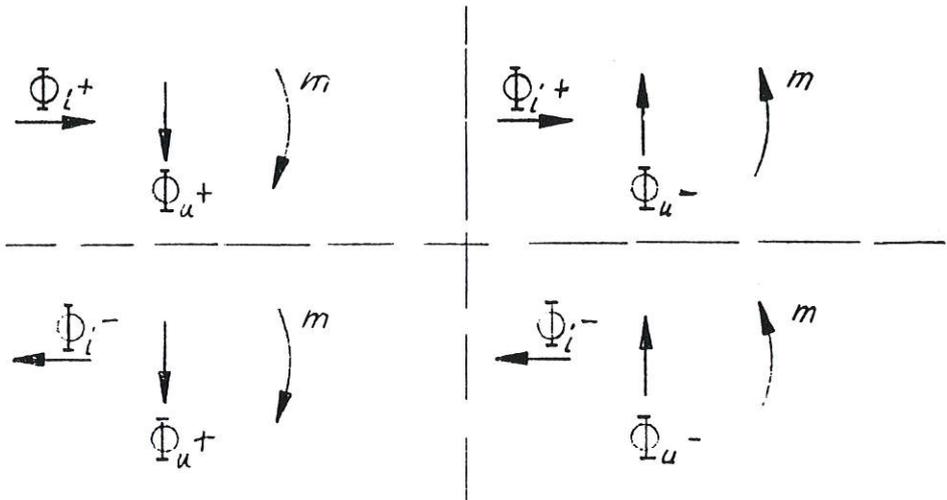
Für die Drehspule gilt:  $\Phi_u \sim U$

Im Zusammenhang mit dem Gegendrehmoment der Feder,

$$M_F \sim \alpha$$

wäre zu erwarten, daß  $\alpha \sim U \cdot I$ . Dabei ist aber zu bedenken, daß Strom und Spannung gegeneinander phasenverschoben sein können. (Zur Vereinfachung der folgenden Erklärung sei angenommen, daß die Blindwiderstände des Spannungspfad und des Strompfades vernachlässigt werden können).

Das nachstehende Bild zeigt die Vorzeichenzuordnung, für die folgenden Erklärungen .



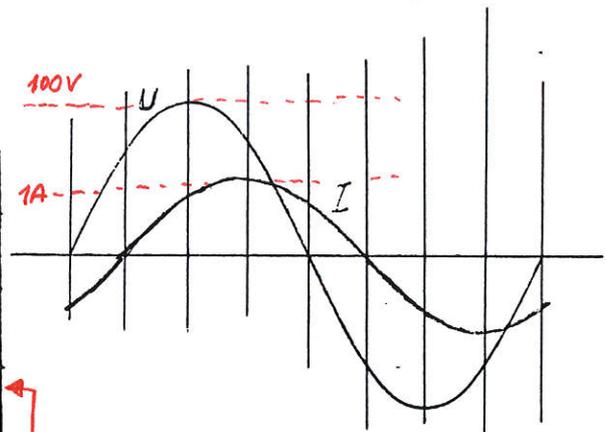
Als Beispiel wird angenommen:

$I = 1 \text{ A}$

$U = 100 \text{ V}$

$\varphi = 45^\circ$

$\alpha = \omega t$	$\frac{i}{A}$	$\frac{u}{V}$	$\frac{P}{W}$
0	-0,707	0	0
15	-0,5	25,3	-12,95
30	-0,259	50	-12,95
45	0	70,7	0
60	0,259	86,6	22,4
90	0,707	100	70,7
120	0,966	86,6	83,7
135	1	70,7	70,7
150	0,966	50	48,3
180	0,707	0	0
195	0,5	-25,3	-12,95
210	0,259	-50	-12,95
225	0	-70,7	0
240	-0,259	-86,6	22,4
270	-0,707	-100	70,7
300	-0,966	-86,6	83,7
315	-1	-70,7	70,7
330	-0,966	-50	48,3
360	-0,707	0	0



$u(t) = \hat{u} \cdot \sin \omega t = \hat{u} \cdot \sin \alpha$   
 $i(t) = \hat{i} \cdot \sin (\omega t - \varphi) = \hat{i} \cdot \sin (\alpha - \varphi)$

BEISPIEL:  $\alpha = 60$

$u(t) = 100V \cdot \sin 60 = 100V \cdot 0,866 = 86,6V$

$i(t) = 1A \cdot \sin (60 - 45) = 1A \cdot 0,259 = 0,259A$

$P = 86,6V \cdot 0,259A = 22,42W$

Für jeden Augenblick gilt:

$$m \sim u \cdot i$$

d.h. es gilt für das Drehmoment das gleiche wie für die Wirkleistung des Wechselstromes.

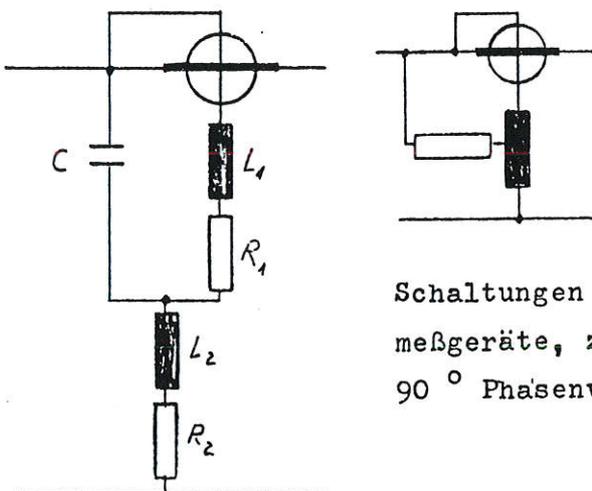
$$M \sim U \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Das elektrodynamische Meßgerät zeigt also die Wirkleistung an. !

Ein Vertauschen der Anschlüsse für den Strom oder die Spannung kehrt das Vorzeichen der Anzeige um. D.h. das Meßgerät unterscheidet zwischen Leistungsaufnahme und Leistungsabgabe.

#### Blindleistung

Wenn der Strom durch die Spannungsspule von einem induktiven Widerstand begrenzt wird, ist er gegenüber der Spannung um etwa  $90^\circ$  phasenverschoben. Damit wird dem Leistungsmesser eine um  $90^\circ$  versetzte Phasenlage vorgetäuscht. Der Strom scheint nicht um den Winkel  $\varphi$  nachzueilen sondern scheint um  $90^\circ - \varphi = \varphi'$  vorzueilen. Die angezeigte Leistung entspricht also  $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi'$  d.h.  $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$



Schaltungen für Blindleistungsmeßgeräte, zur Erzeugung der  $90^\circ$  Phasenverschiebung.

