

13432  
SIEMENS & HALSKE A.-G.  
WERNERWERK □ BERLIN-NONNENDAMM

---

## Technische Anweisung Nr. 8

Juli 1912



# Prüffeldtype der dynamometrischen Meßinstrumente

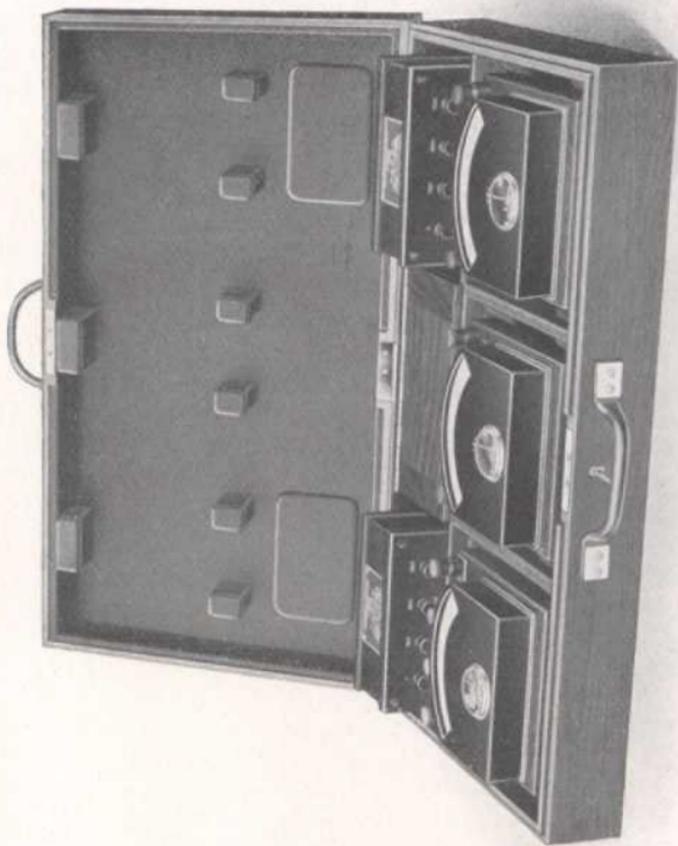


## Prüffeldtype der dynamometrischen Meßinstrumente.

	Seite
<b>Allgemeine Angaben über die Instrumente der Prüffeldtype</b>	5
a) Verwendung der dynamometrischen Meßinstrumente bei Wechselstrom und bei Gleichstrom . . . . .	5
b) Aufstellung der Instrumente . . . . .	6
<b>Präzisions-Wattmeter der Prüffeldtype (Type Mldr 61)</b>	6
a) Energieverbrauch der Stromspule . . . . .	6
b) Energieverbrauch der Spannungsspule . . . . .	7
c) Berechnung der Instrument-Konstante . . . . .	8
d) Schaltung im Stromkreis . . . . .	9
e) Kommutierung der Spannungsspule . . . . .	13
<b>Vorschaltwiderstände zu den Präzisions-Wattmetern</b>	15
a) Vorschaltwiderstände für Gleich- und Wechselstrom . . . . .	16
b) Nullpunkt-widerstände für Drehstrom . . . . .	16
<b>Präzisions-Voltmeter der Prüffeldtype (Type Mldr 70)</b>	20
<b>Präzisions-Amperemeter der Prüffeldtype (Type Mldr 69)</b>	20
<b>Berechnung der Meßkonstanten</b>	21

SIEMENS & HALSKE A.-G.  
WERNERWERK, BERLIN-NONNENDAMM

---



## Allgemeine Angaben über die Instrumente der Prüffeldtype.

Die Prüffeldtype der dynamometrischen Meßinstrumente ist in erster Linie für **indirekte Messungen mit Meßtransformatoren** bestimmt. Die Bezeichnung Prüffeldtype wurde gewählt, um die Instrumente als **Spezialtype für Prüffeld und Abnahmeversuche** zu charakterisieren. Die Instrumente sind mit **Metallkappe** ausgeführt und zeichnen sich durch **kleine, handliche Form** aus.

### a) Verwendung der dynamometrischen Meßinstrumente bei Wechselstrom und bei Gleichstrom.

Die Instrumente der Prüffeldtype sind nach dynamometrischem Prinzip gebaut und zeigen daher sowohl bei Wechselstrom wie auch bei Gleichstrom richtig an. Hieraus ergibt sich der wesentliche Vorteil, daß man diese Instrumente mit Gleichstrom eichen und dann bei Wechselstrom-Messungen verwenden kann.

Bei der **Eichung der Instrumente mit Gleichstrom** muß sowohl auf das Erdfeld als auch auf sonstige fremde gleichgerichtete Magnetfelder Rücksicht genommen werden, was durch Kommutierung des Stromes in der feststehenden und in der beweglichen Spule des Instrumentes geschieht. Der Mittelwert aus den beiden Ablesungen ist dann der richtige Wert.

Für **betriebsmäßige Gleichstrom-Messungen** sind die dynamometrischen Meßinstrumente weniger geeignet, da die Kommutation des Instrumentstromes, die im Laboratorium keine Schwierigkeiten bereitet, im Betrieb recht unbequem ist und zu Unsicherheiten Anlaß gibt. Man verwendet daher für Gleichstrom-Messungen, wenn irgend möglich, nur Drehspulinstrumente mit permanenten Magneten.

Bei **Wechselstrom-Messungen** heben sich die Einwirkungen aller gleichgerichteten fremden Felder auf, jedoch ist das Instrument durch geeignete Aufstellung (vergl. Seite 6) gegen eventuell vorhandene Wechselfelder zu schützen. Die Angaben der Instrumente sind in weiten Grenzen von Frequenz und Kurvenform des Wechselstromes unabhängig.

