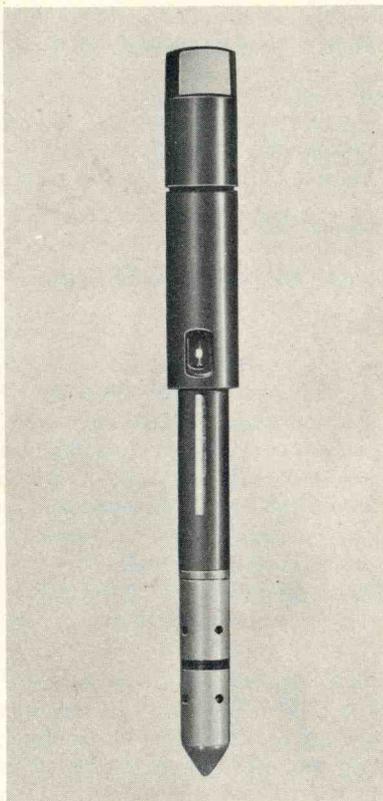


**Betriebsanleitung**

**Ms 1 A7200/1d**



## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
A. Anwendung . . . . .	3
B. Ausführung . . . . .	3
C. Eigenschaften und technische Daten . . . . .	5
D. Auswahl der Schwinger . . . . .	7
Wiedergabetreue, Auswahl nach Eigenfrequenz, Nutzbarer Frequenzbereich, Verzögerungszeit, Wiedergabe von Recht- eckimpulsen, Einstellung des Dämpfungsgrades $\alpha = 0,7$ .	
E. Anpassungssteller . . . . .	13
F. Messungen mit höchster Genauigkeit . . . . .	17
G. Adapter . . . . .	18
H. Störeinflüsse . . . . .	18

## A. Anwendung

Spulenschwinger sind schnellschwingende Drehspulgalvanometer. Sie werden als Registriermeßwerke in Lichtstrahl-Oszillographen zum Aufzeichnen zeitlich veränderlicher Meßgrößen verwendet. Infolge ihrer hohen Meßempfindlichkeit sind sie noch zum direkten Messen vieler Größen geeignet, die von Schleifenschwingen oder anderen Registriermeßwerken nur unter Verwendung von Verstärkern registriert werden können. Wegen ihrer kleinen, besonders schlank geformten Gehäuse können selbst in kleine Geräte zahlreiche Meßwerke eingebaut werden, so daß Spulenschwinger-Oszillographen auch überall dort zu empfehlen sind, wo viele zusammengehörige Meßvorgänge gleichzeitig registriert werden müssen.

So sind Spulenschwinger-Oszillographen außer in der Elektrotechnik, wo sie zum Aufzeichnen niedriger Spannungen und kleiner Ströme und zum Untersuchen zeitlicher Zusammenhänge der verschiedensten elektrischen Impulse und anderer veränderlicher Vorgänge benötigt werden, besonders vorteilhaft geeignet zum Registrieren mechanischer und geophysikalischer Größen. Da diese zum Messen in elektrische Größen umgewandelt werden müssen, stehen zum Registrieren meist nur sehr kleine Ströme zur Verfügung. Mit Spulenschwingern können alle diese Größen, Druck, Beanspruchung, Weg, Geschwindigkeit, Beschleunigung usw., ohne die aufwendige Verwendung von Verstärkern aufgezeichnet werden.

## B. Ausführung

Bild 1 zeigt den Schnitt durch einen Spulenschwinger. In einem isolierenden Preßstoffrohr von der Größe eines Taschenbleistiftes (größter Außendurchmesser 7 mm, Länge 73,5 mm) ist zwischen Spannbändern eine kleine Drehspule aus dünnstem Draht gelagert. Über ihr ist ein Spiegel befestigt, der den anzeigenden Lichtstrahl reflektiert. Die Verbindung zu den Anschlüssen stellt der untere, zweigeteilte metallene Schacht her. Diese Schwinger werden in einen getrennten Magnetblock eingesteckt, der je nach Aufgabenstellung mit verschiedenen Einsätzen bestückt werden kann. Um den magnetischen Fluß möglichst vollständig durch den schmalen Luftspalt zu leiten, ist ein schmales Polschuhpaar in das Schwingergehäuse eingelassen.

In dieser Ausführung (vgl. Bild 2, vorn) werden die Spulenschwinger in den Lichtstrahl-Oszillographen OSCILLOFIL®, OSCILLOPORT® und OSCILLOMAT® benutzt. Sie können in Magnetblöcke zur Aufnahme von 6 kleinen Spulenschwingern eingesetzt werden. Für die großen Spulenschwinger (vgl. Bild 2, hinten) sind Galvanometereinschübe zur Aufnahme von jeweils 2 Schwingern vorgesehen. Auf diese Weise können die Oszillographen mit kleinen und großen Spulenschwingern in verschiedenen Kombinationen ausgerüstet werden. An Stelle der großen Spulenschwinger lassen sich auch Schleifenschwinger einsetzen, wodurch die Bestückungsmöglichkeiten der Lichtstrahloszillographen noch erweitert werden.

