

HARTMANN & BRAUN
A-G FRANKFURT/MAIN



Inkavi



GEBRAUCHSANWEISUNG

EB 41-1

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

INKAVI	3
Wirkungsweise	5
Beschreibung	5
Durchführen der Messungen	7
Meßgenauigkeit	8
Nullindikator	9
Messung von Elektrolytkondensatoren	11
Erdung	11
Wartung	11
Anschließen einer äußeren Stromquelle	13
Tragtasche	13
INKAVI-Anzeigeverstärker	15
Wirkungsweise	16
Beschreibung	17
Technische Daten	17
Inbetriebsetzen	18
Wartung	20

Inkavi

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

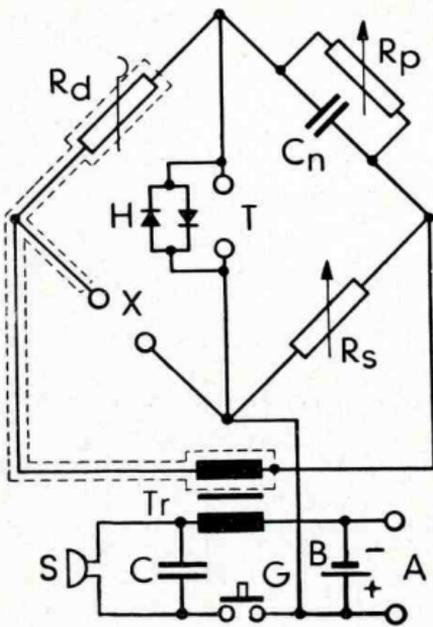


Bild 1
Induktivitätsmessung

- 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

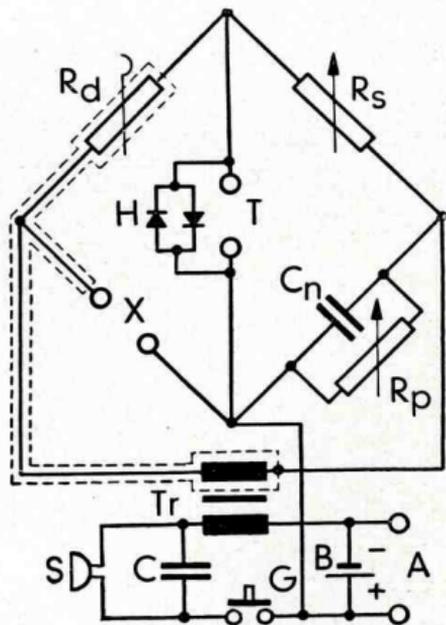


Bild 2
Kapazitätsmessung

Die Induktivitäts- und Kapazitäts-Meßbrücke INKAVI dient zur genauen Messung von Induktivitäten und Kapazitäten aller Art sowie zur annäherungsweise Bestimmung ihres Verlustfaktors $\operatorname{tg} \delta$. Mit dem INKAVI lassen sich Induktivitäten von 0,1 Mikrohenry bis 10 Henry und Kapazitäten von 1 Picofarad bis 100 Mikrofarad 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 Volt betrieben wird. Er erzeugt eine nahezu sinusförmige Wechselspannung mit einer Frequenz von 1400 Hz. Die Spannung am Meßobjekt beträgt maximal $6 V_{\text{eff}}$. 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.

