

# Meßverstärker für Dreheisenmeßwerke

*Dreheisenmeßwerke weisen den besonderen Vorteil auf, daß sie den echten Effektivwert einer Spannung oder eines Stromes messen. Selbst Gleichspannungen oder Ströme mit überlagertem AC-Anteil sowie groben Kurvenformverzerrungen werden korrekt bewertet. Ein Nachteil der Dreheisenmeßwerke liegt darin, daß sie einen verhältnismäßig hohen Leistungsbedarf aufweisen. Durch den Einsatz des vorgestellten Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke wird der Vorteil der echten Effektivwertanzeige mit einem niedrigen Leistungsbedarf, d. h. mit einem hochohmigen Eingang, verbunden.*

*Es kann der echte Effektivwert von Gleichströmen, Wechselströmen als auch Mischströmen sowie Spannungen vollkommen kurvenform unabhängig gemessen werden.*

## Allgemeines

Bevor wir mit der Beschreibung des Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke beginnen, wollen wir uns kurz mit den Dreheisen selbst beschäftigen, die früher als Weicheisenmeßwerke bezeichnet wurden und auch heute noch oft so genannt werden. Bekannt ist, daß diese Meßwerke für Gleich- und Wechselstrom gleichermaßen geeignet sind. Selbst Mischströme, d. h., Gleichströme mit überlagertem Wechselstromanteil, werden korrekt ausgewertet. Auch bei einer groben Verzerrung der Kurvenform wird stets der echte Effektivwert angezeigt.

Dreheisenmeßwerke sind sowohl in modernen als auch in älteren Bauformen erhältlich, die keineswegs schlechter sein müssen. Sie kommen häufig sehr preiswert in den Handel, nachdem sie aus Industrieanlagen „ausgeschlachtet“ wurden. Besonders günstig sind hierbei vielfach auch Dreheisen-schalttafelinstrumente, die den Vorteil aufweisen, daß sie an der Wand befestigt oder auf eine Konsole gestellt werden können, weil sie wegen ihrer Größe von weither ablesbar sind. Auf diese Weise kann der normalerweise gut gefüllte — um nicht zu sagen überfüllte — Arbeitsplatz des Hobby-Elektronikers etwas entlastet werden.

Dreheisenmeßwerke haben den Vorteil, sehr robust und weitgehend überlastbar zu sein. Ihr Nachteil besteht in der schon erwähnten geringen Empfindlichkeit und in ihrer hohen Leistungsaufnahme, die normalerweise bei 0,5 bis 1 Watt liegt. Man vergleiche ein billiges Multimeter mit der nur geringen Empfindlichkeit von z. B. 10000  $\Omega/V$  für Wechselspannungsmessungen, das dennoch nur eine Leistungsaufnahme von etwa 1 mW hat und damit ca. um den Faktor 1000 geringer ist, als bei einem Dreheisenmeßwerk.

In der Leistungselektronik sind Dreheisenmeßwerke auch ohne Umrüstung vorteilhaft, daran sei hier erinnert, weil sie den echten Effektivwert von zu messenden Strömen oder Spannungen, unabhängig von der Kurvenform anzeigen. Man denke an die Phasenanschnittsteuerung, bei der

die Sinuswelle der Netzspannung nur noch stückchenweise an den Lastwiderstand weitergegeben wird. Dabei sind die sonst in der elektronischen Meßtechnik üblichen Drehpultinstrumente mit Meßgleichrichtern nicht mehr brauchbar, weil ihre Kalibrierung auf eine genaue Sinusform des Wechselstromes oder der Wechselspannung ausgerichtet ist.

Die Abweichungen können daher so groß werden, daß sie nicht einmal mehr annähernd korrekt sind.

Zum Abschluß dieser Einführung soll noch kurz auf den Unterschied von Strom- und Spannungsmessungen mit Dreheisenmeßwerken eingegangen werden.