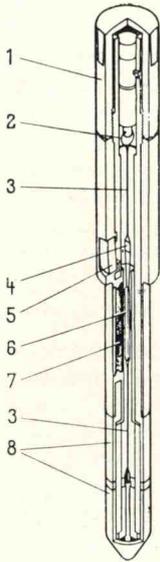


Bild 1 Schnitt durch einen Spulenschwinger

- 1 Verschlusskappe,
- 2 Feder,
- 3 Spannblätter,
- 4 Spiegel,
- 5 Linse,
- 6 Drehspule,
- 7 Polschuh,
- 8 Kontaktringe

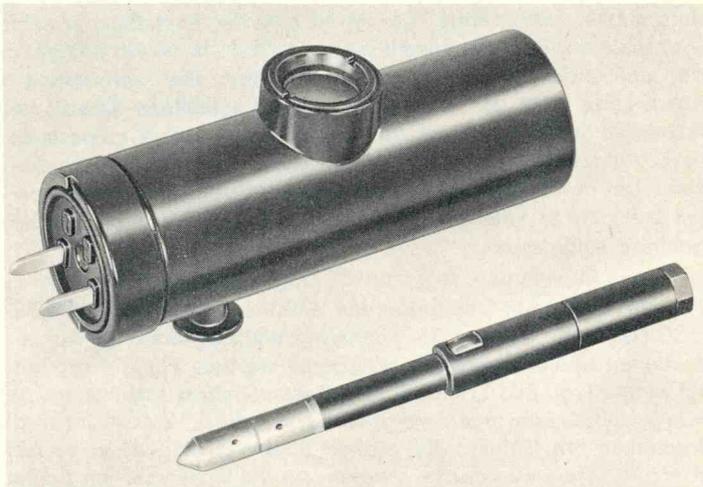


Bild 2 Die beiden Bauformen der Spulenschwinger

Andererseits kann die hohe Stromempfindlichkeit der Spulenschwinger auch für ältere Oszillographen nutzbar gemacht werden, da die großen Spulenschwinger die gleichen Gehäuseabmessungen wie die Schleifenschwinger haben. Das Magnetsystem der großen Spulenschwinger ist im Gehäuse eingebaut (Bild 4, Seite 8); die Kraftlinien schließen sich über das Gehäuse aus weichem Eisen.

Bild 3 (Seite 8) zeigt die verschiedenen Galvanometereinschübe, wie sie bei den in 19"-Einschubtechnik ausgebildeten Lichtstrahl-Oszillographen der E-Serie (OSCILLOFIL E, OSCILLOPORT E und OSCILLOMAT E) verwendet werden, rechts im Bild den Magnetblock für die Aufnahme von 6 kleinen Spulenschwingern, in der Mitte den Einschub für 2 große Spulenschwinger oder Schleifenschwinger (Prüfspannung 2 kV) und links den hochisolierten Einschub für 2 große Spulen- oder Schleifenschwinger, ausgelegt für 10 kV Prüfspannung.

### C. Eigenschaften und technische Daten

Die Tafel 1 gibt die Kenndaten der zur Zeit lieferbaren Spulenschwinger wieder. Die Schwinger mit Eigenfrequenzen bis 350 Hz werden, wie bei Galvanometern üblich, elektrodynamisch gedämpft. Entsprechend den Listenangaben für Galvanometer muß auch bei den Angaben dieser Schwinger für die Eigenfrequenz, den Schwingerwiderstand, die Stromempfindlichkeit und den Abschlußwiderstand für die Einstellung der günstigsten Dämpfung eine gewisse Streuung in Kauf genommen werden.

Obleich daher diese Daten bei der Herstellung der Schwinger nicht genau eingehalten werden müssen und nur als Richtgrößen vom Benutzer zu beachten sind, ist es wegen der Reproduzierbarkeit der Anzeige doch erforderlich, die Anzeige des Schwingers durch gute technische Eigenschaften im Aufbau unbeeinflussbar durch störende Einflüsse zu machen. Bei seiner Fertigung sind deshalb durch sorgfältige Auswahl des Materials und präzisen Auf- und Zusammenbau der Einzelteile alle Unsicherheiten der Anzeige infolge Eisenverunreinigung, durch Erschütterung, Überlagerung der Meßströme von Fremdströmen, durch Übergangswiderstände und Thermospannungen an den Kontaktflächen sowie durch Nachwirkungserscheinungen im beweglichen Organ soweit wie nur möglich ausgeschaltet.

Um diese Eigenschaften möglichst voll auszunutzen, sind für die zweckentsprechende Auswahl und Anwendung der Schwinger in den nachfolgenden Ausführungen die notwendigen Hinweise gegeben.