## b) Aufstellung der Instrumente.

Bei der Messung sollen die Instrumente auf einem annähernd horizontalen Tisch liegen.

Das **Putzen der Glasscheibe** des Instrumentes unmittelbar vor der Messung ist zu vermeiden, da durch das Reiben mit einem trockenen Tuch leicht elektrostatische Ladungen hervorgerufen werden können, die den Zeigerausschlag beeinflussen. Man beseitigt diese durch leichtes Anhauchen der Glasscheibe.

Die **gegenseitige Beeinflussung** der Instrumente der Prüffeldtype ist so gering, daß die Instrumente ohne weiteres dicht nebeneinander aufgestellt werden können.

Eine **Beeinflussung durch die Zuführungsleitungen** ist wegen der geringen Stromstärke von max. 5 Ampere nicht zu befürchten.

Andere Apparate, die stärkere magnetische Felder erzeugen, z. B. **Strom- und Spannungstransformatoren**, dürfen nicht in unmittelbarer Nähe der Instrumente stehen. Ebenso vermeide man die Nähe Starkstrom führender Leitungen. Etwa in derselben Schaltung benutzte Instrumente der Laboratoriumstypen müssen in einem Abstand von mindestens 40 cm von Mitte zu Mitte aufgestellt werden.

Bei direktem Anschluß der Instrumente an Hochspannung ist jede Berührung der Kappe zu vermeiden.

---

## Präzisions-Wattmeter der Prüffeldtype

(Type Mldr 61).

Das Präzisions-Wattmeter ist nach dynamometrischem Prinzip gebaut und besitzt demnach eine feststehende **Stromspule**, die vom Hauptstrom durchflossen wird, und eine im Felde dieser Spule drehbar angeordnete **Spannungsspule**, die an die zu messende Spannung angelegt wird.

### a) Energieverbrauch der Stromspule.

Die Prüffeldtype ist in erster Linie für **Benutzung mit Meßtransformatoren** bestimmt. Entsprechend der normalen Sekundär-Stromstärke der Präzisions-Stromtransformatoren wird das Wattmeter der Prüffeldtype nur für **einen Strommeßbereich bis 5 Ampere** hergestellt.

Um die sekundäre Belastung der Stromtransformatoren, namentlich beim Anschluß mehrerer Meßinstrumente, recht günstig zu gestalten, ist das Wattmeter für möglichst geringen Spannungsabfall eingerichtet. Der Spannungsabfall in der Stromspule des Wattmeters beträgt

bei 5 Ampere und Frequenz 50 nur 0,26 Volt ( $\cos \varphi = 0,92$ ),  
" 5 " " " 25 " 0,24 " ( $\cos \varphi = 0,98$ ).

Hieraus ergibt sich für das Wattmeter ein Energieverbrauch von ca. 1,3 Watt.

### b) Energieverbrauch der Spannungsspule.

Der Spannungskreis der Wattmeter der Prüffeldtype ist entsprechend der Sekundärspannung der Präzisions-Spannungstransformatoren für einen Spannungsmessbereich von **100 Volt** eingerichtet. Die innere Schaltung und Justierung ist bei den Wattmetern für ausschließlichen Gebrauch mit Präzisions-Spannungstransformatoren anders als bei den Instrumenten, die außerdem eine besondere 1000-Ohm-Klemme zum Anschluß an äußere Wattmeter-Vorschaltwiderstände erhalten. Es sind daher diese beiden Typen auch im Gebrauch zu unterscheiden.

#### Wattmeter für ausschließlichen Gebrauch mit Spannungstransformatoren.

Diese Instrumente erhalten nur einen Meßbereich bis **100 Volt** und dementsprechend eine **100-teilige Skala**. Der Stromverbrauch im Spannungskreis beträgt hierbei **ca. 30 Milliampere**. Von einer Justierung auf einen genau bestimmten Stromverbrauch hat man aus Billigkeitsrücksichten abgesehen. Dies ist insofern unbedenklich, als diese speziell für Transformatorenanschluß gebaute Type nicht mit äußeren Vorschaltwiderständen benutzt werden soll.

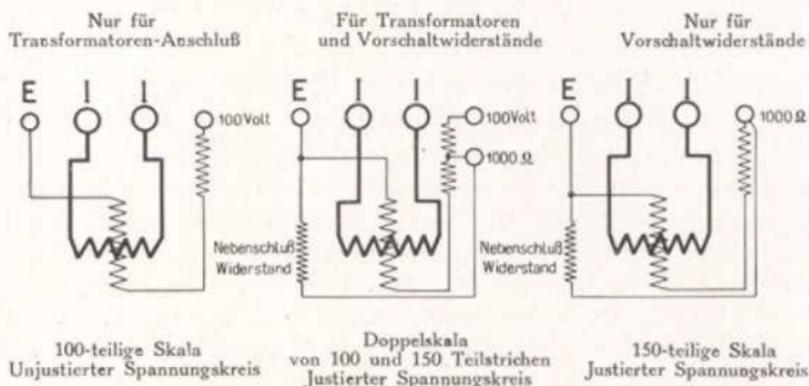
#### Wattmeter mit 1000-Ohm-Klemme.