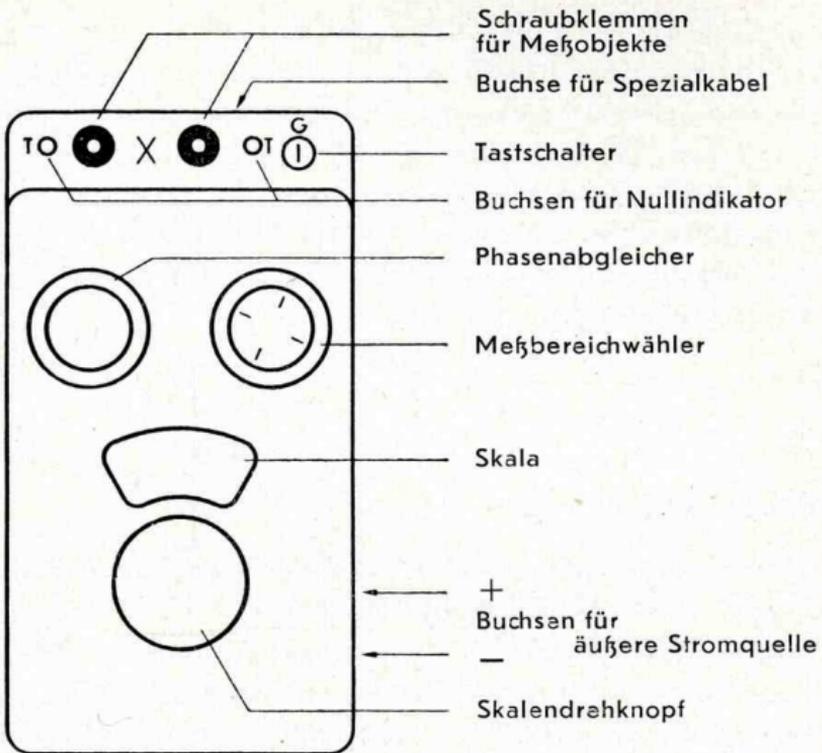


Bild 3

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...0,1mH	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 μ F	0...10 μ F	0...100 μ F

* 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 Skalensfensters 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 Phasenabgleiches notwendig.

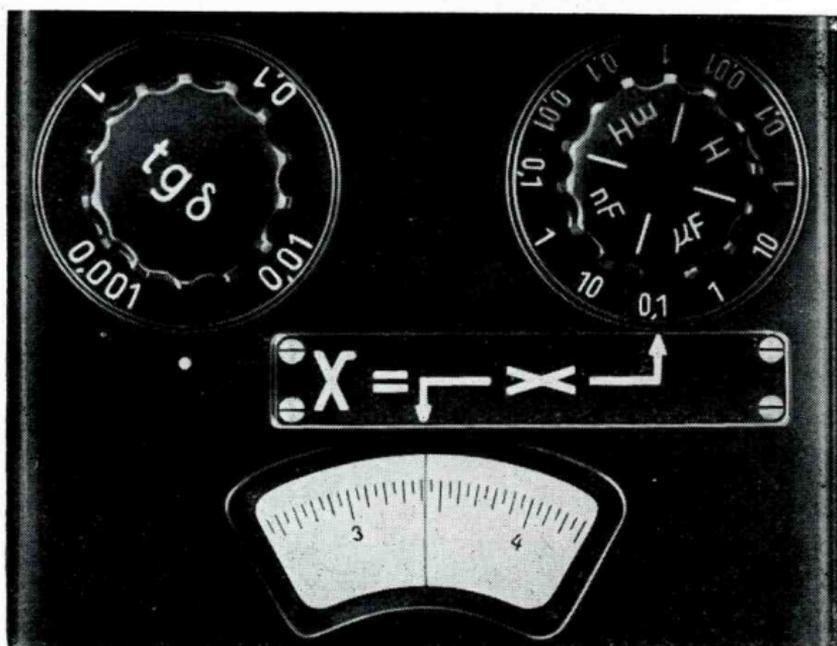


Bild 4

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‰ am Anfang, 4‰ am Ende der Skala). Lediglich in den Bereichen 0...10 H und 0...1 nF ist mit einem geringfügig (maximal um 2‰) 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.