Höherfrequente Spulenschwinger (ab 750 Hz) lassen sich nicht mehr elektrodynamisch dämpfen, sie werden vielmehr, wie Schleifenschwinger, mit Öl gedämpft. Außer einer höheren Stromempfindlichkeit (bei einer Eigenfrequenz entsprechend der eines Schleifenschwingers) haben sie diesen gegenüber noch den Vorzug, daß die Eigenfrequenz durch die

Tafel 1 Elektrische Kenndaten der zur Zeit lieferbaren Spulenschwinger

Typ	Nutzerbarer Frequenzbereich bei einem Amplitudenfehler von		Systemwiderstand $R_i$	Erforderlicher Abschlußwiderstand $R_a$	Strom- und Spannungsempfindlichkeiten $S_i$ und $S_u$ bei 1 m Lichtzeigerlänge		Zulässiger Ausschlag $A_{max}^{(1)}$ bei einer Oszillographen-Lichtzeigerlänge von		Zulässiger Strom $I_{max}^{(1)}$
	5%	30% (3dB)			$S_i$	$S_u$ ( $\frac{S_i}{R_i}$ )	L = 50 cm	L = 30 cm	
Elektrodynamische Dämpfung									
Kleine Spulenschwinger									
S 30	0 bis 18	0 bis 30	46	350	18	392	±	±	±
S 80	0 bis 50	0 bis 80	11	35	3,8	125	75	50	2
S 120	0 bis 70	0 bis 120	40	75	7,0	345	125	75	2
S 250	0 bis 150	0 bis 250	40	60	1,5	175	125	75	10
S 350	0 bis 210	0 bis 350	40	40	0,8	37,5	125	75	15
S 120s	0 bis 70	0 bis 120	220	1100	14	20	125	75	2
S 250s	0 bis 150	0 bis 250	220	340	3,1	63,6	125	75	5
S 120b	0 bis 70	0 bis 120	38	120	3,5	14,1	125	75	10
						92,1	125	75	50
Flüssigkeitsdämpfung									
Kleine Spulenschwinger									
S 750	0 bis 450	0 bis 750	40	> 100	59	1,48	±	±	±
S 1200	0 bis 720	0 bis 1200	40	> 50	29	0,73	125	75	50
S 2000	0 bis 1200	0 bis 2000	40	> 15	9	0,23	125	75	50
S 5000	0 bis 3000	0 bis 5000	27	> 10	3,5	0,13	88	53	35
S 10000	0 bis 6000	0 bis 10000	57	beliebig	1,5	0,026	30	18	12
S 15000	0 bis 9000	0 bis 15000	57	beliebig	0,8	0,014	16	9,6	6,4
S 2000v	0 bis 1200	0 bis 2000	2	beliebig	4,2	2,1	125	75	50
S 5000v	0 bis 3000	0 bis 5000	1,8	beliebig	1,0	0,56	35	21	14
Große Spulenschwinger									
S 150T	0 bis 90	0 bis 150	55	120	2700	49	125	75	50
S 350T	0 bis 210	0 bis 350	34	120	400	11,8	125	75	50
S 2000T	0 bis 1200	0 bis 2000	28	beliebig	12	0,43	125	75	50
S 5000T	0 bis 3000	0 bis 5000	22	beliebig	2,2	0,1	55	33	22
S 10000T	0 bis 6000	0 bis 10000	55	beliebig	1,4	0,026	28	16,8	11,2
S 15000T	0 bis 9000	0 bis 15000	55	beliebig	1,0	0,018	20	12	8

Für Ausschläge  $\leq A_{max}$  und bei senkrechter Stellung des elektrisch nicht ausgenühten Lichtzeigers zum Registrierpapier sind die Fehler für Linearität  $\pm 2\%$  und für Symmetrie  $\pm 3\%$ .

- 1) Gleichstrom oder Effektivwert bei sinusförmigem Wechselstrom.
- 2) Bei sinusförmigem Wechselstrom darf der zulässige Ausschlag um den Faktor  $\sqrt{2}$  größer sein.
- 3) Zum Anschluß an Stromwandler.
- 4) Zum Anschluß an Nebenwiderstände.
- 5) Für Wirkleistungsmessungen (Mittelwert der Gesamtleistung).

Bei der Betriebstemperatur von 40°C (geregelte Heizung) für flüssigkeitsgedämpfte Schwinger sowie bei richtigem Abschlußwiderstand  $R_a$  für elektrodynamisch gedämpfte Spulenschwinger beträgt das Übersprechen 4,6% (Dämpfungsgang  $\alpha = 0,7$ ).

- a) für höhere  $S_u$ -Werte, s für höhere  $S_i$ -Werte.
  - b) für Anschluß an DMS-Brücken (120  $\Omega$ ).
- Lichtzeigerlängen: L = 50 cm für OSCILLOMAT U;  
L = 30 cm für OSCILLOMAT E, OSCILLOFIL S,  
L = 20 cm für OSCILLOPORT E.

Ölfüllung nicht in gleichem Maße abfällt wie bei Schleifenschwingern. Sie erlauben noch verzerrungsfreie Aufzeichnungen bei gleicher prozentualer Ausnutzung der Frequenzbereiche wie bei den elektrodynamisch gedämpften Schwingern, wobei allerdings darauf geachtet werden sollte, daß die Öltemperatur möglichst konstant gehalten wird. Auch die zulässige Amplitude (Schreibbreite) ist wesentlich größer als bei Schleifenschwingern. Diese ölgefüllten Spulenschwinger sind dafür bestimmt, den Anwendungsbereich auch auf höhere Frequenzen auszudehnen.

