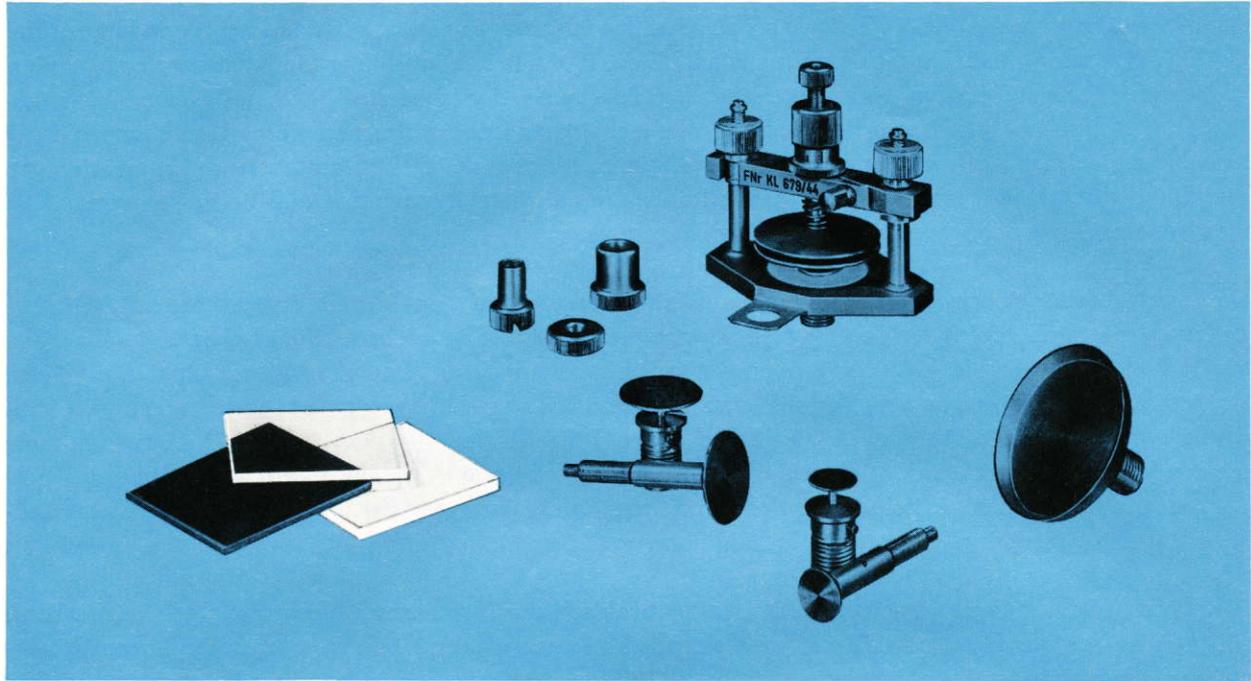


# STOFFMESSKONDENSATOR



Der Stoffmeßkondensator KMS dient in Verbindung mit geeigneten Leitwertmessern oder Kapazitäts- bzw. Verlustfaktormeißgeräten zum Bestimmen der dielektrischen Stoffkennwerte  $\epsilon'_r$  und  $\tan \delta_\epsilon$  von festen und flüssigen Stoffen bis zu Meßfrequenzen von 100 MHz. Auch Untersuchungen der Durchschlagsfestigkeit sind möglich.

## Besondere Anwendungsgebiete

- Untersuchungen im Bereich der Entwicklung und Fertigung von Isolierstoffen und Isolierkeramiken
- Fertigungs- und Wareneingangskontrolle an Kondensatordielektrika sowie Konstruktions- und Stützmaterialien für die Elektrotechnik
- Gleichmäßigkeitskontrolle an Kunststoffen, die für Hochfrequenzschweißung geeignet sein sollen; Bestimmung der Schweißleit-zahl
- Chemisch-physikalische Strukturuntersuchungen
- Grundlegende dielektrische Untersuchungen aller Art
- Untersuchungen der Durchschlagsfestigkeit