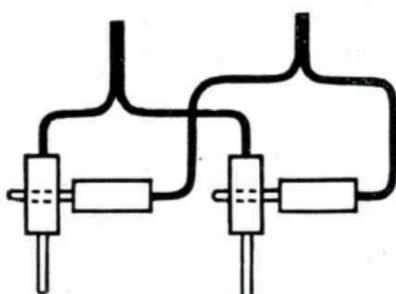
Nullindikator

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 Anschlußsnur jeder der beiden Einzelmuscheln mit zwei Querlochsteckern versehen. Je nach Meßbereich empfiehlt es sich, die Einzelmuscheln parallel- oder hintereinanderschalten.

Schaltung des Hörers
bei Stellung des
Meßbereichwählers:

10 μF	1 mH
1 μF	0,1 mH
0,1 μF	0,01 mH

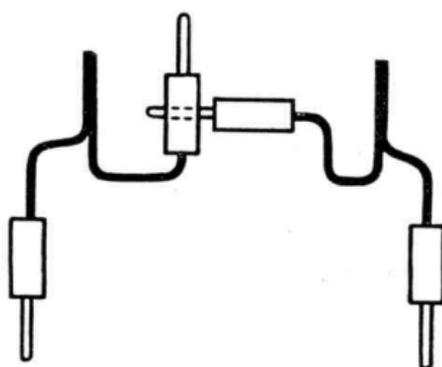


zu den Buchsen T

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 μF und 0,1 mH (Meßbereichwähler auf 10 μF bzw. 0,01 mH) ist die Verwendung eines Doppelkopfhörers $2 \times 4 \text{ Ohm}$ 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, 10 H, 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 lärmgefüllten 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 15), 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 Anzeigeelementes. Der aus dem Wechselstromnetz (120/220 V) gespeiste Verstärker liefert zusätzlich noch die Meßspannung für das INKAVI, so daß bei Benutzung des INKAVI-Anzeigeverstärkers keine weitere Meßstromquelle erforderlich ist (siehe Seite 16).

Messung von Elektrolytkondensatoren

Die direkte Messung von Elektrolytkondensatoren ist ohne weiteres möglich, da der Verlustmeßbereich der Meßbrücke hinreichend groß und die Meßspannung niedrig ist. Die Meßspannung beträgt bei Kondensatoren mit Kapazitäten über $1 \mu\text{F}$ weniger als 1 Volt.

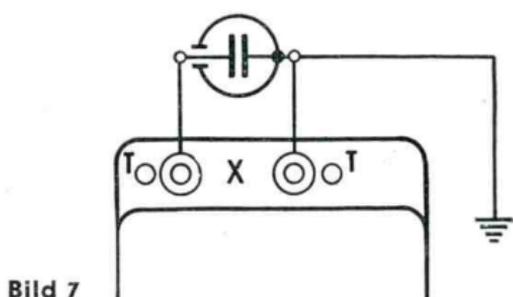


Bild 7

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

Der Summer ist so eingestellt, daß er bei genügender Spannung der eingesetzten Taschenlampenbatterie stets sicher anspricht. Spricht der Summer nicht mehr an, so ist anzunehmen, daß die Batterie erschöpft ist. Sie muß dann gegen eine neue ausgewechselt 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.

