

HARTMANN & BRAUN
A-G FRANKFURT/MAIN



Inkavi



GEBRAUCHSANWEISUNG

EB 41-3

EB 41—3 Ausg. 5.57

1000 / 1.60 / Bi

Inkawi

Induktivitäts- und
Kapazitäts-Meßbrücke

12 Meßbereiche

Induktivität

0,1 — 1 — 10 mH

0,1 — 1 — 10 H

Kapazität

1 — 10 — 100 nF

1 — 10 — 100 μ F

Prinzipschaltungen des INKAVI

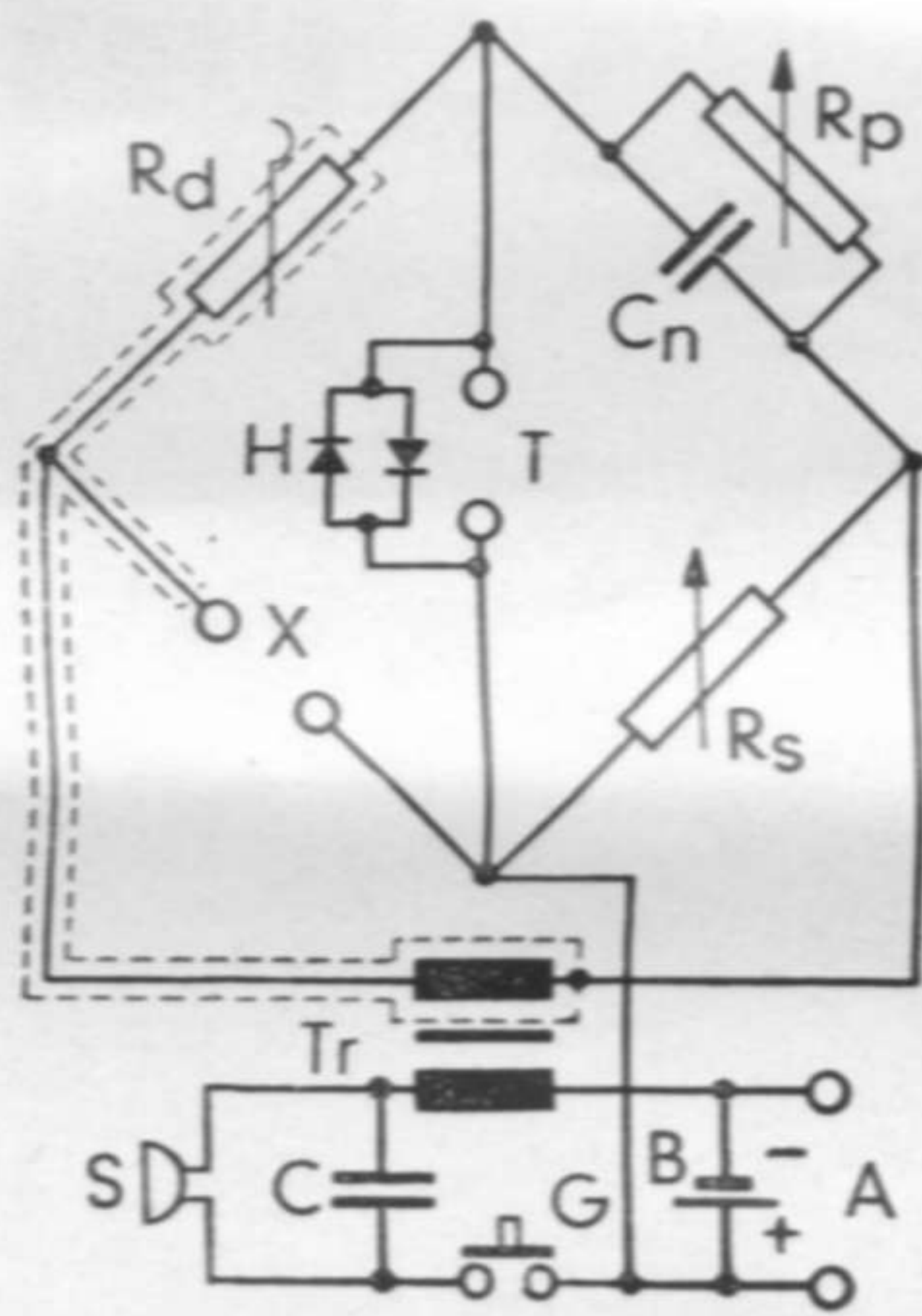


Bild 1
Induktivitätsmessung

- R_s = Schleifdraht
 R_d = Dekadenwiderstand
 R_p = Phasenabgleicher
 C_n = Präzisions-
 Kondensator
 H = Spannungs-
 begrenzer
 G = Tastschalter
 S = Summer
 X = Klemmen
 für Meßobjekt
 T = Buchsen
 für Nullindikator
 A = Buchsen für
 äußere Stromquelle

