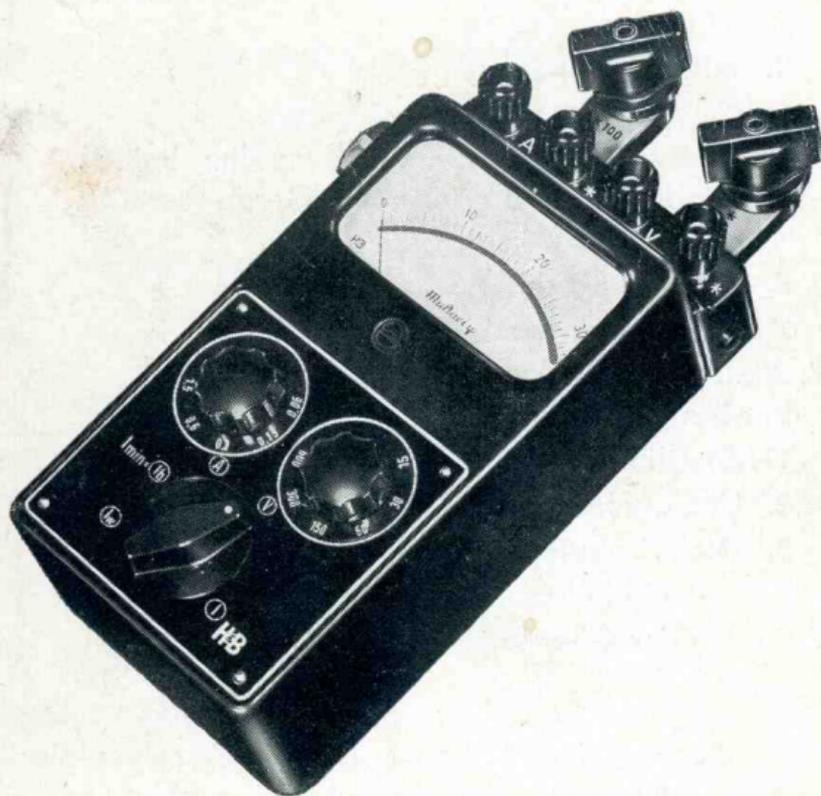


HARTMANN & BRAUN  
A-G FRANKFURT/MAIN



# Multavi $\varphi$



**GEBRAUCHSANWEISUNG**

EB 40-1

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

<b>Meßprinzip</b> .....	5
<b>Beschreibung</b> .....	7
<b>Meßtechnische Daten</b> .....	12
<b>Messungen</b>	
Allgemeines .....	13
I. Spannungsmessung .....	14
II. Strommessung .....	15
A. bei direktem Anschluß an das Instrument ....	15
B. in Verbindung mit dem Dietze- Anleger I Dm 1000 .....	16
C. in Verbindung mit einem Stromwandler ....	17
III. Blind- und Wirkstrommessung sowie $\cos \varphi$ - Bestimmung in Einphasen-Wechselstrom .....	18
A. Blindstrommessung .....	18
B. Wirkstrommessung .....	20
C. $\cos \varphi$ -Bestimmung .....	21
D. Dietze-Anleger bzw. Stromwandler bei der Blindstrom- und Wirkstrommessung sowie bei der $\cos \varphi$ -Bestimmung .....	22
E. Berechnung des $\sin \varphi$ .....	24
F. Berechnung der Leistung .....	24
IV. Blind- und Wirkstrommessung sowie $\cos \varphi$ - Bestimmung in Drehstrom .....	25
1. Gleichbelasteter Vierleiter-Drehstrom .....	25
2. Ungleichbelasteter Vierleiter-Drehstrom ....	28
3. Gleichbelasteter Dreileiter-Drehstrom .....	28
4. Ungleichbelasteter Dreileiter-Drehstrom ....	29
V. Einfluß der Oberwellen .....	29

Die Bedienung des Multivi  $\varphi$  ist an sich sehr einfach. Trotzdem empfiehlt es sich, diese Gebrauchsanweisung vor Benutzung des Instrumentes genau durchzulesen und sich mit den vielen Anwendungsmöglichkeiten vertraut zu machen. Hierdurch werden Fehlschaltungen und Falschmessungen sowie auch eventuelle Beschädigungen des Instrumentes vermieden.

# Multavi $\varphi$

Universal-Meßinstrument  
für Strom- und Spannungsmessungen  
und zur einfachen Bestimmung  
des Leistungsfaktors

## **Wechselspannungs-Meßbereiche**

Direkter Anschluß: 15 — 30 — 60 — 150 — 300 — 600 V

## **Wechselstrom-, Blind- und Wirkstrom-Meßbereiche**

Direkter Anschluß: 0,06 — 0,15 — 0,3 — 0,6 — 1,5 A  
6 — 15 — 30 — 60 — 150 A

Mit Dietze-Anleger I Dm 1000:

60 — 150 — 300 — 600 — 1500 A

## **Leistungsfaktor-Bestimmung**

$\cos \varphi$  0 ... 1, induktiv und kapazitiv

## **Blindfaktor-Bestimmung**

$\sin \varphi$  0 ... 1, induktiv und kapazitiv

## **Schein-, Blind- und Wirkleistungs-Berechnung**

Die Messung von Strom und Spannung allein genügt nicht zu einem Überblick über die elektrischen Verhältnisse in Einphasen-Wechselstrom- und Drehstromnetzen. Es interessiert hier nicht allein die Größe des Stromes, sondern auch der von den Verbrauchern aufgenommene Wirkstrom und Blindstrom. Diese beiden Meßgrößen sind bekanntlich durch die Phasenverschiebung  $\varphi$  zwischen Strom und Spannung festgelegt. Der Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  muß bei Stromverbrauchern induktiver und kapazitiver Art meßtechnisch erfaßt werden.

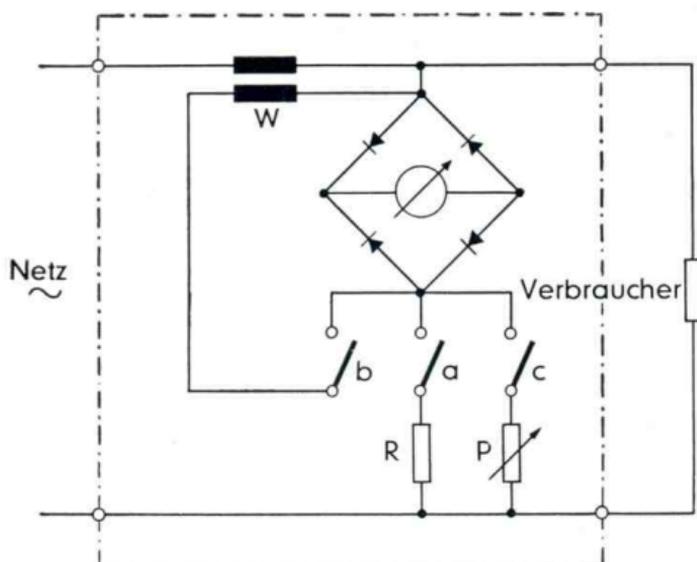
Unter den Vielfachinstrumenten erfüllt das Multavi  $\varphi$  diese meßtechnischen Forderungen. Neben der Messung von Strom und Spannung lassen sich auch direkte Messungen von Wirkstrom und Blindstrom in einphasigen Wechselstrom- und in Drehstromnetzen durchführen und damit auf einfache Weise die weiteren wichtigen Größen  $\cos \varphi$ ,  $\sin \varphi$ , Blindleistung, Wirkleistung und Scheinleistung bestimmen.

Auch Gleichspannungen können mit dem Multavi  $\varphi$  gemessen werden.

## Messprinzip

Die Prinzipschaltung des Multivari  $\varphi$  zeigt Bild 1.

Bei der **Spannungsmessung** (Hauptwähler auf V) wird der Kontakt a geschlossen, während die Kontakte b und c geöffnet sind.

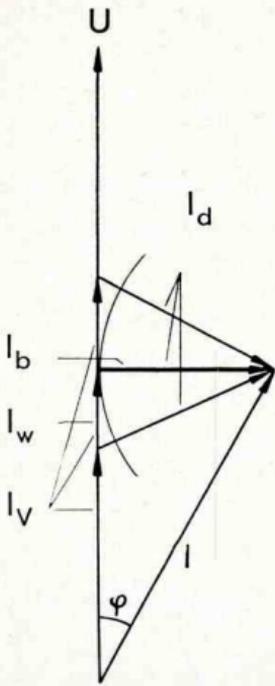


**Bild 1**  
Prinzip-Schaltbild

Bei der **Strommessung** (Hauptwähler auf A) ist dagegen der Kontakt b geschlossen, und die Kontakte a und c bleiben geöffnet.

Bei der **Blindstrommessung** (Hauptwähler auf  $I_b$ ) werden die Kontakte b und c geschlossen, während der Kontakt a offen bleibt. Dadurch werden der Gleichrichter-anordnung nebst dem Messwerk zwei Ströme zugeführt. Der vom Stromwandler W eingespeiste Strom ist verhältnis- und phasengleich dem Verbraucherstrom, während der über das Potentiometer P zugeführte Strom  $I_V$  verhältnis- und phasengleich der Verbraucherspannung  $U$  ist (siehe Bild 2 auf Seite 6).