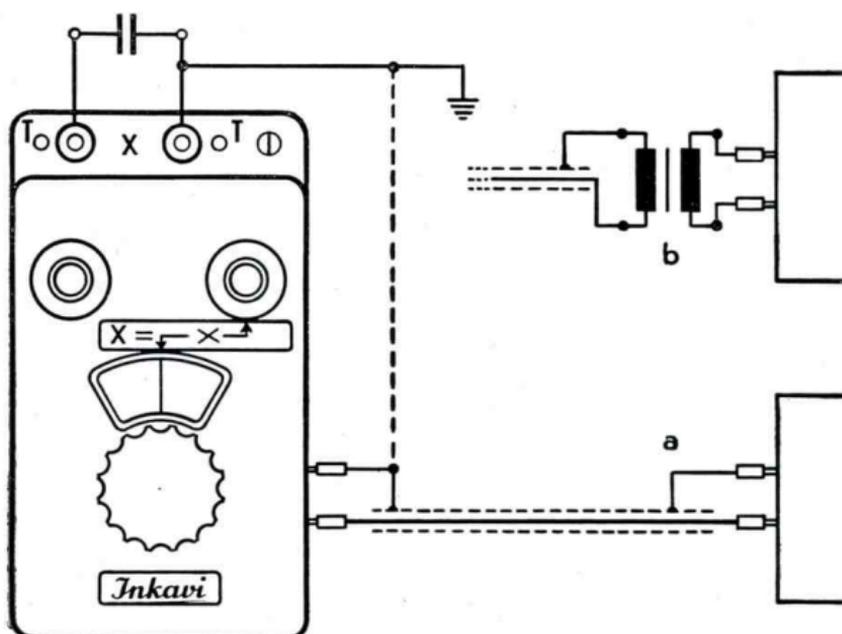


Bild 8

Anschließen einer äußeren Stromquelle

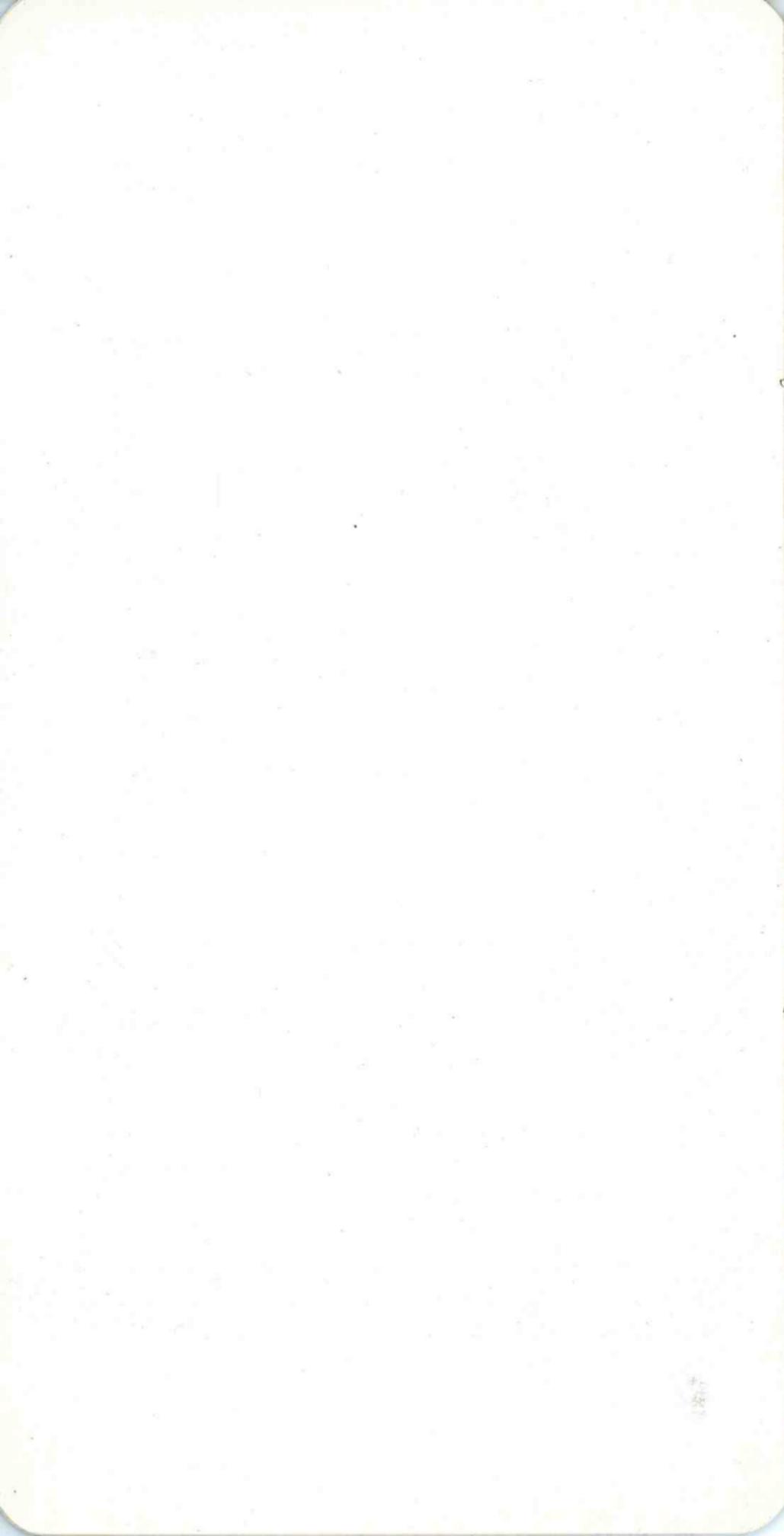
An Stelle der eingebauten Taschenlampenbatterie kann, nachdem diese entfernt ist, auch eine Gleichspannungsquelle von 4 V (Akkumulator, Gleichrichter) Verwendung finden. Sie wird an den seitlichen Buchsen angeschlossen (positiver Pol an der oberen Buchse, Bild 3).