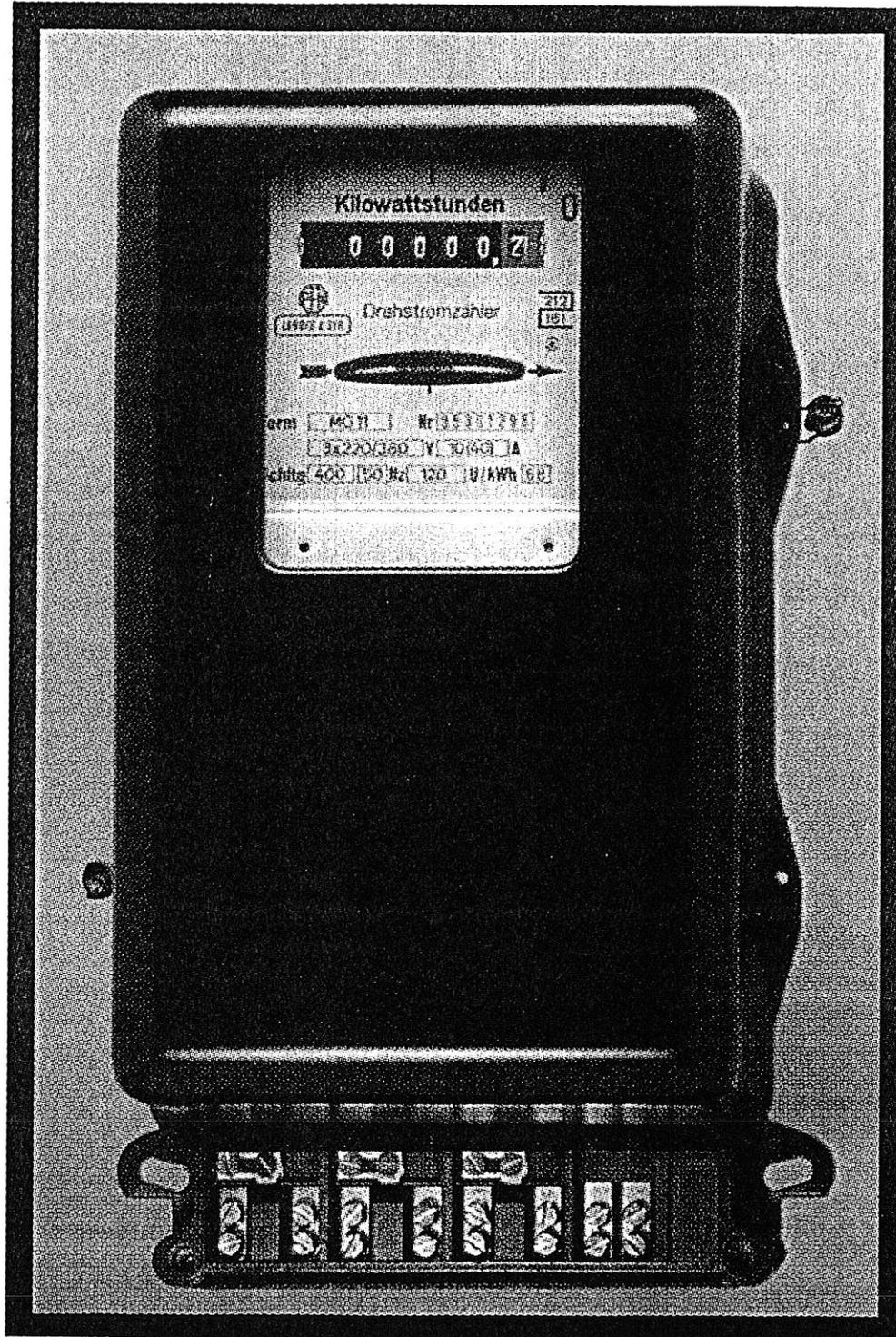
Die Anschlußklemmen von Leistungsmessern und Zählern werden mit genormten Zahlen bezeichnet.

Strom ankommend	Spannung	Strom abgehend	
1	2	3	L1 R
4	5	6	L2 S
7	8	9	L3 T
10	11	12	N Mp

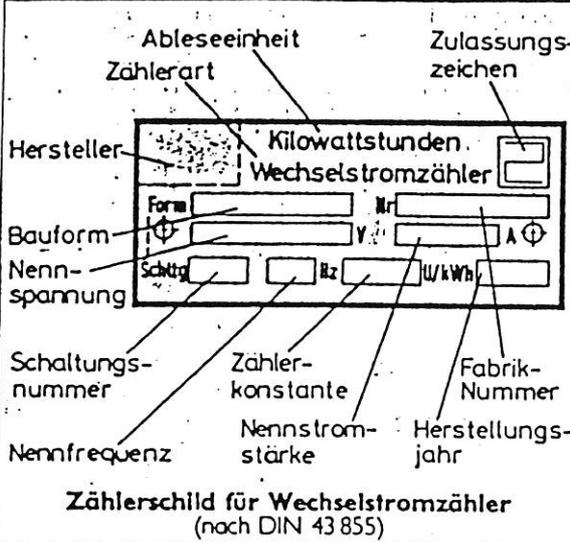
Die Bezeichnungen "ankommend" und "abgehend" beziehen sich auf die Richtung Erzeuger → Verbraucher.

WECHSELSTROMZÄHLER



DREHSTROMZÄHLER

**Elektrizitätszähler**



**Zählerkonstante  $C_z$**  in Umdrehungen je kWh Nach DIN 43 850  
120; 150; 187,5; 240; 300; 375; 480; 600; 750; 960  
Es werden auch dekadische Vielfache oder Teile von  $C_z$  verwendet, z. B. 1200; 60.

**Elektrische Anforderungen für Wechselstrom-Wirkverbrauchszähler Klasse 2 für direkten Anschluß** Nach VDE 0418

Nennströme in A: 5; 10; 15; 20; 30; 40; 50

Grenzstrom: Vorzugsweise ein ganzzahliges Vielfaches des Nennstromes

Leistungsaufnahme (maximal)  
Spannungspfade:

Strompfade:

Wirk- und Scheinleistungsaufnahme\*  
in Einphasenzähler 2 W und 8 VA  
in Mehrphasenzählern 2 W und 10 VA

Scheinleistungsaufnahme\*  
in Zählern mit Nennstrom  
≤ 30 A: 2,5 VA  
> 30 A: 5 VA

\* bei Nennstrom, Nennfrequenz und Nenntemperatur

**Fehlergrenzen für Wechselstrom-Wirkverbrauchszähler für direkten Anschluß** Nach DIN 57 418 Teil 1

Einphasen- und Mehrphasenzähler mit symmetrischer Belastung			Mehrphasenzähler mit symmetrischen Spannungen bei einseitiger Last		
Wert des Stromes	Leistungsfaktor	Fehlergrenze in %	Wert des Stromes	Leistungsfaktor	Fehlergrenze in %
0,05 · $I_n$ von 0,1 · $I_n$ bis $I_{max}$	1	± 2,5	von 0,2 · $I_n$ bis $I_n$ $I_n$ von $I_n$ bis $I_{max}$	1	± 3
	0,5 induktiv	± 2,0		0,5 induktiv	± 3
0,1 · $I_n$ von 0,2 · $I_n$ bis $I_{max}$	0,5 induktiv	± 2,5	$I_n$ Nennstrom	1	± 4
	0,5 induktiv	± 2,0			

