

Eigenschaften und Anwendung von Meßmikrofonen und Zubehör

Das Ergebnis einer akustischen Messung wird entscheidend beeinflusst von den Eigenschaften des Meßmikrofons. Bei unsachgemäßem Einsatz können eine Reihe von Meßfehlern entstehen, die nicht ohne weiteres als solche erkannt werden. Bestimmte Meßaufgaben lassen sich mit dem „Standard-Mikrofon“ überhaupt nicht lösen. Ausgehend von den wichtigsten Eigenschaften werden im Folgenden Hinweise für die zweckmäßige Anwendung der verschiedenen Meßmikrofone und ihres Zubehörs gegeben.

Sortiment lieferbarer Kondensator-Meßmikrofone¹⁾ und Ergänzungsteile

Standardmikrofon, bestehend aus

— 1/2-Zoll-Meßmikrofonkapsel MK 221

— 1/2-Zoll-Meßmikrofon-Vorverstärker MV 201**)

1-Zoll-Meßmikrofon, bestehend aus

— 1-Zoll-Meßmikrofonkapsel MK 102

— 1/2-Zoll-Meßmikrofon-Vorverstärker MV 201

— Adapter A 63

1/2-Zoll-Meßmikrofon, bestehend aus

— 1/2-Zoll-Meßmikrofonkapsel MK 201 oder MK 202

— 1/2-Zoll-Meßmikrofon-Vorverstärker MV 201

1/4-Zoll-Meßmikrofon, bestehend aus

— 1/4-Zoll-Meßmikrofonkapsel MK 301

— 1/2-Zoll-Meßmikrofon-Vorverstärker MV 201

— Adapter A 67

Schwannenhals ME 63

Windschutz W 68, passend zum 1-Zoll- und 1/2-Zoll-Mikrofon

Windschutz W 70, passend zum 1-Zoll-Mikrofon

Windschutz W 78, passend zum 1/2-Zoll-Mikrofon

Nasenkonus NK 63

für 1-Zoll-Mikrofon

Nasenkonus NK 65

für 1/2-Zoll-Mikrofon

Sondenvorsatz SV 63

für 1-Zoll-Mikrofon

Sondenvorsatz SV 65

für 1/2-Zoll-Mikrofon

Meßkondensator K 63

für 1-Zoll-Mikrofon

Meßkondensator K 65

für 1/2-Zoll-Mikrofon

Meßkondensator K 67

für 1/4-Zoll-Mikrofon

Beschleunigungsadapter B 65

Geschwindigkeitsadapter V 65

Beschleunigungsaufnehmer KD 35

Mikrofonstativ M 32/1

5 m – Meßmikrofon-Anschlußkabel C 58.51 mit Mikrofonhalter MH 64

für 1-Zoll-Mikrofon

10 m – Verlängerungskabel 11 056

20 m – Verlängerungskabel 11 057

*) Alle Adapter, Kapseln und Mikrofonverstärker werden auch einzeln als Ersatz- oder Ergänzungsteil geliefert.

**) Das bisher als „Standardmikrofon“ eingesetzte 1-Zoll-Mikrofon MK 102/MV 102 ist im Lieferprogramm des VEB Robotron Meßelektronik „Otto Schön“ Dresden durch das 1/2-Zoll-Mikrofon MK 221/MV 201 ersetzt worden. Die neue Mikrofonkapsel MK 221 hat bei gleichem Übertragungsfaktor (50 mV/Pa) gegenüber der 1-Zoll-Kapsel einen besseren Freifeld-Frequenzgang und eine bessere Richtcharakteristik, die die Forderungen für die Genauigkeitsklasse 1 nach IEC 651 bzw. TGL 200-7755 erfüllen (siehe Bilder 5 und 6).

Für die Messung extrem niedriger Schallpegel steht die 1-Zoll-Kapsel MK 102 auch weiterhin zur Verfügung.

Kondensator-Meßmikrofonkapseln

Die Kondensatormeßmikrofone vom VEB Mikrofontechnik Gefell sind für die akustische Meßtechnik entwickelt worden. Sie werden vorzugsweise als Schallwandler für die Präzisionsschallpegelmessung des VEB Robotron-Meßelektronik „Otto Schön“ Dresden eingesetzt.

Es sind sämtlich Freifeld-Mikrofone, deren optimaler Frequenzgang bei 0° Schalleinfallwinkel liegt. Die Druckausgleichs-Öffnung ist bei den Typen

MK 102, MK 201, MK 301

jeweils seitlich und bei den Typen

MK 202, MK 221

nach hinten herausgeführt.

Die nach hinten geführte Druckausgleichs-Öffnung ermöglicht zusammen mit dem Trockenadapter TA 202 den Einsatz im Freien.



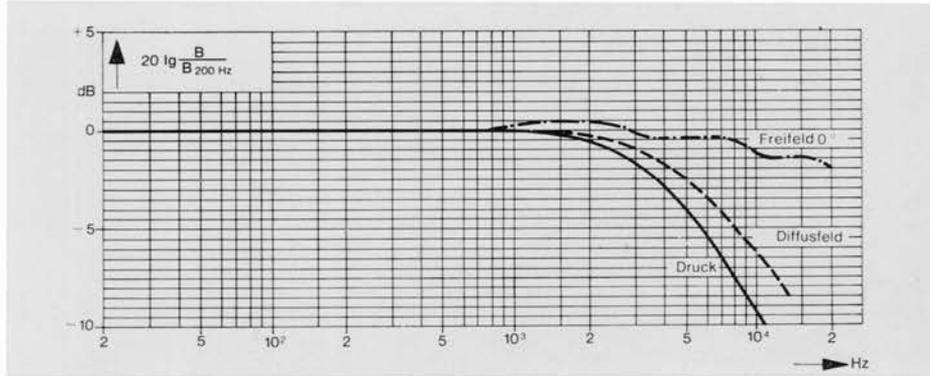
1 Meßmikrofonkapseln MK 102, MK 201, MK 221, MK 301

Bei den Kapseln MK 201, MK 202, MK 221 und MK 301 entspricht das Anschlußgewinde (60 NS 2) für das Schutzgitter und zum Vorverstärker hin dem international üblichen. Dadurch ist der problemlose Austausch der Kapseln gegen Fabrikate anderer Hersteller gewährleistet. Das Schutzgitter aller Kapseln außer MK 301 ist gleichzeitig Vorsatzelektrode. Es ist konstruktiv so ausgebildet, daß es zur elektrostatischen Anregung des Mikrofons dienen kann, womit sich ein separates Eichgitter

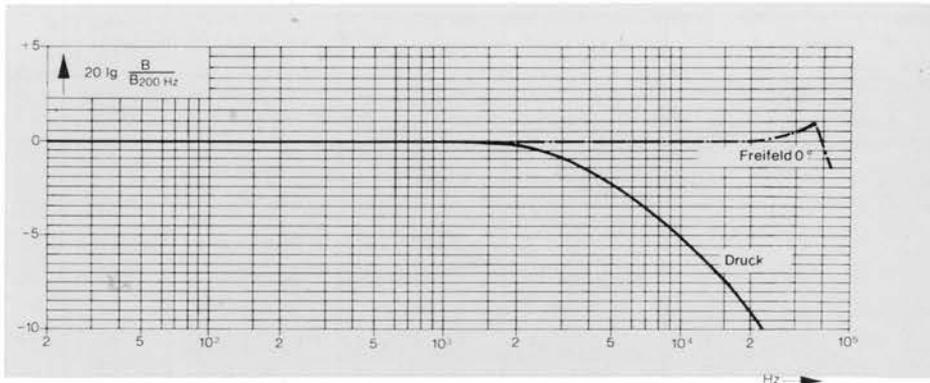
für die elektrostatische Frequenzgangmessung erübrigt.

Die gleichbleibend hohe Qualität der Mikrofonkapseln wird durch die solide Fertigungstechnologie bei optimalem Materialeinsatz (Nickel) garantiert. Sie gewährleistet den extrem kleinen Temperaturkoeffizienten ($\leq 0,01 \text{ dB/}^\circ\text{C}$) in dem weiten Temperaturbereich von -20°C bis 100°C und eine außerordentlich hohe Langzeitstabilität, die die übliche Lebensdauer der Mikrofone

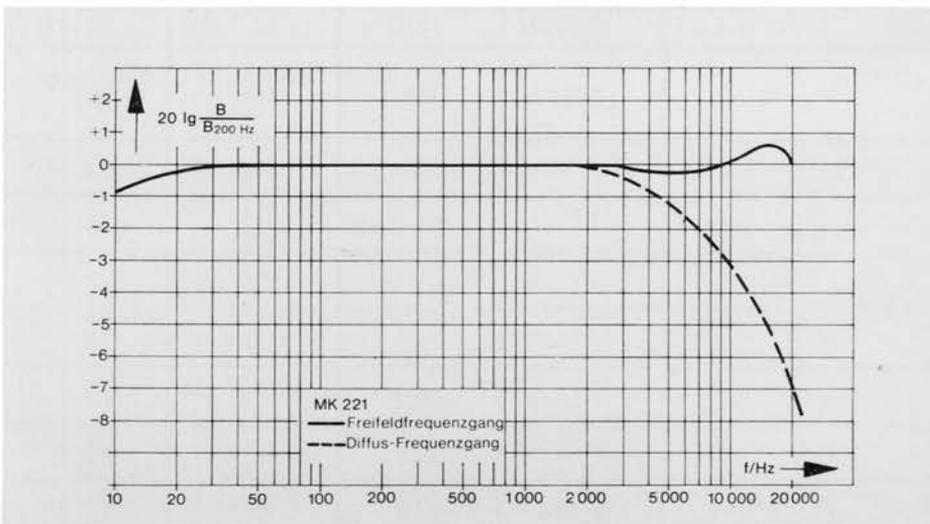
bei weitem übersteigt. Jede Kapsel wird in einem Edelholzetui mit individuellem Datenblatt und Garantieurkunde geliefert.