Das Messwerk zeigt den Betrag der Vektor-Differenz  $I_d$  beider Ströme an. Durch ein Potentiometer kann der Betrag des der Spannung verhältnisgleichen Stromes  $I_V$  geändert werden. Dabei wird der angezeigte Betrag des



**Bild 2**  
Vektor-Diagramm

Differenzvektors  $I_d$  verkleinert oder vergrößert und, wie das Vektor-Diagramm zeigt, auch seine Richtung geändert. Der Differenzvektor  $I_d$  hat sein Minimum =  $I_{d\min}$ , wenn er senkrecht auf dem Spannungsvektor steht.

**Stellt man also mit Hilfe des Potentiometers (Drehknopf seitlich links) das Minimum des Zeigerausschlages ein, so wird die senkrecht auf dem Spannungsvektor stehende Stromkomponente  $I_{d\min}$ , d. h. der Blindstrom  $I_b$  angezeigt. Ob der Blindstrom induktiv oder kapazitiv ist, wird durch Zuschalten eines eingebauten Kondensators mit Hilfe des kleinen roten Tastschalters (an der rechten Seite) ermittelt. Wird der Zeigerausschlag bei Blindstrommessung nach Drücken des Tastschalters größer, so ist der Blindstrom induktiv; wird er kleiner, ist der Blindstrom kapazitiv.**

Die **Wirkstrommessung** (Hauptwähler auf  $I_w$ ) kann erst **nach der Minimum-Einstellung**, d. h. nach der Blindstrommessung erfolgen. Durch diese Stellung des Hauptwählers wird lediglich der Kontakt b geöffnet, so daß nur der durch das Potentiometer fließende Strom angezeigt wird. Das Vektorbild läßt erkennen, daß in diesem Fall der Wirkstrom  $I_w$  angezeigt wird.

Der **Leistungsfaktor** wird bestimmt durch das Verhältnis

$$\frac{\text{Wirkstrom } I_w}{\text{Strom } I} = \cos \varphi,$$

der **Blindfaktor** durch das Verhältnis

$$\frac{\text{Blindstrom } I_b}{\text{Strom } I} = \sin \varphi.$$

## Beschreibung

In einem Prefststoffgehäuse sind sämtliche Teile, wie das Meßwerk, die Meßgleichrichter usw., sowie die erforderlichen Neben- und Vorwiderstände untergebracht. Auf der Deckplatte (siehe Bild 3) befinden sich die Schalter und oberhalb des Skalenfensters vier Anschlußklemmen und zwei Laschen mit Flügelschrauben. Die Bodenplatte enthält eine Kurzgebrauchsanweisung sowie zwei Buchsen für das Oberwellen-Filter.

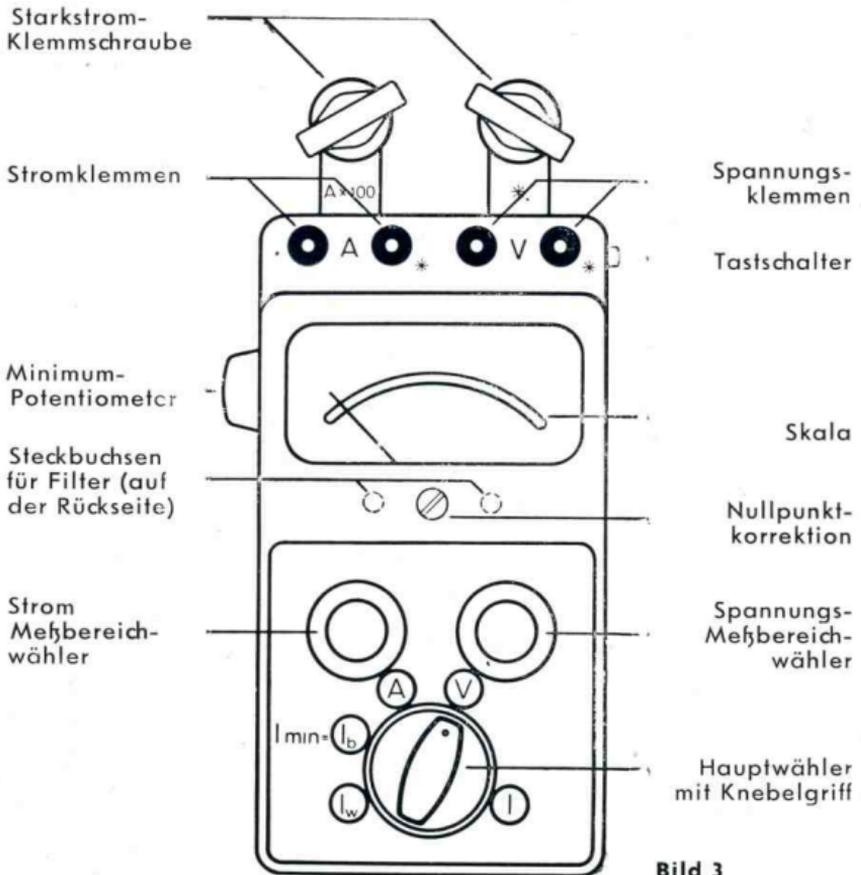
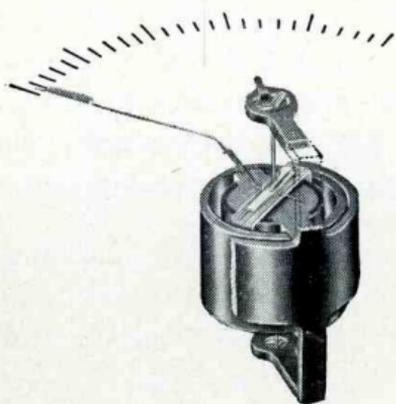


Bild 3

## Mefßwerk

Das Multavi  $\varphi$  verwendet zur Anzeige ein Drehspulmefßwerk mit Mefßgleichrichter. Das von magnetischen Fremdfeldern unabhängige Kernmagnetsystem ist durch die neuartige Spannbandaufhängung weitgehend unempfindlich gegen Stöße und mechanische Erschütterungen. Reibungsfehler treten bei dieser Art der Lagerung nicht auf. Das Mefßwerk hat eine Nullpunktkorrektions-schraube (unterhalb der Skala).



**Bild 4** Drehspulmefßwerk mit Kernmagnetsystem

## Skala

Eine einzige, übersichtliche, nahezu lineare Skalenteilung von etwa 70 mm Länge gilt für alle Mefßbereiche und Mefßgrößen.

Messerzeiger und Spiegelbogen gestatten genaues und parallaxefreies Ablesen.

Die Skalenteilung 0...30 ist um 10% verlängert, um Überwerte noch ablesen zu können, ohne umschalten zu müssen.

Die abgelesenen Skalenwerte sind entweder direkt gültig (lediglich Kommastellung) oder höchstens mit 2 zu multiplizieren oder durch 2 zu dividieren. Diese einfachen Umrechnungsfaktoren sind in der Tabelle (Seite 30) angegeben. Sie enthält ferner Angaben über den Eigenwiderstand des Instrumentes bei Spannungsmessungen.

## **Anschlußklemmen**

Vier Schraubklemmen sowie zwei Starkstrom-Klemmschrauben, die auch die Benutzung von Bananensteckern gestatten, dienen zum Anschließen der Zuleitungen (siehe Bild 3 auf Seite 7), wodurch gleichzeitiger Anschluß des Strom- und Spannungspfades gegeben ist, wie bei den Leistungsfaktor-Bestimmungen stets erforderlich.

**Zwei Steckbuchsen in der Bodenplatte** dienen zum Aufstecken des Multavi  $\varphi$  auf ein besonderes Filter, dessen Benutzung bei starken Oberwellen zweckmäßig ist (siehe Seite 29).

## **Hauptwähler und Meßbereichwähler**

**Mit dem Hauptwähler** wird die jeweilige Meßgröße gewählt. Angezeigt wird diejenige Meßgröße, auf die der Punkt auf dem Knebelgriff hinweist. In der Stellung V wird die Spannung, in der Stellung A der Strom gemessen.

Bei Messungen in **einer** Phase wird fernerhin bei der Stellung  $I_b$  der Blindstrom, bei Stellung  $I_w$  der Wirkstrom gemessen, während die Stellung I bei der Bestimmung des Leistungsfaktors zusätzlich benutzt wird.

**Bei Messungen in gleichbelasteten Drehstromnetzen gelten die Anweisungen auf Seite 25.**

**Mit dem Hauptwähler** ist schnellster Übergang von einer Meßgröße auf die andere während des Betriebes ohne Unterbrechung des Stromkreises und praktisch ohne Veränderung der Belastungsverhältnisse möglich.

**Mit den beiden Meßbereichwählern** werden lediglich die Strom- bzw. Spannungsmößbereiche eingestellt.

Der Strommeßbereichwähler gilt für sämtliche Stromstellungen des Hauptwählers (A,  $I_b$ ,  $I_w$  und I). Der Strommeßbereich wird mit dem Strom-Meßbereichwähler stets **nur in der Stellung A** des Hauptwählers so eingestellt, daß ein möglichst großer Zeigerausschlag erfolgt. Bei den nachfolgenden Messungen in den Stellungen des Hauptwählers auf  $I_b$ ,  $I_w$  und I darf die Stellung des Strom- und des Spannungsmößbereichwählers nicht mehr geändert werden.