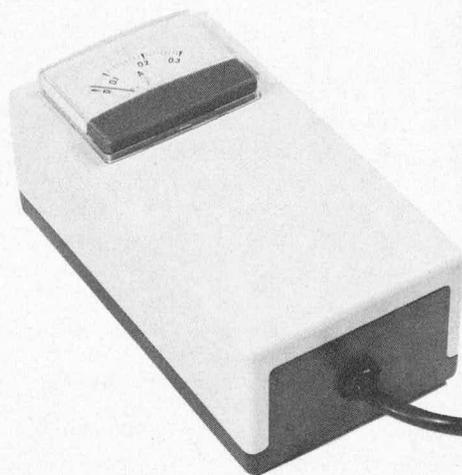
Unter Berücksichtigung der physikalischen Gesetzmäßigkeiten mißt ein Dreheisenmeßwerk grundsätzlich einen Strom. Soll jetzt eine Spannung gemessen werden, ist dies durch Vorschalten von Vorwiderständen ebenfalls möglich. Aufgrund unterschiedlicher Temperaturkoeffizienten von Meßwerk und Vorwiderstand, wird der Meßfehler bei unterschiedlichen Umgebungstemperaturen bei Spannungsmessungen jedoch größer als bei reinen Strommessungen, da hierbei der Innenwiderstand und seine temperaturabhängige Änderung keine Rolle spielt, denn nur der tatsächlich fließende Strom wird ausgewertet und angezeigt.

## Zur Schaltung

Die gesamte Schaltung, einschließlich des angeschlossenen Dreheisenmeßwerkes, wird über einen Netztrafo mit einer Leistung von 8,5 VA mit 2 Sekundärwicklungen à 6 V/0,7 A versorgt.

Die vom Trafo abgegebene Wechselspannung wird mit den Dioden D1 bis D4 gleichgerichtet und mit Hilfe der Kondensatoren C1 bis C4 gesiebt.

OP1 ist im Zusammenhang mit den Widerständen R3 bis R5 als nicht invertierender (–) Verstärker geschaltet, dessen Verstärkung in geringem Maße mit R4 zum Aus-



gleich von Bauteiltoleranzen eingestellt werden kann.

OP2 ist in Verbindung mit den Transistoren T1 bis T6 mit Zusatzbeschaltung als Stromquelle geschaltet. Der im Ausgang fließende Strom wird über den Referenzwiderstand R15 abgefragt und über die Widerstände R7 und R9 auf die beiden Referenzeingänge des OP2 zurückgeführt. R6 dient hierbei der Vorgabe des Soll-Wertes, während R8 den Fußpunkt, in diesem Falle den Schaltungsmittelpunkt, für die Stromquelle festlegt.

Der Ausgang des OP2 (Pin 1) steuert über R11 die Basis von T1 an, dessen Kollektorkreis wiederum die Treibertransistoren T2 bis T4 ansteuert, die ihrerseits die beiden Endstufentransistoren T5 und T6 schalten.

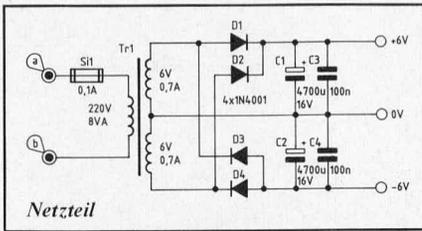
An den Ausgang der Schaltung können Dreheisenmeßwerke mit einem max. Strombedarf von 1 A angeschlossen werden, wobei kurzzeitig auch 1,5 A fließen können. Die Ausgangsspannung kann max. 6 V betragen. Für die Speisung von Spannungs-Dreheisenmeßwerken ist dies in vielen Fällen zu gering, hingegen bei Strom-Dreheisenmeßwerken liegt der Spannungsabfall im allgemeinen unter 1 V.

Die Schaltung eignet sich daher für Strom-Dreheisenmeßwerke mit einem max. Strombedarf von 1 A. Es können selbstverständlich auch Meßwerke mit einem Vollauschlag von 100 mA betrieben werden.

Die gesamte Schaltung ist gleichspannungsmäßig gekoppelt. Es können daher Kurvenformen, einschließlich Verzerrungspunkte, im Bereich von 0 (DC) bis ca. 2 kHz gemessen werden, wobei auch echte Gleichspannungsmessungen eingeschlossen sind.

## Zum Nachbau

Die Schaltung kann mit einfachen Mitteln auf einer einzigen Leiterplatte aufgebaut werden. Hält man sich genau an den Bestückungsplan, sollten keine Schwierigkeiten auftreten. Auf eine detaillierte Beschreibung wird daher an dieser Stelle verzichtet.



### Kalibrierung

Die Einstellung erfolgt mit Hilfe des Trimmers R4 und kann auf einfache Weise als Gleichspannungs- bzw. Gleichstrommessung vorgenommen werden.