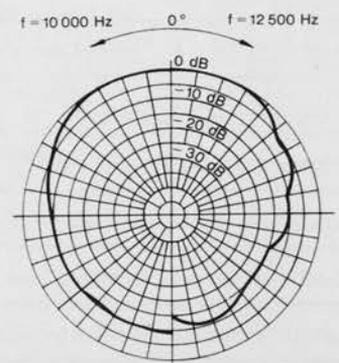
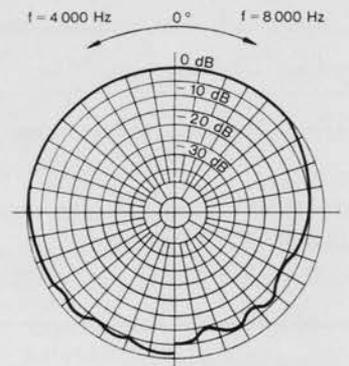
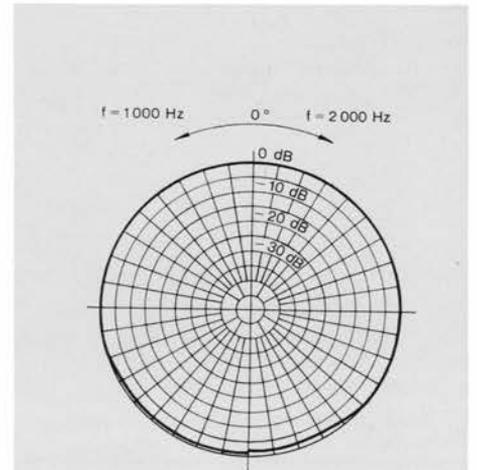
2 Frequenzgang des Übertragungsmaßes der 1-Zoll-Mikrofonkapsel MK 102



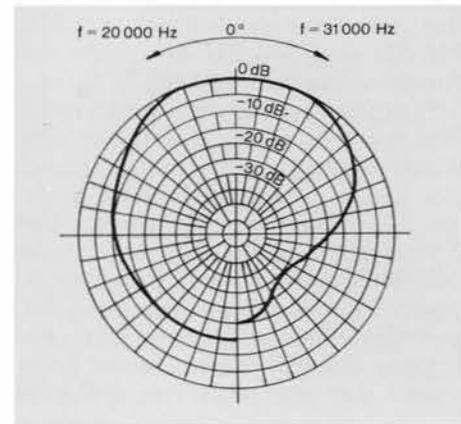
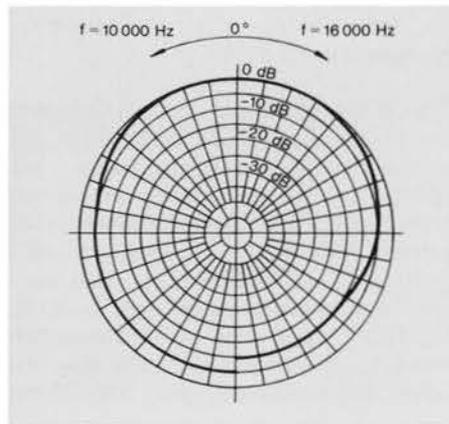
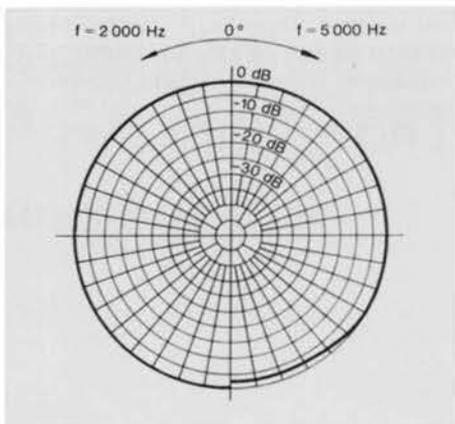
4 Frequenzgang des Übertragungsmaßes der 1/2-Zoll-Mikrofonkapsel MK 201/MK 202



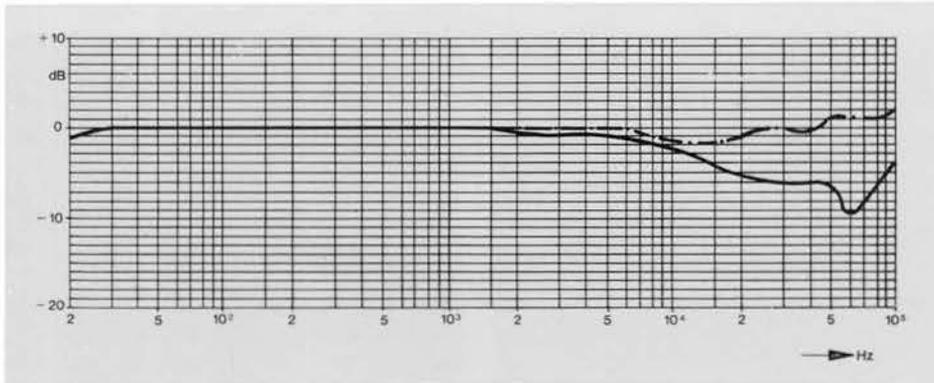
5 Frequenzgang des Übertragungsmaßes der 1/2-Zoll-Mikrofonkapsel MK 221



3 Richtdiagramme der 1-Zoll-Mikrofonkapsel MK 102



6 Richtdiagramme der 1/2-Zoll-Mikrofonkapseln MK 201, MK 202 und MK 221 (Kurve für $f = 31\,500\text{ Hz}$ gilt nicht für MK 221)



7 Frequenzgang des Übertragungsmaßes der 1/4-Zoll-Mikrofonkapsel MK 301

Tabelle 1

Kapsel-Typ	MK 102	MK 201 ²⁰²	MK 221	MK 301
Polarisationsspannung	200 V			
Leerlauf-Übertragungsfaktor B_l in mV/Pa	53	14	50	3,2
Leerlauf-Frequenzgang linear	20 Hz bis 8 kHz +1 dB bis 20 kHz -1 bis -3 dB	20 Hz bis 35 kHz ± 1 dB bis 40 kHz +0 bis -3 dB	20 Hz bis 16 kHz ± 1 dB bis 20 kHz -2 dB	15 Hz bis 100 kHz ± 2 dB
Resonanzfrequenz	8,5 kHz	18 kHz	12,5 kHz	70 kHz
Grenzschalldruck dB bezogen auf $2 \cdot 10^{-5}$ Pa (Klirrfaktor 3%)	145	155	146	168
Kapazität (mit Polarisationsspannung bei 1 kHz)	64 pF	25 pF	18 pF	6,8 pF
Temperaturbereich in °C	-20 bis +100			
Temperaturkoeffizient dB/°C	< 0,01	0,01	< 0,01	0,01
Statischer Druckkoeffizient dB/Bar	< 0,75	0,75	0,8	0,75
Durchmesser mit Schutzgitter mm	23,77	13,2	13,2	7
Durchmesser ohne Schutzgitter mm	23,77	12,7	12,7	6,35
Kapselhöhe mit Schutzgitter mm	26,5	14,2	16,4	9,7
Anschlußgewinde zum Vorverstärker	M 20x0,5		11,7 mm	60 NS 2

Eigenschaften von Meßmikrofonen

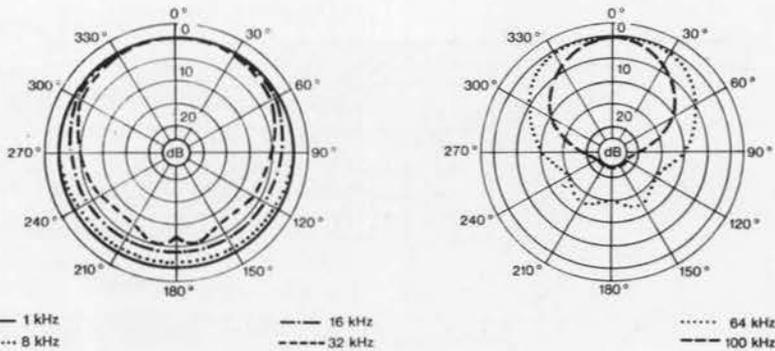
Mit dem Standardmikrofon lassen sich Schalldruckpegel bis etwa 140 dB messen. Beim Anschluß langer Leitungen zwischen Meßmikrofon und Anzeigergerät sinkt infolge der Kabelkapazität die obere Meßgrenze bei Frequenzen > 5 kHz auf etwa 120 dB. Sollen Schallpegelmessungen oberhalb 130 dB vorgenommen werden, so ist die Verwendung der Mikrofonkapseln MK 201/202 oder 301 erforderlich. Sie verschieben den Dynamikbereich einer vorgegebenen Meßanordnung zu höheren Schallpegeln. Außerdem ist bei Messungen an akustischen Modellen oder oberhalb des Hörbereiches der erweiterte Frequenzbereich dieser Mikrofone gegenüber dem Standardmikrofon von Bedeutung. Die wichtigsten Eigenschaften der Meßmikrofone sind in Tabelle 1 und 2 zusammengefaßt.

Die obere Grenze für den Schalldruckpegel wird bei höheren Frequenzen durch die Länge des Anschlußkabels infolge der kapazitiven Belastung bestimmt. Der typische Verlauf dieser Grenze ist im Bild 11 dargestellt.

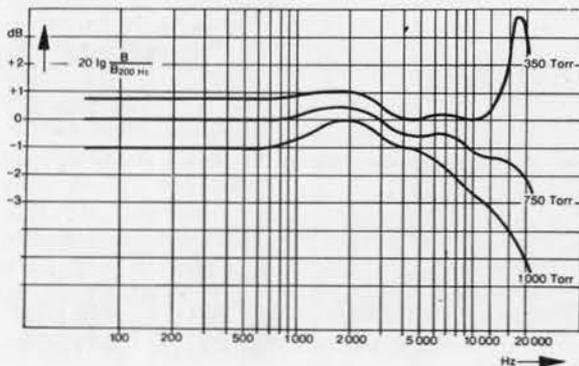
Wegen des endlichen Eingangswiderstandes des Meßmikrofonverstärkers MV 201 ergeben sich bei tiefen Frequenzen charakteristische Frequenzgänge für die einzelnen Kapseltypen (Bild 12). Die unterschiedliche Grunddämpfung folgt aus den jeweiligen Kapazitäten der Kapseltypen.

Eingangsgrößen der Vorverstärker:
 MV 102: $C_E = 6 \text{ pF}$; $R_E = 500 \text{ M}\Omega$
 MV 201: $C_E < 0,8 \text{ pF}$; $R_E = 3000 \text{ M}\Omega$

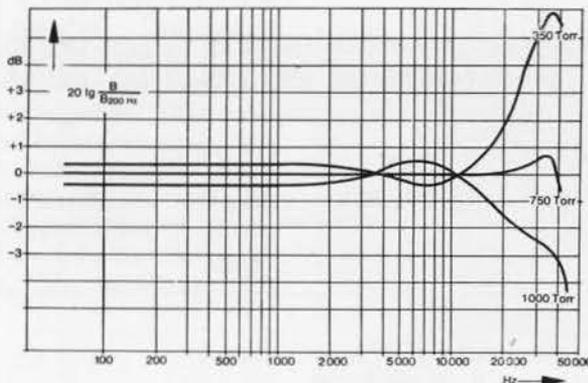
Das Eigenrauschen der Meßmikrofon-Vorverstärker wird bestimmt durch die am Eingang angeschlossene Kapazität, die für die jeweiligen Kapseltypen in Tab. 1 mit angegeben ist. Für den Vorverstärker MV 201 sind im Bild 13 die typischen Terz-Spektren der Rauschspannung für die 1-Zoll-, $\frac{1}{2}$ -Zoll- und $\frac{1}{4}$ -Zoll-Mikrofonkapseln dargestellt.