## **Anordnung der Klemmen und Wähler**

Die **Spannungsklemmen V** (siehe Bild 3) sind dem Spannungs-Meßbereichwähler (Stellung des Hauptwählers auf „V“) zugeordnet.

Die **Stromklemmen A** (Stellung des Hauptwählers auf A,  $I_b$ ,  $I_w$  oder I) sind dem Strom-Meßbereichwähler zugeordnet.

Die **Starkstrom-Klemmschrauben**  $A \times 100$  sind ebenfalls dem Strom-Meßbereichwähler zugeordnet. Sie müssen bei Strömen höher als 1,5 A benutzt werden. Sie sind die primären Anschlüsse eines im Instrument eingebauten Stromwandlers mit dem Übersetzungsverhältnis 100:1 (siehe Innenschaltung Bild 5), dessen Sekundär-Wicklung an den beiden A-Klemmen angeschlossen ist.

Bei Benutzung der Starkstrom-Klemmschrauben sind die am Strom-Meßbereichwähler eingestellten Meßbereiche 100mal größer als bei Benutzung der Stromklemmen A. Derjenige Meßbereichwähler, dessen zugeordnete Klemmen nicht benutzt sind, kann beliebige Stellungen haben.

## **Minimum-Potentiometer**

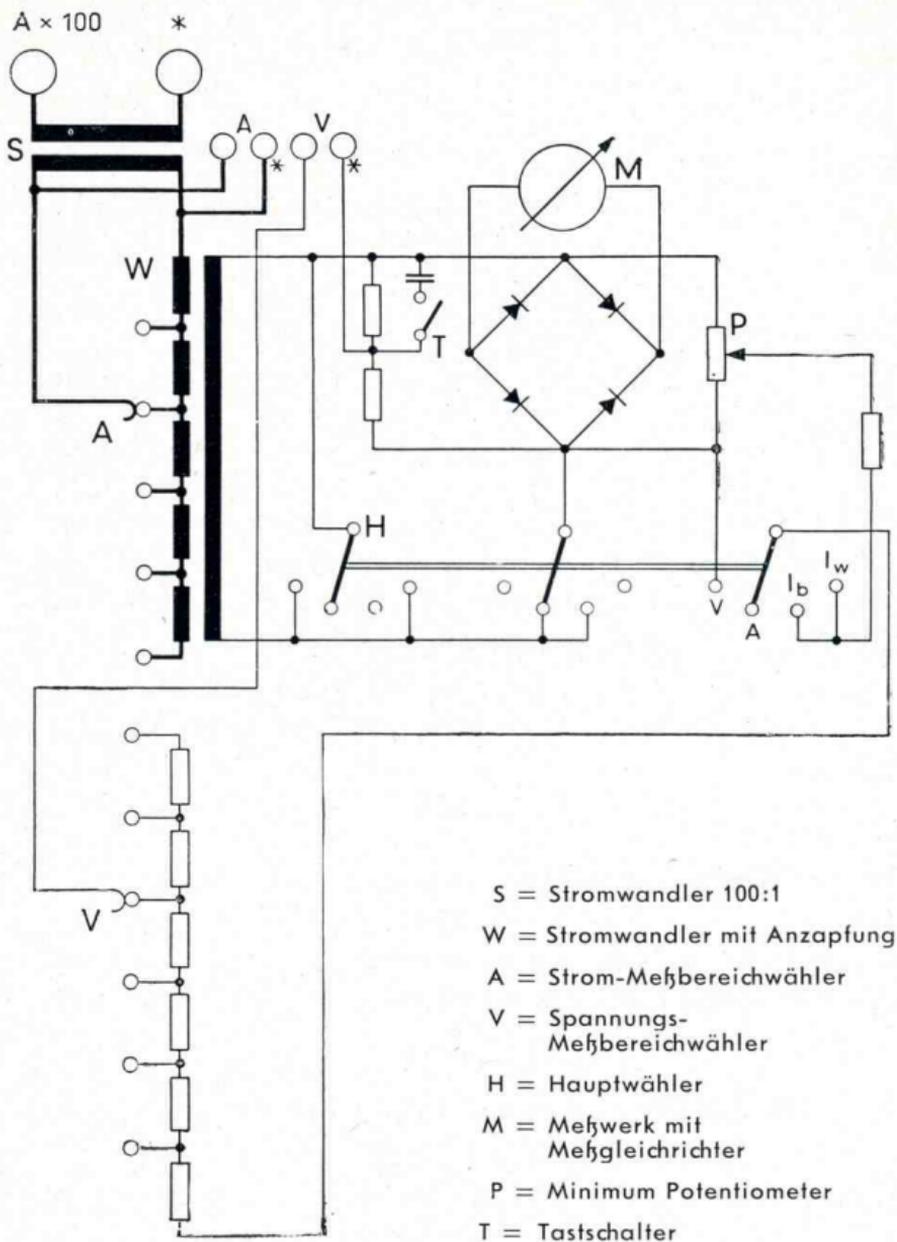
Mit dem an der linken Gehäusesseite angebrachten Drehknopf (siehe Bild 3, Seite 7) wird bei der Blindstrommessung das Potentiometer betätigt, das zum Minimum-Abgleich des Zeigerausschlages dient (Näheres siehe Seite 19).

## **Roter Tastschalter**

Der an der rechten Seite des Multavi  $\varphi$  eingebaute kleine rote Tastschalter dient der Feststellung, ob der Blindstrom induktiv oder kapazitiv ist.

## **Filteranschluß**

Beim Auftreten starker Oberwellen ist es zweckmäßig, das eigens für das Multavi  $\varphi$  entwickelte Filter zu benutzen. Das Instrument wird in diesem Fall mit den beiden Buchsen auf seiner Rückseite auf die Stecker des Oberwellenfilters aufgesteckt.



**Bild 5** Innenschaltung des Multivi  $\varphi$   
 Die Schalterstellung I des Hauptwählers sowie die Anschlüsse der Oberwellenfilter wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen

## Messtechnische Daten

### Spannungsabfall

an den Stromklemmen A: höchstens 100 mV,  
an den Starkstrom-Klemmschrauben  $A \times 100$ :  
höchstens 25 mV.

### Eigenwiderstand

bei Spannungsmessungen: 333  $\Omega/V$  (siehe auch Tabelle auf Seite 30).

### Fehlergrenzen

Bei **Strommessungen** (Stellung des Hauptwählers auf A) und bei Spannungsmessungen (Stellung des Hauptwählers auf V) in dem Frequenzbereich 40...70 Hz  
 $\pm 1,5\%$ ,

bei **Blindstrom-Messungen** (Stellung des Hauptwählers auf  $I_b = I_{\min}$ )  
 $\pm 2,5\%$ ,

bei **Wirkstrom-Messungen** (Stellung des Hauptwählers auf  $I_w$ ) hängt der Fehler von der Genauigkeit der Minimum-Einstellung bei  $I_b$  ab,

bei **Bestimmung des Phasenwinkels**  
 $\pm 3^\circ$ .

**Temperaturfehler** ist vernachlässigbar.

### Überlastbarkeit

Stoßartige 10fache Überlastung schadet dem Instrument nicht.

### Prüfspannung

2000 V nach den Regeln des VDE.

### Tragtasche

Zum Multavi  $\varphi$  wird eine gepolsterte Ledertasche geliefert.

## Messungen

### Allgemeines

Das Multavi  $\varphi$  ist möglichst in waagerechter Lage zu benutzen, wenn die angegebenen Fehlergrenzen eingehalten werden sollen. Wenn das Meßwerk stromlos ist, muß der Zeiger auf den Skalenwert Null einspielen. Ist dies nicht der Fall, so ist die Nullpunkt-Korrektions-schraube (Bild 3 auf Seite 7) mit einem geeigneten Schraubenzieher zu drehen. Klopfen am Instrument ist nicht notwendig, da das Meßwerk reibungsfreie Lagerung hat.

Bei **direktem Anschluß** des Multavi  $\varphi$  ist grundsätzlich zu beachten:

**Höchster meßbarer Wechselstrom** bei Benutzung der Starkstrom-Klemmschrauben

**165 Ampere.**

**Höchster meßbarer Wechselstrom** bei Benutzung der Stromklemmen

**1,65 Ampere.**

**Höchste meßbare Wechselspannung**

**650 Volt.**

**Stets zunächst auf die höchsten Strom- bzw. Spannungsmößbereiche schalten!**

Die nachstehenden Schaltungen zeigen die vielseitige Verwendbarkeit des Multavi  $\varphi$ . Sie sollen zugleich ein praktischer Helfer zur schnellen Herstellung der einfachsten und zweckmäßigsten Schaltungen sein.

# I. Spannungsmessung

1. Hauptwähler auf V stellen.
2. Spannungs-Meßbereichwähler zunächst auf 600 V stellen.
3. Spannung an die V-Klemmen legen (Bild 6).
4. Spannungs-Meßbereichwähler, wenn nötig, auf kleinere Meßbereiche schalten, bis größtmöglicher Zeigerausschlag erreicht ist.
5. Abgelesener Wert gilt bei Meßbereich 30 V direkt. Bei den anderen Meßbereichen ist entweder nur die Kommastellung zu berücksichtigen oder zusätzlich lediglich mit 2 zu multiplizieren bzw. durch 2 zu dividieren.