#### Erläuterungen zur Tafel 1

Die Empfindlichkeitsangaben gelten nur unter der Voraussetzung, daß für alle Pollöcher des Magnetblocks etwa gleiche magnetische Verhältnisse bestehen. Hierzu ist es erforderlich, in alle nicht benutzten Löcher Adapter (Blindeinsätze) einzustecken. Sie haben gleiche Polschuhe wie die Schwinger, sichern daher für alle Pollöcher unveränderten Kraftfluß und verhindern zugleich deren Verschmutzung.

Die Angaben für die Spannungsempfindlichkeit  $S_u$  und die Spannungskonstante  $C_u$  gelten nur für den Fall, daß der Geberwiderstand dem erforderlichen Abschlußwiderstand entspricht bzw. bei den ölgefüllten Schwingern einen Mindestabschlußwiderstand einhält. Es ist dann

$$S_u = \frac{S_i}{R_i + R_a} \text{ und } C_u = C_i (R_i + R_a)$$

Die elektrodynamisch gedämpften Spulenschwinger können mit mehr als dem 1000fachen der üblichen Betriebsströme belastet werden, ohne daß sie beschädigt werden (vgl. letzte Spalte der Tafel 1).

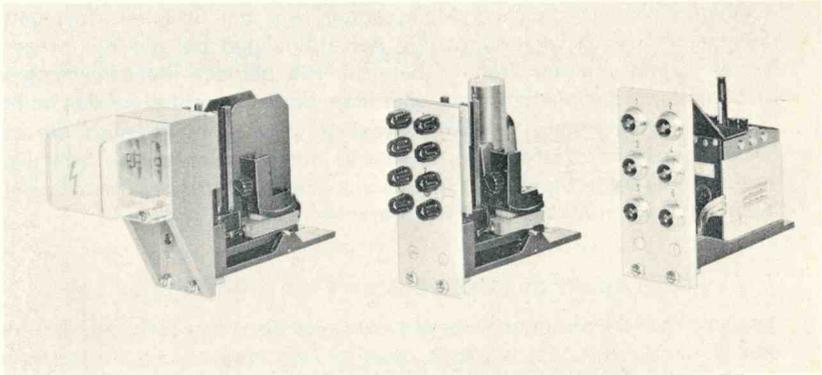
Neben den genannten Daten ist für die Beurteilung der Schwinger noch die Kenntnis der Linearität und der Unsymmetrie von Bedeutung.

Als linear. gelten Schwinger, deren Lichtstrahlausschläge streng proportional den Veränderungen des Meßstromes folgen. Die Linearität ist abhängig vom Aufbau der aktiven Teile des Meßwerks und von der Justierung der Optik. Die Nichtlinearität beträgt bei unseren Spulenschwingern höchstens  $\pm 2\%$  vom Ausschlag.

Die Unsymmetrie sagt darüber aus, um wieviel die Ausschläge bei gleichen Strömen verschiedener Richtung voneinander abweichen. Sie beträgt max.  $\pm 3\%$  vom Ausschlag.

#### D. Auswahl der Schwinger

Wiedergabetreue. Soll ein Vorgang wirklichkeitsgetreu wiedergegeben werden, so ist Voraussetzung, daß der Schwinger für alle interessierenden Frequenzen eine nahezu gleiche Empfindlichkeit und eine



a

b

c

- a Einschub, hochisoliert (10 kV Prüfspannung)  
für zwei große Spulenschwinger oder Schleifenschwinger
- b Einschub für 2 kV Prüfspannung,  
Schwingerbestückung wie bei a
- c Einschub für 6 kleine Spulenschwinger

Bild 3 Galvanometereinschübe

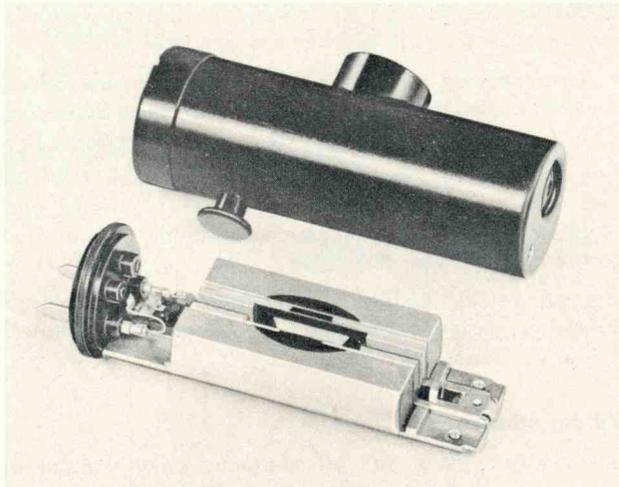


Bild 4 Großer Spulenschwinger, Gehäuse abgezogen

gleiche Verzögerungszeit zwischen erregendem Strom und Schwingerausschlag beibehält. Beide Forderungen werden gut erfüllt, wenn ein Schwingertyp mit genügend hoher Eigenfrequenz ausgewählt und der Schwinger unter ganz bestimmten Dämpfungsverhältnissen betrieben wird.

