

Bild 1
Thomson-Wheatstone-Meßbrücke mit Zeiger-Nullgalvanometer und Meßbatterie im Lederkoffer

Die »9 kleinen Meßeinrichtungen« in der Praxis

VON HELMUT WAHLER

Als das Wernerwerk für Meßtechnik vor einigen Jahren 9 kleine Meßeinrichtungen im Aufbau und in den Maßen einheitlich und in der Bedienungsweise gleich einfach und übersichtlich entwickelte, war es davon ausgegangen, daß diese Art Bausteinsystem eine gute Anpassung an verschiedenste Meßaufgaben durch Kombination verschiedener Einheiten und Zubehörgeräte ergeben würde.

Prinzip und Meßeinrichtungen haben sich inzwischen im praktischen Gebrauch in Laboratorien, Prüffeldern, Montage- und Revisionsabteilungen und in besonderem Maße für das Praktikum an Hochschulen, Ingenieur- und Berufsschulen gut bewährt.

Häufig vorkommende Kombinationen von Geräten gleichen äußeren Aufbaues gaben zur Festlegung einer Reihe von Tragekoffer-Typen Veranlassung, in denen die Meßeinrichtungen zu übersichtlichen Meßsätzen für verschiedene Anwendungsfälle zusammengeschaltet werden können (Bild 1).

Die Vorzüge der Einrichtungen sind:

kleine, leichte, handliche Ausführung,

übersichtliche und klare Anordnung der Bedienungselemente bei Aufdruck der Berechnungsformeln und Brückensymbole,

Vertauschbarkeit der Brücken-Diagonalen und damit verbundene große Meß- und Anwendungsbereiche

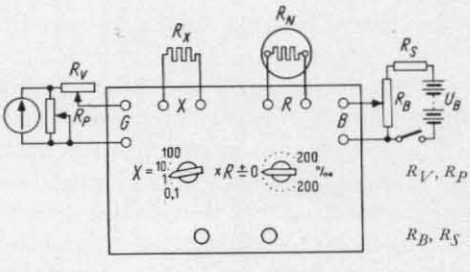
und schließlich

Kombinationsmöglichkeit der Geräte mit verschiedenem Zubehör.

Einige Beispiele aus der Praxis sollen zeigen, wie vielseitig sich die 9 kleinen Meßeinrichtungen verwenden lassen.

Reihenmessungen an Widerständen mit der Promille-Meßbrücke

Eine besonders hohe Meßgeschwindigkeit bei Reihenmessungen an Widerständen kann selbst angelerntes Per-



R_V, R_P Vor- und Nebenwiderstände zum Galvanometer
R_B, R_S Batterie- und Schutzwiderstand der Meßbatterie

Bild 2 Anschlußschaltung der Promille-Meßbrücke mit Zusatzgeräten

sonal mit der Promille-Meßbrücke (Bild 2) erreichen, wenn nach dem Ausschlag-Verfahren gearbeitet wird. An die R-Klemmen der Brücke wird ein Normalwiderstand als Bezugsgröße für den Sollwert angeschlossen. Hierzu lassen sich die Widerstandsdekaden sowohl der Wheatstone-, der Thomson-Wheatstone-Meßbrücke als auch der Kabelmeßbrücke aus der Serie der kleinen Meßschaltungen verwenden. Sie sind bei all diesen Geräten leicht zugänglich und können, wie Tafel 1 für die Wheatstone-Brücke zeigt, in einem verhältnismäßig großen Bereich mit großer Belastbarkeit verwendet werden.

An die X-Klemmen wird zum Eichen der Galvanometer-Ausschläge vor Beginn der Messung ein Widerstand gelegt, der innerhalb des vorgegebenen Toleranzbereichs veränderbar ist. Mit diesem Widerstand stellt man die obere Toleranzgrenze $X+\Delta X$ ein und verstellt dann den Brückeneingangsstrom mit dem Batterie-Spannungsteiler R_S so, daß sich ein möglichst großer, ganzzahliger Galvanometer-Ausschlag ergibt. Im Toleranzbereich $\leqq 50^0/_{00}$ ergeben sich bei $X-\Delta X$ derselbe Ausschlag in negativer Richtung sowie ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen Toleranzwert ΔX und Galvanometer-Ausschlag. Bei größeren Toleranzbereichen $\geqq 50^0/_{00}$ wird die untere Toleranzgrenze auf dieselbe Weise festgelegt, jedoch ohne Veränderung des Brückeneingangsstromes. Mit der so eingestellten Brücke lassen sich Reihenmessungen und Sortierungen von Widerständen nach Toleranzbereichen schnell durchführen.