Bei Spannungen über 650 V ist zweckmäßig ein Spannungswandler zu verwenden. Der Anschluß erfolgt nach Bild 7.

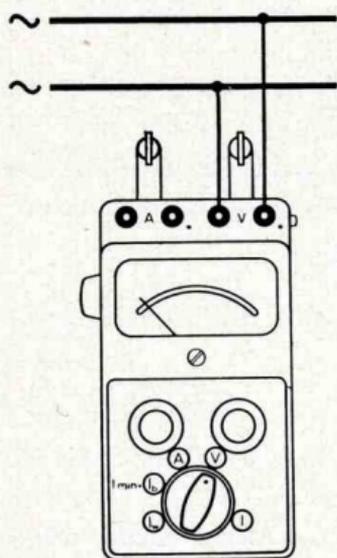


Bild 6

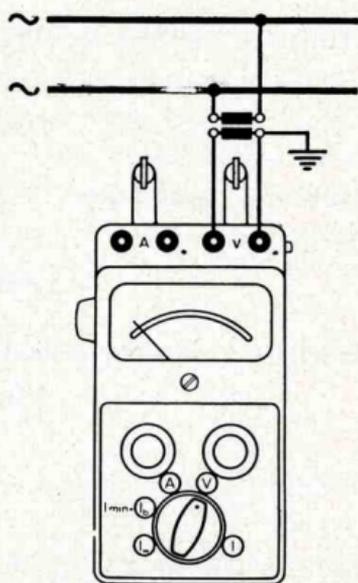


Bild 7

**Gleichspannungsmessungen** sind ebenfalls möglich. Der abgelesene Wert ist noch zusätzlich mit 0,9 zu multiplizieren oder es sind von dem abgelesenen Wert 10% abzuziehen.

Die Polung der Gleichspannung braucht beim Anschließen des Multavi  $\varphi$  nicht beachtet zu werden.

## II. Strommessung

### A. Strommessungen bei direktem Anschluß an das Instrument

1. Hauptwähler auf A stellen.
2. Strom-Meßbereichwähler zunächst auf 1,5 A stellen.
3. Wenn höhere Ströme als 1,5 A zu erwarten sind, zunächst an den Starkstrom-Klemmschrauben  $A \times 100$  anschließen (Bild 8).
4. **Jetzt erst Strom einschalten.**  
Sollte es sich beim Messen, wenn die Starkstrom-Klemmschrauben benutzt werden, herausstellen, daß der Strom kleiner als 1,5 A ist, dann ist auf die A-Klemmen umzuklemmen (Bild 9). **Vorher** muß der Strom-Meßbereichwähler jedoch auf 1,5 A gestellt werden.
5. Strombereichwähler, wenn nötig, auf kleinere Meßbereiche schalten, bis größtmöglicher Zeigerausschlag erreicht ist.
6. Abgelesener Wert gilt bei 30 A direkt. Bei den anderen Meßbereichen ist entweder nur die Komma-stellung zu berücksichtigen oder zusätzlich lediglich mit 2 zu multiplizieren bzw. durch 2 zu dividieren.

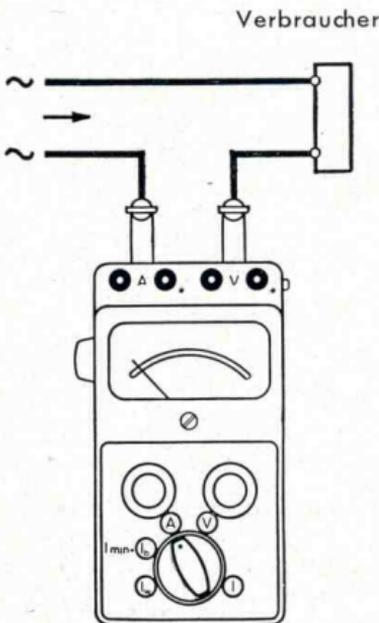


Bild 8

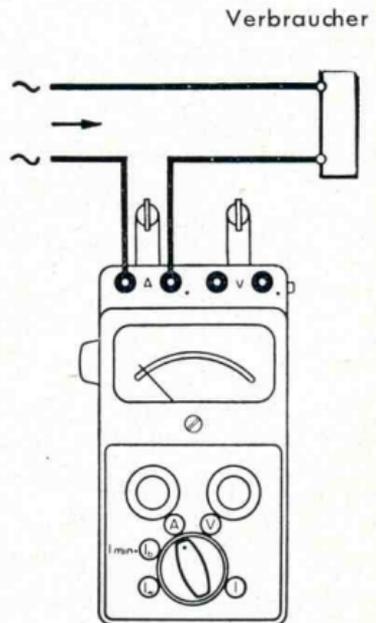


Bild 9

## B. Strommessung in Verbindung mit dem Dietze-Anleger I Dm 1000

Bei Verwendung des Dietze-Anlegers I Dm 1000 (mit dem Übersetzungsverhältnis 1000:1) ist die Meßbereichreihe des Strom-Meßbereichwählers mit 1000 zu multiplizieren. Es ergeben sich die Meßbereiche 60 — 150 — 300 — 600 — 1500 A.

1. Hauptwähler auf A stellen.
2. Strom-Meßbereichwähler auf 1,5 A stellen.
3. Dietze-Anleger an A-Klemmen (Bild 10) anschließen. Dann mit der Zange des Anlegers den stromführenden Leiter umklammern.
4. Strom-Meßbereichwähler, wenn nötig, auf kleinere Meßbereiche schalten, bis größtmöglicher Zeigerausschlag erreicht ist.
5. Angezeigten Wert ablesen und diesen entsprechend der Stellung des Strom-Meßbereichwählers unter Berücksichtigung der Kommastellung je nach Meßbereich lediglich mit 2 multiplizieren bzw. durch 2 dividieren. Somit erhält man den Sekundärstrom des Dietze-Anlegers. Da der Dietze-Anleger das Übersetzungsverhältnis 1000:1 hat, ist der erhaltene Meßwert noch mit 1000 zu multiplizieren.

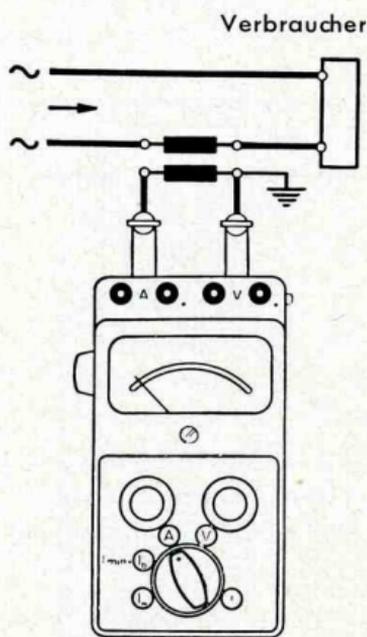
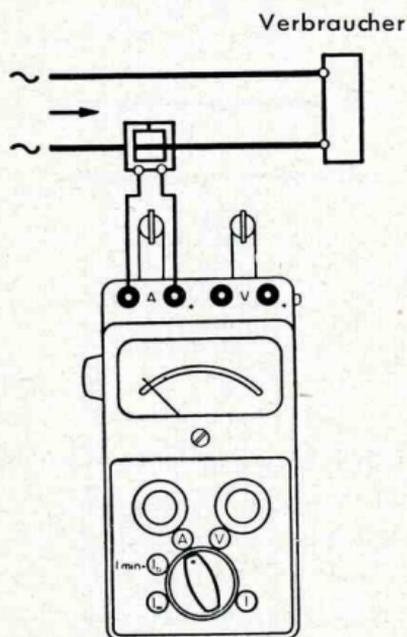


Bild 10

Bild 11

**Beispiel:** Ablesung 8,6 Skalenteile. Strom-Meßbereichwähler auf 1,5 A. Bei diesem Meßbereich muß der abgelesene Wert durch 10 und durch 2 dividiert werden (siehe Tabelle auf Seite 30), wodurch sich ein Sekundärstrom des Anlegers von 0,43 A ergibt. Mit 1000 multipliziert ergibt sich in dem vom Dietze-Anleger umklammerten Leiter ein Strom von 430 A.

### C. Strommessung in Verbindung mit einem Stromwandler

Soll an der Sekundärseite eines Stromwandlers gemessen werden, so wird in ähnlicher Weise verfahren wie beim Dietze-Anleger.

1. Hauptwähler auf A stellen.
2. Bei einem Stromwandler mit einem Sekundärstrom von 5 A den Strom-Meßbereichwähler auf 0,06 A stellen.
3. Die Sekundärseite des Wandlers an den Starkstrom-Klemmschrauben  $A \times 100$  anschließen (Bild 11). Strom einschalten.

**Achtung! Sekundärwicklung darf unter Strom nicht geöffnet werden!**

4. Angezeigten Wert ablesen und — da an den Starkstrom-Klemmschrauben angeschlossen ist und der Strom-Meßbereichwähler auf 0,06 A steht — durch 10 dividieren sowie mit 2 multiplizieren. Der so erhaltene Wert ist dann noch mit dem Übersetzungsverhältnis des verwendeten Wandlers zu multiplizieren. (Hat der Wandler z. B. das Übersetzungsverhältnis 100/5 A, dann ist mit  $100 : 5 = 20$  zu multiplizieren.)