Es ist ebenfalls möglich, einen Röhrensummer oder einen anderen Wechselstromgenerator beliebiger Frequenz 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 Ohm 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

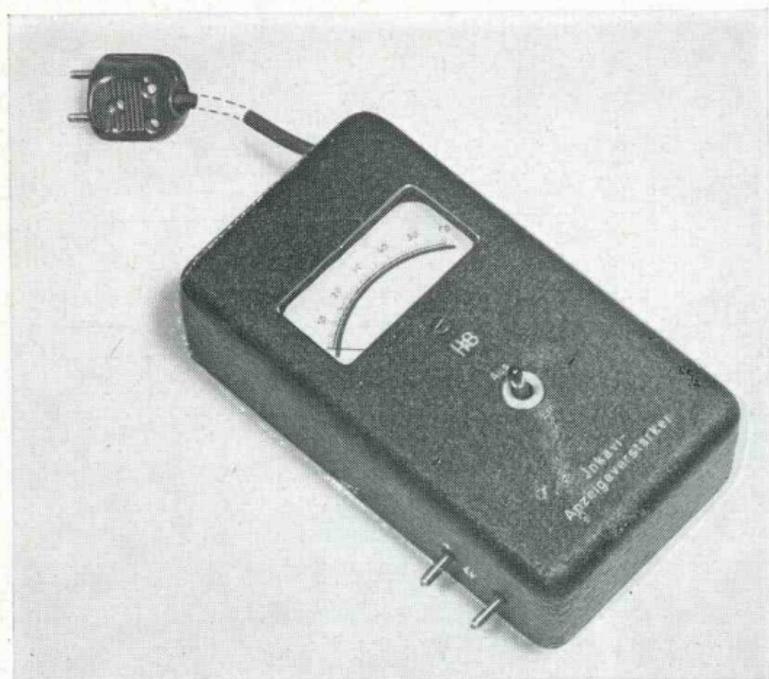


Bild 9

Der INKAVI-Anzeigeverstärker (Bild 9) ist ein eigens für das INKAVI entwickelter elektronischer Nullindikator. Er dient in Verbindung mit dem INKAVI zum Verstärken 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 hat zur Folge, daß ein großer Spannungsbereich mit dem Gerät erfaßt werden kann,

so daß in allen Meßbereichen ein bequemer Abgleich möglich ist.

Der Netzteil des INKAVI-Anzeigeverstärkers enthält eine Gleichspannungsquelle von etwa 4,5 V zum Betriebe des INKAVI-Summers. Die Taschenlampenbatterie, die normalerweise als Spannungsquelle für das INKAVI dient, kann daher bei Verwendung des INKAVI-Anzeigestärkers gespart werden.