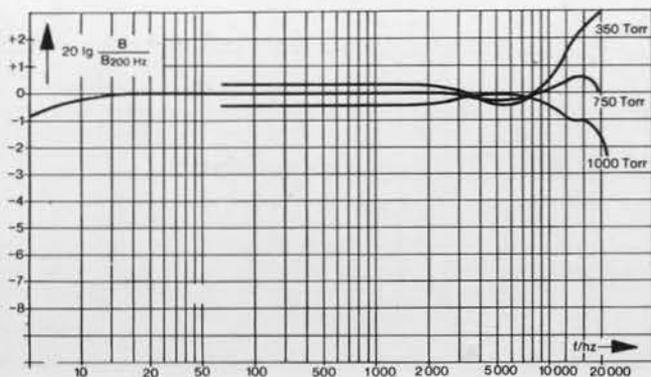
8 Richtdiagramme der $\frac{1}{4}$ -Zoll-Mikrofonkapsel MK 301



9 Abhängigkeit des Freifeld-Übertragungsmaßes vom atmosphärischen Druck
 a) für die 1-Zoll-Mikrofonkapsel MK 102



b) für die $\frac{1}{2}$ -Zoll-Mikrofonkapsel MK 201



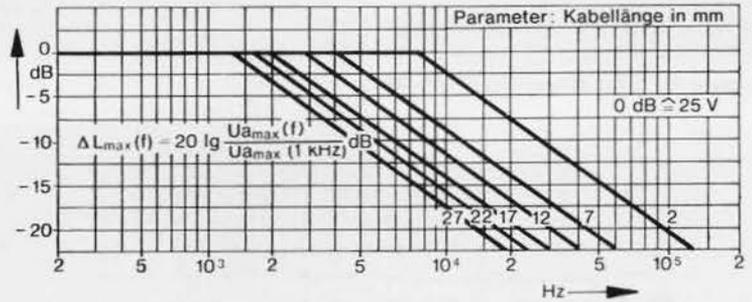
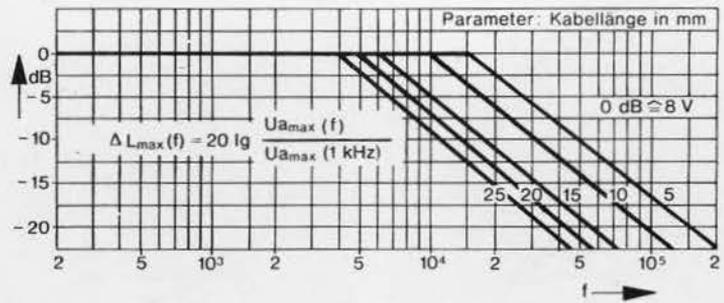
c) für die $\frac{1}{2}$ -Zoll-Mikrofonkapsel MK 221



10 a) 1/2-Zoll-Meßmikrofon
MK 221/MV 201



b) 1/4-Zoll-Meßmikrofon
MK 301/A 67/MV 201



11 Aussteuerungsgrenze der Meßmikrofon-Vorverstärker (Klirrfaktor $k = 3\%$) als Funktion der Kabellänge
a) 1-Zoll-Verstärker MV 101, MV 102
b) 1/2-Zoll-Verstärker MV 201

Tabelle 2:
Meßmikrofone – Übersicht

Meßmikrofon	1-Zoll		1/2-Zoll		1/4-Zoll			
	MK 102/ MV 102	MK 102/ A 63/ MV 201	MK 221/ MV 102	MK 201/ MV 201 MK 202	MK 201/ MV 202	MK 301/ A 67/ MV 201		
Frequenzbereich (akustisch) ¹⁾	20 Hz ... 18 kHz		20 Hz bis 20 kHz	20 Hz bis 38 kHz	20 Hz bis 12,5 kHz ⁴⁾	20 Hz bis 100 kHz		
Meßbare Pegel ²⁾	A-bewertet		(18–138) dB	(19–146) dB	(25–146) dB	(38–155) dB	(35–140) dB	(60–170) dB
	unbewertet		(31–138) dB	(30–146) dB	(40–146) dB	(50–155) dB	(45–140) dB	(75–170) dB
Rauschspannung am Ausgang des Vor- verstärkers ³⁾	A-bewertet		4,5 µV	5 µV	7 µV	7 µV	5 µV	32 µV
	unbewertet		20 µV	20 µV	50 µV	50 µV	20 µV ⁴⁾	200 µV
gemessen mit Meßkondensator	K 63		K 65		K 67			

1) Abfall des Übertragungsmaßes gegenüber 1000 Hz ≤ 2 dB

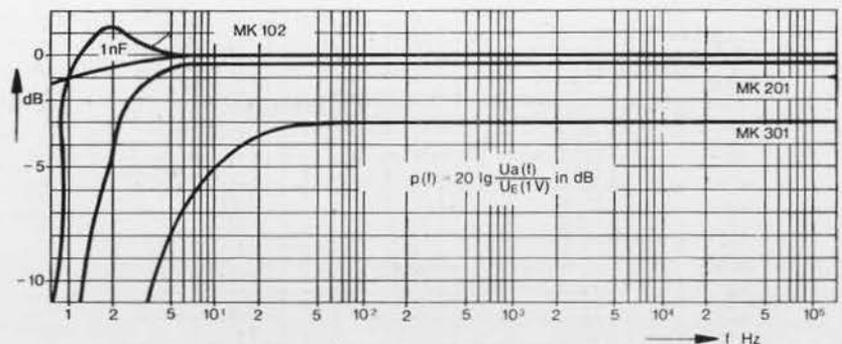
2) Untere Grenze: Störabstand 5 dB – Obere Grenze: Klirrfaktor $\leq 3\%$

3) Frequenzbereich: 20 Hz ... 100 kHz; typische Werte um ca. 6 dB niedriger

4) In Verbindung mit Schalipegelmesser 00 024



14 1/2-Zoll-Meßmikrofon
mit Trockenadapter TA 202



12 Charakteristische Frequenzgänge des Vorverstärkers MV 201 in Verbindung mit dem 1-Zoll-, 1/2-Zoll- und 1/4-Zoll-Mikrofonkapseln, gemessen mit den Meßkondensatoren K 63, K 65, K 67

Kalibrierung

Akustische Kalibrierung

Sie erfolgt mit Hilfe eines Pistonfones oder eines Schallpegelkalibrators. Sie ist die einfachste und zugleich genaueste Methode; ihr ist in jedem Fall der Vorzug zu geben.

Die Meßmikrofone aller Nenndurchmesser lassen sich mit dem Typ 05001 kalibrieren. Eine Berücksichtigung von Korrekturwerten ist – mit Ausnahme des statischen Luftdrucks, der am mitgelieferten Barometer angezeigt wird – nicht erforderlich. Die Kalibrierengenauigkeit der Meßkette ist gleich der des Pistonfons.

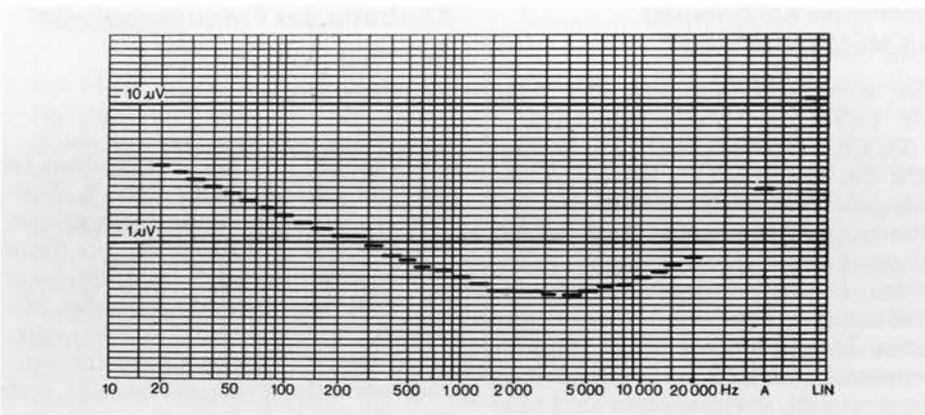
Kalibrierung mit interner Kalibrierspannung

Die akustischen Meßgeräte des VEB Robotron Meßelektronik „Otto Schön“ Dresden besitzen eine interne Kalibrierspannung mit einer Frequenz von 1000 Hz. Sie kann zur elektrischen Kalibrierung der Meßkette verwendet werden. Als Bezugswert dient dabei der Leerlauf-Übertragungsfaktor B_L der verwendeten Mikrofonkapsel, der im Kennblatt angegeben ist. Da die interne Kalibrierspannung auf den Ausgang des Vorverstärkers bezogen ist, muß die Spannungsdämpfung der Kombination Mikrofon-Kapsel/Vorverstärker berücksichtigt werden. Die Werte dieser Spannungsdämpfung a_v für die möglichen Kombinationen sind in Tabelle 3 angegeben. Der Fehler bei der Kalibrierung setzt sich zusammen aus der in Tabelle 3 genannten Toleranz für a_v , der Toleranz in der Angabe von B_L (max. $\pm 0,5$ dB) und dem Fehler der Kalibrierspannung. Sie addieren sich arithmetisch.