Werden Stromwandler mit einem Sekundärstrom von 1 A benutzt, dann ist der Strommeßbereich 1,5 einzustellen und die Sekundärwicklung des Wandlers an den A-Klemmen anzuschließen.

### III. Blind- und Wirkstrommessung sowie $\cos \varphi$ -Bestimmung

Zur Blind- und Wirkstrommessung in Einphasen-Wechselstromnetzen werden Strom- und Spannungspfad am Multivi  $\varphi$  **gleichzeitig** entsprechend den nachstehenden Schaltbildern angeschlossen (Bild 12...16).

#### A. Blindstrom-Messung

1. Spannungs-Meßbereichwähler auf 600 V, Strom-Meßbereichwähler auf 1,5 A stellen.
  2. Spannung an die V-Klemmen legen.
  3. Strom an die Starkstrom-Klemmschrauben legen (Bild 12). Nur wenn der zu erwartende Strom bestimmt kleiner als 1,5 A ist, wird sogleich an den A-Klemmen angeschlossen (Bild 13).
  4. Hauptwähler auf V stellen.
  5. **Jetzt erst Strom einschalten!**
  6. Spannungs-Meßbereichwähler, wenn nötig, auf kleinere Meßbereiche schalten, bis größtmöglicher Zeigerausschlag erreicht ist.
- Spannungs-Meßbereichwähler bei allen folgenden Meßvorgängen in dieser Stellung stehen lassen!**
7. Hauptwähler auf A stellen. Wenn nötig, den Strom-Meßbereichwähler auf kleinere Meßbereiche schalten, bis größtmöglicher Zeigerausschlag erreicht ist.

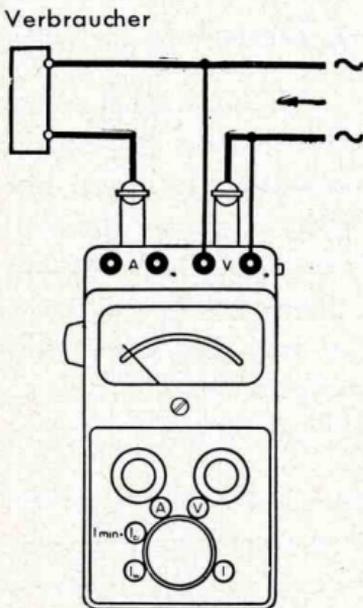


Bild 12

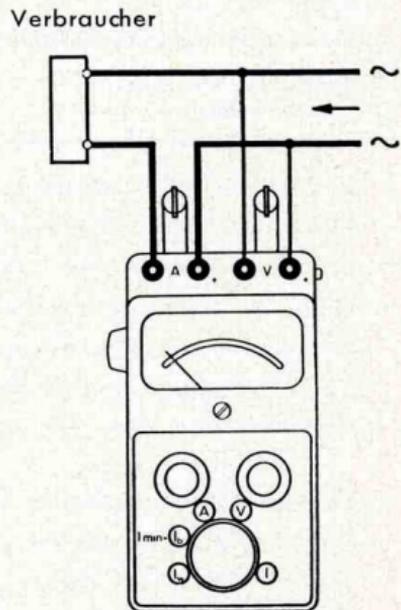


Bild 13

Sollte es sich beim Messen, wenn die Starkstrom-Klemmschrauben benutzt werden, herausstellen, daß der Strom kleiner als 1,5 A ist, dann ist auf die A-Klemmen umzuklemmen (Bild 13). **Vorher** muß der Strom-Meßbereichwähler jedoch auf 1,5 A gestellt werden!

**Strom-Meßbereichwähler bei allen folgenden Meßvorgängen in dieser Stellung stehen lassen!**

8. Hauptwähler auf  $I_b$  stellen und den Drehknopf an der linken Seite drehen, bis der Zeigerausschlag das Minimum erreicht hat. Dieser Wert ist abzulesen und unter Berücksichtigung des eingestellten Strom-Meßbereiches der Stromwert zu bestimmen. Dies ist der Wert des **Blindstromes**  $I_b$ .

Das Kennzeichen des Minimums ist, wenn sich der Zeigerausschlag beim Drehen des Drehknopfes in der gleichen Richtung verringert und dann wieder vergrößert.

Gelangt der Drehknopf noch während der Verringerung des Zeigerausschlages an seinen Anschlag — wenn also kein Minimum erzielbar ist —, dann muß der Spannungsanschluß **oder** der Stromanschluß **umgepolt** werden.

Falls im kleinsten Spannungsbereich (15 V) der Zeiger nicht über die Mitte der Skala hinausgeht, kann es vorkommen, daß sich trotz der Umpolung des Spannungs- bzw. des Stromanschlusses kein Minimum ergibt, bevor der Drehknopf den Anschlag erreicht. In diesem Fall müssen die Messungen in dem nächst **höheren Strommeßbereich** durchgeführt werden!

Sollte der Minimum-Wert in der Nähe des Skalenanfangs liegen, der Blindstrom also relativ klein sein (wie dies bei fast rein Ohm'scher Belastung der Fall ist), dann darf nicht etwa versucht werden, durch das Wählen eines kleineren Strom-Meßbereiches einen größeren Zeigerausschlag zu erzielen.

**Die Stellung des Strom-Meßbereichwählers muß wegen der weiteren Meßvorgänge unverändert bleiben!**

9. **Ob der angezeigte Blindstrom induktiv oder kapazitiv ist**, läßt sich durch Drücken des roten Tastschalters leicht feststellen. Der Zeiger steht auf dem Minimum. Wird der Ausschlag beim Drücken des Tastschalters **größer**, dann ist der Blindstrom **induktiv**, wird er **kleiner**, dann ist der Blindstrom **kapazitiv**.

### B. Wirkstrom-Messung

1. Zunächst die Blindstrommessung bis zur Minimum-Einstellung durchführen. Dann den Hauptwähler auf  $I_w$  stellen. Der abgelesene Wert ist unter Berücksichtigung des eingestellten Strom-Meßbereiches der Wirkstrom  $I_w$ .

Die Genauigkeit des gemessenen Wertes  $I_w$  hängt sehr stark von der genauen Einstellung des Minimums bei der Blindstrom-Messung ab. Im allgemeinen soll daher die Wirkstrommessung nur als orientierende Messung betrachtet werden.

2. Werden **genauere** Wirkstrom-Werte gefordert, dann läßt sich — unter der Voraussetzung sinusförmigen Wechselstromes — der Wirkstromwert  $I_w$  aus den beiden Strömen errechnen, die in der A- und  $I_b$ -Stellung des Hauptwählers gemessen wurden,

$$I_w = \sqrt{I_a^2 - I_b^2}$$

3. Die Wirkstromwerte lassen sich aber auch mit der gleichen Genauigkeit wie die Blindstromwerte nach folgender Meßmethode erzielen:
- Hauptwähler auf  $I_b$  stellen und Minimum einstellen.
  - Drehknopf etwas weiterdrehen, bis sich der Zeiger auf den nächst höheren Skalenstrich einstellt.
  - Hauptwähler auf  $I_w$  stellen und ablesen: Ablesung  $I_w$ .

- d) Hauptwähler auf  $I_b$  stellen und den Drehknopf in der **entgegengesetzten** Richtung wie unter b) drehen, so daß der Zeiger **über das Minimum hinweg** sich auf **denselben** Skalenstrich einstellt.
- e) Hauptwähler auf  $I_w$  stellen und ablesen: Ablesung  $I_{w2}$ .
- f) Der genaue Wirkstromwert  $I_w$  ist dann

$$I_w = \frac{I_{w1} + I_{w2}}{2}$$

### C. $\cos \varphi$ -Bestimmung

Da das Multavi  $\varphi$  neben der Strommessung die Messung des Blind- und Wirkstromes ermöglicht, läßt sich der Wirkleistungsfaktor  $\cos \varphi$  auf einfache Weise bestimmen.

1. Der Blindstrom  $I_b$  wird gemäß Abschnitt III/A gemessen, wobei es genügt, den abgelesenen Wert in Skalenteilen zu notieren (z. B.  $I_b = 15$  Skalenteile). Nach dieser Messung wird der Hauptwähler in Stellung I gedreht, und der abgelesene Wert gleichfalls notiert (z. B. 25 Skalenteile).

Nun wird der  $\cos \varphi$ -Wert an Hand des **Nomogrammes 1 für Einphasen-Wechselstrom** (Seite 31) ohne jede Rechnung auf folgende Weise bestimmt: Die abgelesenen Skalenwerte für  $I_b$  und I werden auf den beiden senkrechten Leitern aufgesucht ( $I_b$  auf der linken und I auf der rechten Leiter) und mit einer Linie verbunden. Der Schnittpunkt dieser Linie mit der schrägen Leiter ergibt **direkt** den  $\cos \varphi$ -Wert und außerdem den Phasenwinkel  $\varphi$ .

**Beispiel:**  $I_b = 15$  Skalenteile, I = 25 Skalenteile, somit  $\cos \varphi = 0,8$  und  $\varphi = 37^\circ$ .

Bei diesem Verfahren wird bei sinusförmigem Wechselstrom die Fehlergrenze  $\pm 3^\circ$  eingehalten.