### Schaltungsnummern für Elektrizitätszähler, Tarifschaltuhren und Rundsteuerempfänger Nach DIN 43856

1. 2. 3. 4. Zahlenstelle				Bedeutung der Zahlen		Zusätzliche Bezeichnungen	
1	2	3	4	Zählerart	einpoliger Wechselstrom-Wirkverbrauchzähler zweipoliger Wechselstrom-Wirkverbrauchzähler Dreileiter-Drehstrom-Wirkverbrauchzähler Vierleiter-Drehstrom-Wirkverbrauchzähler 3-Leiter } Drehstrom- { mit 60°-Abgleich 3-Leiter } Blindver- { mit 90°-Abgleich 4-Leiter } brauchzähler { mit 90°-Abgleich	z	Zweitarif-Auslöser
						d	Tagesschalter zum Betätigen der Zweitarif-Auslöser
						w	Wochenschalter
						M	Maximum-Auslöser
						ML	Maximum-Laufwerk
						MR	Maximum-Rückstellung
						mo	Maximum-Auslöser in Öffnungsschaltung
						mk	Maximum-Auslöser in Kurzschließschaltung
						(M)	Antriebsmotor
						(E)	Empfangsteil des Rundsteuerempfängers
						Schaltungs-Nummern für Tarifschaltuhren	
						01	mit Tagesschalter
						02	mit Maximumschalter
						03	mit Tages- und Maximumschalter
						04	mit Tages- und Wochenschalter
						05	mit Maximum- und Wochenschalter
						06	mit Tagesschalter, Maximum- und Wochenschalter
						07	mit Wochenschalter
						Schaltungs-Nummern für Rundsteuerempfänger	
						11	mit einem Umschalter
						12	mit zwei Umschaltern
						13	mit drei Umschaltern
						14	mit vier Umschaltern

**Beispiel:** Schaltung 4325—03 bedeutet:

**4325** Vierleiter-Drehstrom-Wirkverbrauchzähler (4) mit Zweitarif- und Maximeinrichtung (3) für Anschluß an Strom- und Spannungswandler (2) mit äußerem Anschluß der Zusatzeinrichtungen und Maximumauslöser in Öffnungsschaltung (5).

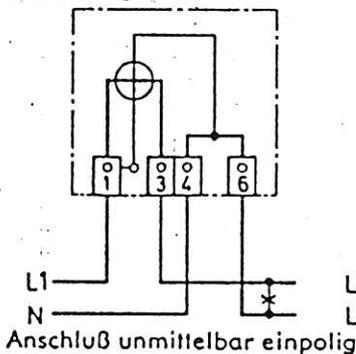
**03** Tarifschaltuhr mit Tagesschalter und Maximumschalter für Öffnungsschaltung.

### Zählerschaltungen

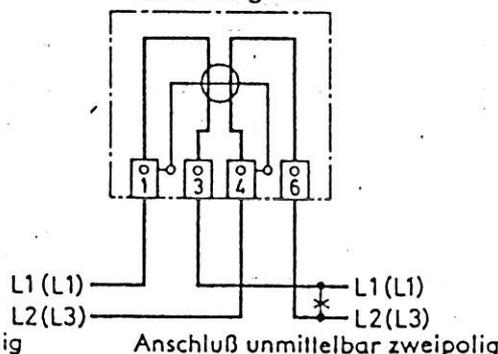
DIN 43856

#### Wechselstrom-Wirkverbrauchzähler

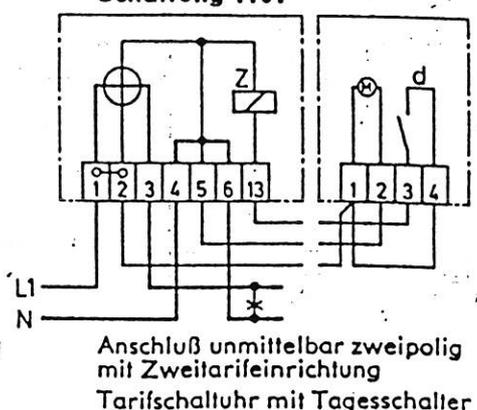
Schaltung 1000



Schaltung 2000

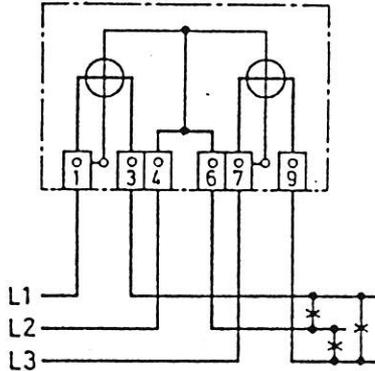


Schaltung 1101



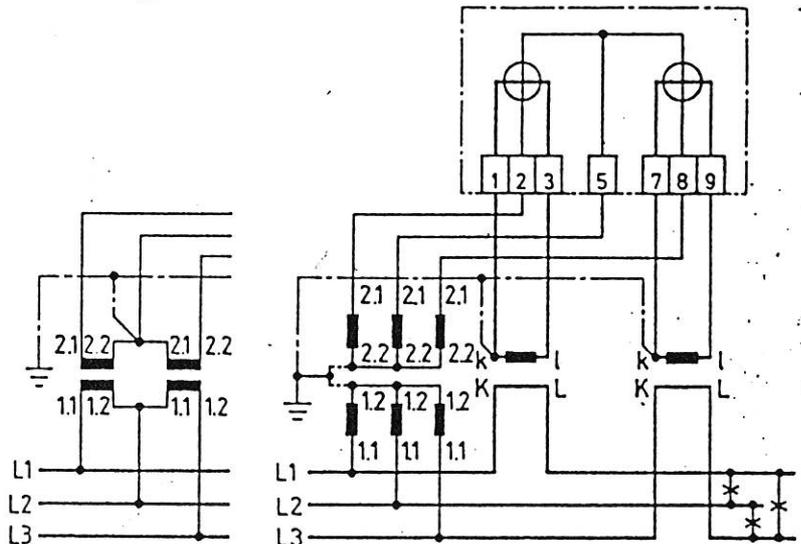
### Dreileiter-Drehstrom-Wirkverbrauchzähler

Schaltung 3000



Anschluß unmittelbar

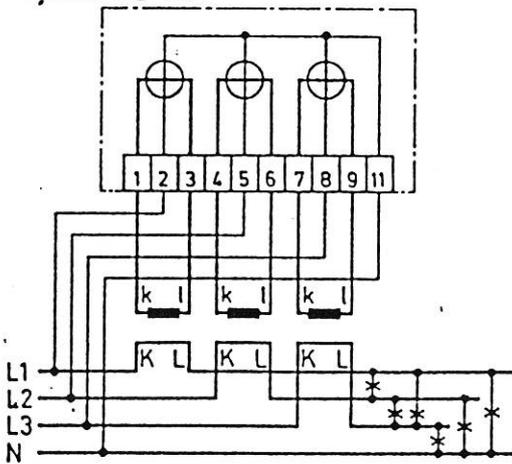
Schaltung 3020



für Anschluß an Strom- und Spannungswandler

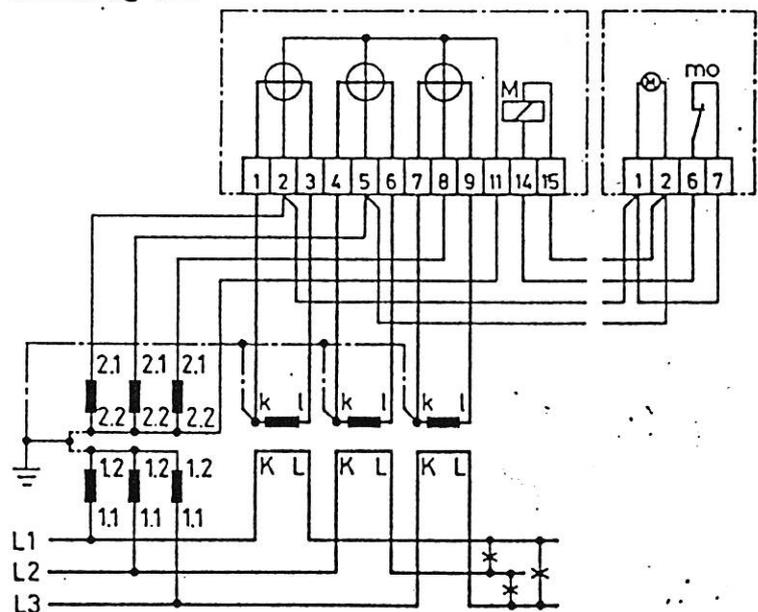
### Vierleiter-Drehstrom-Wirkverbrauchzähler