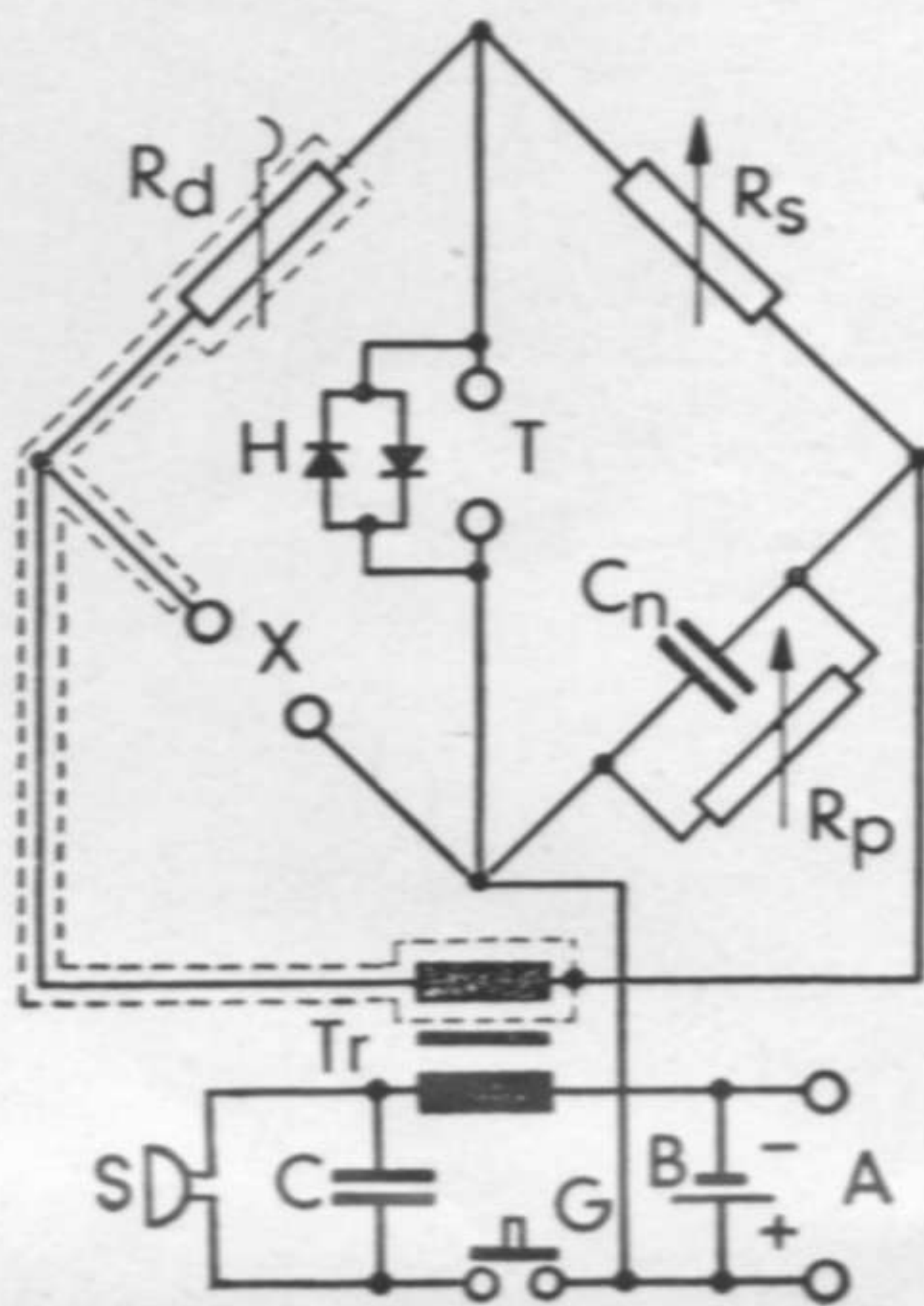


Bild 2
Kapazitätsmessung

Die Induktivitäts- und Kapazitäts-Meßbrücke INKAVI dient zur genauen Messung von Induktivitäten und Kapazitäten aller Art sowie zur annäherungsweise Bestimmung ihres Verlustfaktors $\text{tg } \delta$. Mit dem INKAVI lassen sich Induktivitäten von $1 \mu\text{H}$ bis 10H und Kapazitäten von 10 pF bis $100 \mu\text{F}$ messen. Das INKAVI ist infolge seiner eingebauten Meßstromquelle unabhängig vom Netz.

Wirkungsweise

Die **Prinzipschaltung des INKAVI** bei Induktivitäts- und bei Kapazitätsmessung zeigt Bild 1 und 2. Die Schaltung der Brücke bei Induktivitätsmessungen ist in Bild 1 dargestellt. Bei Verwendung als Kapazitäts-Meßbrücke werden die Brückenzweige R_s und C_n durch den eingebauten Meßbereichwähler automatisch vertauscht (Bild 2).

Als **Wechselstromquelle** dient ein Unterbrechersummer, der normalerweise mit einer eingebauten Taschenlampenbatterie von $4,5 \text{ Volt}$ betrieben wird. Er erzeugt eine der Sinusform angenäherte Wechselspannung mit einer Frequenz von etwa 1400 Hz . Die Spannung am Meßobjekt beträgt maximal 6 V eff . An den Klemmen X wird das Meßobjekt — Induktivität oder Kapazität — angeschlossen, während die Buchsen T zum Anschließen eines Nullindikators dienen.

Der **Nullabgleich** der Brückenschaltung erfolgt nach Einstellen des Meßbereichwählers R_d durch Abgleichen der Brückenglieder R_s und R_p .

Beschreibung

Sämtliche Glieder der Brückenschaltung, die geeichte Skala, der Meßbereichwähler, der Phasenabgleicher und die Wechselstromquelle sind in einem Preßstoffgehäuse untergebracht.

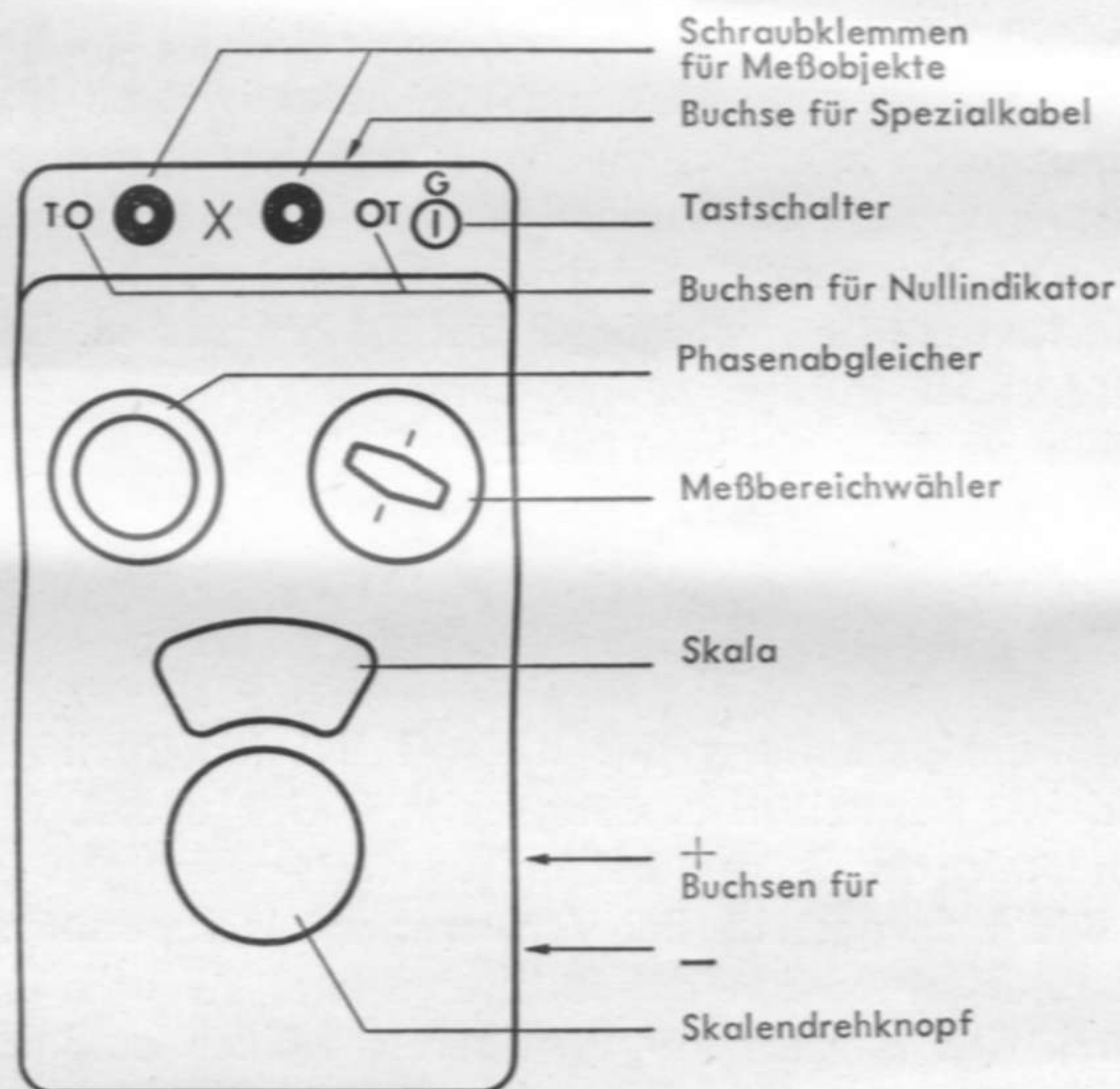


Bild 3

Am Gehäuse (Bild 3) befinden sich die beiden mit X bezeichneten Schraubklemmen für den Anschluß des Meßobjektes, die beiden mit T bezeichneten Buchsen zum Anschluß des Kopfhörers oder eines anderen Nullindikators und der mit G bezeichnete Tastschalter.