Die Hauptwählerstellung I ist praktisch identisch mit der A-Stellung, hat aber dieser Stellung gegenüber dieselbe Genauigkeit wie die  $I_b$ -Stellung! Hierdurch haben die  $I_b$ - und die I-Werte die gleichen Fehler, die dann bei der  $\cos \varphi$ -Bildung herausfallen.

2. Es ist selbstverständlich auch möglich, den  $\cos \varphi$  zu berechnen, wenn kein Nomogramm zur Hand ist. Am einfachsten wird der  $\cos \varphi$ -Wert nach der Formel

$$\cos \varphi = \frac{I_w}{I}$$

errechnet.

Der Wirkstrom  $I_w$  wird nach Abschnitt III/B gemessen, wobei es genügt, den abgelesenen Wert in Skalenteilen in die Formel einzusetzen.

Der Strom I wird in der Hauptwählerstellung I abgelesen und ebenfalls in Skalenteilen in die Formel eingesetzt.

3. Da die direkte Messung des  $I_w$ -wertes ungenau bzw. bei höheren Genauigkeitsansprüchen schwieriger ist, wird nachstehend eine weitere Formel angegeben, in der statt des Wirkstromes  $I_w$  der Blindstrom  $I_b$  enthalten ist.

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{I_b}{I}\right)^2}$$

Bei der Anwendung dieser Formel wird bei sinusförmigem Wechselstrom die Fehlergrenze von  $\pm 3^\circ$  eingehalten.

#### **D. Dietze-Anleger bzw. Stromwandler bei der Blindstrom- und Wirkstrom-Messung sowie bei der $\cos \varphi$ -Bestimmung**

Bei der Verwendung von Stromwandlern bleibt die Phasenlage des Stromes nach der Transformierung erhalten. Anschlußschaltung siehe Bild 14.

Die Messungen des Blindstromes  $I_b$  und des Wirkstromes  $I_w$  sowie die  $\cos \varphi$ -Bestimmung werden genau so durchgeführt, als ob kein Wandler vorhanden wäre.

Verbraucher

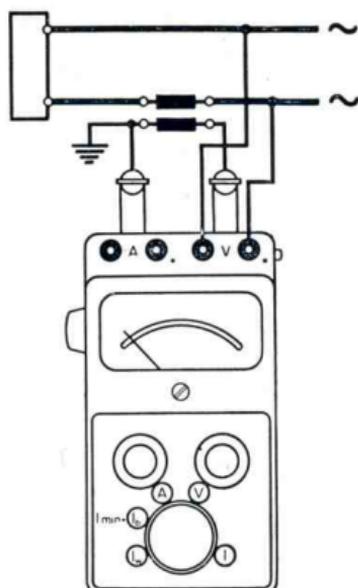


Bild 14

Verbraucher

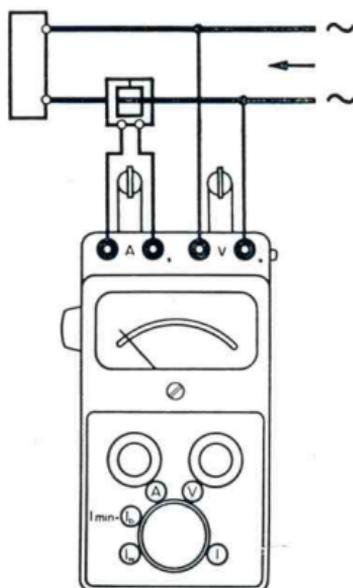


Bild 15

Selbstverständlich muß auch bei der Messung des Blindstromes  $I_b$  und des Wirkstromes  $I_w$  das Übersetzungsverhältnis des Wandlers berücksichtigt werden, genau wie bei der Strommessung in Abschnitt II/C.

Ist bei der Verwendung eines Dietze-Anlegers (Bild 15) in der Stellung  $I_b$  des Hauptwählers kein Minimum erzielbar, dann ist es nicht nötig, die Spannungs- oder Stromanschlüsse umzupolen. Es genügt, den Dietze-Anleger zu öffnen, ihn umzudrehen und dann den Leiter wieder zu umklammern.

**Achtung! Bei der Verwendung eines Stromwandlers darf der Sekundärstromkreis unter Strom nicht geöffnet werden! Also beim eventuellen Umpolen vorher abschalten!**

Bei Benutzung von Strom- und Spannungswandlern erfolgt der Anschluß des Multavi  $\varphi$  gemäß Bild 16. Beim Auswerten der Meßergebnisse ist sinngemäß zu verfahren, d. h. die Übersetzungsverhältnisse der Wandler müssen berücksichtigt werden.

Verbraucher

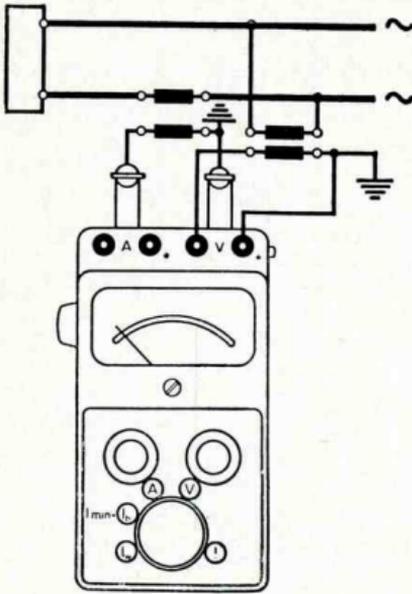


Bild 16

### E. Berechnung des $\sin \varphi$

Der Berechnung des  $\sin \varphi$  muß die Messung des Blindstromes  $I_b$  (in Skalenteilen) gemäß Abschnitt III/A und die Ablesung in der Hauptwählerstellung I (in Skalenteilen) vorausgehen. Der  $\sin \varphi$ -Wert läßt sich dann einfach mit Hilfe des Rechenschiebers aus der nachstehenden Formel berechnen

$$\sin \varphi = \frac{I_b}{I}$$

### F. Berechnung der Leistung

Auf Grund der mit dem Multavi  $\varphi$  in den Hauptwählerstellungen V, A,  $I_b$  und  $I_w$  meßbaren Größen lassen sich auf einfachste Weise die Schein-, Blind- und Wirkleistung errechnen.

Scheinleistung	$N_s = U \cdot I$
Blindleistung	$N_b = U \cdot I_b$
Wirkleistung	$N_w = U \cdot I_w$

Man erhält die Leistung N in Watt bzw. VA, wenn die Spannung U in Volt und der Strom I, der Blindstrom  $I_b$  sowie der Wirkstrom  $I_w$  in Ampere in die vorstehenden Formeln eingesetzt werden.

## IV. Blind- und Wirkstrommessung sowie $\cos \varphi$ -Bestimmung in Drehstrom

Die Blind- und Wirkstrom-Messungen sowie die  $\cos \varphi$ -Bestimmung in Drehstrom werden in ähnlicher Weise ausgeführt wie in Einphasen-Wechselstrom gemäß Abschnitt III. Je nachdem ob ein Drehstromnetz mit oder ohne Mittelleiter (Nulleiter), mit gleicher oder ungleicher Belastung vorhanden ist, kommen die nachstehenden Methoden in Frage.

Es ist empfehlenswert, sich zunächst mit den Messungen in Einphasen-Wechselstrom bestens vertraut zu machen; dann sind die Messungen in Drehstrom genau so einfach.

### 1. Gleichbelasteter Vierleiter-Drehstrom

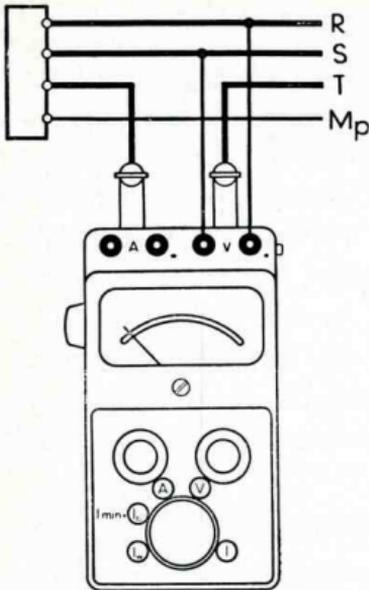
Die Blind- und Wirkstrom-Messungen sowie die  $\cos \varphi$ -Bestimmung können bei Drehstrom mit Nulleiter und gleichbelasteten Phasen nach zwei Methoden durchgeführt werden. Die **Methode I** benutzt bei der Messung die **Sternspannung** (Phasenspannung), während die **Methode II** die **Dreieckspannung** (verkettete Spannung) verwendet. Welche von beiden Methoden zweckmäßigerweise gewählt wird, richtet sich danach, ob der Blindstrom  $I_b$ , **oder** der Wirkstrom  $I_w$  gemessen werden soll bzw. ob der zu bestimmende  $\cos \varphi$ -Wert groß oder klein ist. Stellt sich beim Auswerten einer Messung heraus, daß der  $\cos \varphi$  nicht in der erwarteten Größenordnung liegt, dann empfiehlt es sich, noch einmal nach der anderen Methode zu messen.