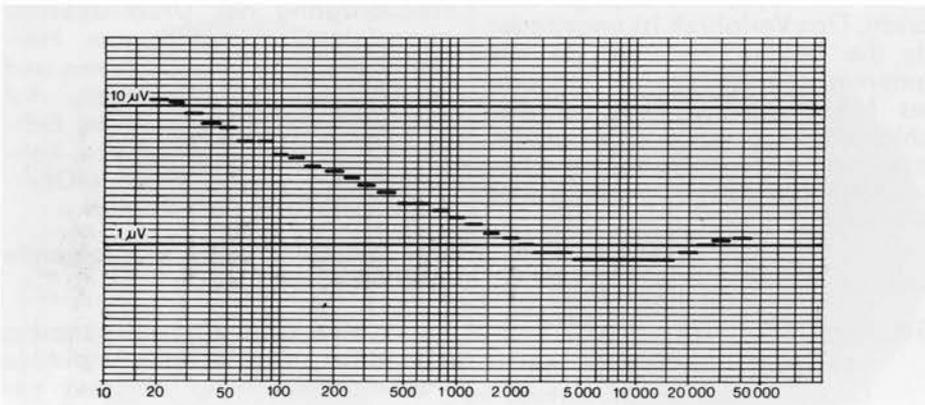
Tabelle 3: Kalibrierung mit interner Kalibrierspannung

Kombination	MK 102 mit		MK 201, MK 221 mit		MK 301 mit	
	MV 102	A 63/MV 201	MV 201	MV 202	A 67/MV 201	
Spannungsdämpfung						
	$a_v = 20 \lg B_L/B_K$ dB	0,8	< 0,1	0,1	1	0,8
	a_v dB	0,8	0,15	0,5	1,5	2,5
Toleranzen dB für a_v	$\pm 0,3$	—	$\pm 0,05$	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	

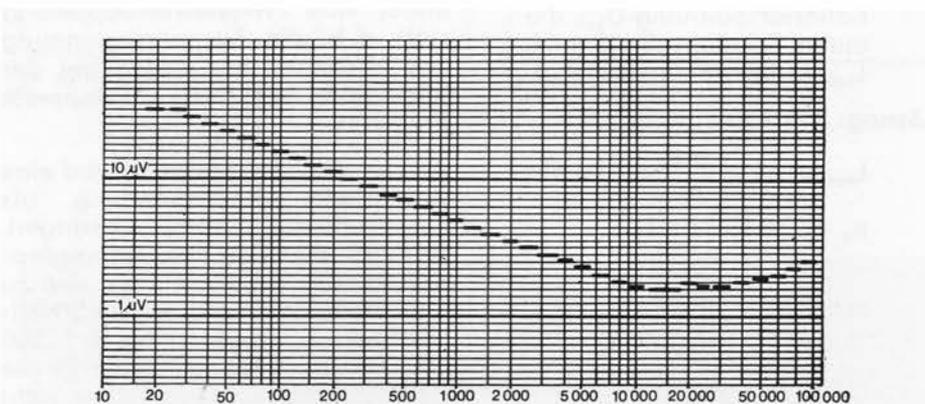
B_K = Betriebsübertragungsfaktor in mV/Pa der Mikrofonkombination bei elektrischem Abschluß mit 100 k Ω
 B_L = Leerlaufübertragungsfaktor der Mikrofonkapsel in mV/Pa
 a_v = Spannungsdämpfung bei Einspeisung über Meßkondensator



13. Terzspektrum der Rauschspannung des Vorverstärkers MV 201 in Verbindung mit a) 1-Zoll-Mikrofonkapsel MK 102



b) 1/2-Zoll-Mikrofonkapseln MK 201, MK 221



c) 1/4-Zoll-Mikrofonkapsel MK 301 gemessen mit den Meßkondensatoren K 63, K 65, K 67

Elektrische Kalibrierung mit Meßkondensator

Die elektrische Kalibrierung kann mit Hilfe der Meßkondensatoren K 63, K 65, K 67 erfolgen. Sie ermöglicht die Kalibrierung bei einer beliebigen Frequenz innerhalb des Übertragungsbereiches des elektrischen Frequenzganges der Meßkette. In die Eingangsbuchse des Meßkondensators wird mit Hilfe eines Tongenerators (z. B. Signalgenerator 03 006) eine Spannung eingespeist, vorzugsweise mit der Frequenz 1000 Hz, die der Leerlaufspannung der Mikrofonkapsel bei einem bestimmten Schallpegel entspricht. Das Verfahren ist ungenauer als die beiden anderen, da die Spannungsdämpfung am Eingang des Mikrofon-Verstärkers bei Anschluß des Meßkondensators größer ist als bei Anschluß der entsprechenden Mikrofonkapsel. Richtwerte sind in Tabelle 3 mit angegeben.

Beispiel

Gegeben:

Mikrofonkapsel MK 201 mit Leerlauf-Übertragungsfaktor $B_L = 12,7 \text{ mV/Pa}$

Gesucht:

Kalibrierspannung U_{kal} , die einem Schalldruckpegel $L_{\text{kal}} = 100 \text{ dB}$ entspricht.

Lösung:

$$L_{\text{kal}} = 20 \lg \frac{p_{\text{kal}}}{p_0} = 100 \text{ dB};$$

$$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^*)$$

$$p_{\text{kal}} = p_0 \cdot 10^{\frac{L_{\text{kal}}}{20}}$$

$$= 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa} \cdot 10^5 = 2 \text{ Pa}$$

$$U_{\text{kal}} = B_L \cdot p_{\text{kal}}$$

$$= 12,7 \text{ mV/Pa} \cdot 2 \text{ Pa}$$

$$= 25,4 \text{ mV}$$

Spannungsdämpfung mit K 65:

0,5 dB, also

$$U_{\text{kal}}' = U_{\text{kal}} \cdot 1,06 = 27 \text{ mV}$$

*) 1 Pa (Pascal) = 10 μbar

$$= 1 \text{ Nm}^{-2}$$

Kontrolle des Frequenzganges des Mikrofons mit Hilfe des Eichgitters

Der vordere Teil des Schutzgitters ist bei der 1-Zoll- und den $\frac{1}{2}$ -Zoll-Mikrofonkapseln isoliert eingesetzt. Bei Anlegen einer Spannung dient er als sogenanntes „Eichgitter“ zur elektrostatischen Anregung des Mikrofons. Damit kann der Frequenzgang des Mikrofons überprüft werden, wenn der Verdacht besteht, daß er sich durch äußere Einwirkungen verändert hat. Der so gemessene Frequenzgang entspricht etwa dem Frequenzgang des Druck-Übertragungsfaktors. Er wird vom Hersteller des Mikrofons gemessen und im Kennblatt mit angegeben. Auf Grund der Konstruktion des Eichgitters ist die Bestimmung bzw. Kontrolle des Absolutwertes des Übertragungsfaktors nicht möglich.

Die Anregung kann auf folgende zwei Arten erfolgen:

1. Es wird eine Wechselspannung von etwa 100 V, deren Amplitude frequenzunabhängig konstant gehalten ist, zwischen Masse und isoliertem Teil des Schutzgitters angelegt. Bei dieser Art der Anregung findet eine Frequenzverdoppelung statt, d. h. die Ausgangsspannung des Mikrofons hat gegenüber der angelegten Spannung die doppelte Frequenz.

2. Der Wechselspannung wird eine stabilisierte Gleichspannung als Polarisationsspannung überlagert. Dadurch tritt keine Frequenzverdoppelung auf. Tabelle 4 zeigt den zu erwartenden vorgetäuschten Schalldruckpegel (Richtwert) bei $f \leq 500 \text{ Hz}$. Die angegebenen Werte für die Polarisationsspannung sollten nicht überschritten werden, um einen Spannungsdurchschlag am Schutzgitter zu vermeiden.

Tabelle 4
Elektrostatische Anregung der Mikrofonkapseln

Kapseltyp	U_p/V	U/V	L/dB
MK 102	800	10	80
	—	100	70
MK 201/202	100	10	90
	—	100	100
MK 221	100	10	75
	—	100	85

Einsatz bei ungünstigen Klimabedingungen

Bei längerem Betrieb im Freien oder häufigem Temperaturwechsel besteht die Gefahr, daß über die Druckausgleichsöffnung Feuchtigkeit in das Innere der Mikrofonkapsel gelangt. Die mitgeführten Verunreinigungen können dort leitfähige Niederschläge bilden und zu Ionenleitung führen. Diese äußert sich durch starkes Funkelrauschen (vorgetäuschter Schallpegel bis 100 dB), wodurch die Kapsel unbrauchbar wird.

Eine Möglichkeit, das Eindringen von Feuchtigkeit durch die Kapillare zu verhindern, ist die Trocknung der Luft.

Diesem Zweck dient der

Trockenadapter TA 202

Er wird zwischen die $\frac{1}{2}$ -Zoll-Mikrofonkapsel MK 202 oder MK 221 (Druckausgleich nach hinten!) und einem $\frac{1}{2}$ -Zoll-Mikrofonverstärker geschraubt. Er enthält Silikagel und entfernt die Feuchtigkeit aus der Luft im Inneren der Mikrofonkapsel. Ein Fenster im Gehäuse des Trockenadapters gestattet die Kontrolle des Feuchtigkeitsgehaltes des Silikagels. Im trockenen Zustand besitzt es eine blaue Farbe, im gesättigten Zustand ist es farblos bis milchig weiß.

Durch Erwärmen des TA 202 für einige Stunden auf etwa 100 °C läßt sich das Silikagel leicht wieder austrocknen.

In Verbindung mit einem **geheizten Mikrofonverstärker** darf der TA 202 **nicht eingesetzt** werden, da die Heizung die Feuchtigkeit aus dem Silikagel in die Mikrofonkapsel treiben würde.

Heizung der Mikrofonkapsel

Die halbleiter-bestückten Mikrofon-Vorverstärker MV 102 und MV 201 besitzen eine Heizung, um unter ungünstigen Klimabedingungen die Temperatur der Mikrofonkapsel einige Grad über der Umgebungstemperatur zu halten und dadurch die Kondensation von Wasserdampf in deren Umgebung zu verhindern. (Beim röhrenbestückten MV 101 übernahm die Röhrenheizung diese Funktion.) Die Heizung ist innerhalb des Verstärkers abschaltbar, um bei Batteriebetrieb der tragbaren Präzisions-Impulsschallpegelmessers Batterieleistung zu sparen, wenn die klimatischen Bedingungen das zulassen.

Beim Einsatz im Freien sollte in jedem Falle das Mikrofon waagrecht angeordnet werden, um das Abfließen evtl. eingedrungener Wassertropfen von der Membran zu ermöglichen. Als Regenschutz kann der Windschirm W 68 verwendet werden.

Eine durch Feuchte-Einwirkung ausgefallene Mikrofonkapsel kann wieder funktionstüchtig werden, wenn man sie bei Temperaturen von 60 bis 80 °C mehrere Stunden lang ausheizt. Führt diese Maßnahme nicht zum Erfolg, so muß die Kapsel zur Reparatur an den Hersteller gesandt werden.