## Charakteristische Merkmale

- Hohe anwendbare Meßfrequenzen, weiter Bereich für  $\epsilon'_r$  und  $\tan \delta_\epsilon$
- Für direkte und Substitutionsverfahren geeignet
- Die Ausführung entspricht DIN 53483 bzw. VDE 0303, Teil 4/10.55
- Geringer Materialverbrauch für Meßproben. Bei besonders vorbehandelten Proben auch Messungen von HDK-Massen möglich
- Drei auswechselbare Elektrodenpaare mit abgestuften Durchmessern sowie besondere Topfelektrode für Flüssigkeitsmessungen im Lieferumfang
- Minimale Eigenverluste und Störkapazitäten, kleine Reiheninduktivität
- Temperierung der Proben mit besonderen Vorkehrungen möglich

## Eigenschaften und Anwendung

Der Stoffmeßkondensator KMS dient zur Bestimmung der dielektrischen Kennwerte  $\epsilon'_r$  und  $\tan \delta_\epsilon$  an festen und flüssigen Stoffen. Er ist besonders für die Zusammenarbeit mit Leitwertmessern wie unseren Typen VLU BN 3510 oder VLUK BN 3511 vorgesehen, eignet sich aber auch für Messungen in Verbindung mit der Verlustfaktormeßbrücke VKB BN 3520 sowie zusammen mit dem Verlustfaktormeßgerät VKS BN 3530 zur Reihenschaltung des Verlustfaktors oder mit dem Kapazitätsmeßgerät KARU BN 510 zur Messung der Dielektrizitätskonstante allein. Ferner sind Durchschlagmessungen, etwa mit dem Hochspannungsprüfer UHP BN 1950, möglich. Bei Meßfrequenzen von 0 bis ca. 100 MHz ermöglicht der Meßkondensator alle interessierenden Stoffuntersuchungen in der chemischen Forschung, der Isolierstoff- und Isolierkeramikentwicklung, der Fertigungs- und Wareneingangskontrolle technischer Isolierstoffe und Keramiken sowie bei der Anwendung solcher Stoffe als Konstruktions- und Stützmaterial in der Elektrotechnik. Auch Untersuchungen und Gleichmäßigkeitskontrollen von Kunststofffolien, die mit dielektrischen Schweiß-Verfahren verarbeitet werden, sind Anwendungsgebiete des Meßkondensators.

Die erreichbaren Meßgenauigkeiten liegen in einer dem Stand der Technik entsprechenden Größenordnung; der Meßbereich für den Verlustfaktor umfaßt auch Stoffe höchster elektrischer Güte wie Polystyrol, Teflon usw. An die Form der Proben werden keine besonderen Anforderungen gestellt. Sie müssen nur planparallel sein und eine im Verhältnis zu Dicke und Dielektrizitätskonstante ausreichend ebene Oberfläche aufweisen. Feste Stoffe mit  $\epsilon'_r > 10$  und dünne Folien dürfen allerdings nicht einfach zwischen die Elektroden eingespannt werden; Planparallelitätsfehler und Unebenheiten der Oberfläche würden zu Luftspalten und damit zu unzulässigen Meßfehlern führen. Solche Proben versieht man daher mit einem Leit-silberanstrich oder bringt einen metallischen Überzug (Kaschierung) auf.

Für Flüssigkeitsmessungen kann die untere Plattenelektrode durch eine zum Lieferumfang gehörende Topfelektrode ausgetauscht werden. Diese Topfelektrode hat einen vier mm hohen Rand, so daß man Flüssigkeiten einfach einfüllen kann. Meßkondensator und Meßgerät müssen hierbei waagrecht angeordnet sein, was sich leicht durch Kippen des Meßgerätes nach rückwärts erreichen läßt.