Um die Verwendung der normalen Wattmeter-Vorschaltwiderstände für die Wattmeter der Prüffeldtype nicht völlig auszuschließen, haben einige Typen eine 1000-Ohm-Klemme zum Anschluß an äußere Vorschaltwiderstände erhalten. Der Spannungskreis ist bei dieser Ausführung auf einen Stromverbrauch von **genau 30 Milliampere** bei maximaler Spannung abjustiert, so daß ebenso wie bei den Instrumenten der Laboratoriumstype einem Spannungsmessbereich von je 30 Volt ein Widerstand von genau 1000 Ohm entspricht. Um bei Verwendung der normalen Wattmeter-Vorschaltwiderstände runde Meßkonstanten zu

erzielen, haben alle Wattmeter mit 1000-Ohm-Klemme eine 150-teilige Skala. Hierdurch ergibt sich eventuell eine Doppelskala von 100 und 150 Teilstrichen. Es entspricht

dem 100-Volt-Meßbereich stets die 100-teilige Skala,  
 der 1000-Ohm-Klemme „ „ 150-teilige Skala.

Aus Vorstehendem ergeben sich folgende drei Typen:



### c) Berechnung der Instrument-Konstante.

Die Instrument-Konstante  $c$  ist die Zahl, mit der der Ausschlag  $\alpha$  des Wattmeters multipliziert werden muß, um die Leistung in Watt zu erhalten. Der Wert der Konstante  $c$  ergibt sich aus der Beziehung

$$c = \frac{\text{max. Stromstärke} \times \text{max. Spannung}}{\text{Anzahl der Skalenteile}}$$

Hierbei ist zu beachten, daß der 1000-Ohm-Klemme des Wattmeters ein Spannungsmessbereich von 30 Volt entspricht. Es ergeben sich hiernach folgende Werte für die Instrument-Konstanten:

1. Prüffeld-Wattmeter: 5 Ampere; 100 Volt; 100 Skalenteile

$$c = \frac{5 \cdot 100}{100} = 5$$

2. Prüffeld-Wattmeter: 5 Ampere; 1000-Ohm-Klemme; 150 Skalenteile

$$c = \frac{5 \cdot 30}{150} = 1$$

Wird das Wattmeter in Verbindung mit äußeren Vorschaltwiderständen benutzt, so sind die Angaben auf Seite 15 zu beachten.

### d) Schaltung im Stromkreis.

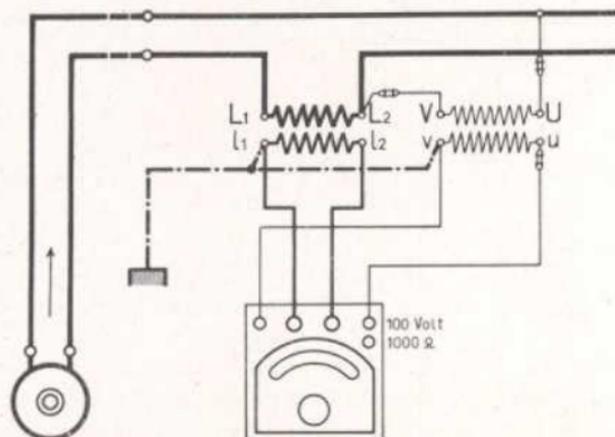
Für alle Wattmeterschaltungen gelten folgende Grundregeln:

1. Es müssen auf jeden Fall alle erheblichen Potentialdifferenzen zwischen Stromspule und Spannungsspule vermieden werden.
2. Um einen richtigen Ausschlag des Zeigers in die Skala hinein zu erzielen, muß man so schalten, daß der Strom in zwei benachbarte Strom- und Spannungsklemmen eintritt oder aus beiden austritt.

Es muß also der Strom entweder in die beiden linken oder in die beiden rechten Klemmen des Wattmeters eintreten.

Bei Beachtung dieser Regeln ergeben sich nachstehende Grundschaltungen. Bei diesen Schaltungen ist stets vorausgesetzt, daß der Generator links und der Stromverbraucher rechts liegt. Der Generator ist im Schema stets eingezeichnet und die Richtung der Energieabgabe durch einen Pfeil angedeutet. Alle Erdleitungen sind strichpunktiert gezeichnet (vergl. auch Techn. Anweisung Nr. 9).

#### Anschluß des Wattmeters an Strom- bzw. an Spannungstransformatoren.



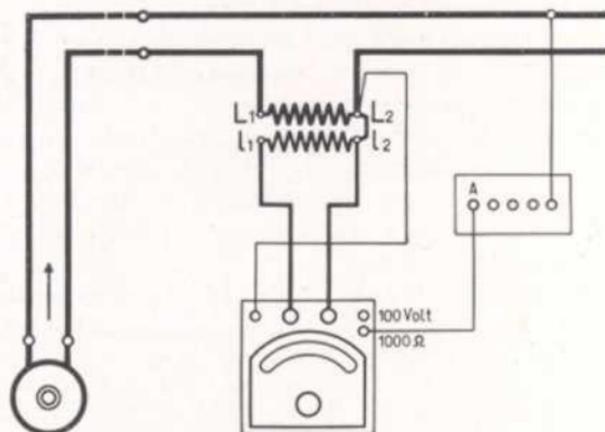
Soll die Leistung des auf der rechten Seite angeschlossenen Stromverbrauchers gemessen werden, so mißt man bei der angegebenen Schaltung den Energieverbrauch des Spannungstransformators mit, da

der vom Spannungstransformator verbrauchte Strom auch durch den Stromtransformator hindurchgeht. Der Energieverbrauch des Spannungstransformators ergibt sich als Summe des Eigenverbrauches des Transformators (Leerlauf-Watt, vergl. Techn. Anweisung Nr. 9, Seite 16) und des Energieverbrauches der an den Spannungstransformator angeschlossenen Instrumente. Dieser Betrag muß vom gemessenen Wert abgezogen werden, um die gesuchte Leistung des Stromverbrauchers zu erhalten. Der bei Vernachlässigung dieser Korrektur entstehende Meßfehler wird nur dann erheblich sein, wenn der zu messende Strom sehr klein ist, so daß der vom Spannungstransformator aufgenommene Strom gegen ihn nicht vernachlässigt werden kann.