Zur Auswahl des gewünschten Meßbereiches dient ein einziger Schalter, der Meßbereichwähler. Die Umschaltung von Induktivitäts- auf Kapazitätsmessung erfolgt automatisch. Induktivitätsbereiche sind am Meßbereichwähler rot, Kapazitätsbereiche weiß bezeichnet, so daß sich Irrtümer beim Einstellen vermeiden lassen.

Der Induktivitäts- und der Kapazitäts-Meßbereich sind in je 6 Einzelmessbereiche unterteilt.

0...1 μH	0...1 mH	0...10 mH	0...0,1 H	0...1 H	0...10 H
0...1 nF*	0...10 nF	0...100 nF	0...1 μF	0...10 μF	0...100 μF

* 1 nF = 1000 pF

Durchführen der Messungen

1. Das Meßobjekt an die X-Klemmen der Meßbrücke, den Nullindikator (z. B. Kopfhörer) an die mit T bezeichneten Buchsen anschließen.
2. Mit dem Meßbereichwähler den Meßbereich einstellen, der der Größenordnung der zu messenden Induktivität oder Kapazität entspricht.
3. Den Phasenabgleicher nach links drehen ($\text{tg } \delta < 0,001$).
4. Den Summer durch Drücken des Tastschalters G einschalten. Eine Dauereinschaltung ist durch Linksdrehen des Tastschalters möglich.
5. Durch Drehen des Skalendrehknopfes das Tonminimum aufsuchen. Liegt das Minimum zwischen 0 und 1, oder läßt sich kein Minimum erzielen, dann einen kleineren oder größeren Meßbereich wählen.
6. Durch Einstellen des Phasenabgleichers das Minimum verbessern. Dazu nacheinander abwechselnd Skalendrehknopf und Phasenabgleicher so lange verstellen, bis das schärfstmögliche Tonminimum erreicht ist. Im allgemeinen ist ein fast vollständiges Verschwinden des Tones im Kopfhörer zu erreichen.

Die Ablesung des Induktivitäts- bzw. Kapazitätswertes erfolgt unter dem Doppelstrich des Skalenfensters auf der 200-teiligen Skalenscheibe. Der abgelesene Wert ist mit der Konstanten des jeweils eingestellten Meßbereiches gemäß der auf dem Gehäuse sichtbaren symbolischen Formel zu multiplizieren. Hieraus ergibt sich der Meßwert.

Beispiel (siehe Bild 4 auf Seite 8): $3,42 \times 0,1 = 0,342 \mu\text{F}$.

Der Phasenabgleicher ermöglicht einen Abgleich für alle Verlustwinkel unter 45° ($\text{tg } \delta \leq 1$). Die ungefähre Größe des Verlustfaktors für 1400 Hz kann an der Stellung des Knopfes abgelesen werden.

Bei Induktivitäts-Messungen ist eine besonders feine Einstellung des Phasenabgleichers notwendig.

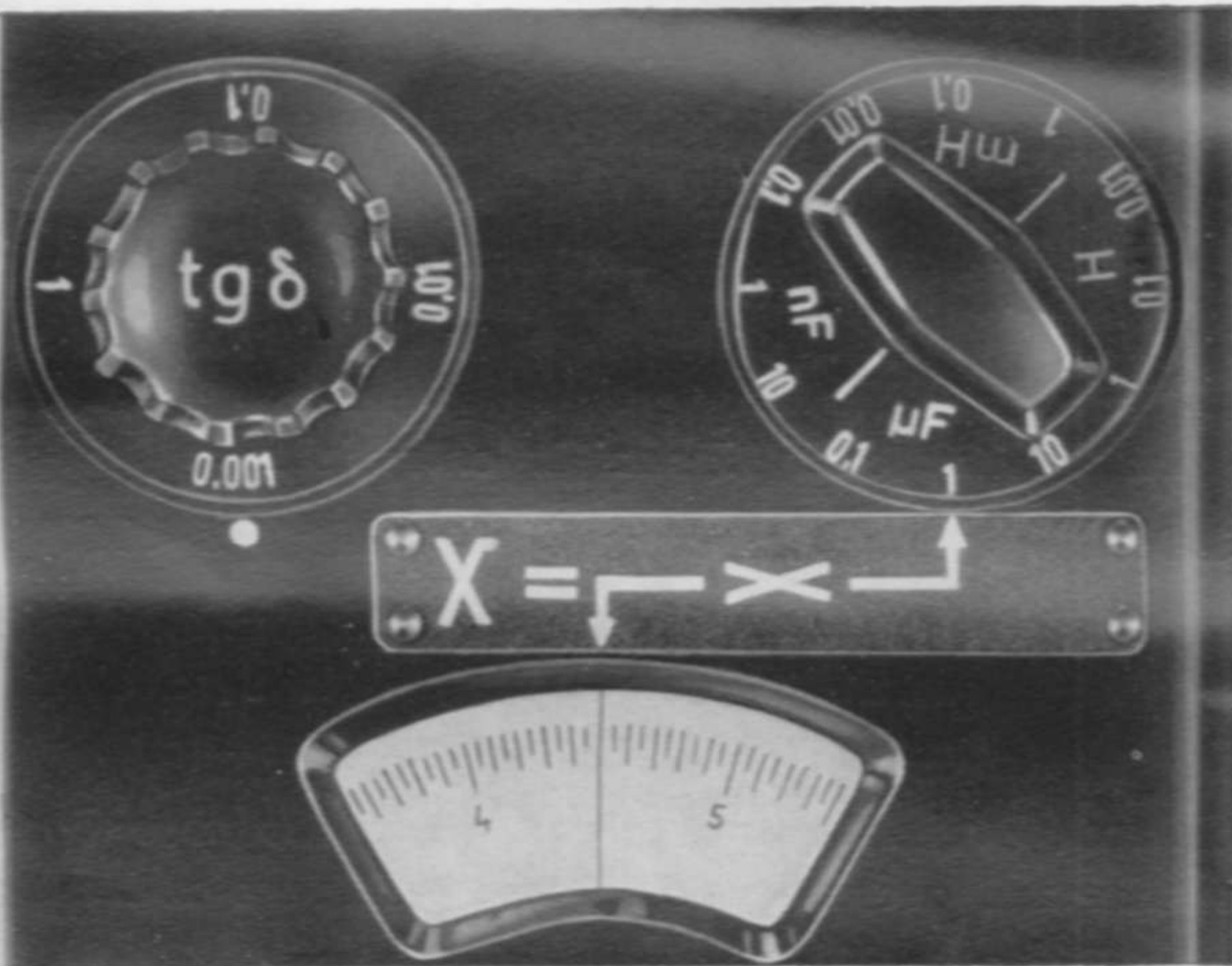


Bild 4

Im kleinsten Kapazitäts-Meßbereich dient der Phasenabgleicher auch zum Ausgleich des inneren Fehlwinkels. Er zeigt daher einen etwas zu großen Verlustwert. Die Meßgenauigkeit der Brücke wird dadurch nicht beeinträchtigt.