Meß- und Anwendungsmöglichkeiten des Stoffmeßkondensators in Verbindung mit verschiedenen Meßgeräten zeigt die folgende Aufstellung:

Meßgerät	Stoffkennwert	Meßbereich (etwa)	Frequenzbereich (Kapazitätsmeßbereich)	Anwendung
Leitwertmesser VLU BN 3510	$\epsilon'_r$ $\tan \delta_\epsilon$	1 ... 1000 $10^{-4} \dots 10^{-1}$	100 kHz ... 10 MHz (2 ... 1000 pF)	universell
Leitwertmesser VLUK BN 3511	$\epsilon'_r$ $\tan \delta_\epsilon$	1 ... Meßgrenze <sup>1)</sup> $10^{-4} \dots 10^{-1}$	10 MHz ... 100 MHz (1 ... 100 pF)	universell
Verlustfaktormeßbrücke VKB BN 3520	$\epsilon'_r$ $\tan \delta_\epsilon$	1 ... $10^5$ $5 \cdot 10^{-4} \dots 1$	50 Hz ... 300 kHz (10 pF ... 1 $\mu$ F)	universell
Verlustfaktormeßgerät VKS BN 3530	$\tan \delta_\epsilon$	1 ... $25 \cdot 10^{-4}$ <sup>2)</sup>	1 MHz (10 ... 100 pF)	Verlustfaktor allein (Meßreihen)
Verlustfaktormeßgerät VKS BN 3531	$\tan \delta_\epsilon$	1 ... $25 \cdot 10^{-4}$ <sup>2)</sup>	1 MHz (100 ... 1000 pF)	Verlustfaktor allein (Meßreihen)
Kapazitätsmeßgerät KARU BN 510	$\epsilon'_r$	1 ... $10^6$	ca. 1,5 ... 175 kHz, abhängig von der Meßkapazität $C_m$ (1 pF ... 10 $\mu$ F)	DK allein (Einzelmessung und Meßreihen)

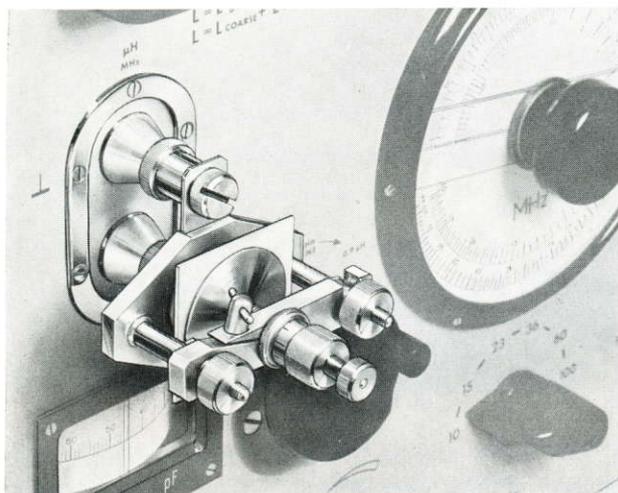
<sup>1)</sup> Die Meßgrenze ergibt sich aus dem verfügbaren Kapazitätsmeßbereich und der unter Berücksichtigung der Reiheninduktivität anwendbaren Meßfrequenz.

<sup>2)</sup> Durch definiertes Vergrößern von  $C_{Rest}$ , d. h. durch Parallelschalten einer Festkapazität, kann der Meßbereich bis auf  $10 \dots 250 \cdot 10^{-4}$  erweitert werden.

## Ausführung (Aufbau)

Die Ausführung des im Titelbild dargestellten Stoffmeßkondensators KMS sowie seine Anwendung zusammen mit den Leitwertmessern VLU und VLUK entsprechen den Normvorschlägen DIN 53 483 bzw. VDE 0303, Teil 4/10.55.

Auf einer massiven Grundplatte befinden sich zwei Streben, an denen eine Traverse mit zwei Rändelmuttern befestigt ist. Diese Traverse ist für den Substitutionsvorgang (Leitwertmesser) abschwenkbar und trägt die kalte Gegenelektrode. Die Einstellung des Plattenabstandes erfolgt mit einer geeichten Feineinstellmutter. Die heiße Elektrode ist starr mit einer Teflonstütze verschraubt, die in der Grundplatte sitzt. Die Elektroden können gegen die im Lieferumfang enthaltenen anderen Elektroden unterschiedlicher Größe ausgetauscht werden. Zur Messung von Flüssigkeiten wird die Topfelektrode eingesetzt. Alle Elektroden weisen am Übergang zum Schaft eine starke Einschnürung auf, die einerseits dazu dient, daß sich die Platten unter dem Druck der Feder elastisch an etwa nicht genau planparallele Proben anpassen und die andererseits einen gewissen thermischen Widerstand bei Temperierung darstellt.