Schaltung 4010



für Anschluß an Stromwandler

Schaltung 4225



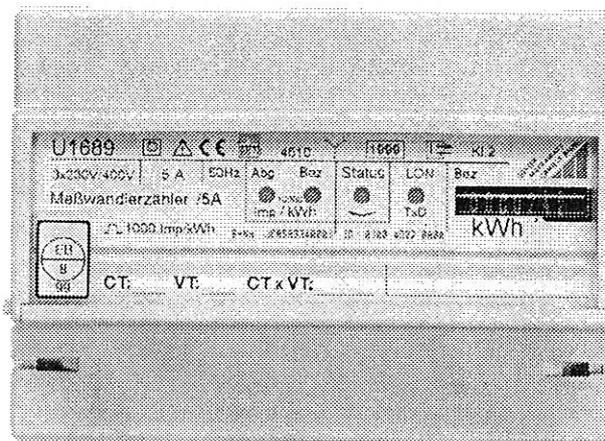
für Anschluß an Strom- und Spannungswandler,  
mit Maximum-Auslöser in Öffnungsschaltung  
(äußerer Anschluß)

Tarifschaltuhr  
mit Maximumschalter  
für Öffnungsschaltung

# Elektrizitätszähler für Wirkenergie

3-348-862-C  
7/7.9

- Erfassung von Wirkenergie auch in verzerrten Netzen
- Fernübertragung von Impulsen für Energiebezug und -abgabe (S0-kompatibel)
- Fernübertragung von Zählerständen, Momentanleistung und Fehlerzuständen über LON-Schnittstelle
- Einsatz in Haushalt, Industrie und Handwerk
- Klasse 1 oder Klasse 2, PTB-Zulassung, beglaubigungsfähig für Energiebezug
- Direkt- oder Wandleranschluß (Kennung)
- Anzeige der bezogenen Energie durch 7-stelliges Rollenzählwerk mit Rücklaufsperrung
- LED Anzeige für Energiebezug und -abgabe
- LED Anzeige für falsche Drehfeldrichtung und Phasenausfall



**LONWORKS®**

### Zusätzliche Merkmale der LON-Version (U1681 ... U1689)

- Datenübertragung über LON-Schnittstelle mit FT1-10A Transceiver und LONTALK® Protokoll
- Variablen für bezogene Energie (= Rollenzählwerk), abgegebene Energie, Momentanleistung, Fehlercodes
- LED Anzeige für gesendete Datenpakete

### Anwendung

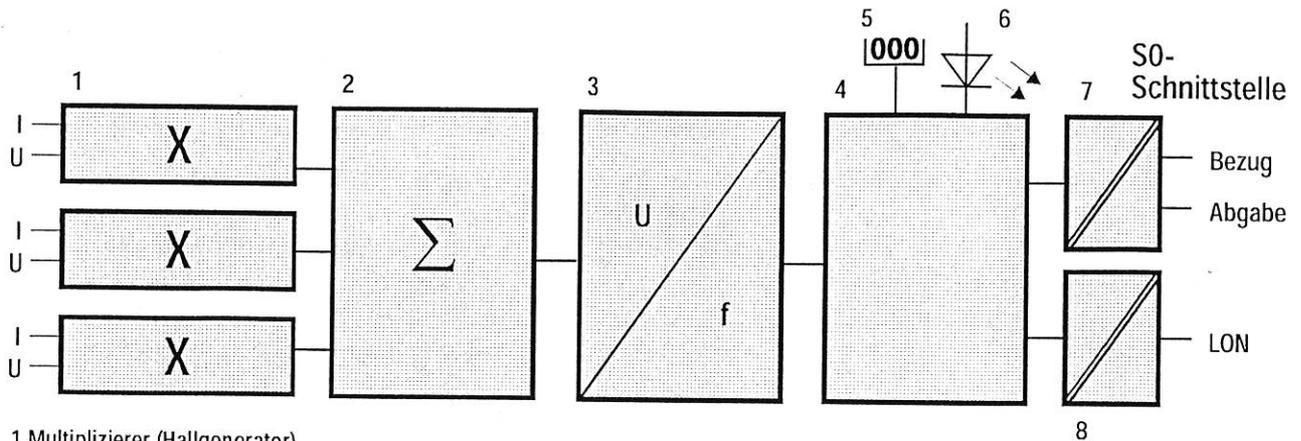
Der elektronische Elektrizitätszähler erfaßt den Energieverbrauch in Wechsel- und Drehstromnetzen. Durch seinen kompakten und robusten Aufbau kann er universell in Industrieanlagen, auf Baustellen, in Büros, in Freizeiteinrichtungen und in Haushalten eingesetzt werden. Die Montage erfolgt lageunabhängig auf Hut-schiene nach EN 50 022 oder durch Schraubbefestigung an der Wand.

Die Installation des Energiezählers direkt am Verbraucher ermöglicht es, dessen Energiekosten gezielt zu kontrollieren. Für die Abrechnung gegenüber Dritten kann der Zähler bei Bedarf beglaubigt werden. Die potentialfreien Impulsausgänge für Energiebezug und -abgabe dienen zur Fernübertragung von Impulsen und ermöglichen den Einsatz in automatischen Abrechnungssystemen oder bei Spitzenlastoptimierungen.

Über den LON-Bus können direkt der Zählerstand für Energiebezug, ein zusätzliches Zählregister für Energieabgabe, die momentane Anschlußleistung und Fehlerzustände wie falsche Drehfeldrichtung und Phasenausfall von einem Auswertesystem abgerufen werden. Die Anbindung mehrerer räumlich verteilter Zähler erfolgt einfach über eine Zweidrahtleitung und reduziert gegenüber der Lösung mit Impulsausgang den Verdrahtungsaufwand erheblich.

### Angewendete Vorschriften und Normen

DIN EN 50081-2	EMV Störaussendung
DIN EN 50082-2	EMV Störfestigkeit
DIN VDE 0470 Teil 1 / EN 60529	IP-Schutzarten
DIN 43 856	Elektrizitätszähler, Tarifschaltuhren und Rundsteuerempfänger
DIN 43 864	Stromschnittstelle für die Impulsübertragung zwischen Impulsgeberzähler und Tarifgerät
IEC 68-2	Grundlegende Umweltprüfverfahren
EC 255-4	High-frequency disturbance test
IEC 1036 / EN 61036 / VDE 0418 Teil 7	Alternating current static watt hour-meters for active energie (classes 1 and 2)



- 1 Multiplizierer (Hallgenerator)
- 2 Summierer
- 3 Spannung- / Frequenzumsetzer
- 4 Treiber für Zählwerk
- 5 Zählwerk
- 6 LEDs
- 7 Impulsausgang (S0-Schnittstelle)
- 8 LON-Schnittstelle (U1681 ... U1689)

Bild 1 Blockschaltbild

### Beschreibung

Elektrizitätszähler auf Hallgenerator-Basis sind besonders gut geeignet für Messungen in stark verzerrten Niederspannungsnetzen. Darüberhinaus eignen sich die Zähler für sämtliche Applikationen, die bisher eine Domäne der Ferraris-Zähler oder AC-gekoppelter statischer Energiezählssysteme waren.