Schließt man den von der Klemme  $U$  des Spannungstransformators kommenden Draht anstatt bei  $L_2$  bei  $L_1$  an, so wird der Energieverbrauch des Stromtransformators mitgemessen, da die vom Spannungstransformator gemessene Spannung um den Spannungsabfall im Stromtransformator höher als die Klemmenspannung am Stromverbraucher ist. Der Energieverbrauch des Stromtransformators ergibt sich als Summe des Eigenverbrauches des Transformators (vergl. Techn. Anweisung Nr. 9, Seite 10) und des Energieverbrauches der an den Stromtransformator angeschlossenen Instrumente. Um den richtigen Wert zu erhalten, muß dieser Betrag von dem gemessenen Wert abgezogen werden. Der durch Vernachlässigung dieser Korrektur entstehende Meßfehler kommt naturgemäß nur bei niedrigen Spannungen in Frage, bei denen der Spannungsabfall im Stromtransformator gegen die Gesamtspannung nicht zu vernachlässigen ist.

Für die meisten praktischen Fälle kann man auf eine Korrektur des gemessenen Wertes verzichten, sofern die zu messende Leistung nicht zu klein ist. Bei kleineren Leistungen wird man sich am besten durch eine Überschlags-Rechnung ein Bild über die Größe der evtl. auftretenden Fehler machen. Ergibt sich hierbei, daß man von einer Korrektur der gemessenen Werte absehen kann, so wird man die Schaltung wählen, die die kleineren Fehler ergibt. Bei Messung der Leistung eines auf der rechten Seite der Schaltung angeschlossenen Stromverbrauchers ist dies bei der gezeichneten Schaltung der Fall, da der Energieverbrauch des Stromtransformators im allgemeinen größer als der des Spannungstransformators ist. Aber auch wenn man die Fehler durch eine Korrektur berücksichtigen will, ist die gezeichnete Schaltung vorzuziehen, da die Korrektur bei allen Messungen mit konstanter Spannung stets die gleiche Größe hat.

Anschluß des Wattmeters an Stromtransformatoren  
und Vorschaltwiderstände.



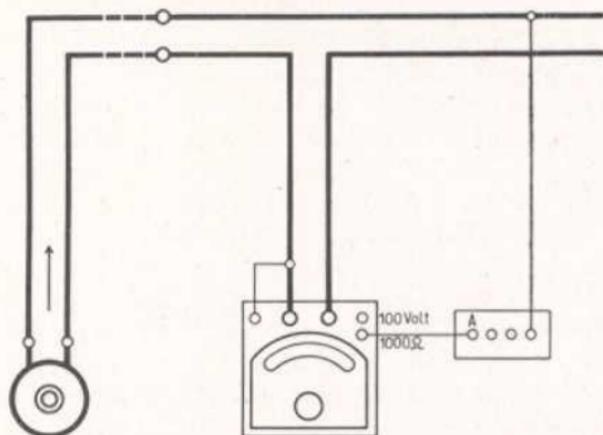
Bei dieser Schaltung dient der Stromtransformator lediglich als **Meßbereichumschalter**, um das 5-Ampere-Instrument auch für höhere Strommeßbereiche benutzen zu können. Die Stromtransformatoren werden also in ähnlicher Weise wie die Nebenschlüsse bei Gleichstrom-Instrumenten verwendet. Um Potentialdifferenzen zwischen Stromspule und Spannungsspule des Wattmeters zu vermeiden, müssen die Primär- und die Sekundärwicklung des Stromtransformators kurz verbunden sein. (Leitung  $L_2-l_2$ .) Die Sekundärwicklung des Transformators erhält also das Potential des zugehörigen Primärleiters. Da die Isolation der Sekundärwicklung des Transformators gegen Gehäuse nur mit etwa 1000 Volt beansprucht werden darf, ist diese Schaltung nur für kleinere **Spannungen bis max. 1000 Volt** ohne weiteres anwendbar. Naturgemäß ist bei **Hochspannung jede Berührung der Instrumente und Apparate zu vermeiden.**

Da für Spannungen bis 1000 Volt die Energieverluste im Stromtransformator größer sind als die Verluste im Spannungskreis, so ist im angegebenen Schema der Spannungskreis erst hinter dem Stromtransformator angeschlossen, so daß also das angegebene Schema bei Messung der Leistung eines auf der rechten Seite der Schaltung angeschlossen Stromverbrauchers die kleinstmöglichen Fehler ergibt. Aber auch wenn man den Energieverbrauch des Spannungskreises bei

der Messung durch eine Korrektur berücksichtigen will, ist diese Schaltung vorteilhaft, da der Energieverbrauch des Spannungskreises sich in allen Fällen leichter bestimmen läßt als der Energieverbrauch des Stromtransformators. Hierzu kommt noch der Vorteil, daß man bei allen Messungen mit konstanter Spannung stets mit der gleichen Korrekturgröße zu rechnen hat.

Für **Spannungen über 1000 Volt** sind alle Apparate, also Stromtransformatoren, Meßinstrumente und Vorschaltwiderstände **isoliert aufzustellen**, und zwar muß die Isolation für die volle Betriebsspannung bemessen sein. Um Störungen der unter Hochspannung stehenden Meßinstrumente durch elektrische Ladungserscheinungen zu vermeiden, ist für diese Messungen die mit Hochspannungsausrüstung versehene **Laboratoriumstyp** der dynamometrischen Meßinstrumente zu verwenden (vergl. Technische Anweisung Nr. 7).