Soll die Schaltung mit einem festen Übertragungsfaktor von z.B. 1 A-Ausgangsstrom pro 1 V-Eingangsspannung arbeiten, empfiehlt es sich, an den Ausgang ein Gleichstrommeßwerk mit einem Vollausschlag von min. 1 A zu legen und den Eingang einmal mit +1 V und einmal mit -1 V gegenüber Masse zu beaufschlagen.

R4 ist so einzustellen, daß am Ausgang der entsprechende Strom von 1 A gemessen wird.

Eine Nullpunktverschiebung ist nicht vorgesehen, da die Genauigkeit der Schaltung von Hause aus auch ohne separate Nullpunkteinstellung besser ist als die eines angeschlossenen Dreheisenmeßwerkes.

Wird die Schaltung für ein ganz bestimmtes Dreheisenmeßwerk eingesetzt, kann R3 bzw. R4 so dimensioniert und eingestellt werden, daß sich der gewünschte Skalenfaktor ergibt. Je größer R3 gewählt wird, desto höher wird die Eingangsempfindlichkeit, d.h., geringere Eingangsspannungen reichen aus, um einen entsprechend großen Strom am Ausgang zu treiben.

Alles in allem also eine universell für Dreheisenmeßwerke einsetzbare Schaltung.

#### Stückliste: Meßverstärker für Dreheisenmeßwerke

##### Halbleiter:

IC 1, 2	.....	MC 1458
T 1, T 2	.....	BC 558
T 3, T 4	.....	BD 135
T 5	.....	BD 237
T 6	.....	BD 238
D 1-D 4	.....	1N4001
D 5-D 8	.....	1N4148

##### Kondensatoren:

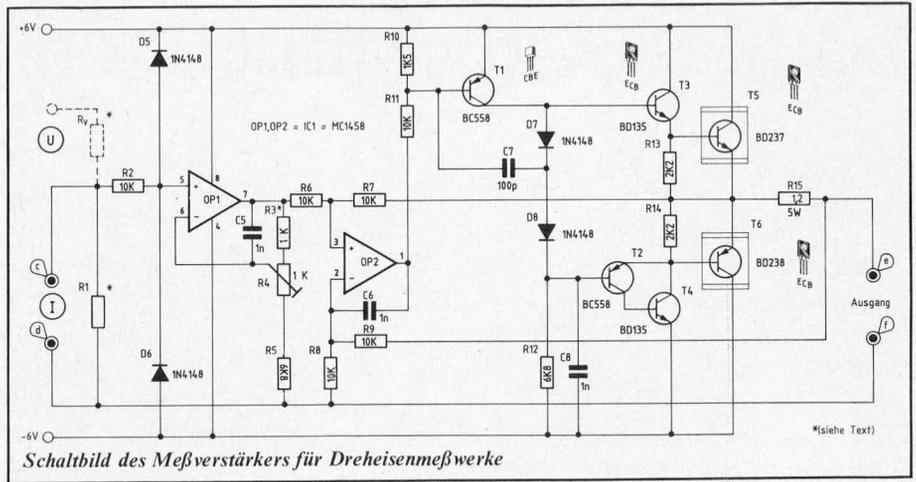
C 1, C 2	.....	4700 µF/16 V
C 3, C 4	.....	100 nF
C 5, C 6, C 8	.....	1 nF
C 7	.....	100 pF

##### Widerstände:

R 2, R 3	.....	10 kΩ
R 4	.....	1 kΩ, Trimmer, stehend
R 6-R 9	.....	10 kΩ
R 10	.....	1,5 kΩ
R 11	.....	10 kΩ
R 5, R 12	.....	6,8 kΩ
R 13, R 14	.....	2,2 kΩ
R 15	.....	1,2 Ω, 5 Watt

##### Sonstiges:

- 1 x Trafo 220 V, 8 VA
- 2 x 6 V, 0,7 A
- 1 Sicherung 0,1 A
- 1 Platinensicherungshalter
- 6 Lötstifte
- 2 U-Kühlkörper SK 12
- 4 Schrauben 3 x 8 mm
- 4 Muttern M 3
- 4 Schrauben 3 x 6 mm