Meßgenauigkeit

Die Fehlergrenze beträgt im Durchschnitt ± 3 Promille vom Skalenendwert ($2^0/_{00}$ am Anfang, $4^0/_{00}$ am Ende der Skala). Lediglich in den Bereichen 0...10 H und 0...1 nF ist mit einem geringfügig ~~(maximal um $2^0/_{00}$)~~ größeren Fehler zu rechnen.

Bei der Messung kleiner Kapazitäten ist stets die auf der Bodenplatte des Gerätes angegebene Anfangskapazität (etwa 3 pF) abzuziehen. Bei Induktivitätsmessungen ist die Anfangskapazität ohne Bedeutung.

Da die relative Ablesegenauigkeit nach dem Ende der Skala zu größer wird, empfiehlt es sich stets, im Skalenbereich 1...10 zu messen und den Bereich 0...1 nur bei kleinen Induktivitäten und Kapazitäten zu benutzen.

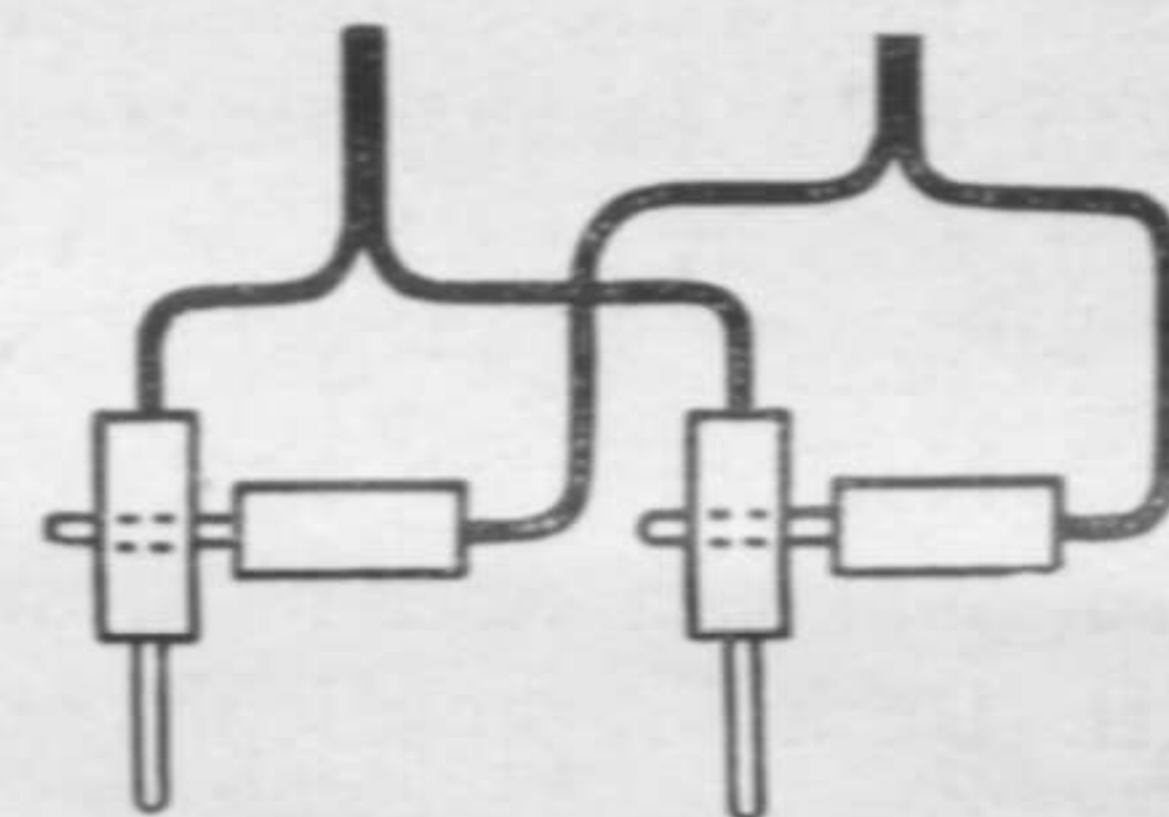
Nullindikator

Kopfhörer

Zur Ermittlung des Tonminimums dient normalerweise ein Doppelkopfhörer, der einen Widerstand von etwa $2 \times 200 \Omega$ haben soll. Um den Widerstand des Hörers dem jeweiligen Meßbereich anzupassen und damit optimale Abgleichlautstärke zu erzielen, ist bei den von der Hartmann & Braun AG für das INKAVI gelieferten Hörern die Anschlußschnur jeder der beiden Einzelmuscheln mit zwei Querlochstekern versehen. Je nach Meßbereich empfiehlt es sich, die Einzelmuscheln parallel- oder hintereinanderschalten.

Schaltung des Hörers bei Stellung des Meßbereichwählers:

10 μ F	1 mH
1 μ F	0,1 mH
0,1 μ F	0,01 mH

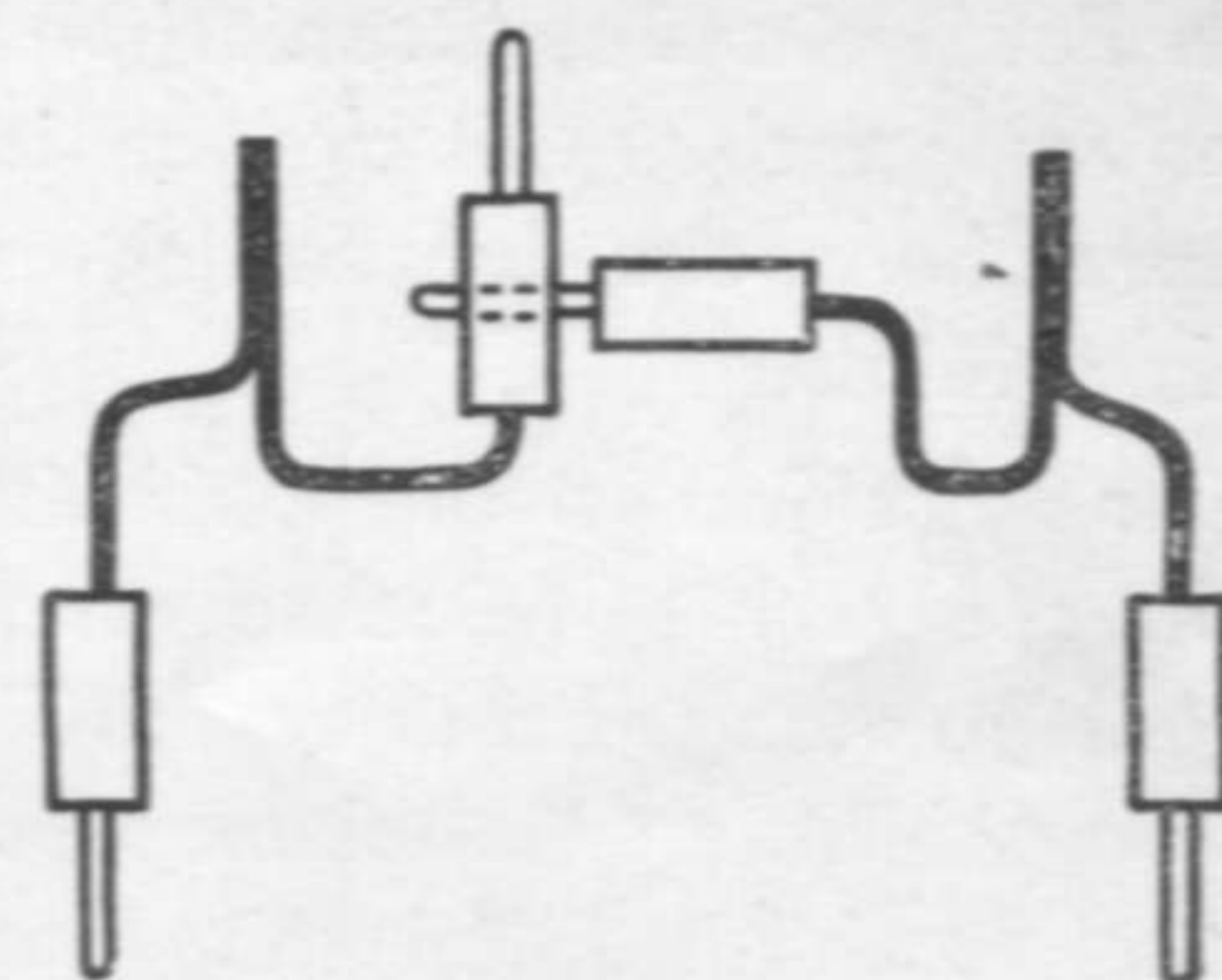


zu den Buchsen T

Bild 5 Parallelschaltung

Schaltung des Hörers bei Stellung des Meßbereichwählers

10 nF	1 H
1 nF	0,1 H
0,1 nF	0,01 H



zu den Buchsen T

Bild 6 Hintereinanderschaltung

Bei häufigen Messungen in den Meßbereichen 100 μ F und 0,1 mH (Meßbereichwähler auf 10 μ F bzw. 0,01 mH) ist die Verwendung eines Doppelkopfhörers $2 \times 4 \Omega$ ratsam. Dieser Hörer ermöglicht in den genannten Bereichen einen Abgleich mit größerer Lautstärke.

Gehörschutz

Zum Schutz des Ohres vor zu großen Lautstärken ist in dem Nullzweig der Brücke ein Begrenzer eingebaut, der die Spannung an den T-Buchsen nicht über 0,5 V ansteigen läßt. Es ist daher beim Wechseln des Meßbereiches oder des Meßobjektes nicht notwendig, den Hörer abzunehmen.

Elektronischer Nullindikator

Das INKAVI gestattet Messungen von Induktivitäten und Kapazitäten in dem sehr großen Meßbereich von acht Zehnerpotenzen. Hierdurch ist es begründet, daß in den äußeren Meßbereichen 0,1 mH, 10H, 1 nF und 100 μ F bei Verwendung eines Kopfhörers als Nullindikator eine Messung zwar möglich, das Tonminimum aber nicht mehr sehr scharf ausgebildet ist. Deshalb empfiehlt es sich besonders in lärm-erfüllten Räumen und in den äußeren Meßbereichen, statt des akustischen Nullindikators einen optischen in Form eines elektronischen Nullspannungsanzeigers zu verwenden. Mit diesem ist in den äußeren Meßbereichen ein wesentlich schärferer Nullabgleich durchführbar.

Der Anschluß ist am INKAVI ohne weiteres möglich, da die rechte T-Buchse geerdet werden kann. Der Nullspannungsanzeiger muß am INKAVI mit einem abgeschirmten Kabel angeschlossen werden, wobei der geschirmte Pol mit der linken T-Buchse, die Schirmung mit der rechten T-Buchse verbunden wird.

Der INKAVI-Anzeigeverstärker (Bild 9 auf Seite 16), ein eigens für das INKAVI entwickelter elektronischer Nullspannungsanzeiger, verstärkt die Grundfrequenz des Diagonalzweiges der Brücke. Er gestattet einen bequemen Nullabgleich der Meßbrücke mit Hilfe des eingebauten Anzeigeinstrumentes. Näheres auf Seite 16 ff.

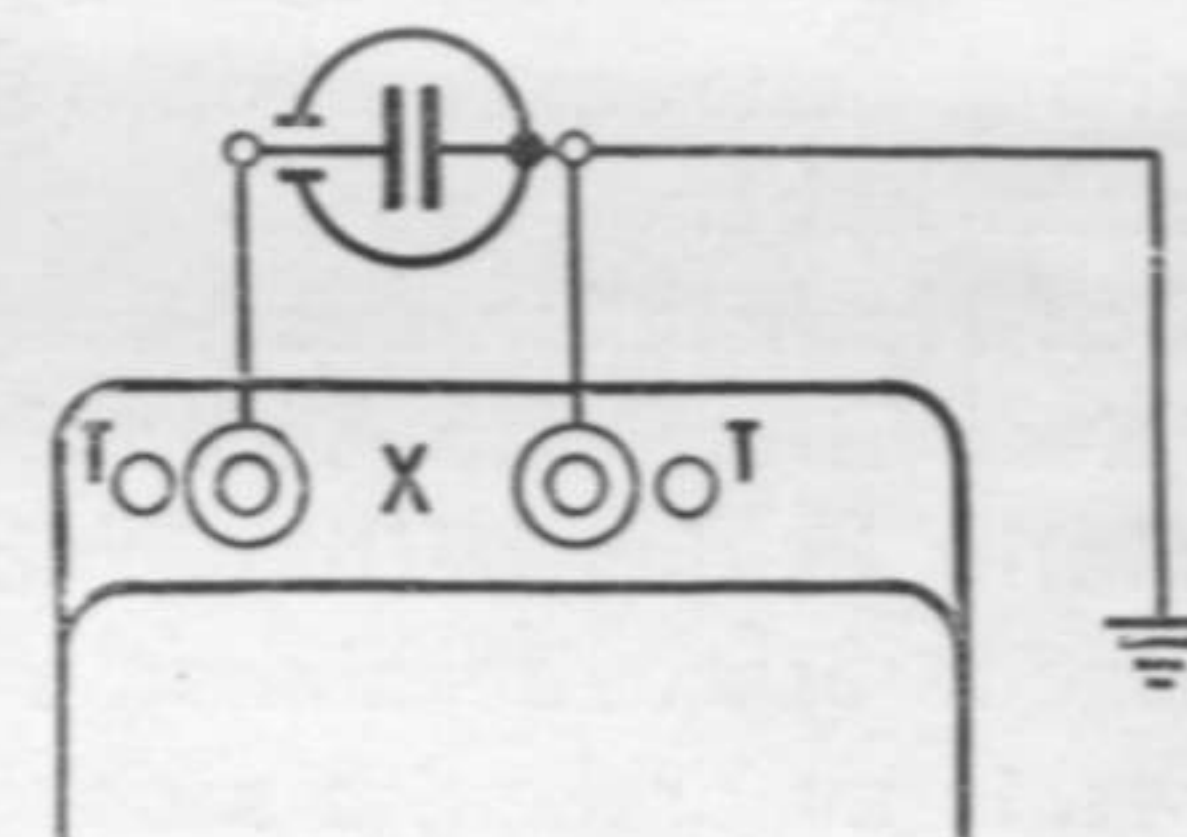
Messung von Elektrolytkondensatoren

Die für Elektrolytkondensatoren aufgestellten Normen (DIN 41 230 und 41 240) schreiben vor, daß der Kapazitätswert durch eine Strom-Spannungsmessung bei einer maximalen Wechselspannung von 0,5 V und einer Frequenz von 50 Hz gemessen wird; die Frequenz der Brückenwechselspannung des INKAVI liegt jedoch bei etwa 1200 Hz. Bei stark verlust-behafteten Elektrolytkondensatoren kann die höhere Frequenz der Brückenspeisespannung zu abweichenden Kapazitätswerten gegenüber den nach DIN gefundenen Meßergebnissen führen.