#### Direkte Einschaltung des Wattmeters in den Stromkreis mit äußeren Vorschaltwiderständen.



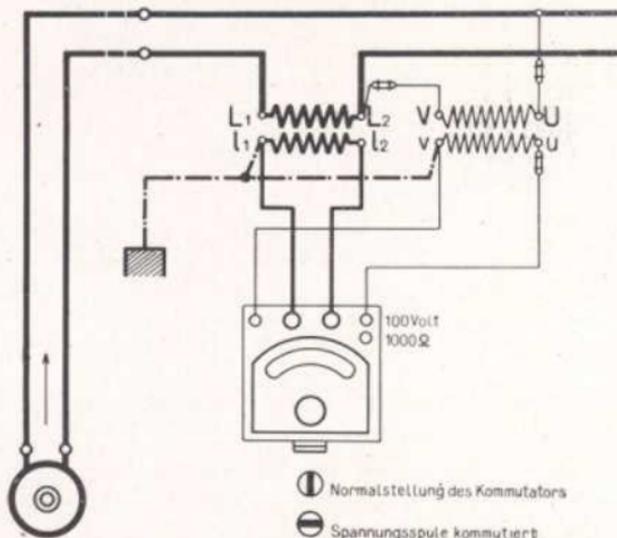
Soll die Leistung des auf der rechten Seite angeschlossenen Stromverbrauchers bestimmt werden, so wird in der angedeuteten Schaltung der Energieverbrauch der Stromspule des Wattmeters mitgemessen. Verbindet man andererseits die linke Spannungsklemme mit der rechten Spannungsklemme, so wird der Energieverbrauch des Spannungskreises mitgemessen. Bei dem Wattmeter der Prüffeldtype ist der Energieverbrauch der Stromspule außerordentlich gering, so daß er schon bei

Spannungen über 60 Volt kleiner ist als der Energieverbrauch des Spannungskreises. Die eingezeichnete Schaltung wird daher bei fast allen praktisch vorkommenden Messungen die geringsten Fehler ergeben. Eine Korrektion der Messung dürfte bei der geringen Größe der Verluste in der Stromspule kaum in Frage kommen. Bei Hochspannung ist jede Berührung des Instrumentes zu vermeiden.

### e) Kommutierung der Spannungsspule.

Ergibt sich bei Drehstrom-Leistungsmessungen oder infolge falscher Schaltung (Nichtbeachtung von Regel 2, Seite 9) ein negativer Zeigerausschlag, so kann man entweder die Stromanschlüsse oder die Spannungsanschlüsse vertauschen, um einen positiven Ausschlag in die Skala hinein zu erhalten. Da ein Vertauschen der Hauptstromleitungen ohne Stromunterbrechung nicht ohne weiteres ausführbar ist, so ist das Kommutieren der Spannungsspule vorzuziehen. Dabei ist folgendes zu beachten:

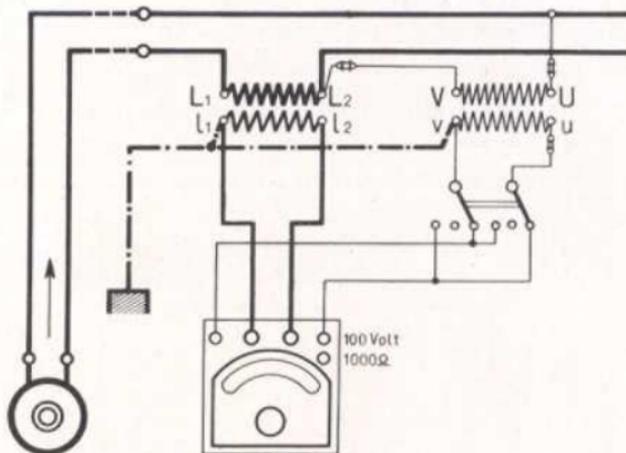
**Wattmeter mit eingebautem Kommutator.**



Der eingebaute Kommutator bietet den Vorteil, daß die äußere Schaltung des Wattmeters nach Möglichkeit vereinfacht wird; er ist sowohl bei Verwendung der eingebauten als auch äußerer Vorschaltwiderstände für Spannungen bis max. 600 Volt in gleicher Weise geeignet.

Die Kommutation erfolgt ohne Unterbrechung des Spannungskreises. Daraus ergibt sich der Vorteil, daß gefährliche Potentialdifferenzen zwischen Stromspule und Spannungsspule vermieden werden, die z. B. im Moment des Abschaltens durch ungleichzeitiges Öffnen der Schalterkontakte entstehen können. Der Kommutator ist derart in die Innenschaltung des Wattmeters eingefügt, daß auch bei Verwendung des Wattmeters ohne Vorschaltwiderstände (30 Volt) die Kommutierung gefahrlos ausgeführt werden kann.

### Wattmeter mit außenliegendem Kommutator und eingebauten Vorschaltwiderständen.

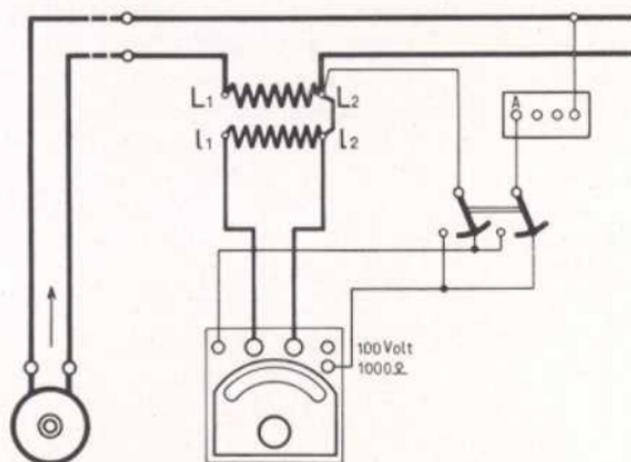


Bei Wattmetern ohne eingebauten Kommutator erfolgt für den 100-Volt-Meßbereich (und eventl. auch für 30 Volt) die Kommutierung zweckmäßig durch einen außenliegenden Kommutator. Derselbe muß zur Vermeidung von Kurzschluß mit **Stromunterbrechung** arbeiten.