Zubehör Schwanenhals ME 63

Orientierende Messungen sollen schnell und mit möglichst geringem Aufwand durchgeführt werden können. Um das Mikrofonkabel dabei nicht benutzen zu müssen, kann als Verbindung des 1-Zoll-Mikrofons zum Schallpegelmessers der Schwanenhals ME 63 (ca. 30 cm lang) als flexibler Adapter verwendet werden.

Es ist zu beachten, daß dabei keine Präzisionsmeßergebnisse erzielt werden, da der notwendige Mindestabstand (ca. 1 m) zur Vermeidung von Schallfeldstörungen zwischen Mikrofon und Bedienungsperson (bzw. Meßgerät) nicht eingehalten wird.



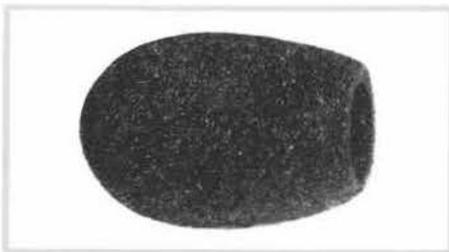
15 Schwanenhals ME 63

Windschutz

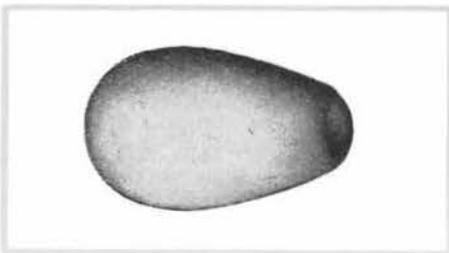
Bei Messungen im Freien stört häufig das Windgeräusch. Es entsteht durch Wirbel, die von der Luftströmung an den Außenflächen des Mikrofons hervorgerufen werden. Durch Aufsetzen eines Windschutzes läßt sich dieses Störgeräusch im Mittel um etwa 20 dB dämpfen. Häufig werden Messungen durch starke Staubeentwicklung (z. B. an Kohleförderanlagen) oder umherfliegende Metallsplitter (z. B. in

Schmieden) erschwert. Hier bieten Windschirme meist einen ausreichenden Schutz gegen Beschädigungen des Mikrofons. Der Windschutz W 68 bietet außerdem infolge seiner Imprägnierung einen (begrenzten) Schutz gegen Regen oder Spritzwasser.

Die Windschirme beeinflussen den Frequenzgang des Meßmikrofons. Beim 1-Zoll-Meßmikrofon mit Windschutz W 68 bleibt die Abweichung im gesamten Frequenzbereich bis 20 kHz kleiner als 1 dB und ist da-



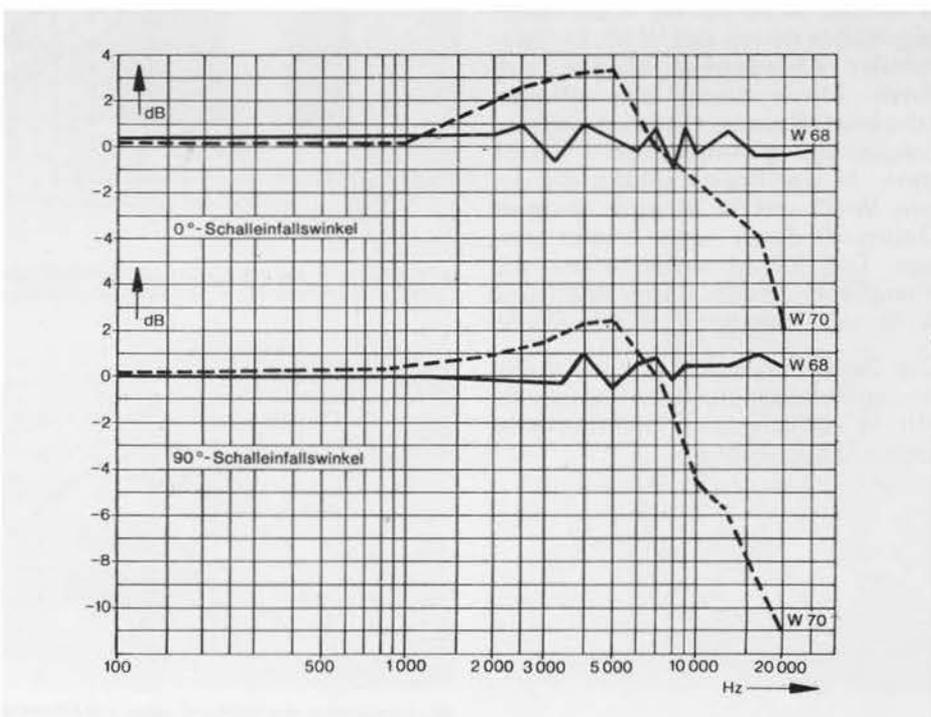
16 a) Windschutz W 70



16 b) Windschutz W 70



17 Windschutz W 68



18 Einfluß des Windschutzes W 68 und W 70 auf den Freifeld-Frequenzgang des 1-Zoll-Meßmikrofons

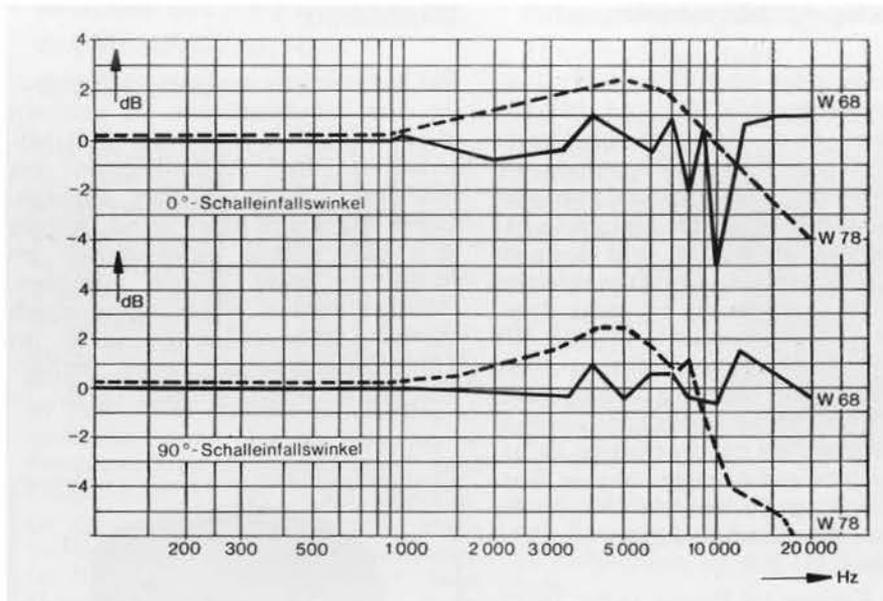
mit im allgemeinen zu vernachlässigen. Ähnliches gilt für das 1/2-Zoll-Meßmikrofon mit W 68. Damit ist der W 68 für Präzisionsmessungen nach Genauigkeitsklasse I für Schallpegelmesser gemäß IEC-R 651 geeignet. Bei Messungen mit 1-Zoll-Mikrofon und dem Windschutz W 70 wird das Toleranzfeld für den Freifeldfrequenzgang des Mikrofons nach Genauigkeitsklasse II gemäß IEC-R 651 im Frequenzbereich von 3 kHz bis 5 kHz um max. 0,5 dB überschritten, was in jedem Fall bei Lärmmessungen zu vernachlässigen ist. Die im Bild 18 angegebenen Freifeldfrequenzgänge mit W 70 sind typisch. Die Abweichungen davon betragen im Frequenzbereich 3 kHz bis 10 kHz max. 0,7 dB und im Bereich 10 kHz bis 20 kHz max. 3,5 dB.

Bei Messungen mit 1/2-Zoll-Mikrofon und dem Windschutz W 78 liegt der Freifeldfrequenzgang im Toleranzfeld der Genauigkeitsklasse II, die Genauigkeitsklasse I nach IEC-R 651 wird um max. 1,2 dB im Frequenzbereich 2 kHz bis 7 kHz überschritten. Für orientierende Messungen ist der W 78 bestens und für Präzisionsmessungen bedingt geeignet.

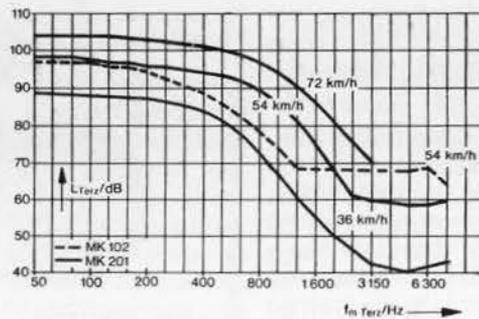
Die im Bild 19 angegebenen Freifeldfrequenzgänge mit W 78 sind typisch. Die Abweichungen davon betragen im Frequenzbereich 1,2 kHz bis 10 kHz max. 1 dB und im Bereich 10 kHz bis 20 kHz max. 3,5 dB.

Die Dämpfungswerte für die Windgeräuschminderung liegen beim Schaumstoffwindschutz der Typen W 70 und W 78 um ca. 8 dB höher gegenüber denen des W 68. In industrieller Atmosphäre können sich durch Staub leicht die offenen Schaumstoffporen zusetzen, was zu Frequenzgang-Änderungen führen kann. In der Praxis sollten die Typen W 70 und W 78 nach einigem Gebrauch durch neue ersetzt werden. Die Richtcharakteristiken der Mikrofone werden durch W 68 und W 78 nur unwesentlich beeinflusst.

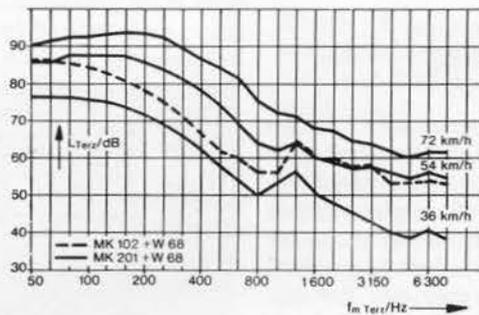
Die Genauigkeitsklasse I für Präzisionsschallpegelmesser wird erfüllt. Mit W 70 wird die Genauigkeitsklasse II eingehalten.