Die Messung von Elektrolytkondensatoren mit der Meßbrücke INKAVI sollte daher nur auf solche Fälle beschränkt werden, bei denen man sich mit einer überschläglichen Kapazitätsangabe begnügt und bei denen der Fehlwinkel mit Sicherheit unter 0,1 bleibt.

Erdung

Bei der Messung von kleineren Kapazitäten ist es zweckmäßig, die äußere oder die mit dem Schirm des zu messenden Kondensators



verbundene Elektrode an die rechte X-Klemme anzuschließen und diese zu erden (Bild 7).

Wartung

Meßstromquelle. Zum Betrieb des Unterbrecher-summers dient normalerweise eine Taschenlampen-batterie 4,5 V. Nach Abnehmen der Bodenplatte ist die Batterie mit dem kurzen Anschlußstreifen (+ Pol) nach oben einzusetzen. Mit einer Taschenlampen-batterie kann das INKAVI bei intermittierendem Betrieb etwa 15...20 Stunden betrieben werden.

Der Summer ist so eingestellt, daß er bei genügender Spannung der eingesetzten Taschenlampenbat-

terie stets sicher anspricht. Spricht der Summer nicht mehr an, so ist anzunehmen, daß die Batterie erschöpft ist. Sie muß dann gegen eine neue ausgetauscht werden.

Einstellen des Summers

Der Summer arbeitet normalerweise etwa 300 Stunden (Verbrauch von 20 Taschenlampenbatterien!), ohne daß eine Nachstellung der Summerschraube erforderlich ist.

Bevor man sich vergewissert hat, ob die Batteriespannung noch ihren normalen Wert besitzt, wird daher dringend gewarnt, die Summerschraube zu verstellen!

Beträgt die Spannung der Taschenlampenbatterie jedoch 4 Volt oder mehr (meßbar an den beiden seitlichen Buchsen), und der Summer arbeitet nicht, so ist anzunehmen, daß die aus Platin-Wolfram bestehenden Summerkontakte sich geringfügig abgenutzt haben.

Das Nachstellen des Summers erfolgt bei eingeschaltetem Stromkreis. Die auf der Oberseite der Bodenplatte in der Mitte sichtbare Stellschraube ist mit einem Schraubenzieher um 1 oder 2 Rasten nach rechts zu drehen, bis der Summer wieder anspricht. Die Summerstellschraube darf auf keinen Fall zu weit gedreht werden, da sonst ein Dauerstrom fließt, der die Batterie in kurzer Zeit entlädt. Das Fließen eines Dauerstromes erkennt man daran, daß im angeschlossenen Kopfhörer bei kurzzeitigem Drücken des Tastschalters ein deutliches Knacken hörbar ist. In diesem Fall ist die Summerschraube bei gedrücktem Tastschalter solange nach links zu drehen, bis der Summer betriebssicher anspricht.

Der Summer läßt sich im Bedarfsfall nach Öffnen des Gehäusebodens leicht auswechseln.

Meßumschalter. Nach längerem Gebrauch ist es zweckmäßig, die Kontakte des Meßumschalters nach Abnahme der Bodenplatte leicht mit Paraffinöl einzufetten.