#### a) $\cos \varphi$ -Bestimmung für große $\cos \varphi$ -Werte etwa zwischen 0,7 und 1 sowie Blindstrom-Messungen.

Da bei gleichbelasteten Drehstromsystemen in allen drei Leitern die gleichen elektrischen Verhältnisse vorhanden sind, genügt es, die Messungen in nur einem Leiter (z. B. Leiter T in Bild 17) durchzuführen. Die Meßergebnisse gelten dann auch für die beiden anderen Leiter.

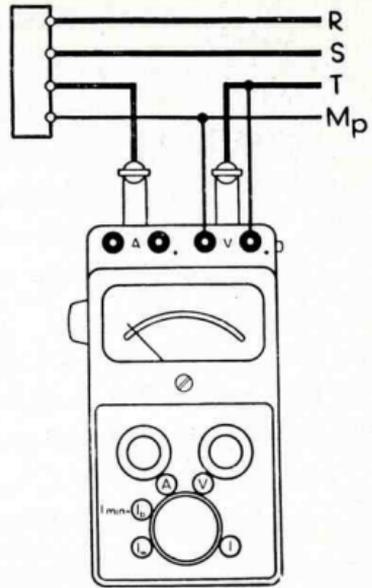
Somit werden die Blind- und Wirkstrommessungen sowie die  $\cos \varphi$ -Bestimmung genau wie bei Einphasen-Wechselstrom gemäß Abschnitt III ausgeführt

Verbraucher



**Bild 17**  
Schaltung bei Vierleiter-  
Drehstrom  
Methode I: **Sternspannung**

Verbraucher



**Bild 18**  
Schaltung bei Vierleiter-  
Drehstrom  
Methode II: **Dreieckspannung**

**Betr. Bilder 17 und 18**

Während die Bildunterschriften dem vorhergehenden Text entsprechen, wurden bei dem Druck die beiden Klischees vertauscht. Bitte beim Anschluß berücksichtigen.

Die **gesamte** Blindleistung ist

$$N_b = 3 \cdot U \cdot I_b$$

Die **gesamte** Wirkleistung ist

$$N_w = 3 \cdot U \cdot I_w$$

Man erhält die Leistung  $N$  in Watt, wenn die Spannung  $U$  in Volt und Blindstrom  $I_b$  bzw. Wirkstrom  $I_w$  in Ampere in die Formel eingesetzt wurden.

Die folgende Methode II ist zum Bestimmen der Wirkleistung geeigneter:

- b) **cos  $\varphi$ -Bestimmung für kleine cos  $\varphi$ -Werte etwa zwischen 0 und 0,7 sowie Wirkstrom-Messungen.**

Aus den gleichen Gründen wie unter a) genügt es, die Messungen in einem Leiter durchzuführen.

Lediglich ist an Stelle der dem betreffenden Leiter zugehörigen Sternspannung (Phasenspannung) die Dreieckspannung (verkettete Spannung) der beiden anderen Leiter (in denen kein Strom gemessen wird) an das Instrument anzulegen (Bild 18).

Es ist beim Anschließen der Multavi  $\varphi$  nicht notwendig, die Phasenfolge RST zu kennen! Wird in der Stellung  $I_{\min}$  des Hauptwählers kein Minimum erzielt, dann wird am zweckmäßigsten der **Spannungsanschluß** umgepolt.

Die Reihenfolge der Meßvorgänge ist jetzt genau die gleiche wie bei Einphasen-Wechselstrom gemäß Abschnitt III, jedoch wird hier in der  $I_{\min}$ -Stellung der **Wirkstrom** und in der  $I_w$ -Stellung des Hauptwählers der **Blindstrom** gemessen, da die angelegte Dreieckspannung um  $90^\circ$  gegenüber der Sternspannung verschoben ist. Bei dieser Methode ist das **Nomogramm 2 für Drehstrom** auf Seite 32 zu verwenden.

Auch in diesem Falle wird durch Drücken des roten Tastschalters die Feststellung getroffen, ob der Blindstrom induktiv oder kapazitiv ist. Jedoch ist der Blindstrom diesmal **induktiv**, wenn der Zeigerausschlag **kleiner**, und **kapazitiv**, wenn der Zeigerausschlag **größer** wird.

Ein Vorteil dieser Methode ist, daß sich der  $\cos \varphi$  auch ohne Nomogramm lediglich mit dem Rechenschieber aus nachstehender Formel auf einfachste Weise errechnen läßt.

$$\cos \varphi = \frac{I_{\min}}{I}$$

### Bestimmung der Leistung

Die gesamte Wirkleistung ist

$$N_w = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\min} \approx 1,73 \cdot U \cdot I_{\min}$$

## 2. Ungleichbelasteter Vierleiter-Drehstrom

Die Blind- und Wirkstrom-Messungen sowie die  $\cos\varphi$ -Bestimmung werden bei Drehstrom **mit** Mittelleiter bzw. mit zugänglichem Sternpunkt und **ungleich**belasteten Phasen in den drei Leitern einzeln nacheinander nach den oben beschriebenen Methoden I und II (Abschnitt IV/1a bzw. 1b) durchgeführt.

### Bestimmung der Leistung

Die gesamte Blindleistung ist

$$N_b = U_1 \cdot I_{b1} + U_2 \cdot I_{b2} + U_3 \cdot I_{b3}$$

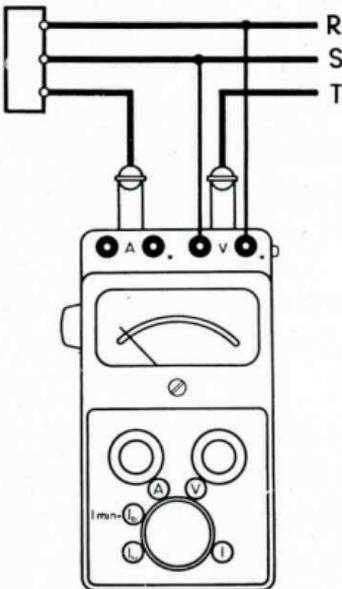
Die gesamte Wirkleistung ist

$$N_w = U_1 \cdot I_{w1} + U_2 \cdot I_{w2} + U_3 \cdot I_{w3}$$

In den beiden vorstehenden Formeln sind die Spannungen  $U$  in Volt und Ströme  $I$  in Ampere einzusetzen.

## 3. Gleichbelasteter Dreileiter-Drehstrom

Die Blind- und Wirkstrom-Messungen sowie die  $\cos\varphi$ -Bestimmung werden bei Drehstrom ohne Mittelleiter und gleichbelasteten Phasen nach der Methode II gemäß Abschnitt IV/1b durchgeführt. Es gilt das Schaltbild Bild 19.



**Bild 19**  
Schaltung bei  
Dreileiter-Drehstrom:  
Methode II

#### 4. Ungleichbelasteter Dreileiter-Drehstrom

Da die Sternspannung (Phasenspannung) nicht zu den Messungen herangezogen werden kann, läßt sich weder der Blind- noch der Wirkstrom messen bzw. der  $\cos \varphi$  in den einzelnen Phasen bestimmen. Außerdem läßt sich ein „gesamter“  $\cos \varphi$ -Wert für das ungleichbelastete Drehstrom-System sowieso nicht angeben.

#### Bestimmung der Leistung

Eine Leistungs-Bestimmung läßt sich ähnlich der Aron-schaltung durchführen, was jedoch zu umständlich ist. Es wird in diesem Falle daher die Verwendung von Leistungsmessern empfohlen.

### V. Einfluß der Oberwellen

Sind keine oder nur wenig Oberwellen vorhanden, dann liegen die Meßergebnisse in den auf Seite 12 angegebenen Fehlergrenzen.

Mit einem gewissen Anteil an Oberwellen ist aber stets dann zu rechnen, wenn Leuchtstoffröhren oder sekundär schwachbelastete Transformatoren vorhanden sind.

In diesen Fällen läßt sich mit dem Multavi  $\varphi$  auf einfache Weise feststellen, ob die Oberwellen die Meßergebnisse fälschen.

Hierzu werden die Skalenwerte in den Hauptwählerstellungen

$I_b$  nach Abschnitt III A,

$I_w$  nach Abschnitt III B

unter Benutzung der Formel

$$I_w = \frac{I_{w1} + I_{w2}}{2}$$

und I nach Abschnitt III C

abgelesen und in die folgende Formel eingesetzt:

$$I^2 - I_b^2 - I_w^2 = D^2$$

Bleibt  $D^2$  innerhalb der Grenzen von etwa + 20 bis - 20, dann beeinflussen die Oberwellen die Meßergebnisse nicht.

Wird die genannte Grenze jedoch überschritten, dann sind starke Oberwellen vorhanden; die Meßergebnisse werden somit ungenau.

### Spezialfilter zur Ausbiebung der Oberwellen

Um den Einfluß der Oberwellen vollständig zu beseitigen, wurde für das Multavi  $\varphi$  ein Spezialfilter entwickelt.