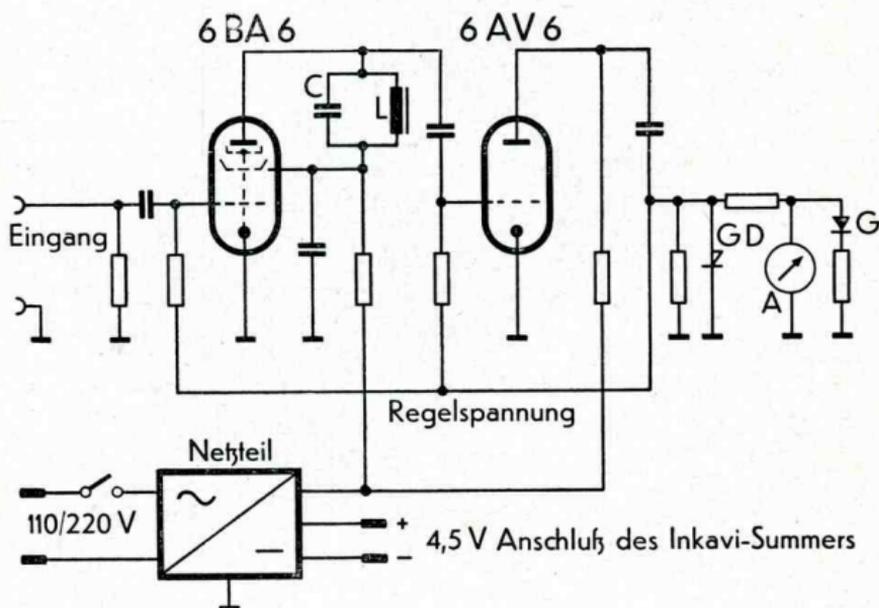


Bild 10

Wirkungsweise

Der zweistufige Verstärker enthält an erster Stelle eine Regel-Penthode (6 BA 6), die die Eingangsspannung verstärkt (Bild 10). Im Anodenkreis dieser Röhre liegt ein auf die Summerfrequenzen des INKAVI abgestimmter Resonanzkreis LC, so daß nur diese Frequenzen verstärkt und andere Störspannungen unterdrückt werden. Die in der zweiten Verstärkerstufe nochmals verstärkte Summer-spannung wird an der Anode der zweiten Verstärker-röhre 6 AV 6, mit einem Kondensator ausgekoppelt und durch die Germanium-Diode GD gleichgerichtet. Diese Gleichspannung wird von dem Anzeigeeinstrument A an-gezeigt.

Beschreibung

Verstärker, Netzteil und Anzeigeeinstrument sind in einem schwarzlackierten Blechgehäuse untergebracht, das etwa die gleichen Abmessungen wie das INKAVI hat (Bild 11). Auf der Oberseite unterhalb des Anzeigeeinstrumentes befindet sich die Nullpunkt-Korrektionsschraube, mit der die Nullstellung des Anzeigeeinstrumentes, falls erforderlich, nachgestellt werden kann, sowie der Netzschalter. An der linken Gehäusesseite sind die Stecker (Bild 9) für die Speisespannung des INKAVI-Summers (4 V Gleichstrom). An der Stirnseite ist rechts die Netzanschluschnur eingeführt. Links befindet sich der Verstärkereingang in Form einer Spezialbuchse.