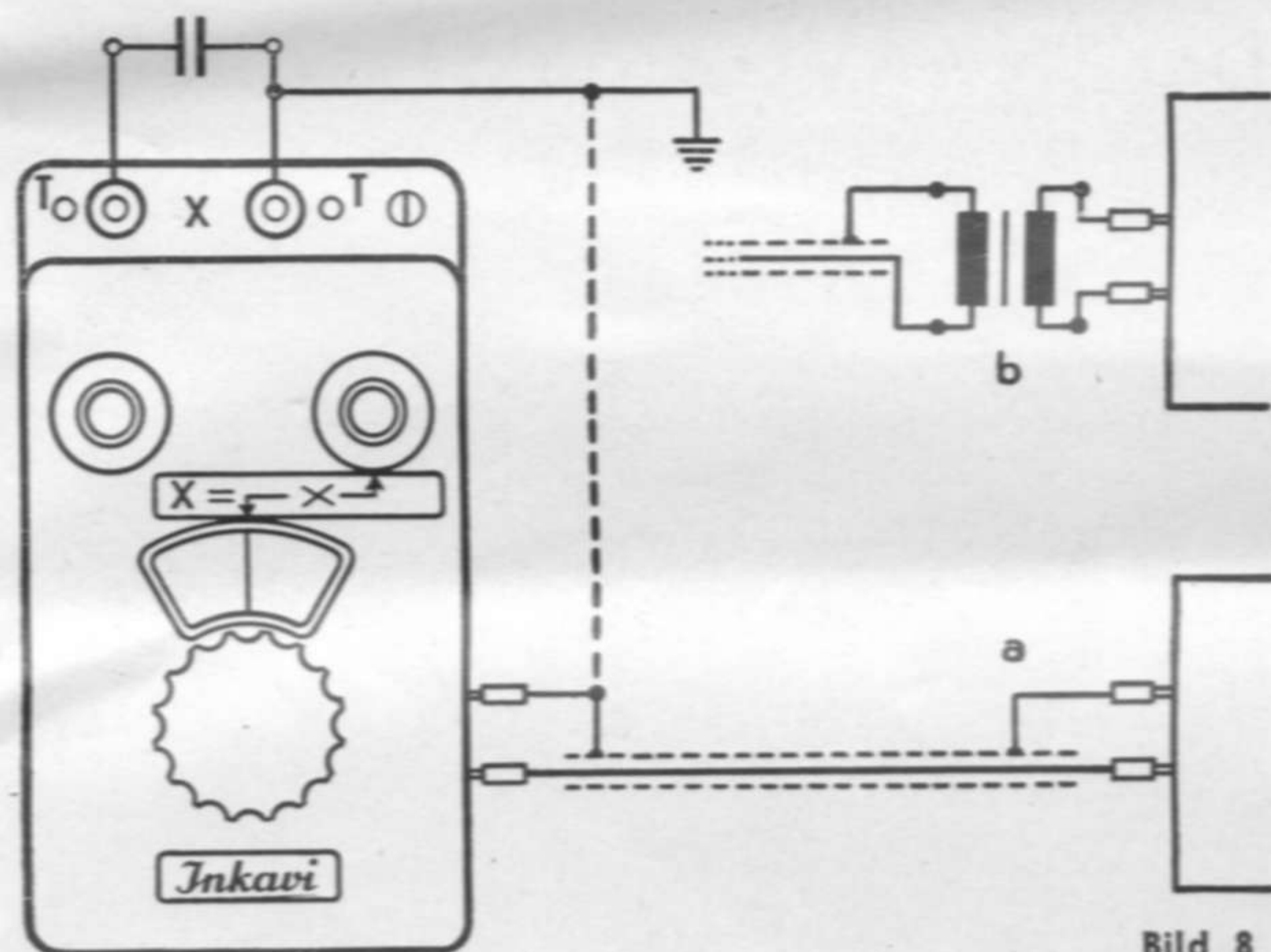


Bild 8

Anschließen einer äußeren Stromquelle

An Stelle der eingebauten Taschenlampenbatterie kann, nachdem diese entfernt ist, auch eine Gleichspannungsquelle von 4 V (Akkumulator, Gleichrichter) Verwendung finden. Sie wird an den seitlichen Buchsen angeschlossen (positiver Pol an der oberen Buchse, Bild 3).

Es ist ebenfalls möglich, einen Röhrensummer oder einen anderen Wechselstromgenerator mit einer Frequenz von etwa 1200 Hz als Spannungsquelle für die Brücke zu benutzen. Die Batterie und der eingebaute Summer sind in diesem Falle herauszunehmen. Die Wechselspannung darf maximal 3 V betragen. Der Generator soll an etwa 10 Ω angepaßt sein (erforderlichenfalls Zwischenschaltung eines Transformators).

Der Anschluß einer äußeren Stromquelle erfolgt nach Bild 8. Abschirmung und Erdung sind zur Vermeidung von Meßfehlern zweckmäßig.

Tragtasche

Zum INKAVI wird eine gepolsterte Tasche aus Leder mit Tragriemen geliefert.

Der INKAVI-Anzeigeverstärker



Bild 9

Der INKAVI-Anzeigeverstärker (Bild 9) ist ein eigens für das INKAVI entwickelter elektronischer Nullindikator. Er dient in Verbindung mit dem INKAVI zur Verstärkung und zur Anzeige der im Nullzweig der Meßbrücke bei unvollkommenem Abgleich auftretenden Wechselspannungen. Als speziell für das INKAVI entwickelter Resonanzverstärker mit logarithmischer Anzeige verstärkt er im wesentlichen die Frequenzen des INKAVI-Summers. Der INKAVI-Anzeigeverstärker ist daher zum Verstärken anderer Frequenzen (Ton- bzw. Netzfrequenz) nicht verwendbar.

Die logarithmische Anzeige ermöglicht die Erfassung eines großen Spannungsbereiches.

Wirkungsweise

Die vom INKAVI-Summer gelieferte Eingangsspannung wird über einen 2stufigen Transistor-Verstärker verstärkt. Die Anpassung an die INKAVI-Frequenz erfolgt durch abgestimmte Anpassungswandler. Die verstärkte Summerspannung wird durch zwei in Gegentakt geschaltete Germaniumdioden gleich-

gerichtet und von einem Gleichstrom-Anzeigeelement angezeigt (Bild 10).

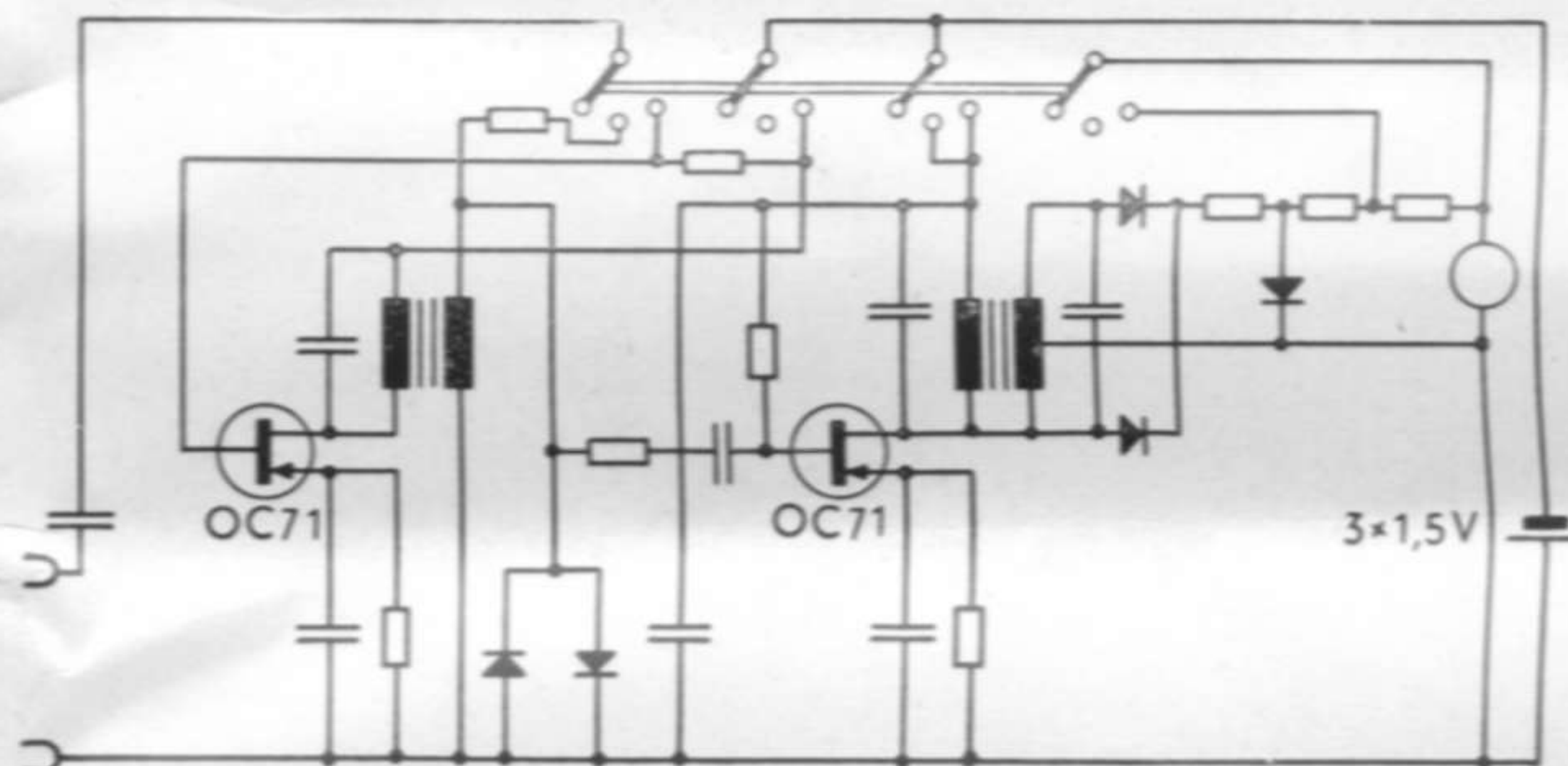


Bild 10

Beschreibung

Verstärker und Anzeigeelement sind in einem schwarzen Preßstoffgehäuse untergebracht. Auf der Oberseite unterhalb des Anzeigeelementes befindet sich die Nullpunkt-korrektions-schraube, mit der die Nullstellung des Anzeigeelementes, falls erforderlich, nachgestellt werden kann, sowie zwei Klemmschrauben. Sie liegen parallel zum Verstärkereingang und ermöglichen die Verwendung des Verstärkers auch bei anderen Meßaufgaben. An der Stirnseite befindet sich der Verstärkereingang in Form einer Spezialbuchse.