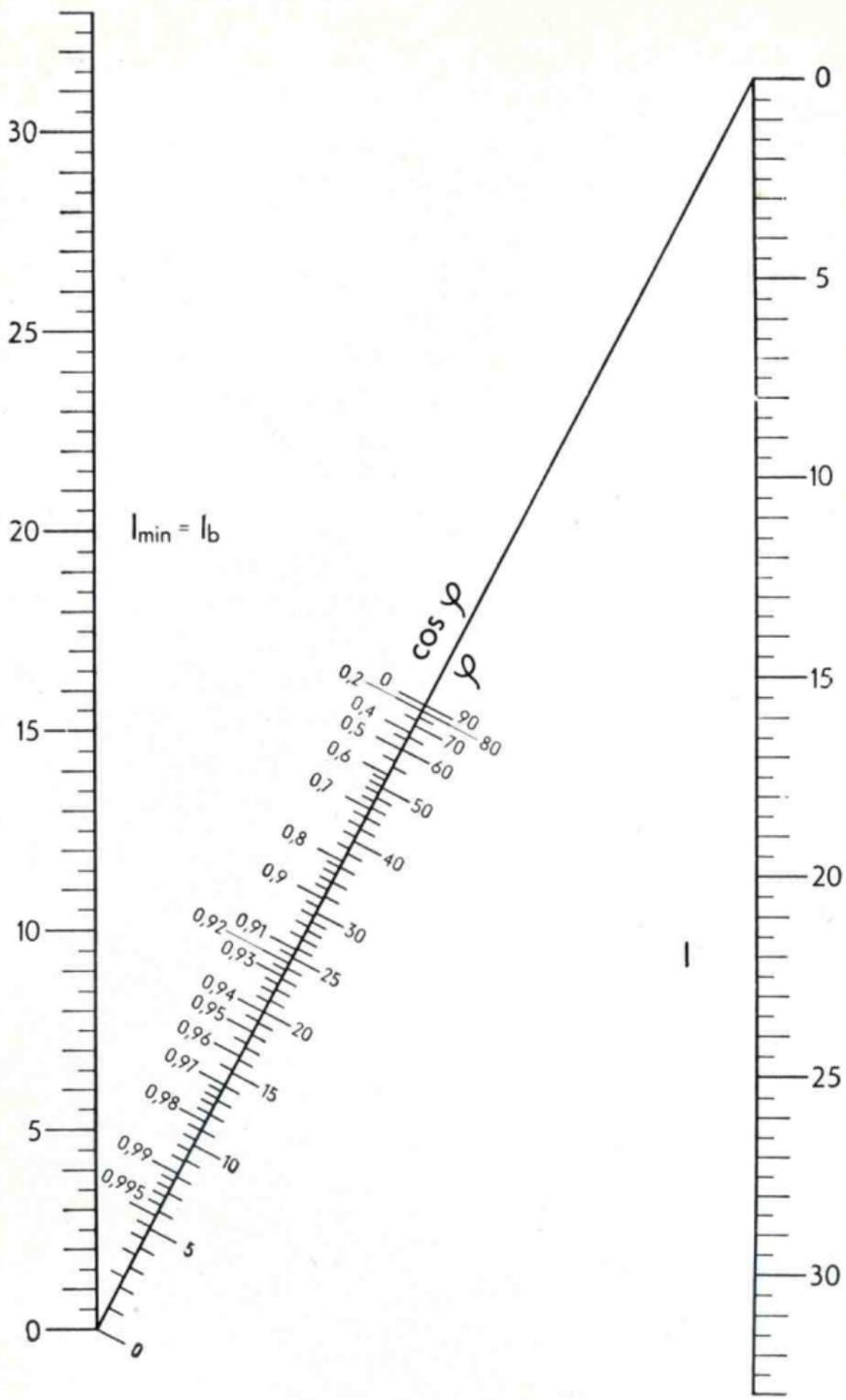
Das Filter ist in einem Metallgehäuse mit ungefähr den gleichen Abmessungen wie das Instrument selbst untergebracht. Das Gehäuse hat lediglich 2 Stecker, auf die das Multavi  $\varphi$  mit seinen beiden Buchsen (in der Bodenplatte) aufgesteckt wird.

Das Filter ist für die Messungen aller Meßgrößen in allen Meßbereichen wirksam. Es ist auf 50 Hz abgeglichen; die üblichen (geringen) Frequenzschwankungen haben keinerlei Einfluß auf die Meßwerte. Bei der Verwendung des Filters werden nur die Effektivwerte der Grundwellen aller Meßgrößen angezeigt. Das entspricht zudem den Vorschriften, daß bei den Messungen an Leuchtstoffröhren nur die Grundwellen berücksichtigt werden sollen.

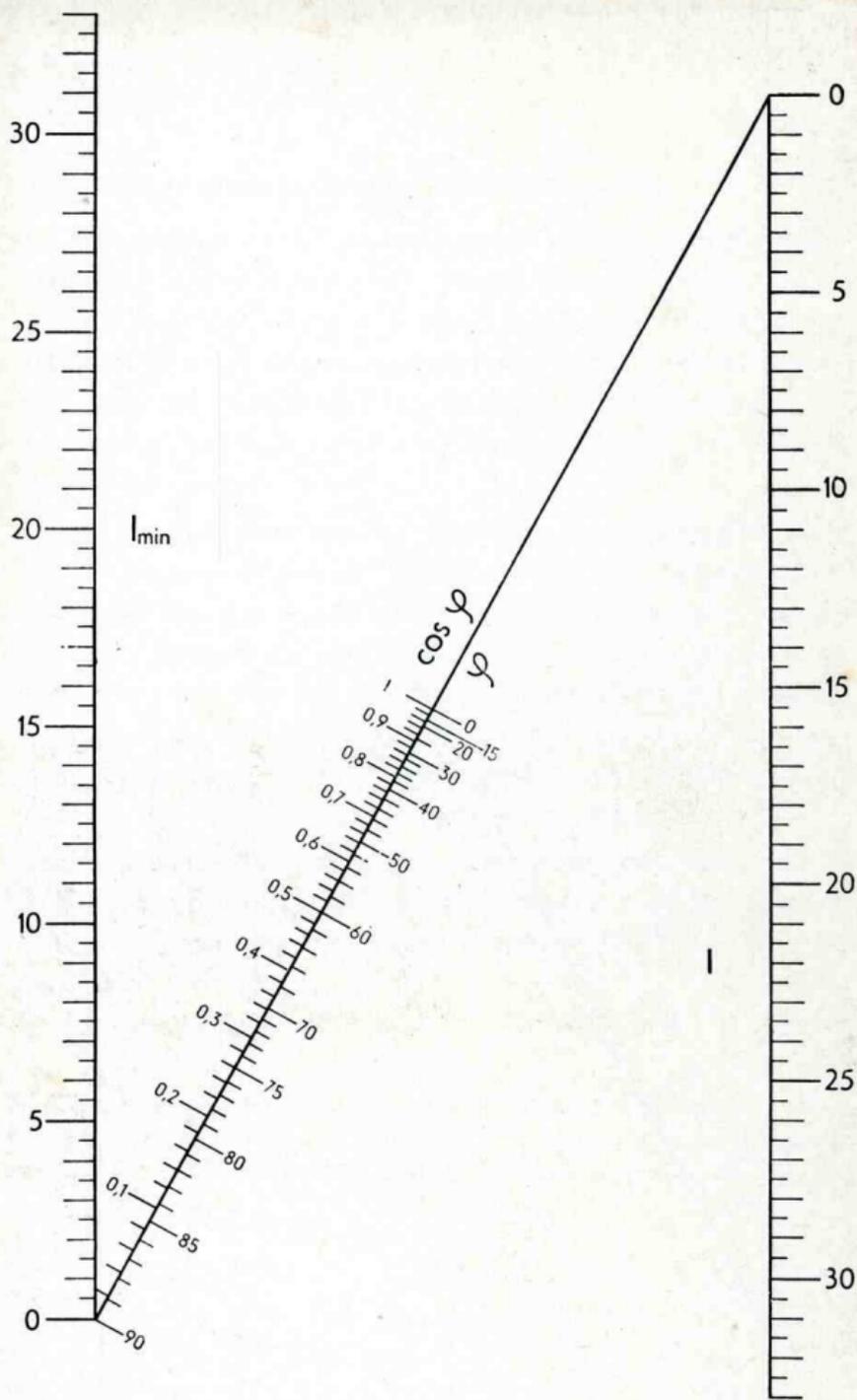
Die bei der Leistungsfaktorbestimmung aus dem Blindstrom  $I_b$  und dem Strom  $I$  erhaltenen  $\cos \varphi$ -Werte werden auch bei größeren Frequenzschwankungen (45 ... 60 Hz) nicht beeinträchtigt.

**Tabelle**

Meßbereich	Meßwert = Ablesewert $\times$	Eigenwiderstand
0,06 A	$2 \times 0,001$	
0,15 A	$\frac{1}{2} \times 0,01$	
0,3 A	0,01	
0,6 A	$2 \times 0,01$	
1,5 A	$\frac{1}{2} \times 0,1$	
15 V	$\frac{1}{2}$	5 k $\Omega$
30 V	1	10 k $\Omega$
60 V	2	20 k $\Omega$
150 V	$\frac{1}{2} \times 10$	50 k $\Omega$
300 V	10	100 k $\Omega$
600 V	$2 \times 10$	200 k $\Omega$



**Nomogramm 1**  
für Einphasen-Wechselstrom  
bei Benutzung der **Sternspannung**



**Nomogramm 2**  
für Drehstrom  
bei Benutzung der **Dreieckspannung**