### Wattmeter mit außenliegendem Kommutator und außenliegenden Vorschaltwiderständen.

Bei Verwendung außenliegender Vorschaltwiderstände für Spannungen über 100 Volt verwendet man Kommutatoren, welche **ohne Strom-**

unterbrechung arbeiten. Man vermeidet hierdurch das Entstehen gefährlicher Potentialdifferenzen zwischen Stromspule und Spannungsspule.



## Vorschaltwiderstände zu den Präzisions-Wattmetern der Prüffeldtype.

Die Vorschaltwiderstände sind zum Anschluß an die 1000-Ohm-Klemme der Präzisions-Wattmeter bestimmt. Sie können ohne weiteres bei jedem beliebigen Wattmeter mit 1000-Ohm-Klemme verwendet werden. Bei der Wahl des Meßbereiches ist zu beachten, daß die Vorschaltwiderstände dauernd nur um 10%, kurzzeitig um 20% überlastet werden können. An den Klemmen der Widerstände ist außer dem Spannungsmessbereich stets noch die Widerstandskonstante *C* angegeben. Mit dieser Zahl sind die Angaben des Wattmeters zu multiplizieren, um die tatsächliche Leistung zu erhalten.

Wenn:

*a* = Anzahl der am Wattmeter abgelesenen Teilstriche,

*c* = Instrument-Konstante (vergl. Seite 8),

*C* = Widerstandskonstante,

so ist die Leistung *P* durch die Gleichung gegeben

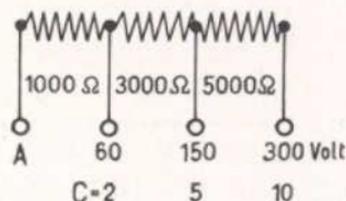
$$P = C \cdot c \cdot a \quad \text{Watt.}$$

### a) Vorschaltwiderstände für Gleich- und Wechselstrom.

Die Normalbelastung des Spannungskreises der Wattmeter beträgt 0,03 Ampere; es entspricht der 1000-Ohm-Klemme daher eine Spannung von 30 Volt. Aus dieser einfachen Beziehung ergibt sich die erforderliche Größe des Vorschaltwiderstandes. Beträgt die zu messende Spannung  $p \times 30$  Volt, so muß der Gesamtwiderstand des Spannungskreises  $p \times 1000$  Ohm betragen. Der Vorschaltwiderstand muß also einen Widerstand von  $(p-1) \times 1000$  Ohm enthalten. Die Widerstandskonstante ist numerisch gleich  $p$ , also

$$C = p$$

Es ergeben sich demnach für die normalen Spannungsmeßbereiche folgende Widerstände und Widerstandskonstanten:



Die Schaltung der Widerstände ergibt sich ohne weiteres aus den auf Seite 11 und 12 angegebenen Grundschaltungen.

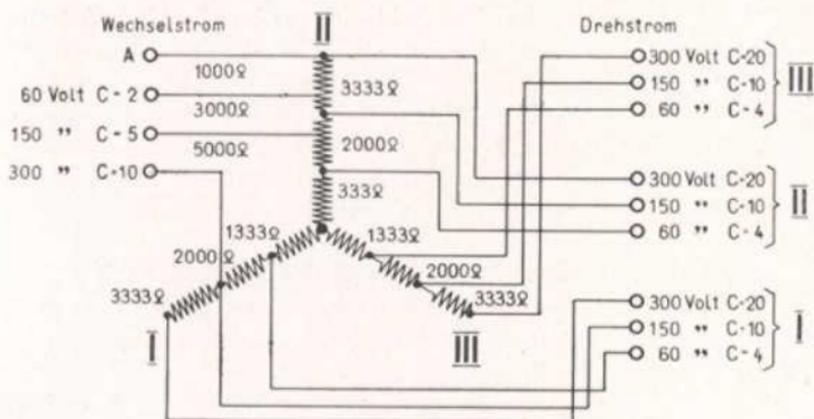
### b) Nullpunktwiderstände für Drehstrom.

Die Nullpunktwiderstände sind für Messungen in **gleichmäßig belasteten** Drehstromnetzen bestimmt. Der künstliche Nullpunkt wird durch drei symmetrische Widerstandsgruppen erzeugt, die in Sternschaltung verbunden sind. Der Nullpunkt selbst wird bei normalen Ausführungen nicht herausgeführt. Die Widerstände sind so berechnet, daß die Widerstandskonstante eine runde Zahl wird.

**Die Widerstandskonstante für Drehstrom wird genau doppelt so groß wie für Wechselstrom.**

Um die Widerstände auch für Gleich- und Wechselstrom verwenden zu können, erhalten die meisten Widerstände auf der anderen Seite besondere Anschlußklemmen für Wechselstrom.