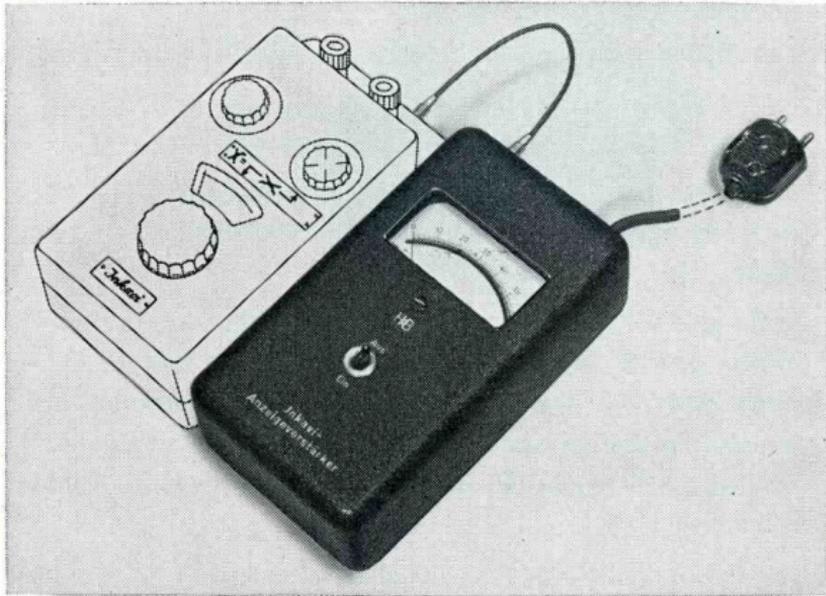


Bild 11

Technische Daten

Netzspeisung:	Wechselstrom 120/220 V
Verbrauch:	12 VA
Röhrenbestückung:	6 B A 6 (EF 94) und 6 A V 6 (EBC 91)
Eingang:	100 μ V...3 V, 1200...1400 Hz
Anzeige:	logarithmisch
Skala:	etwa 70 mm lang, 100-teilig
Summerspeisung:	4...5 V Gleichstrom, 50...100 mA
Abmessungen:	etwa 200 x 100 x 65 mm
Gewicht:	etwa 1,8 kg

Inbetriebsetzen

1. Nachdem das Gerät aus der Verpackung herausgenommen ist, die beigegefügte Stecker mit ihrem Gewinde in die seitlich sichtbaren Gewindemuttern einschrauben (Bild 9).
2. Falls keine Wechselspannung von 220 V sondern nur von 110 oder 127 V zur Verfügung steht, das Gerät dafür umschalten. Dazu die Grundplatte nach Lösen der beiden seitlichen Schrauben abnehmen und den Anschluß am Netztransformator umklemmen (Bild 12). Die Grundplatte nach der Umschaltung wieder anschrauben.
Das Gerät ist bei der Lieferung grundsätzlich für 220 V geschaltet.
3. Taschenlampenbatterie aus dem INKAVI entfernen.
4. INKAVI-Anzeigeverstärker mit den seitlichen Steckern an die rechte Seite des INKAVI stecken (Bild 11).
Mit Hilfe des mitgelieferten Spezialkabels (Bild 13b) den Verstärkereingang mit dem INKAVI verbinden (Bild 11).
Falls das INKAVI keinen Anschluß für das Spezialkabel gemäß Bild 13b besitzt, muß ein Spezialkabel nach Bild 13a 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.
5. Den Netzschalter auf dem INKAVI-Anzeigeverstärker einschalten.
Nach einer Anheizzeit von etwa einer Minute ist der Verstärker betriebsbereit.
6. Meßobjekt (Induktivität oder Kapazität) am INKAVI anschließen.
Der Anschluß des Meßobjektes kann beliebig erfolgen, da der Verstärkerkreis sowie die Summerspannung vom Netz galvanisch getrennt sind.
7. Tastschalter G am INKAVI einschalten. Der Summer ertönt und der Anzeige-Verstärker zeigt einen bestimmten Ausschlag.