Auswahl nach Eigenfrequenz. Andererseits wird man die Eigenfrequenz nur so hoch wählen, wie es die jeweilige Meßaufgabe unbedingt erfordert, weil die Stromempfindlichkeit  $S_i$  mit wachsender Eigenfrequenz  $f_0$  quadratisch abnimmt:

$$S_i = \frac{A}{f_0^2}$$

Hier ist A eine Konstante, die einen Gütevergleich zwischen Schwingern gestattet, bei denen die Zahlenangaben für Empfindlichkeit und Eigenfrequenz nicht ganz übereinstimmen.

Nutzbarer Frequenzbereich. Ein großer nutzbarer Frequenzbereich ergibt sich bei einem Dämpfungsgrad  $\alpha = 0,7$  (Bild 5). Läßt man noch, wie bei Oszillographen üblich, einen Amplitudenabfall von 3 db = 30 % zu, so reicht der Bereich bis zur Eigenfrequenz des Schwingers. Wird nur ein Amplitudenabfall von 5 % zugelassen, so können noch Frequenzen bis zu 60 % der Eigenfrequenz aufgezeichnet werden.

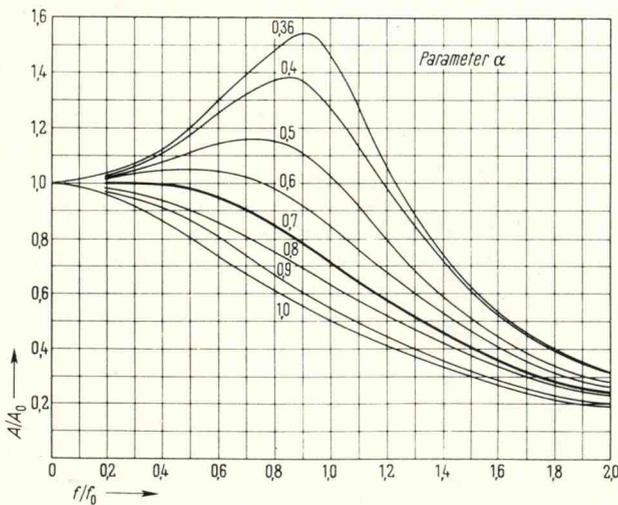


Bild 5 Frequenzgang des Amplitudenverhältnisses bei Wiedergabe sinusförmiger Meßgrößen  
 $A/A_0$  Amplitudenverhältnis,  $f/f_0$  Frequenzverhältnis

1. Beispiel: Es soll eine Meßgröße mit einer Frequenz von 50 Hz aufgezeichnet und dabei die 3. Harmonische noch unverzerrt wiedergegeben werden. Der nutzbare Frequenzbereich müßte also bis zu 150 Hz reichen. Wird der nutzbare Frequenzbereich mit einem Amplitudenabfall oder -anstieg von nur 5 % verstanden, so muß der Schwinger, da hierbei die noch nutzbare Frequenz 60 % der Eigenfrequenz beträgt, eine Eigenfrequenz von mindestens 250 Hz haben ( $150 \text{ Hz} = 60 \% \text{ von } 250 \text{ Hz}$ ). Es kommt also der Schwingertyp S250 in Betracht (vgl. Tafel 1).

Verzögerungszeit. Angestrebt wird eine gleichmäßige Verzögerungszeit unabhängig von der Meßfrequenz. Auch diese Forderung wird bei einem Dämpfungsgrad  $\alpha = 0,7$  gut erfüllt (Bild 6).

Werden Schwinger verschiedener Eigenfrequenz mit der gleichen Meßfrequenz betrieben, so tritt eine Phasenverschiebung zwischen beiden auf, deren Größe Bild 6 entnommen werden kann.

2. Beispiel: Mit einem Schwinger Typ S 120 mit  $f_0 = 120 \text{ Hz}$  und einem des Typs S 350 (350 Hz) werden 50-Hz-Schwingungen aufgenommen. Beide Schwinger sind mit  $\alpha = 0,7$  gedämpft.

Beim 120-Hz-Schwinger beträgt das Produkt aus Verzögerungszeit und Eigenfrequenz  $t \cdot f_0 = 0,23$  für  $f : f_0 = 50 : 120 = 0,42$  (Bild 6).