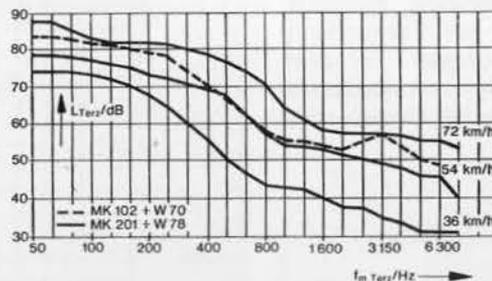
19 Einfluß des Windschutzes W 68 und W 78 auf den Freifeld-Frequenzgang des 1/2-Zoll-Meßmikrofons



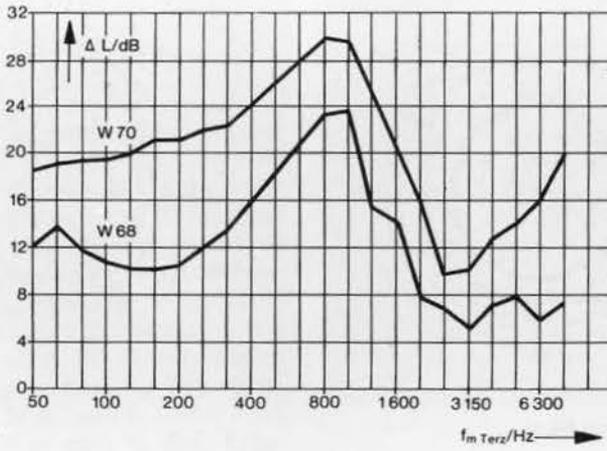
20 Terzspektrum des Windgeräusches am 1-Zoll- und 1/2-Zoll-Meßmikrofon ohne Windschutz, Windrichtung parallel zur Mikrofonachse



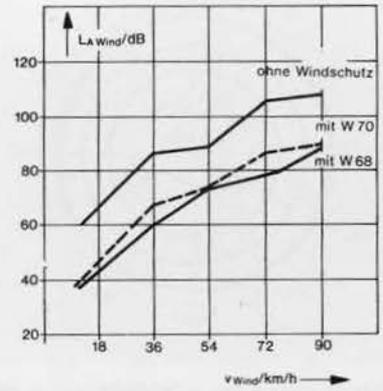
21 Terzspektrum des Windgeräusches am 1-Zoll- und 1/2-Zoll-Meßmikrofon mit Windschutz W 68, Windrichtung parallel zur Mikrofonachse



22 Terzspektrum des Windgeräusches am 1-Zoll-Meßmikrofon mit Windschutz W 70 und 1/2-Zoll-Meßmikrofon mit Windschutz W 78, Windrichtung parallel zur Mikrofonachse



23 Terzspektrum der Windgeräuschminderung ΔL für Windschutz W 68 und W 78 mit $\frac{1}{2}$ -Zoll-Meßmikrofon Windrichtung parallel zur Mikrofonachse



24 A-bewerteter Schalldruckpegel am 1-Zoll-Meßmikrofon bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten Windrichtung parallel zur Mikrofonachse

Nasenkonus NK 63, NK 65

Bei Schallpegelmessungen in Kanälen oder Rohren, die von strömenden Gasen durchflossen werden (z. B. Lüftungskanäle), treten ebenfalls Störgeräusche auf, die durch Turbulenzen am Mikrofon hervorgerufen werden und meist zu starken Meßwertverfälschungen führen. Der Nasenkonus vermindert wegen seiner strömungsgünstigen Form das Auftreten solcher Störungen. Er wird an Stelle des Schutzgitters auf

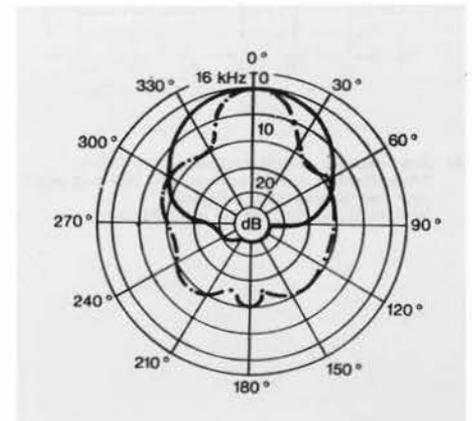
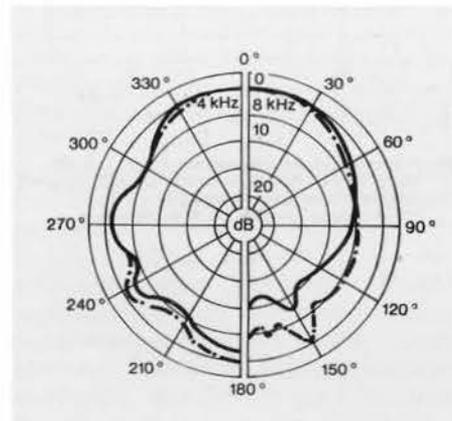
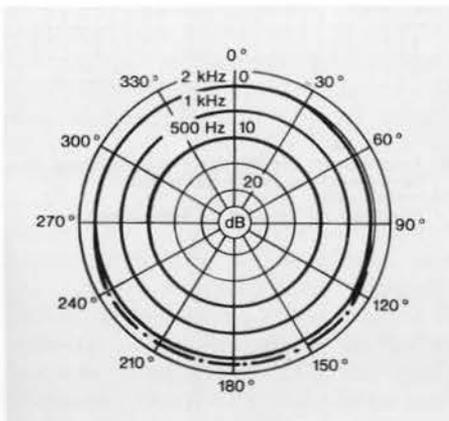
das Mikrofon aufgesetzt. Der Nasenkonus NK 63 ist für das 1-Zoll- und der NK 65 für das $\frac{1}{2}$ -Zoll-Meßmikrofon geeignet. Eine weitere Eigenschaft des Nasenkonus ist die Verbesserung der Richtcharakteristiken, insbesondere des 1-Zoll-Meßmikrofons. Der Frequenzbereich mit kugelförmiger Richtcharakteristik wird erweitert. Dadurch braucht z. B. bei Schalleistungsmessungen im diffusen Schallfeld keine rechnerische Frequenzkorrektur zu erfolgen, die sonst wegen der bei hohen

Frequenzen auftretenden Unterschiede zwischen Freifeld- und Diffusfrequenzgang erforderlich wäre. Der Übertragungsfaktor bei Frequenzen unter 1 kHz bleibt unverändert.

Bei Messungen von Lärm am Arbeitsplatz darf der Nasenkonus nicht eingesetzt werden, wenn entsprechende Normen (z. B. TGL 10 688) den Einsatz von Freifeldmikrofonen vorschreiben.



25 Nasenkonus NK 63 und NK 65

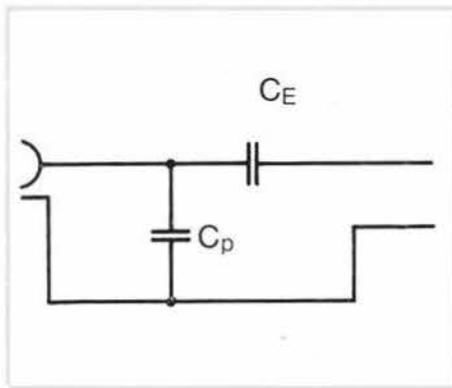


26 Richtdiagramme des 1-Zoll-Meßmikrofons mit Nasenkonus NK 63
 — mit Schutzgitter
 - - - mit Nasenkonus

Meßkondensator

K 63, K 65, K 67

Der Meßkondensator ist ein wichtiges Hilfsmittel, um Störeinflüsse, die auf die Meßanordnung einwirken, zu erkennen. Er bildet die elektrische Kapazität der Mikrofonkapsel nach, ist jedoch akustisch unwirksam. Die Meßkondensatoren besitzen das gleiche Anschlußgewinde wie die entsprechenden Mikrofonkapseln. Meßkondensator K 63 (63 pF) gehört zur 1-Zoll-Kapsel MK 102; Meßkondensator K 65 (24 pF) gehört zu den 1/2-Zoll-Kapseln MK 201, MK 202 und MK 221;



32 Meßkondensator, Schaltbild

Meßkondensator K 67 (6,8 pF) gehört zur 1/4-Zoll-Kapsel MK 301.

Bild 32 zeigt die Schaltung der Meßkondensatoren.

C_D ist in jedem Fall ein 1-nF-Kondensator. Die Ersatzkapazität C_K ist entsprechend der Kapazität der zu ersetzenden Mikrofonkapsel ausgelegt. Da sich bei vielen Meßaufgaben das akustische Signal nicht abschalten läßt, kann man durch Austausch der Mikrofonkapsel gegen den Meßkondensator feststellen, ob das am Anzeigeinstrument angezeigte Signal von der akustischen Geräuschquelle oder von irgendwelchen Störquellen stammt. Mit Ausnahme von Windgeräuschen lassen sich alle Störeinflüsse, wie sie durch Körperschall, Magnetfelder, Erdschleifen, aber auch z. B. defekte Mikrofonkabel auftreten können, feststellen. Die mit Meßkondensator erhaltene Anzeige sollte mindestens 10 dB unter der mit Mikrofonkapsel erhaltenen liegen, d. h. der Störabstand sollte minde-



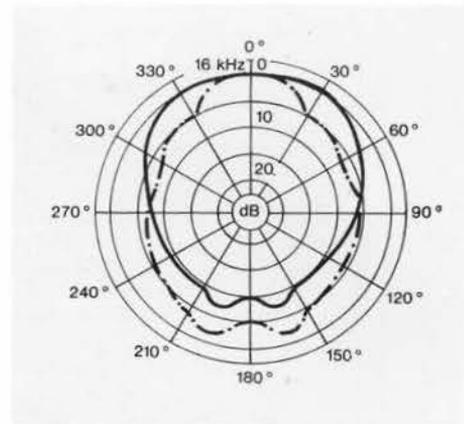
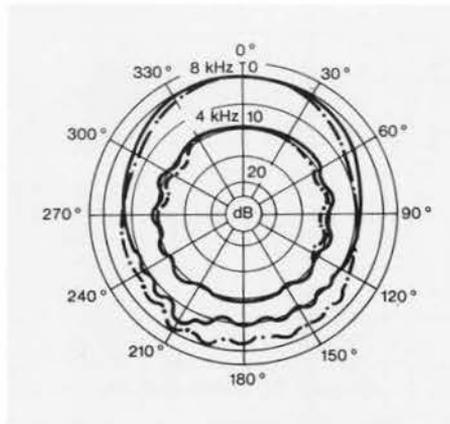
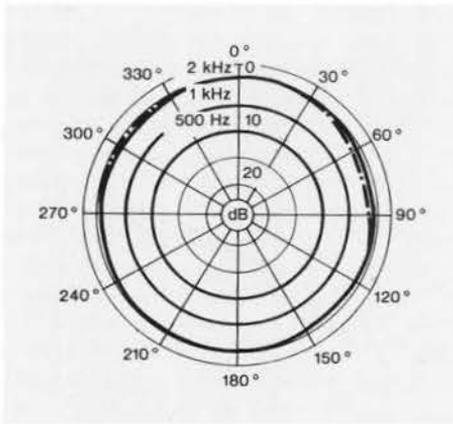
33 Meßkondensatoren K 65, K 67, K 63

stens 10 dB betragen; der Meßfehler beträgt dann weniger als 1 dB.