Der Flansch der heißen Elektrode ist mit einem Innengewinde versehen und paßt auf das Gewinde der Objektklemmen (Rändelklemmen) unserer Geräte. Eine seitlich an der Grundplatte befindliche Erdflasche übernimmt die Verbindung mit der Erdklemme eines 30-mm-Buchsenpaares. Durch diese starre und kurze Verbindung mit den Meßklemmen sowie durch den gewählten Aufbau des Kondensators lassen sich die bei hohen Frequenzen störenden Zuleitungsinduktivitäten und Übergangswiderstände so klein halten, daß bis zu einer Meßfrequenz von 100 MHz zuverlässige Meßwerte zu erwarten sind.

Alle stromführenden Teile sind für gute elektrische Leitfähigkeit galvanisch versilbert und zur

Verbesserung der Widerstandsfähigkeit des Überzuges rhodiniert. Der Stoffmeßkondensator ist ohne Schutzring ausgeführt, da das anzuwendende Meßprinzip eine Schutzringschaltung nicht zuläßt. Er entspricht damit auch der erwähnten Normvorschrift.

Das Temperieren einer Probe muß durch einen auf die Elektroden gerichteten Warmluftstrom oder durch eine besondere, auf den Elektrodenrückseiten anzubringende elektrische Heizvorrichtung individuell vorgenommen werden. Hierfür dürfen die Elektroden Umgebungstemperaturen bis zu 200 °C ausgesetzt werden.

## Messung, Auswertung

Mit dem Stoffmeßkondensator wird im Prinzip so gemessen, daß zunächst die Kennwerte der Meßkapazität  $C_m$  und  $R_m$  (als Parallelschaltung) ermittelt werden, wenn der Elektrodenzwischenraum vollständig von dem zu untersuchenden Stoff erfüllt ist. In einem zweiten Meßvorgang wird nach Entfernen der Probe und bei gleichem Elektrodenabstand die zur ersten Messung gehörige Luftkapazität  $C_0$  festgestellt. Aus diesen Werten ergibt sich die Dielektrizitätskonstante des Stoffes zu

$$\epsilon'_r = \frac{C_m}{C_0}$$

und der Verlustfaktor zu

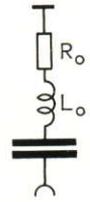
$$\tan \delta_\epsilon = \frac{1}{\omega \cdot C_m \cdot R_m}$$

Die an den Meßgeräten direkt abgelesenen Meßwerte sind jedoch mit verschiedenen Störgrößen (Randfeld, Streukapazitäten) behaftet, die für genaue Messungen besonders zu berücksichtigen sind. Die einzelnen Korrekturvorgänge sind in der Gerätebeschreibung ausführlich erklärt; sie können für informative und Vergleichsmessungen in der Regel vernachlässigt werden, wenn ein absoluter Meßfehler von ca. 5% für die Stoffkennwerte zulässig ist.

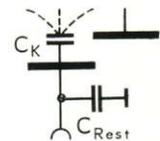
## STOFFMESSKONDENSATOR KMS

## Technische Daten

Elektroden Durchmesser . . . . .	3,5/2,0/1,1 cm
Einstellbarer Elektrodenabstand . . . . .	0 ... 0,5 cm
Luftkapazität der Elektroden . . . . .	etwa 0,85 pF/cm <sup>2</sup>
Reihenverlustwiderstand R <sub>o</sub> . . . . .	etwa 50 mΩ
Reiheninduktivität L <sub>o</sub> . . . . .	etwa 14 nH
Verlustfaktor der Luftkapazität tan δ <sub>o</sub> bei C <sub>o</sub> = 15 pF	vernachlässigbar (f < 100 kHz) ca. 5 · 10 <sup>-5</sup> (f < 10 MHz) ca. 7 · 10 <sup>-4</sup> (f < 100 MHz)