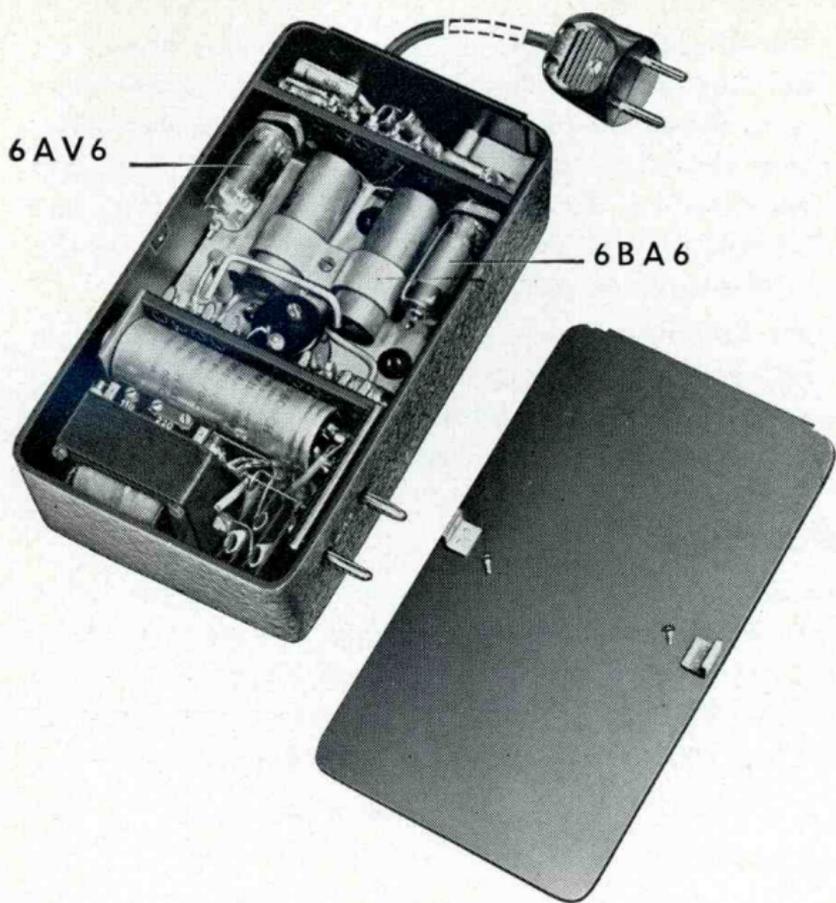
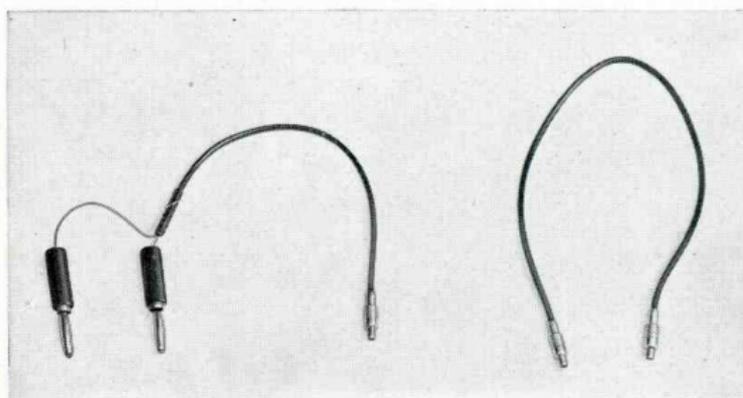


Bild 12



a

b

Bild 13

Der Abgleich erfolgt nunmehr in üblicher Weise, bis der Ausschlag des Anzeigeinstrumentes 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 vom INKAVI in seinen mittleren Meßbereichen nicht ausgenutzt werden kann.

8. Bei Betriebspausen zunächst den Tastschalter G am INKAVI und dann erst den Netzschalter am Verstärker ausschalten, da andernfalls der Summer beim Wiedereinschalten nicht mit Sicherheit anspringt.

Wartung

Außer den beiden Röhren besitzt der Verstärker keine Teile, die dem Verschleiß unterliegen. Die beiden Röhren sind nach Abnehmen der Rückwand (Bild 12) vorsichtig (nach Lockerung etwa mit einem Schraubenzieher) herausnehmen und gegen einwandfreie auszutauschen.