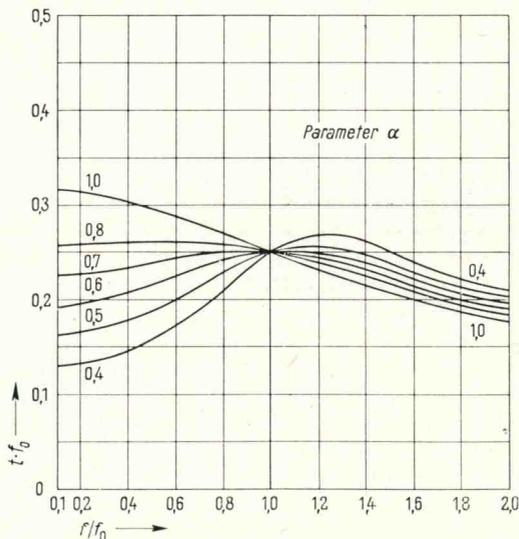


Bild 6 Frequenzgang der Verzögerung bei Wiedergabe sinusförmiger Meßgrößen  
 $t$  Verzögerungszeit,  $f_0$  Eigenfrequenz

Die Verzögerungszeit ist also

$$t = \frac{0,23}{f_0} = \frac{0,23}{120} = 1,9 \text{ ms.}$$

Beim 350-Hz-Schwinger ergibt sich für  $\frac{f}{f_0} = \frac{50}{350} = 0,14$  eine Verzögerungszeit von  $t = \frac{0,225}{350} = 0,64 \text{ ms.}$

Die Phasenverschiebung zwischen beiden Systemen:

$$1,9 - 0,64 = 1,26 \text{ ms.}$$

Wiedergabe von Rechteckimpulsen. Auch für das Registrieren von Rechteckimpulsen ist der gewählte Dämpfungsgrad  $\alpha = 0,7$  vorteilhaft, weil sich hierbei ein Optimum an Ansprechzeit bei kleinster Überschwängung (etwa 4,6 %) ergibt.

Einstellung des Dämpfungsgrades  $\alpha = 0,7$ . Wie bereits erwähnt, werden die Schwinger für elektrodynamische oder für Öldämpfung ausgeführt. Die elektrodynamische Dämpfung sichert eine bestmögliche Wiedergabetreue, weil der Gütefaktor  $A$  im Gegensatz zu den ölgedämpften Schwingern, bei denen sich durch das mitbewegte Dämpfungöl das Nennträgheitsmoment vergrößert, seinen vollen Wert beibehält. Dieser Vorteil muß jedoch durch eine zunächst als umständlicher erscheinende Anwendung erkauft werden, indem der Schwinger mit einem bestimmten, auf seiner Prüfkarte vermerkten Widerstandswert abgeschlossen werden muß. Diese Anpassung an den Geberwiderstand kann mit stetig einstellbaren Anpassungsstellern erfolgen, die neben der Anpassung auch eine Empfindlichkeitseinstellung in gewissen Grenzen erlauben. Bei den ölgefüllten Schwingern braucht der Meßschaltungswiderstand nur einen Mindestwert einzuhalten.

3. Beispiel: An einen Geber mit einem Innenwiderstand  $R_g = 80 \Omega$  soll ein Schwinger des Typs S 120 auf dessen Prüfkarte ein Abschlußwiderstand von  $185 \Omega$  eingetragen ist, angeschlossen werden. Hier muß ein Vorwiderstand von  $105 \Omega$  vorgesehen werden. Soll der gleiche Schwinger an einen Geber mit einem Innenwiderstand von  $240 \Omega$  angeschlossen werden, so ist ein Parallelwiderstand anzuordnen, der sich nach der Formel

$$R_{\text{parallel}} = \frac{R_{\text{Abschluß}} \cdot R_{\text{Geber}}}{R_{\text{Geber}} - R_{\text{Abschluß}}}$$

zu  $807 \Omega$  errechnet.

Wenn es erforderlich wird, den Schwinger mit Vor- oder Nebenwiderständen anzupassen, so ändern sich damit natürlicherweise auch die Werte für die Strom- bzw. Spannungsempfindlichkeit der Gesamtschaltung gegenüber den in der Prüfkarte angegebenen Werten. Diese Empfindlichkeit läßt sich einfach aus den Widerstandsverhältnissen ermitteln.