Der besonders gute Frequenzgang der Zähler erweitert die Einsatzmöglichkeiten hin zu verzerrten Netzen beträchtlich.

Blockschaltbild (Beispiel U1689), siehe Bild 1:

In den 3 Hallgeneratoren (1) wird permanent die Wirkleistung aus den Eingangsspannungen und Eingangsströmen gebildet.

Die Teilleistungen werden summiert (2) und einem Spannungs-/Frequenzwandler (3) zugeführt.

Die Ausgangsfrequenz ist ein direkt proportionales Abbild der primärseitigen Leistungsverhältnisse. Die leistungsproportionale Impulsfolge wird anschließend einem Zählwerk (5), sowie abhängig von Bezug oder Abgabe der zugehörigen LED (6) und dem entsprechenden Optokoppler (7) zugeleitet.

Das Optokopplerausgangssignal ist potentialfrei und entspricht dem S0-Standard nach DIN 43 864.

Für die busfähige Übertragung der Meßwerte ist eine LON-Schnittstelle (8) vorhanden

### Symbole und deren Bedeutung

Symbol	Bedeutung
CT	Übersetzungsverhältnis Stromwandler (Current Transfer)
CT × VT	Produkt aus CT und VT
f	Frequenz
I	Effektivwert des Stromes
I <sub>B</sub>	Nennstrom (Basic current)
I <sub>max</sub>	Grenzstrom (Maximum current)
U	Effektivwert der Spannung
U <sub>r</sub>	Bemessungswert der Eingangsspannung
VT	Übersetzungsverhältnis Spannungswandler (Voltage Transfer)
X	Multiplizierer (Hallgenerator)

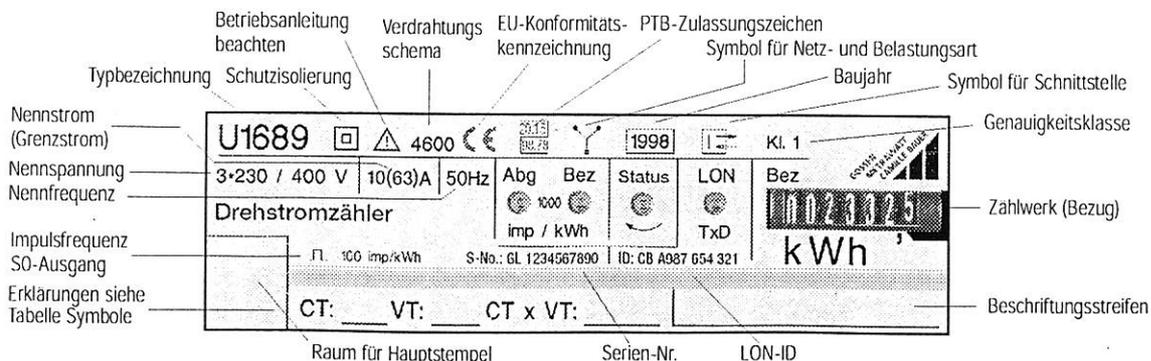


Bild 2 Typschildbeschriftung

### Technische Daten

#### Meßbereiche

<b>Spannungen</b>	
siehe Bestellangaben	
zulässige Abweichung	+ 15% / - 20%

<b>Ströme</b>	
direktmessend $I_B$	10 A
Anlaufstrom	Klasse 2: 0,5 % $I_B$ Klasse 1: 0,4 % $I_B$
direktmessend $I_{max}$	63 A
Strommeßwandler $I_B$	5 A oder 1 A
Anlaufstrom	Klasse 2: 0,3 % $I_B$ Klasse 1: 0,2 % $I_B$
Strommeßwandler $I_{max}$	6 A oder 2 A

<b>Frequenzbereich</b>	
Nennfrequenz	50 Hz
Grenzfrequenz	45 Hz ... 55 Hz

<b>Genauigkeitsklasse</b>	
Standard	1 oder 2 nach IEC 1036, je nach Bestellmerkmal

#### Überlastbarkeit

Alle Zähler	unbegrenzt 1,15 $U_r$ und $I_{max}$
Direktanschluß	5mal 3 s $U_r$ und 100 A (Abstand: 5 min)
Direktanschluß	1mal 1 s $U_r$ und 250 A
Stromwandleranschluß	0,5 s 20 x $I_{max}$

#### Impulsausgang

Die Elektrizitätszähler sind serienmäßig mit einem Impulsausgang ausgestattet, siehe Bild 3. Der Impulsausgang ist vom Meßkreis über Optokoppler galvanisch getrennt.

#### Elektrische Werte

Impulsgeberkonstanten direkt	100 Imp / kWh	
Impulsgeberkonstanten Meßwandlerzähler	1000 Imp / kWh	$I_B = 5 A$
	2000 Imp / kWh	$I_B = 1 A$
Impulsdauer	100 ms + 50 %	
Impulspause	> 50 ms	
$U_{ext}$	max. 40 V	
Schaltstrom	max. 27 mA	

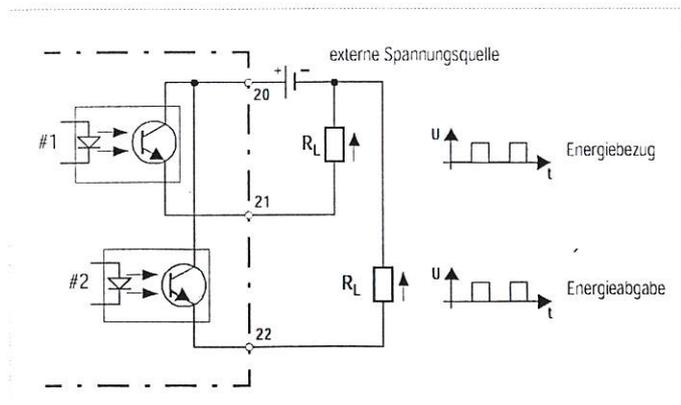


Bild 3 Impulsausgang

#### LON-Schnittstelle

Zugriffsverfahren	CSMA / CA
Netzwerkprotokoll	LONTALK <sup>®</sup>
Übertragungsmedium	Echelon FIT-10A Transceiver, übertrageregekoppelt, verpolungssicher, verdrehte Zweidrahtleitung
Übertragungsgeschwindigkeit	78 kbit / s
Anzahl Knoten in einem Netz	max. 32385
Anzahl Knoten in einem Segment	max. 64
Leitungslängen	max. 500 m bei freier Verdrahtung, einseitiger Busabschluß max. 2700 m bei busförmiger Verdrahtung, beidseitiger Busabschluß
Busabschluß	extern
Anschlüsse	Schraubanschluß
Funktionsanzeige	Leuchtdiode blinkt bei jedem gesendeten Paket
Datenerhalt	Zählerstande min. 10 Jahre
Schreibzyklen	10000 Netzvariablen (nci...) im EEPROM des NEURON <sup>®</sup> Chips

LONTALK<sup>®</sup> und NEURON<sup>®</sup> sind eingetragene Warenzeichen der Echelon Corporation.