	Elektroden Durchmesser		
	3,5	2,0	1,1 cm
Raumkapazität der heißen Elektrodenfläche C <sub>k</sub> . . . . .	0,96	0,48	0,23 pF
Restkapazität C <sub>Rest</sub> (ohne C <sub>k</sub> )			
mit Plattenelektroden . . . . .	2,8	1,8	1,6 pF
mit Topfelektrode . . . . .	3,6 pF		
Verlustfaktor tan δ <sub>Rest</sub> . . . . .	< 10 <sup>-4</sup>		



Elektrodenisolation . . . . .	Teflon
Elektrodenverstellung . . . . .	mit geeichter Feineinstellmutter (0,05-mm-Teilung)
Anschlüsse . . . . .	direkte mechanische Verbindung, passend zu Anschlußklemmen (Rändelklemmen) mit 30 mm Abstand und Außengewinde M 6 × 0,5

Obere Grenzfrequenz . . . . .	100 MHz
Meßbereich der Dielektrizitätskonstante ε' <sub>r</sub> für gewöhnlich eingespannte Proben . . . . .	1 ... 10 <sup>11</sup> )
Untere Meßgrenze des Verlustfaktors tan δ <sub>ε</sub> . . . . .	ca. 1 · 10 <sup>-4</sup> (f ≤ 10 MHz) ca. 5 · 10 <sup>-4</sup> (f ≤ 100 MHz) <sup>2)</sup>

Bestimmungsfehler der Stoffkennwerte (für ε'<sub>r</sub> < 10 und f < 10 MHz) . . . . . zu den durch Meßgeräte und Luftspalte gegebenen Fehlern ist noch eine Meßunsicherheit von ± 2% für ε'<sub>r</sub> und ± 2% vom Meßwert ± 1 · 10<sup>-4</sup> für tan δ<sub>ε</sub> hinzuzurechnen

Abmessungen (B × H × T) . . . . .	65 × 70 × 60 mm; Etui 145 × 87 × 84 mm
Gewicht (kompl.) . . . . .	etwa 0,8 kg

**Bestellbezeichnung** . . . . . ► Stoffmeßkondensator KMS BN 5741/2

**Mitgeliefertes Zubehör** (im Preis einbegriffen)

3 Elektrodenpaare 3,5/2,0/1,1 cm φ, 1 Topfelektrode 3,5 cm φ, 3 Spezial-Rändelmuttern zur Befestigung, Etui für alle Teile

**Empfohlene Ergänzungen** (gesondert zu bestellen)

Halter zum KMS BN 57411 (siehe Bild rechts)

**Halter zum KMS BN 57411**

Für den Anschluß des Stoffmeßkondensators an Geräte ohne passende Rändelklemmen<sup>3)</sup> dient der **Halter zum KMS**. Er trägt auf seiner Oberseite ein Rändelklemmenpaar mit 30 mm Abstand. Die Rändelklemmen sind mit zwei seitlich angebrachten HF-Buchsen 4/13 DIN 47284 verbunden, so daß über Kabel mit entsprechenden Steckern Meßgeräte angeschlossen werden können. Die zusätzlichen Kapazitäten betragen 0,05 pF zwischen beiden Klemmen, Gehäuse geerdet (C<sub>12</sub>), und ca. 5,5 pF von jeder Klemme nach Masse (C<sub>10</sub>; C<sub>20</sub>).



<sup>1)</sup> Feste Proben mit ε'<sub>r</sub> > 10 müssen auf beiden Seiten versilbert werden. Der Meßkondensator dient dann als definierte Probenhalterung.

<sup>2)</sup> Abhängig von den benutzten Meßgeräten und den zulässigen Meßfehlern.

<sup>3)</sup> Z. B. unsere Verlustfaktor-Meßbrücke VKB BN 3520.

Literatur: „Neues von Rohde & Schwarz“ Heft 10.