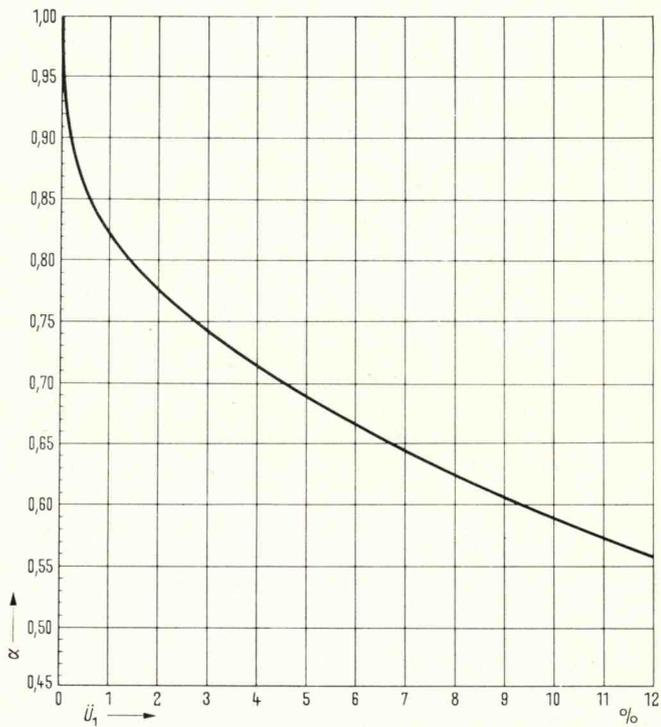


Bild 7 Überschwingung  $\ddot{u}_1$  in Abhängigkeit vom Dämpfungsgrad  $\alpha$

Aus der Überschwingung von 4,6 % (vgl. „Wiedergabe von Rechteckimpulsen“), die man recht einfach durch Registrieren eines Gleichstromstoßes messen kann, läßt sich der Dämpfungsgrad direkt bestimmen. Der Schwinger wird mit seinem auf der Prüfkarte angegebenen Abschlußwiderstand  $R_a$  abgeschlossen und über einen hohen Vorwiderstand  $R_v$  ( $\geq 100 \cdot R_a$ ) an eine Gleichspannung gelegt. Für die beim Einschalten gemessene Überschwingung (in % vom statischen Ausschlag) wird im Bild 7 der Dämpfungsgrad abgelesen.

Bei orientierenden Aufnahmen, die keine genaue Auswertung der Schwingerausschläge erforderlich machen, wird man oft auf die optimale Wiedergabetreue verzichten können, so daß sich eine genaue Dämpfungsanpassung erübrigt. In diesen Fällen kann man aus Bild 8 ersehen, welchen Dämpfungsgrad eine Fehlanpassung mit sich bringt. Dabei ist der Dämpfungsgrad in Abhängigkeit vom Dämpfungswiderstand  $R_D$  (Summe aus Schwingerwiderstand  $R_i$  und Meßschaltungswiderstand  $R_M$ ) aufgetragen. Als Parameter wird der aus den Daten der Prüfkarte sich ergebende Dämpfungswiderstand ( $R_i + R_a$ ) für  $\alpha = 0,7$  benutzt.

4. Beispiel. Für eine Dehnungsmeßstreifenbrücke mit einem Brückenausgangswiderstand von  $120 \Omega$  soll ein Schwinger des Typs S 120 als Nullindikator benutzt werden. Auf der Prüfkarte des Schwingers sind folgende Daten eingetragen:  $S_i = 5,0 \text{ mm}/\mu\text{A} \cdot \text{m}$ ;  $f_0 = 120 \text{ Hz}$ ;  $R_i = 40 \Omega$ ;  $R_a = 90 \Omega$ ; d. h.  $R_0 = R_i + R_a = 130 \Omega$ .

Der Benutzer verzichtet auf höchste Wiedergabetreue und möchte von der genauen Anpassung seiner Dehnungsmeßstreifenbrücke an den Wert des Abschlußwiderstandes absehen und den Spulenschwinger direkt an die Brücke anschließen. Er möchte aber wissen, wie groß bei dieser Vereinfachung der nutzbare Frequenzbereich ist, wenn ein Amplitudenanstieg oder -abfall von  $\pm 5 \%$  als noch tragbar angesehen wird.

Der Dämpfungswiderstand  $R_D$  beträgt hier  $R_i + R_M = 40 + 120 = 160 \Omega$ , der Gesamtwiderstand  $R_0$  laut Daten der Prüfkarte  $130 \Omega$ . Für diese Werte wird im Bild 8 ein Dämpfungsgrad  $\alpha = 0,57$  abgelesen. Aus Bild 9 wird für dieses  $\alpha$  der Wert für die obere Grenze des nutzbaren Frequenzbereiches entnommen. Für das Beispiel beträgt der Wert 42 % der Eigenfrequenz = 50,4 Hz. (Bei exakten Dämpfungsverhältnissen beträgt die obere Grenze des nutzbaren Frequenzbereiches dieses Schwingers 60 % der Eigenfrequenz = 72 Hz).

#### E. Anpassungssteller

Die Anpassungssteller (Bild 10) sollen es dem Benutzer erleichtern, den Spulenschwinger mit seinem in der Prüfkarte angegebenen Abschlußwiderstand abzuschließen und außerdem in gewissen Grenzen eine