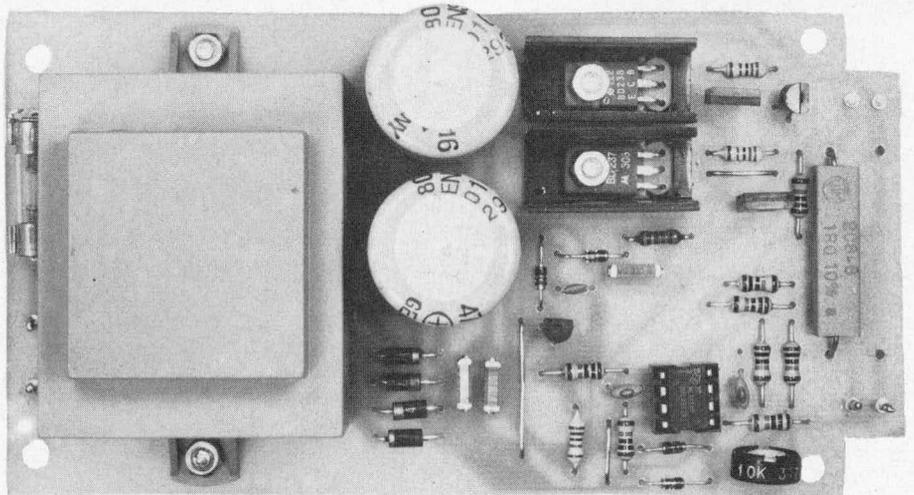
Schaltbild des Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke

Spannungsmessungen (über zusätzlichen  $R_v$  nach Punkt „d“ gemessen)

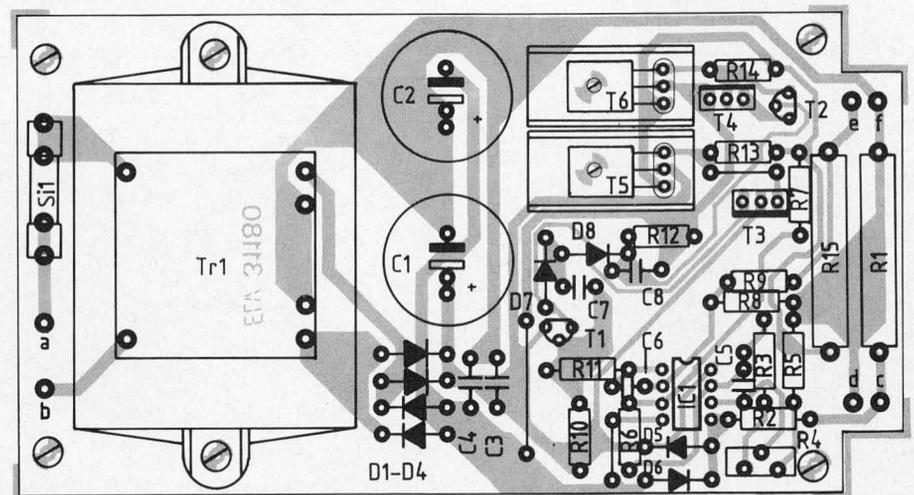
$U_1$	$I_{AUS}$	$R_1$	$R_3$	$R_v$
0,1 V	0,1 A	1 MΩ	1 k	0
0,1 V	1 A	1 MΩ	82 k	0
1 V	0,1 A	100 k	1 k	900 k
1 V	1 A	1 MΩ	1 k	0
10 V	0,1 A	10 k	1 k	1 MΩ
10 V	1 A	100 k	1 k	900 k
100 V	0,1 A	1 k	1 k	1 MΩ
100 V	1 A	10 k	1 k	1 MΩ
1000 V	0,1 A	100 Ω	1 k	1 MΩ
1000 V	1 A	1 k	1 k	1 MΩ

Strommessungen  $U_{ein} = 0,1 V$   $R_i = R_1$

$I_{ein}$	$I_{aus}$	$R_1$	$R_3$
1 mA	0,1 A	100 Ω	1 k
1 mA	1 A	100 Ω	82 k
10 mA	0,1 A	10 Ω	1 k
10 mA	1 A	10 Ω	82 k
100 mA	0,1 A	1 Ω	1 k
100 mA	1 A	1 Ω	82 k
1 A	0,1 A	0,1 Ω	1 k
1 A	1 A	0,1 Ω	82 k
10 A	0,1 A	0,01 Ω	1 k
10 A	1 A	0,01 Ω	82 k



Ansicht der fertig bestückten Platine des Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke



Bestückungsseite der Platine des Meßverstärkers für Dreheisenmeßwerke