#### Anzeige

<b>Zählwerk (Sekundärzählwerk, kWh oder kVarh)</b>	
Direktanschluß	Schrittschaltwerk, 6+1 Stellen
Meßwandleranschluß	Schrittschaltwerk, 5+2 Stellen

#### LEDs

Direktanschlußzähler	Abgabe	rote LED, 1000 Imp / kWh
	Bezug	rote LED, 1000 Imp / kWh
Meßwandlerzähler / 5 A	Abgabe	rote LED, 10000 Imp / kWh
	Bezug	rote LED, 10000 Imp / kWh
/ 1 A	Abgabe	rote LED, 20000 Imp / kWh
	Bezug	rote LED, 20000 Imp / kWh
Status	alle	rote LED, Imp / Zählwerkschritt
Phasenausfall	3- u. 4-Leiter	rote LED, ca. 100 Imp / s
falsche Drehfeldrichtung	4-Leiter	rote LED, ca. 1 Imp / s
LON	nur U168X	rote LED
Anlauf	nur U368X	rote LED

#### Hilfsspannung

Alle benötigten Hilfsspannungen werden aus der Meßspannung erzeugt.

#### Interne Verluste

<b>Spannungspfad</b>	
Zweileiterzähler	< 5 VA
Drei- und Vierleiterzähler	< 3 VA pro Phase

<b>Strompfad</b>	
bei $I_{max}$	< 1 VA
bei $I_B = 1 A$	< 0,05 VA
bei $I_B = 5 A$	< 0,5 VA
bei $I_B = 10 A$	< 0,02 VA

### Energie-Control-System ECS

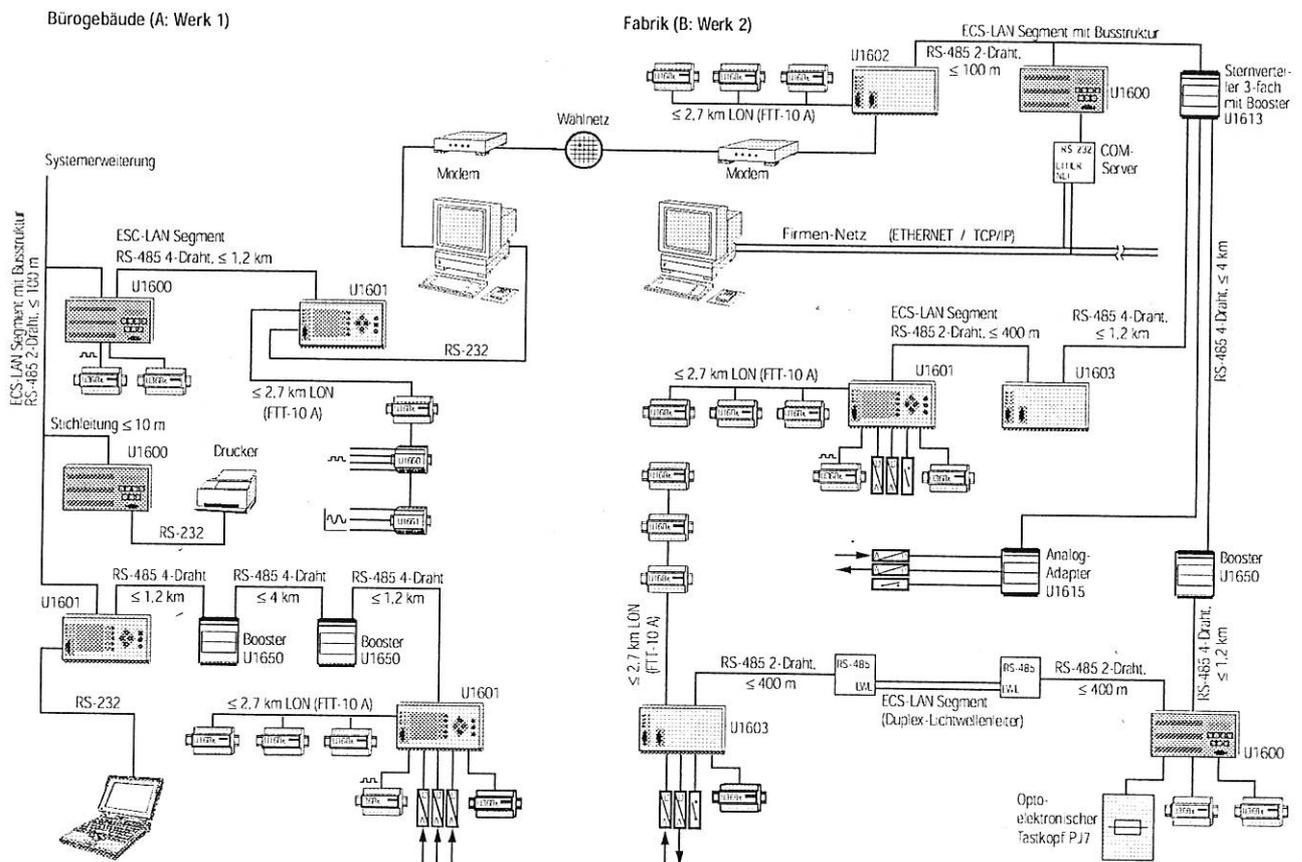
In der Industrie, in Behörden und in Wohnanlagen werden die Kosten der elektrischen Energie in der Regel nach einem Standardschlüssel umgelegt.

Angesichts steigender Strompreise besteht jedoch die Notwendigkeit, den genauen Verbrauch für eine bestimmte Kostenstelle, für ein Produkt, für eine Fertigungsgruppe, eine Abteilung oder einen Mieter kontinuierlich zu messen.

Der Energieverbrauch läßt sich am besten durch einen Elektrizitätszähler ermitteln, der dem jeweiligen Verbraucher zugeordnet ist. Die Zählerstände können entweder durch Personal abgelesen werden oder durch das Energie-Control-System ECS zentral ausgewertet werden.

### Das Energie-Control-System ECS im Überblick:

- An jede Summenstation U1601 lassen sich max. 63 U168x (LON) und max. 12 U368x (SO) anschließen ( $\Sigma < 64$ ), an der Summenstation U1600 max. 24 Zähler, z.B. U368x
- Maximal 255 Teilnehmer (Summenstationen) am Bus
- Vernetzung als Linie, Stern, oder in Busstruktur
- Zweidraht- und Vierdrahtverbindungen in Segmenten mischbar
- Die Übertragungsrate kann pro Segment angepaßt werden
- Maximale Entfernung zwischen 2 Stationen 1,2 km bei 62,5 kBaud (mit ECS-LAN-BOOSTER bis 4 km)



# Multifunktionales Leistungsmeßgerät

3-348-980-01  
4/12.96

- Kommunikationsfähig auch über Profibus-DP oder LONWORKS- Interface oder RS-485-Schnittstelle (je nach Ausführung)
- Messung von Strom, Spannung, Wirk-, Blind- und Scheinleistung, Leistungsfaktor, Netzfrequenz und Energie
- Anzeige von max. 4 Meßwerten gleichzeitig
- Geringe Einbautiefe von nur 59,1 mm
- Anzeige der Energie auf einer 9-stelligen Anzeige
- Hoch- / Niedertarifzähler einstellbar (Umschaltung durch interne Uhr oder externen Ausgang)
- Speicherung ausgewählter Meßwerte (Aufzeichnung der Meßwerte kontinuierlich oder durch Ereignisse gesteuert)
- Übersetzungsverhältnisse von Strom- und Spannungswandlern einstellbar
- Zwei Grenzwertkontakte (beliebige Meßwertzuordnung)
- Software zum Auslesen und weiterverarbeiten aktueller und gespeicherter Meßwerte



QUALITÄTSMANAGEMENTSYSTEM



DQS-zertifiziert nach  
DIN EN ISO 9001 Reg.-Nr. 1267

## Verwendung

Das Meßgerät dient zur Analyse von Wechselstromnetzen und wird dort eingesetzt, wo herkömmliche analoge Meßgeräte in Verteilungsanlagen ersetzt werden sollen. In Verbindung mit Strom- und Spannungswandlern kann das Gerät die wichtigsten Messungen in Nieder- und Mittelspannungsanlagen vornehmen. Zur Überwachung und Weiterverarbeitung der Meßwerte stehen Analogausgänge, Grenzwertfunktionen und Schnittstellen zur Verfügung. In der Ausführung mit Datenspeicher wird der zeitliche Verlauf von bis zu 12 Meßwerten gleichzeitig aufgezeichnet. Damit können wichtige Meßwerte wahlweise kontinuierlich über einen langen Zeitraum oder kurzzeitig Ereignisse getriggert überwacht werden.