**SIEMENS & HALSKE A.-G.**  
**WERNERWERK, BERLIN-NONNENDAMM**

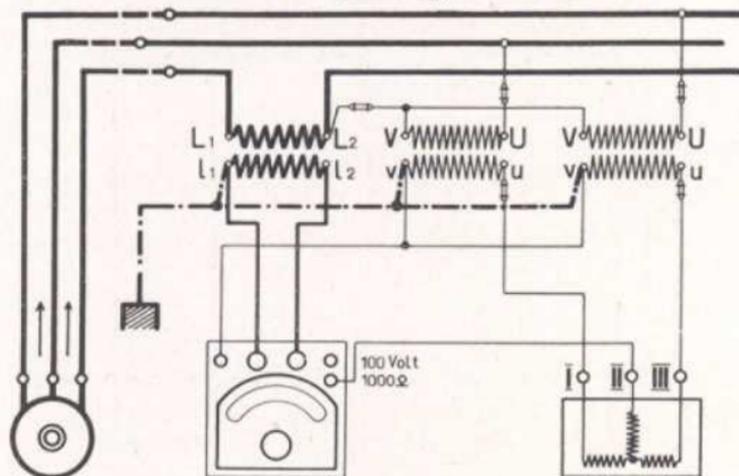


Wie aus dem Schema ersichtlich, hat Phase II des Widerstandes 1000 Ohm weniger als die beiden anderen Phasen. Die fehlenden 1000 Ohm werden durch die im Wattmeterspannungskreis (1000-Ohm-Klemme) eingebauten 1000 Ohm ersetzt. Hieraus folgt die Regel:

**Die rot bezeichnete Phase II des Widerstandes ist stets direkt an das Wattmeter anzuschließen.**

Bei Beachtung dieser Regel ergeben sich folgende Schemata:

**Anschluß des Wattmeters  
 an Strom- und an Spannungstransformatoren.**

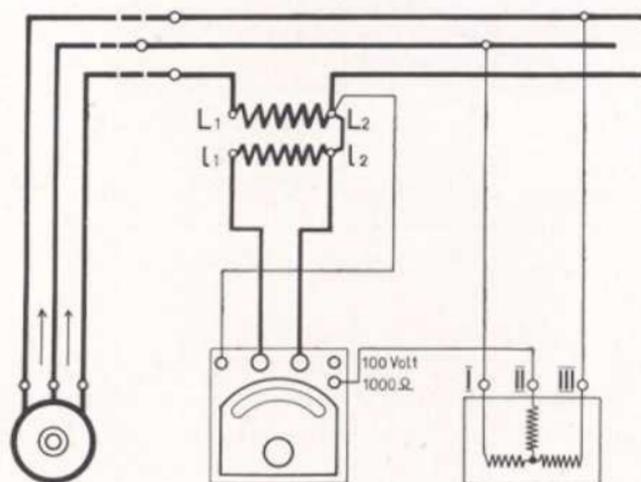


Bei Verwendung des Nullpunktwiderstandes für 100 Volt zum Anschluß an Spannungstransformatoren ist darauf zu achten, daß die Phase II des Widerstandes zwar entsprechend der oben angegebenen Regel an die 1000 - Ohm - Klemme des Wattmeters angeschlossen wird, daß aber zwecks Erzielung einer runden Meßkonstante die 100-teilige Skala zu verwenden ist. Naturgemäß ist dann auch die dieser Skala entsprechende Instrument-Konstante in Rechnung zu stellen.

Die Instrument-Konstante für die 100-teilige Skala beträgt 5, die am Widerstand angegebene Widerstandskonstante hat den Wert 2; die Meßkonstante für 5 Ampere, 100 Volt beträgt daher für Drehstrom bei gleicher Belastung der drei Phasen  $2 \times 5 = 10$ .

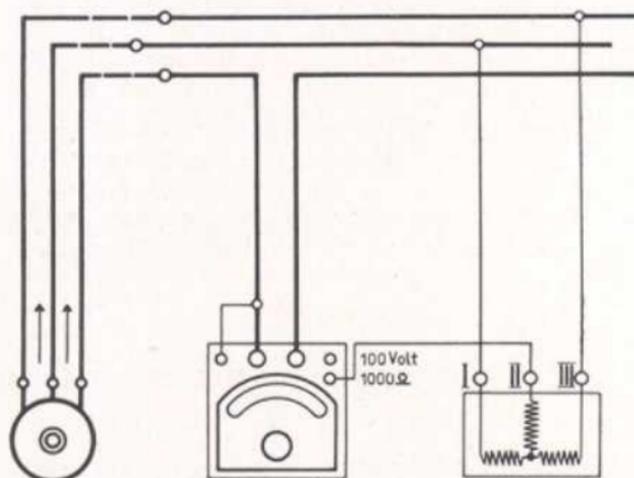
Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß es nicht möglich ist, den zur Messung erforderlichen Nullpunkt durch Sternschaltung dreier Spannungstransformatoren herzustellen. Ein auf diese Weise erzeugter Nullpunkt würde schon an sich kaum genau symmetrisch liegen. Durch den Anschluß der Meßinstrumente würden weiterhin die Transformatoren unsymmetrisch belastet, so daß sich der Nullpunkt noch weiter verschieben würde.

### Anschluß des Wattmeters an Stromtransformatoren und Vorschaltwiderstände.



Bei dieser Schaltung dient der Stromtransformator lediglich als **Meßbereichumschalter**, um das 5-Ampere-Instrument auch für höhere Strommeßbereiche verwenden zu können. Die Stromtransformatoren werden also in ähnlicher Weise verwendet wie die Nebenschlüsse bei Gleichstrom-Instrumenten. Um Potentialdifferenzen zwischen Stromspule und Spannungsspule des Wattmeters zu vermeiden, müssen die Primär- und die Sekundärwicklung des Stromtransformators kurz verbunden werden. Die Sekundärwicklung des Transformators erhält also das Potential des zugehörigen Primärleiters. Da die Isolation der Sekundärwicklung des Transformators gegen Gehäuse nur mit etwa 1000 Volt beansprucht werden kann, ist diese Schaltung nur für **kleinere Spannungen bis max. 1000 Volt** ohne weiteres verwendbar. Für höhere Spannungen gilt das auf Seite 12 Gesagte.