Bild 3 Tragkoffer mit MΩ-µF-Meßeinrichtung, Kabelmeßbrücke und Doppelspul-Lichtmarken-Galvanometer

Kabeluntersuchungen mit einer Kombination aus MΩ-µF-Meßeinrichtung und Kabelmeßbrücke

Für Kabeluntersuchungen werden die MΩ-µF-Meßeinrichtung und die Kabelmeßbrücke gemeinsam mit Erfolg eingesetzt. Beide Geräte einschließlich des erforderlichen Zubehörs, wie Doppelspul-Lichtmarken-Galvanometer, Akkumulator für die Galvanometer-Beleuchtung sowie kleinere Zubehörteile, können in einem Transportkoffer (Bild 3) als vollständige, leicht tragbare Kabelmeßeinrichtung mitgeführt werden, mit der sich nahezu alle anfallenden Meßaufgaben lösen lassen. Dazu gehören Messung von Isolationswiderständen und Kapazitäten, Fehlerortung bei Aderriß durch Kapazitätsmessung, Schleifenwiderstands- und Aderdifferenz-Messungen und Fehlerortungsbestimmung nach Varley und Murray.

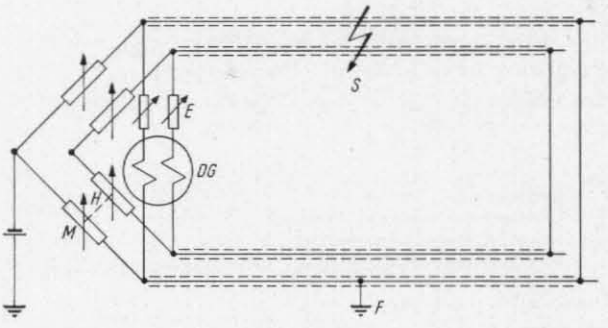
Fehlerortsmessungen mit der entstörten Kabelmeßbrücke

Die entstörte Kabelmeßbrücke (Bild 4) ist als Doppelbrücke aufgebaut. Außer der Meßbrücke für Widerstandsmessungen sowie Fehlerortungen nach Varley und Murray ist noch eine zusätzliche Hilfsbrücke mit denselben Brückenverhältnissen eingebaut. Alle Schalter und Drucktaster sind Doppelschalter.

Eine ihrer Ebenen ist der Meßbrücke, die andere der Hilfsbrücke zugeordnet. An die Meßbrücke wird das zu messende Adernpaar angeschlossen, an die Hilfsbrücke ein gesundes Adernpaar, das etwa dieselben Störspannungseinstreuungen aufweist.

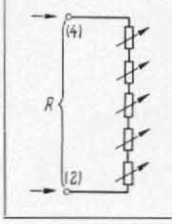
Mit dem Doppelspul-Differenz-Galvanometer sowie mit einem Empfindlichkeitssteller (zum Einstellen gleich großer Störspannungspegel im Meß- und Hilfszweig) wird die Störspannung in vielen Fällen im Galvanometerkreis völlig kompensiert, so daß ein einwandfreier Abgleich mit der Meßbrücke möglich wird.

In einem praktischen Anwendungsfall mußte bei einem einadrigen Erdschluß eine Fehlerortsbestimmung nach Murray an einem 8,6 km langen, 25paarigen Bleikabel, 0,8 mm, durchgeführt werden. Etwa 7 km dieses Kabels lagen im Bereich elektrischer Bahnanlagen mit

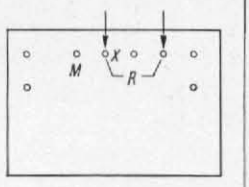


M Meßbrücke — *E* Empfindlichkeitssteller — *S* Störung
H Hilfsbrücke — *DG* Differenz-Galvanometer — *F* Fehlerstelle

Bild 4 Grundsätzliche Schaltung der entstörten Kabelmeßbrücke

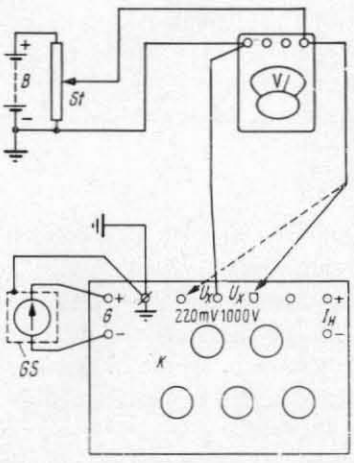


Absolut	Abgleichgenauigkeit	Belastbarkeit
0 bis 9 × 1000 Ω	± 0,05 %	20 mA
0 bis 9 × 100 Ω	± 0,1 %	65 mA
0 bis 9 × 10 Ω	± 0,2 %	200 mA
0 bis 9 × 1 Ω	± 1,0 %	650 mA
0 bis 9 × 0,1 Ω	± 3,0 %	1 A