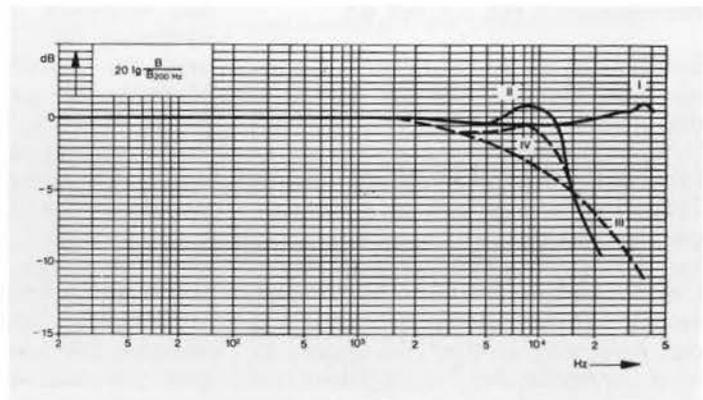
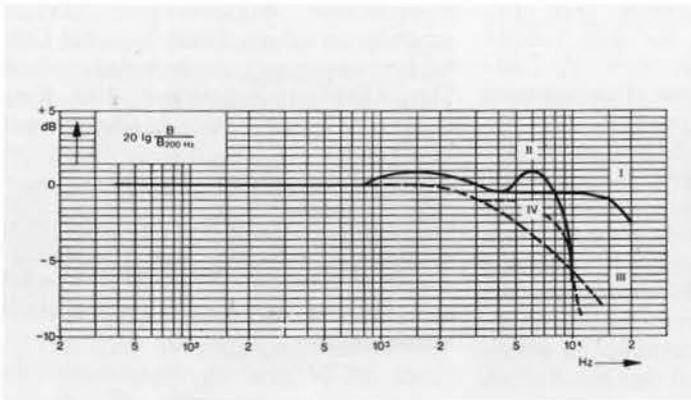
Die Ursachen für die genannten Störeinflüsse können sehr vielfältig sein:

Bei Messungen auf Schiffen, in Fahrzeugen oder Flugzeugen treten hohe Anteile von Körperschall auf, ebenso z. B. an Maschinenfundamenten oder Arbeitsbühnen. Durch Unterlegen von Filz oder Schaumstoff unter das Stativ kann dieser Einfluß verringert werden. Dadurch wird auch die Bildung von Erdschleifen verhindert, die zu starker Brummeinstreuung führen kann. Bei der Verlegung des Mikrofonkabels in der Nähe von Leitungen, die starke Ströme führen, z. B. Anschlußleitungen größerer Maschinen, Zuleitungen von magnetischen Schwingungserregern oder Lautsprechern, können Störspannungen auftreten, die Schallpegel bis über 80 dB vortäuschen. Bei Oktavfiltermessungen mit passiven Filtern an elektrischen Maschinen, Transfor-

maturen usw. können durch die auftretenden Magnetfelder im Oktavfilter Störspannungen induziert werden, die ebenfalls zur Anzeige gelangen und zu Meßfehlern führen.

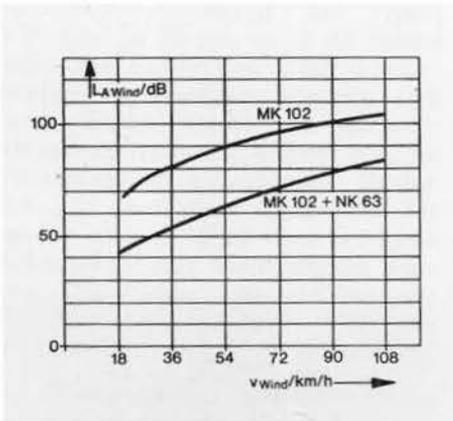


27 Richtdiagramme des 1/2-Zoll-Meßmikrofons MK 201/MV 201 mit Nasenkonus NK 65
 — mit Schutzgitter
 - - - mit Nasenkonus

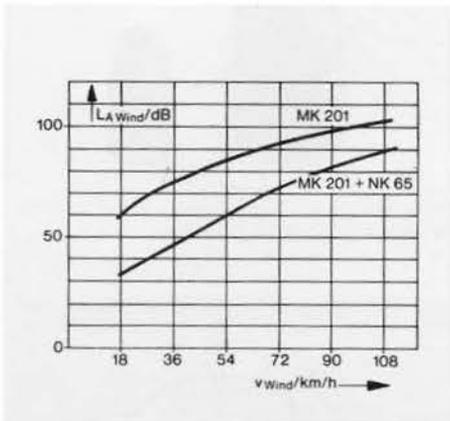


28 Einfluß des Nasenkonus auf den Frequenzgang des Mikrofons
 a) 1-Zoll-Mikrofon MK 102/NK 63
 I Freifeld
 III Diffus

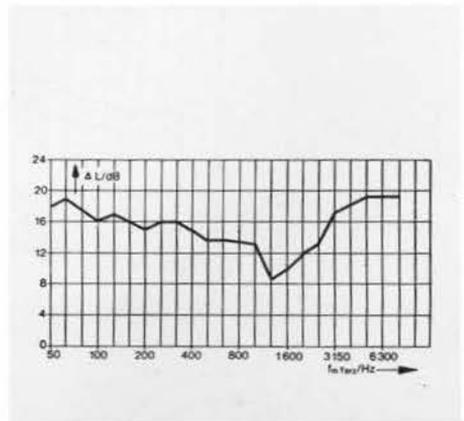
b) 1/2-Zoll-Mikrofon MK 201/NK 65
 II Freifeld mit Nasenkonus
 IV Diffus mit Nasenkonus



29 A-bewerteter Schalldruckpegel am 1-Zoll-Meßmikrofon mit Nasenkonus in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit
 Windrichtung parallel zur Mikrofonachse



30 A-bewerteter Schalldruckpegel am 1/2-Zoll-Meßmikrofon mit Nasenkonus in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit
 Windrichtung parallel zur Mikrofonachse



31 Tertspektrum der Windgeräuschminderung ΔL für Nasenkonus NK 65 mit 1/2-Zoll-Meßmikrofon
 Windrichtung parallel zur Mikrofonachse

Sondenvorsatz SV 63, SV 65

Wenn die Aufgabe besteht, ein Schallfeld punktweise abzutasten, um z. B. die Schallverteilung in einem Hohlraum oder bei Modellmessungen innerhalb des untersuchten Modells zu ermitteln, dann sind häufig normale Meßmikrofone (auch solche kleinerer Durchmesser) zu groß. In solchen Fällen setzt man zweckmäßig Sonden ein. Das sind Stahlrohre mit Durchmessern zwischen 0,5 und 6 mm, die über ein Koppelstück, das an Stelle des Schutzgitters auf die Mikrofonkapsel aufgesetzt wird, vor die Mikrofonmembrane gebracht werden. Sie dienen als „akustische Leitung“, die den an der vorderen Öffnung herrschenden Schalldruck zur Membran überträgt. Auch zur Untersuchung von schwingenden Flächen oder anderen Strukturen, auf denen die Schwingungsverteilung ermittelt werden soll, ist der Einsatz von Sonden besonders vorteilhaft, da hiermit eine völlig rückwirkungsfreie und praktisch punktförmige Abtastung möglich ist. Infolge der vom Hersteller eingestellten nahezu optimalen Dämpfung der Sondenrohre tritt nur eine geringe Welligkeit des Frequenzganges auf, so daß sie in einem breiten Frequenzbereich ohne aufwendige Kalibrierverfahren eingesetzt werden können.

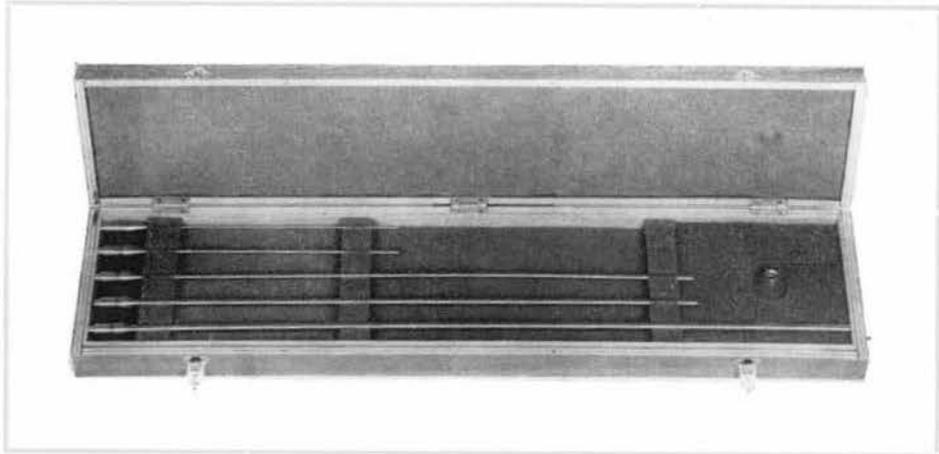
Der Frequenzgang der Anordnung entspricht für große Sonden-Durchmesser dem Druck-Frequenzgang der Mikrofonkapsel. Eine Kürzung der Sondenrohre wird nicht empfohlen, da zur Einstellung der Dämpfung spezielle Meßverfahren erforderlich sind. Der Sondenvorsatz erweitert außerdem den Einsatz-Temperaturbereich des Meßmikrofons; er kann bei Temperaturen bis zu 120°C eingesetzt werden, wobei das Meßmikrofon selbst jedoch auf maximal 70°C gehalten werden sollte.