**Direkte Einschaltung des Wattmeters in den Stromkreis mit Vorschaltwiderstand.**



Das gezeichnete Schema gibt wieder bei Messung der Leistung eines auf der rechten Seite der Schaltung angeschlossenen Stromverbrauchers die kleineren Meßfehler, da nur der äußerst geringe Energieverbrauch der Stromspule mitgemessen wird (vergl. Seite 6). Bei Hochspannung ist jede Berührung des Instrumentes zu vermeiden.

## Präzisions-Voltmeter der Prüffeldtype

(Type Mldr 70).

Das Präzisions-Voltmeter für Wechselstrom ist nach dem Prinzip des Spannungs-Elektrodynamometers gebaut. Die feststehende und die bewegliche Spule liegen daher in Serienschaltung.

Der **Meßbereich des Voltmeters** ist der Sekundärspannung der Präzisions-Spannungstransformatoren angepaßt. Da diese 100 Volt beträgt, wobei eine kurzzeitige Überlastung um 20 % (vergl. Techn. Anweisung Nr. 9, Seite 16) zulässig ist, wurde der Meßbereich **120 Volt** gewählt.

Der **innere Widerstand** des Voltmeters beträgt hierbei etwa **2000 Ohm**, der Energieverbrauch des Voltmeters bei vollem Zeigerausschlag somit etwa **7 Watt**.

Bei **Dauereinschaltung** des Instrumentes ergibt sich ein kleiner Erwärmungsfehler von 0,1 % bis höchstens 0,2 %. Es empfiehlt sich daher, das Instrument bei besonders genauen Messungen mittels des eingebauten Tasters kurzzeitig einzuschalten. Für die meisten praktisch vorkommenden Messungen kann jedoch der Erwärmungsfehler vernachlässigt werden.

Zur **Erhöhung des Meßbereiches** bis 360 Volt dienen separate **Vorschaltwiderstände**. Da der innere Widerstand der Voltmeter nicht auf einen bestimmten Betrag justiert ist, sind die Vorschaltwiderstände nicht vertauschbar; sie können nur mit dem Instrument verwendet werden, das die gleiche Fabriknummer trägt.

---

## Präzisions-Amperemeter der Prüffeldtype

(Mldr 69).

Das Präzisions-Amperemeter für Wechselstrom ist ebenfalls nach dynamometrischem Prinzip gebaut. Die feststehende Spule wird von dem zu messenden Hauptstrom durchflossen, während die bewegliche Spule im Nebenschluß zur feststehenden Spule liegt.

Der **Meßbereich** des Amperemeters ist der Sekundär-Stromstärke der Präzisions-Stromtransformatoren angepaßt und beträgt daher **5 Ampere**. Da das Instrument fast nur in Verbindung mit Stromtransformatoren

benutzt wird, erhält es eine 100-teilige Skala mit Bezifferung  $0 \div 100$ ; für direkte Messungen ist eine Bezifferung  $0 \div 5$  Ampere in roten Zahlen vorgesehen.

Der **Spannungsabfall** im Amperemeter beträgt bei 5 Ampere und Frequenz 50 etwa **1,3 Volt** ( $\cos \varphi = 1$ ), so daß der Energieverbrauch des Amperemeters bei vollem Zeigerausschlag etwa 6,5 Watt beträgt.

## Berechnung der Meßkonstanten.

Werden die Wattmeter in Verbindung mit **Stromtransformatoren** benutzt, so sind die Ablesungen außer mit der Instrument-Konstante  $c$  (vergl. Seite 8) noch mit dem Übersetzungsverhältnis der Stromtransformatoren

$$\frac{I}{5} = \frac{\text{Primärstrom}}{\text{Sekundärstrom}}$$

zu multiplizieren. Hierzu kommen bei besonders genauen Messungen noch die in den Korrektionskurven der Stromtransformatoren (vergl. Techn. Anweisung Nr. 9, Seite 9) angegebenen Korrektionsfaktoren  $f$ . Die Leistung beträgt daher

$$P = \frac{I}{5} \cdot c \cdot a \cdot f \quad \text{Watt.}$$

Bei Verwendung von **äußeren Vorschaltwiderständen** für den Spannungskreis kommt als weiterer Faktor die Widerstandskonstante  $C$  (vergl. Seite 15 u. 16) in Frage, so daß die Leistungsformel folgende Form annimmt:

$$P = \frac{I}{5} \cdot C \cdot c \cdot a \cdot f \quad \text{Watt.}$$

Bei Verwendung von **Spannungstransformatoren** tritt an Stelle der Widerstandskonstante  $C$  das Übersetzungsverhältnis des Spannungstransformators

$$\frac{E}{100} = \frac{\text{Primärspannung}}{\text{Sekundärspannung}}$$

Die Leistungsformel bei Verwendung von Strom- und Spannungstransformatoren lautet daher:

$$P = \frac{I}{5} \cdot \frac{E}{100} \cdot c \cdot a \cdot f \quad \text{Watt.}$$

Bei Messungen an gleichbelasteten Drehstromsystemen ist dieser Ausdruck noch mit der Widerstandskonstante des Nullpunkt- widerstandes für 100 Volt (vergl. Seite 18) zu multiplizieren.