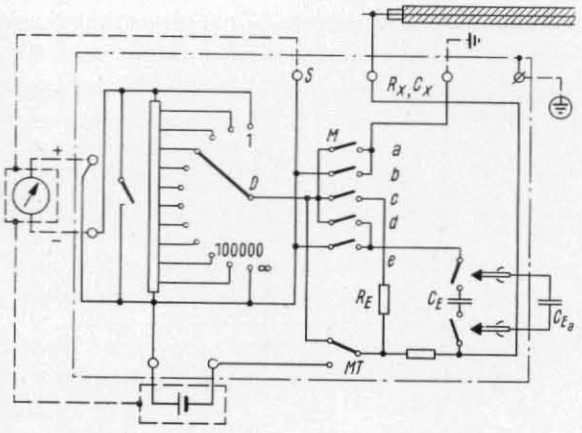
Tafel 1
Verwendung der Wheatstone-Brücke als Normalwiderstand

starkem Verkehr. Die auf die gestörte Ader eingestreute Störwechselspannung von $16^2/_3$ Hz wies in der Amplitude starke Spontanschwankungen auf und erreichte Maximalwerte von 10 V (Effektivwert). Nach vollständiger Kompensation konnte die Fehlerortung ungestört und sicher durchgeführt werden.



K Kompensator
V Zu prüfender Spannungsmesser
B Batterie
St Stellglied
GS Galvanometerschirm

Bild 5 Schaltung zum Prüfen eines Spannungsmessers



M Meßartwähler *D* Empfindlichkeitswähler *MT* Meßtaste (Batterie)
R_E Eingebautes Widerstands-Vergleichsnormal
C_E Eingebautes Kapazitäts-Vergleichsnormal
C_{Ea} Außen anzuschließendes Kapazitätsnormal, auf der Deckplatte mit C_a bezeichnet

Stellungen des Meßbereichwählers:
a Messung von R_X und C_X Lad
b Messung von C_X Entlad
c Eichen von *R*
d Eichen von C_X Lad
e Eichen von C_X Entlad

Bild 6 Prinzipschaltung der MΩ-μF-Meßeinrichtung

Kompensator für die Nachprüfung von Meßinstrumenten

Für die Überprüfung eines Spannungsmessers mit dem Kompensator gibt es zwei Möglichkeiten (Bild 5):

a) Man stellt den Spannungsmesser *V* mit dem Stellglied *St* auf den zu prüfenden Sollwert ein. Bei Nullabgleich des Kompensators (Spannungsgleichgewicht) kann an den Dekadenschaltern der Istwert abgelesen und die Abweichungen vom eingestellten Sollwert können in mV oder V bestimmt werden.

b) Man gibt den Sollwert durch entsprechendes Einstellen der Dekadenschalter als Istwert vor. Zum Nullabgleich dient jetzt das Stellglied. Die Abweichung vom Sollwert wird auf der Skale des Spannungsmessers in Skalenteilen abgelesen.

Strommesser lassen sich in ähnlicher Weise prüfen. Dabei können hohe Genauigkeiten erzielt werden.

MΩ-μF-Meßeinrichtung

Widerstandsmessungen werden mit der MΩ-μF-Meßeinrichtung (Bild 6) nach dem Strom-Spannungs-Verfahren durch Vergleich mit einem eingebauten Normalwiderstand $R_E = 100$ kΩ ± 0,1% durchgeführt. Da die Empfindlichkeit der Meßschaltung vom zu messenden Isolationswiderstand, der Empfindlichkeit des Galvanometers und der Höhe der Meßspannung abhängt, ist zunächst eine »Eichung« erforderlich, die leicht vorzunehmen ist.

Durch sorgfältigen Aufbau der Meßschaltung, wie z. B. geschirmte Aufstellung des Galvanometers und der Meßbatterie, muß ein vollwertiger Kriechstromschutz sichergestellt sein, da sonst über das Galvanometer fließende Kriechströme beträchtliche Meßfehler verursachen können. Mit einem hochempfindlichen Spiegelgalvanometer erreicht man in einem Meßbereich von $\approx 25 \times 10^3$ bis $\approx 4 \times 10^{12}\,\Omega$ eine Meßunsicherheit von nur etwa ± 1%.

Dabei können z. B. hochwertige Kabelendverschlüsse auf ihre Isolationswerte geprüft werden, sei es bei der Kontrolle der Garantiewerte oder bei allgemeinen Untersuchungen, wie etwa zur Bestimmung von Witterungseinflüssen.