Geschwindigkeitsadapter V 65

Der Geschwindigkeitsadapter V 65 ermöglicht den Anschluß eines piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmers an die Meßmikrofonvorverstärker MV 201 und MV 202 sowie über den Adapter A 65 an den MV 102. Er bewirkt eine einmalige Integration der vom Aufnehmer abgegebenen Spannung. Die Anzeige des nachgeschalteten Auswertegerätes (z. B. Präzisions-Im-

pulsschallpegelmessgerät 00 17, Schallpegelmeßgerät 00 018) ist somit der Schwinggeschwindigkeit proportional, sofern die Schwingungsfrequenz im Bereich 20 Hz ... 10 kHz liegt. Aus den Meßergebnissen läßt sich der von Wänden, Gehäuseteilen u. ä. abgestrahlte Luftschall abschätzen (er ist der Schwinggeschwindigkeit proportional), so daß hieraus unmittelbar Maßnahmen zur Lärmbekämpfung abgeleitet werden können. Der Meßbereich beträgt bei Verwendung des Be-

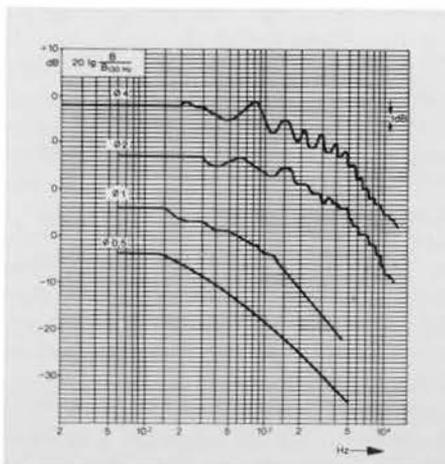
schleunigungsaufnehmers KD 35 ($B_0 = 5 \text{ mV/ms}^{-2}$) $5 \cdot 10^{-4} \dots 150 \text{ m/s}$.



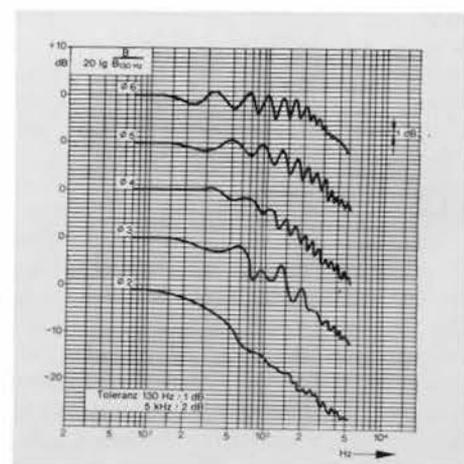
34 Sondenvorsatz SV 63 im Etui



35 1-Zoll-Meßmikrofon mit Sonde 3 mm Ø



36 Frequenzgänge der Sonden SV 63 auf MK 102



37 Frequenzgänge der Sonden SV 65 auf MK 201



38 Beschleunigungsadapter B 65
Geschwindigkeitsadapter V 65

Beschleunigungsadapter B 65

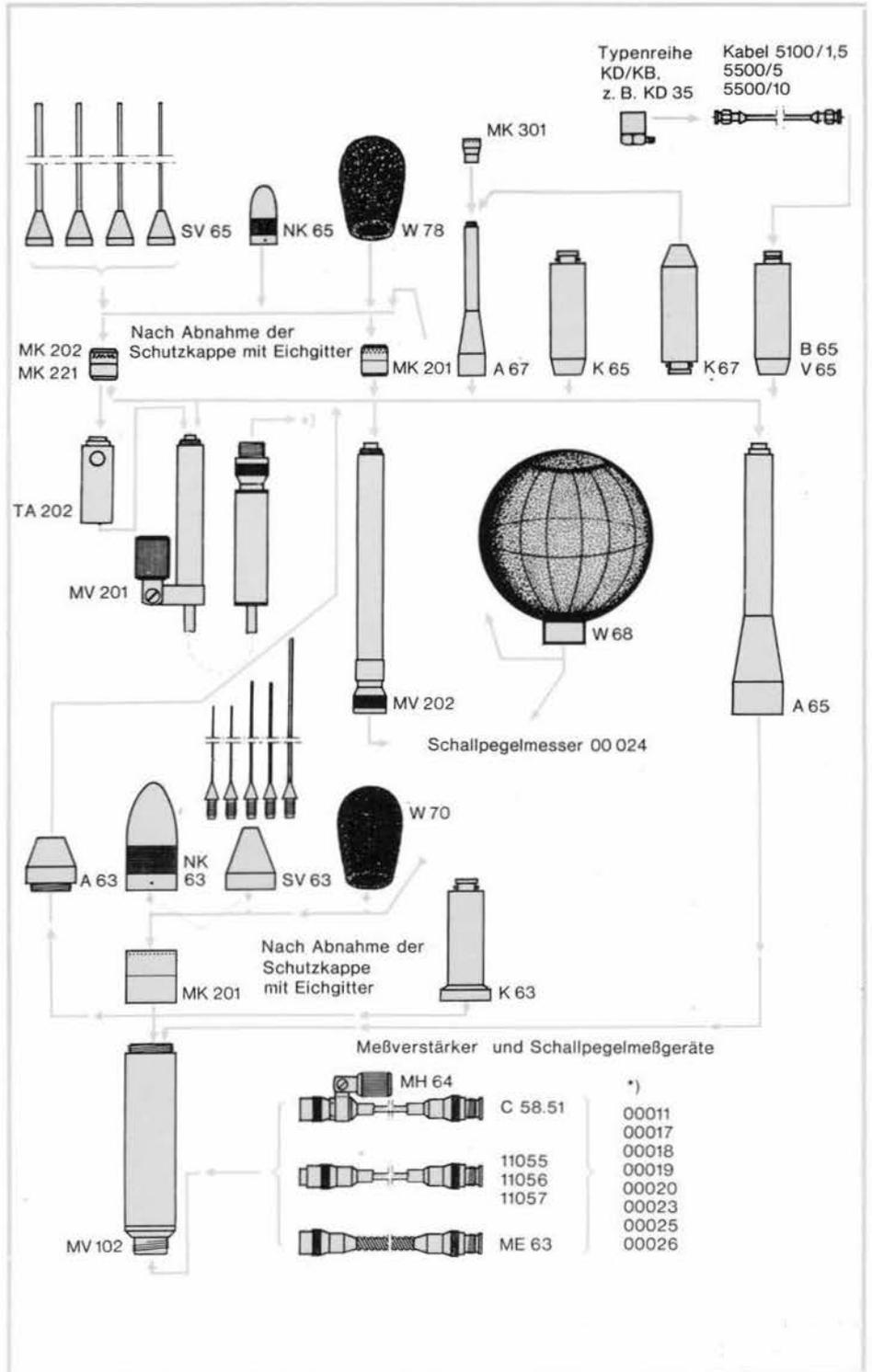
Der Beschleunigungsadapter B 65 ermöglicht den Anschluß eines piezoelektrischen Beschleunigungsaufnehmers an die Meßmikrofon-Vorverstärker MV 201 und MV 202 und über den Adapter A 65 an den Vorverstärker MV 102. Die Anzeige des nachgeschalteten Auswertegerätes (z. B. Präzisions-Impulsschallpegelmessgerät 00 017, Schallpegelmeßgerät 00 018) ist somit der Schwingbeschleunigung proportional.

Frequenzbereich: 2 Hz ... 10 kHz
Meßbereich mit KD 35 a:
 $5 \cdot 10^{-3} \dots 2000 \text{ m/s}$

Konstruktive Ausführung beider Adapter ähnlich Meßkondensator K 65, jedoch mit Mikro-Steckverbinder zum direkten Anschluß des Aufnehmerkabels.

Die Auswertung der Meßergebnisse ist in der Bedienungsanleitung des jeweiligen Schallpegel-Meßgerätes beschrieben.

Anmerkung zur Abbildung:
Der Hinweis „Nach Abnahme der Schutzkappe mit Eichgitter“ gilt nur für SV 63 + SV 65, NK 63 + NK 65.



robotron

VEB Robotron-Meßelektronik
„Otto Schön“

Lingnerallee 3, PSF 211

Dresden

DDR - 8012

Exporteur:

Robotron Export-Import

Volkseigener

Außenhandelsbetrieb

der Deutschen Demokratischen

Republik

Allee der Kosmonauten 24

Berlin

DDR - 1140

Literaturübersicht

Die vorliegende Zusammenstellung von Literaturstellen soll dem Leser helfen, sich eingehend über die Fragen des Schallschutzes und der akustischen Meßpraxis zu orientieren. Die in Buchform erschienenen Arbeiten (1) bis (3) geben eine breite Übersicht über den gesamten Problemkreis und ermöglichen das Einarbeiten in die Fragen des Lärmschutzes und der Lärmmeßtechnik auch für diejenigen Leser, die keine spezielle Vorbildung auf diesem Gebiet besitzen. Die folgenden Broschüren (4), (5), behandeln eine etwas eingeschränkte Thematik, wobei die Arbeit (4) bevorzugt auf medizinische, die Arbeit (5) dagegen auf rechtliche Fragen des Schallschutzes eingeht. Alle weiteren genannten Veröffentlichungen sind problemorientierte Einzeldarstellungen, die im Auftrage des VEB Robotron-Meßelektronik „Otto Schön“ Dresden erarbeitet wurden. Diese Arbeiten behandeln die Lösung von häufig auftretenden Meßaufgaben unter Anwendung von Meßgeräten aus der DDR, wobei gleichzeitig eine Einführung in die verfahrenstechnischen Grundlagen gegeben wird.

- (1) Autorenkollektiv unter W. SCHIRMER: Lärmbekämpfung, Berlin: Verlag Tribüne, 1974
- (2) KRAAK, W.; WEISSING, H.: Schallpegelmeßtechnik, Berlin: VEB Verlag der Technik, 1970
- (3) FASOLD, W.; SONNTAG, E.: Bauphysikalische Entwurfslehre, Teil 4: Bauakustik, Berlin: VEB Verlag für Bauwesen, 1973
- (4) DIEROFF, H. G.; RUBLACK, K; ZENK, K.: Die Auswirkungen des Industrielärms und Forderungen an den Lärmschutz, Heft 12 der Reihe Arbeitswissenschaftliche Lehrbriefe, Berlin: Verlag Tribüne, 1970
- (5) LIEBIG, J.; ODIN, G.; PARTHEY, W.: Lärmschutz bei Investitionen, Berlin: Verlag Tribüne, 1972
- (6) Applikationsschriften des VEB Robotron-Meßelektronik „Otto Schön“ Dresden
 - Messungen in der Raum- und Bauakustik
 - Messung zeitlich oder räumlich gemittelter Schallpegel mit dem Integrierenden Präzisions-Schallpegelmesser 00 026
 - Richtig kalibrieren – richtig messen
- (7) WEISSING, H.: Stand und Tendenzen der akustischen Meßtechnik Feingerätetechnik 31 (1982) 4, S. 162–165
- (8) SCHENKE, N.: Meßgeräte zur Erfassung von mechanischen und akustischen Schwingungen Feingerätetechnik 33 (1984) 3, S. 139–142