Die freie Programmierung gibt dem Meßgerät ein Höchstmaß an Flexibilität.

### Weitere Merkmale

- Schnelle Meßwernerfassung aller Meßwerte innerhalb 300 ms
- Triggerung für die Datenaufzeichnung einstellbar.
- Aufzeichnung der Vorgeschichte bei ereignisgesteuerter Datenerfassung
- Vielfältige Kombinationsmöglichkeit der anzuzeigenden Netzgrößen
- Übersichtliche Darstellung der Meßwerte mit direkter Anzeige der Dimension

## Angewendete Vorschriften und Normen

IEC 1010	Sicherheitsbestimmungen für elektrische Meß-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte
DIN 43864	Stromschnittstelle für Impulsübertragung zwischen Impulsgeberzähler und Tarifgerät (für Impulsausgang)
EN 50081-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Fachgrundnorm Störaussendung
EN 50082-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) Fachgrundnorm Störfestigkeit
EN 60529 / DIN VDE 0470 Teil 1	IP-Schutzarten

## Funktion und Wirkungsweise

Das Meßgerät erfaßt die Augenblickswerte der Spannungen und Ströme in Sternschaltung von Drehstromnetzen. Ist kein Stern vorhanden, dann bildet dieses Meßgerät automatisch einen virtuellen Sternpunkt. Die Geschwindigkeit für die Erfassung der Meßwerte richtet sich nach der jeweiligen Netzfrequenz. In einer Periode wird jeder Meßwert 32 mal gemessen. Damit lassen sich Meßsignale bis zur 15. Oberwelle erfassen.

Nach Ablage dieser Werte in einem temporären Datenspeicher beginnt die Auswertung und Berechnung aller Daten, wie Ströme und Spannungen in Dreieck- und Sternschaltung und die Parameter für Leistung, Leistungsfaktor und Energie. Diese Berechnungen erfolgen nach DIN 40110 Teil 1,2 vom April 1996.

Alle berechneten Werte stehen dem Display, der seriellen Schnittstelle, den Analogausgängen und der Grenzwertüberwachung zur Verfügung.

### Datenspeicherung

Für die Datenspeicherung können bis zu 12 Meßwerte ausgewählt werden. Das Meßgerät erfaßt die ausgewählten Werte in einem Zyklus von ca. 300 ms und legt sie zunächst in einem Zwischenspeicher ab. Entsprechend der eingestellten Abtastzeit werden die jeweils zwischengespeicherten Werte gemittelt und als Mittelwert in den Datenspeicher abgelegt. Die Abtastzeit ist von 300 ms bis max. 30 min einstellbar. Die Aufzeichnung wird durch intern eingestellte Grenzwerte ausgelöst. Die Dauer einer Aufzeichnung ist einstellbar von 1 Minute bis max. 4 Tage. Dadurch können mehrere Ergebnisse hintereinander gespeichert werden. Der Triggerpunkt für das Auslösen einer Aufzeichnung ist innerhalb der Aufzeichnungsdauer wahlweise auf 0 %, 25 %, 50 % oder 75 % einstellbar. Sie erhalten damit einen Überblick über die Vorgeschichte für den Grund der Aufzeichnung mit Uhrzeit und Datum.

Alternativ ist eine kontinuierliche Aufzeichnung möglich.

Der Datenspeicher speichert insgesamt bis zu 63 000 Werte. Die max. mögliche Dauer der Aufzeichnung richtet sich nach der Anzahl der aufgezeichneten Meßwerte (1 bis 12) und der Abtastzeit innerhalb der die Meßwerte aufgezeichnet werden sollen. (0,3 s bis 30 min)

### Darstellung der Werte für Leistung und Leistungsfaktor

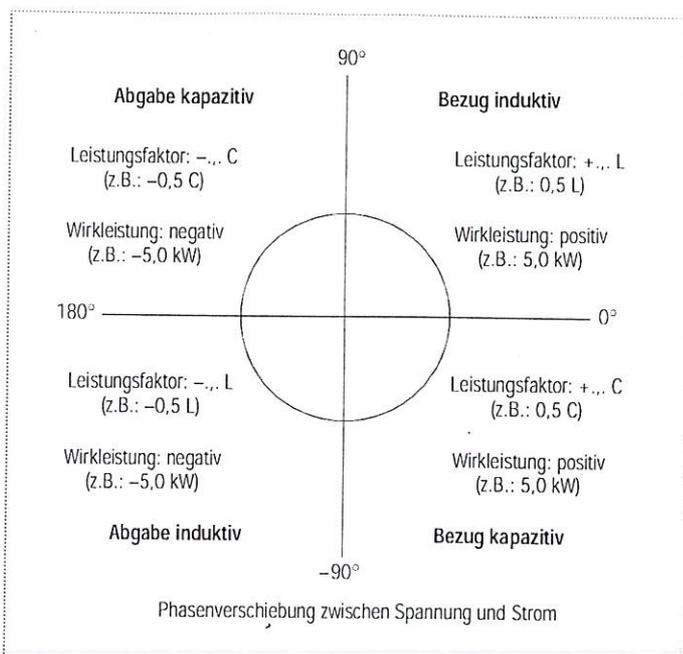


Bild 2 Werte für Leistung und Leistungsfaktor bei induktiven oder kapazitiven Werten für Bezug und Abgabe

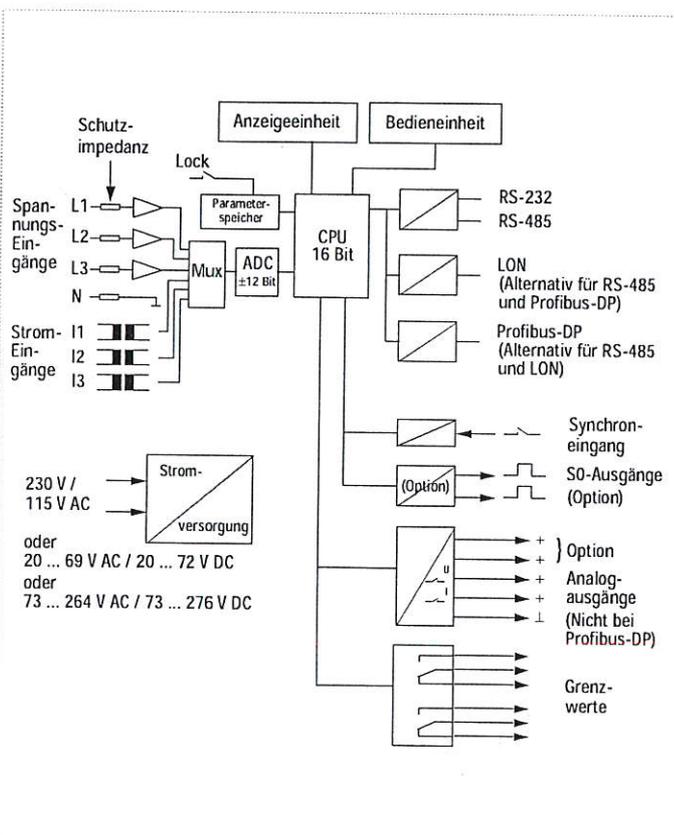


Bild 1 Blockschaftbild

### Anzeige der Energie

Für die Anzeige der Energie sind im Gerät acht Energiezähler enthalten, die bei Auslieferung folgende Energiewerte anzeigen:

- Wirkenergie für die Leiter 1, 2 und 3 und für das gesamte System
- Blindenergie für die Leiter 1, 2 und 3 und für das gesamte System.

Bei der Einstellung des Meßgerätes können die Zähler zur Anzeige der Energiewerte umgestellt werden auf:

- |                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| Wirkenergie, Hochtarif,    | Bezug für das gesamte System,  |
| Wirkenergie, Niedertarif,  | Bezug für das gesamte System,  |
| Wirkenergie, Hochtarif,    | Abgabe für das gesamte System, |
| Wirkenergie, Niedertarif,  | Abgabe für das gesamte System, |
| Blindenergie, Hochtarif,   | Bezug für das gesamte System,  |
| Blindenergie, Niedertarif, | Bezug für das gesamte System,  |
| Blindenergie, Hochtarif,   | Abgabe für das gesamte System, |
| Blindenergie, Niedertarif, | Abgabe für das gesamte System. |

Die Umschaltung von Hoch- auf Niedertarif erfolgt wahlweise über den Synchronisationseingang, durch einen externen Kontakt oder durch die interne Uhr des Datenloggers (nur für Ausführung mit Datenlogger möglich).

### Serielle Schnittstellen

In der Grundausstattung ist das Meßgerät mit den Schnittstellen RS-232 und RS-485 ausgerüstet. Beide Schnittstellen arbeiten mit dem gleichen Protokoll. Die Übertragungsrates ist einstellbar auf 1200, 2400, 4800, 9600 oder 19200 Baud. Für den Busbetrieb sind Adressen von 0 bis 254 einstellbar.

In den Ausführungen mit LONWORKS-Interface entfällt die serielle Schnittstelle RS-485. Für LON sind keine zusätzlichen Einstellungen erforderlich.

In den Ausführungen mit Profibus-DP entfällt die serielle Schnittstelle RS-485. Die eingestellte Adresse gilt für RS-232 und Profibus-DP. Adressen  $\geq 126$  werden als Profibusadresse 126 inter-

pretiert und machen damit das Gerät für eine Vergabe einer Adresse über den Profibus bereit.

Die eingestellte Baudrate bezieht sich in diesen Ausführungen allein auf die serielle Schnittstelle RS-232. Die Übertragungsgeschwindigkeit für den Profibus bestimmt der Master. Das A2000 kann am Profibus-DP mit Übertragungsgeschwindigkeiten bis maximal 12 Mega-Baud arbeiten.

### LONWORKS- Interface

Diese Leistungsmeßgeräte können alternativ auch mit einer LON-Schnittstelle ausgerüstet werden. An Stelle der RS-485 Schnittstelle ist in diesen Ausführungen das LONWORKS- Interface eingesetzt. Die serielle Schnittstelle RS-232 bleibt zum Parametrieren und zum Auslesen der Datenspeicher erhalten. Die Option Datenlogger ist auch bei diesen Meßgeräten möglich. Das Auslesen der aufgezeichneten Daten erfolgt hier generell über die serielle Schnittstelle RS-232.

### Profibus-DP

In der Ausführung mit Profibus-DP ist an Stelle der RS-485 Schnittstelle der Profibus eingebaut. Alle Meßwerte können mit Ausnahme der gespeicherten Datenloggerwerte über die Busan-Kopplung gelesen werden. Die Übertragungsgeschwindigkeit beträgt maximal 12 Mega-Baud.

Der Anschluß für den Profibus-DP erfolgt bei diesen Meßgeräten über den 9-poligen Standardstecker für Profibus.

## Programmierung

Die Programmierung für das Gerät erfolgt wahlweise über Tasten an der Frontseite des Gerätes oder über eine serielle Schnittstelle. Alle eingestellten Werte bleiben bei Netzausfall erhalten.

Durch einen Schalter (*LOCK*) an der Geräterückseite können alle programmierten Parameter mit Ausnahme der Grenzwerte vor Verstellung geschützt werden.

Sie erhalten damit die Sicherheit, daß beim Einstellen der Grenzwerte die Konfiguration des Gerätes nicht verändert werden kann. Alternativ können Sie in der Programmierung auch festlegen, daß durch diesen Schalter alle Parameter incl. Grenzwerte vor unbefugter Verstellung geschützt werden.

Bei der Programmierung sind folgende Werte einstellbar:

### Art des Netzes

- 4-Leiter ungleicher Belastung oder
- 3-Leiter ungleicher Belastung
- 3-Leiter gleicher Belastung

Die Energiezähler zeigen wahlweise die Wirk- und Blindenergie für die Phasen 1, 2 und 3 und für das gesamte System an oder die Wirk- und Blindenergie des gesamten Systems aufgeteilt in Bezug und Abgabe und in Hoch- und Niedertarif.

### Eingänge

Sekundärstrom der Wandler	5 A oder 1 A
Primärstrom der Wandler	1 A 5 A ... 5000 A in 5 A Schritten bis 50000 A in 50 A Schritten bis 150000 A in 500 A Schritten
Sekundärspannung der Wandler	von 100 V bis 500 V in 1 V Schritten
Primärspannung der Wandler	von 100 V bis 100 kV in 100 V Schritten bis 750 kV in 1 kV Schritten
Synchroneingang	extern oder Betrieb mit interner Mittelwertbildung von 1 Min. bis 60 Min. einsetzbar

### Ausgänge

Grenzwertüberwachung	– Meßwerte (Quellen), die überwacht werden – Min- / Max-Verhalten – Hysterese – Alarmspeicherung ein / aus – Grenzwert
2 bzw. 4 Analogausgänge	– Meßwerte, die auf die Analogausgänge wirken – Ausgangsbereich 4 ... 20 mA, 0 ... 20 mA, $\pm 20$ mA, 0 ... 10 V, 2 ... 10 V oder $\pm 10$ V – Analogbereich mit Anfangs- und Endwert (unabhängig vom Meßbereich)
Impulsausgänge für Wirk- oder Blindenergie	– Bezug, Abgabe – Gesamtenergie oder Energie der Einzelleiter – Wirk- bzw. Blindenergie – Impulsrate: 1 ... 1000 Impulse / kWh in 1er Schritten 1000 ... 5000 Impulse / kWh in 10er Schritten

Die gleichen Impulsraten können zusätzlich in MWh eingestellt werden.

### Serielle Schnittstellen

RS-232 und RS-485 haben das gleiche Protokoll. Adresse mit Werten von 0 bis 254, Baudrate 1200, 2400, 4800, 9600 oder 19200