Im Boden des Gehäuses, der nach Abschrauben der Bodenplatte zugänglich ist, sitzen die drei einzelnen Stabbatterien.

Technische Daten

Ansprechempfindlichkeit:

Schalterstellung Grob: 4 mV ... 1,5 V

Schalterstellung Fein: 15 μ V ... 3 mV

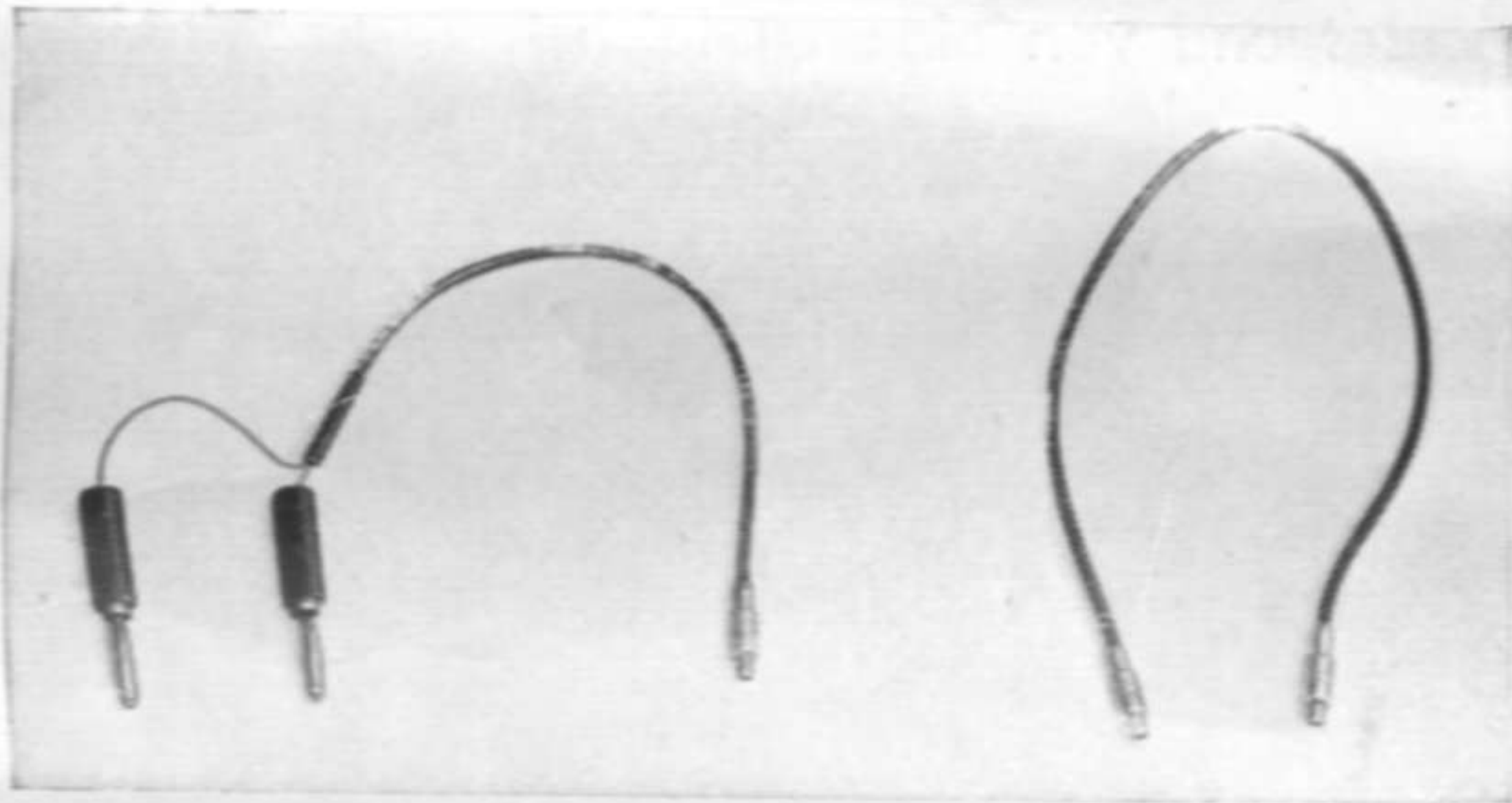
Anzeige: logarithmisch

Skala: etwa 70 mm lang, 20teilig

Abmessungen: etwa 190 x 100 x 70 mm

Gewicht: etwa 0,8 kg

Spannungsquelle: 3 Stabbatterien Pertrix Nr. 251, 1,5 V.



a

b

Bild 11

Inbetriebnahme

Mit Hilfe des mitgelieferten Spezialkabels (Bild 11, b) den Verstärkereingang mit INKAVI verbinden.

Falls das INKAVI keinen Anschluß für das Spezialkabel besitzt, muß ein Spezialkabel nach Bild 11, a benutzt werden. Die Bananenstecker werden in die beiden T-Buchsen des INKAVI gesteckt. Das weiße Kabelende in die linke, das rote in die rechte T-Buchse stecken.

Meßobjekt (Induktivität oder Kapazität) am INKAVI anschließen.

Tastschalter G am INKAVI einschalten, wonach der Summer ertönen muß.

Umschalter des Verstärkers zunächst auf „Grob“, sodann falls erforderlich auf „Fein“.

Der Abgleich erfolgt nunmehr in üblicher Weise, bis der Ausschlag des Anzeigeinstrumentes im Verstärker ein Minimum wird. Dieses Minimum soll zwar scharf sein, der Zeiger wird jedoch im allgemeinen nicht auf den Nullpunkt zurückgehen, da die hohe Empfindlichkeit des Verstärkers bei den mittleren Meßbereichen des INKAVI nicht ausgenutzt werden kann.

Achtung! Nach beendeter Messung Schalter am Verstärker auf „Aus“ stellen.

Wartung

Die Wartung beschränkt sich auf das Erneuern der Batterie, sobald der Ausschlag des Anzeigeinstrumentes ungenügend wird oder ganz fehlt.

Zum Auswechseln der Batterie ist die Bodenplatte nach Lösen der Rändelschraube abzunehmen und die 3 Stabzellen sind gegen neue auszutauschen. Auf richtige Polung achten!

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

INKAVI-Meßbrücke	5
Wirkungsweise	7
Beschreibung	7
Durchführung der Messungen	9
Meßgenauigkeit	10
Nullindikator	11
Messung von Elektrolytkondensatoren	13
Erdung	13
Wartung	13
Anschließen einer äußeren Stromquelle	15
Tragtasche	15
INKAVI-Anzeigeverstärker	16
Wirkungsweise	16
Beschreibung	17
Technische Daten	17
Inbetriebnahme	18
Wartung	19