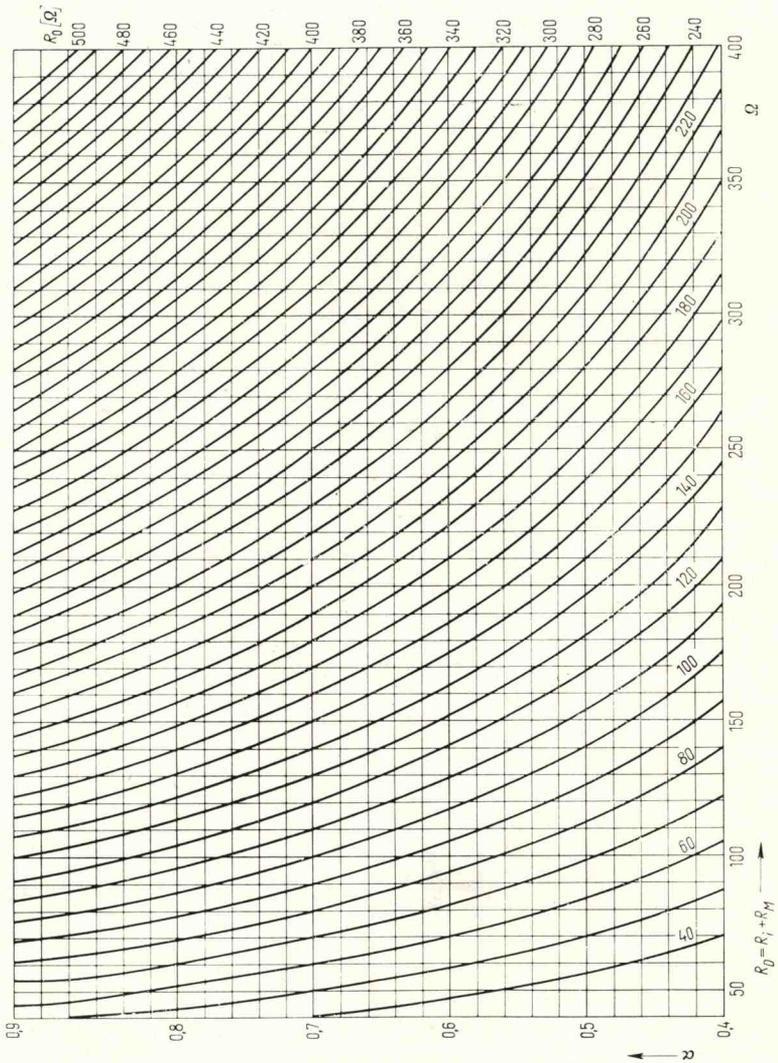


Bild 8 Dämpfungsgrad  $\alpha$  in Abhängigkeit vom Dämpfungswiderstand  $R_D$   
 Parameter: Gesamtwiderstand  $R_0 = R_1 + R_3$  bei einem  
 Dämpfungsgrad  $\alpha = 0,7$

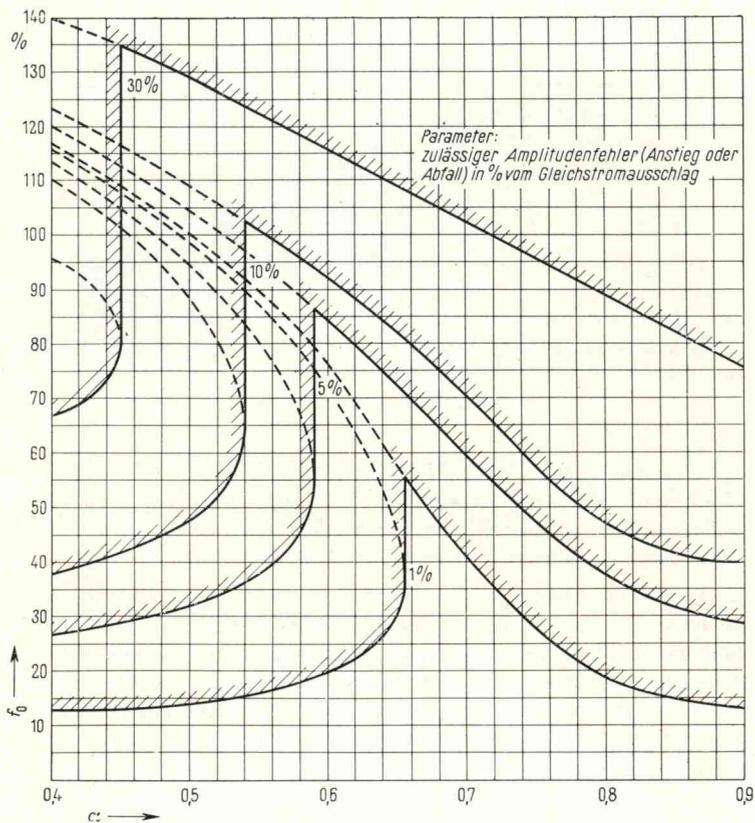


Bild 9 Nutzbarer Frequenzbereich  $f$  in % der Schwingereigenfrequenz in Abhängigkeit vom Dämpfungsgrad  $\alpha$  für 1 %, 5 %, 10 % und 30 % Amplitudenfehler

Änderung der Empfindlichkeit ermöglichen. Die Grundschaltung dieser Anpassungssteller zeigt Bild 11. Dabei ist  $E$  die Meßspannung,  $R_G$  ihr innerer Widerstand oder ein Vorwiderstand.  $R_P$  ist ein Drehwiderstand, der, als Spannungsteiler geschaltet, in erster Linie zur Empfindlichkeits-einstellung benutzt wird. Mit dem Vorwiderstand  $R_V$  wird auf den erforderlichen Abschlußwiderstand  $R_a$  eingestellt. Dabei wird so verfahren, daß der Anpassungssteller, nachdem er mit der stromlosen Meßschaltung verbunden wurde, an eine Meßbrücke, z. B. an die Einknopf-Meßbrücke L.-Nr. 232 800, geschaltet wird. Der Innenwiderstand der Meßspannung wird von einem Ersatzwiderstand nachgebildet.

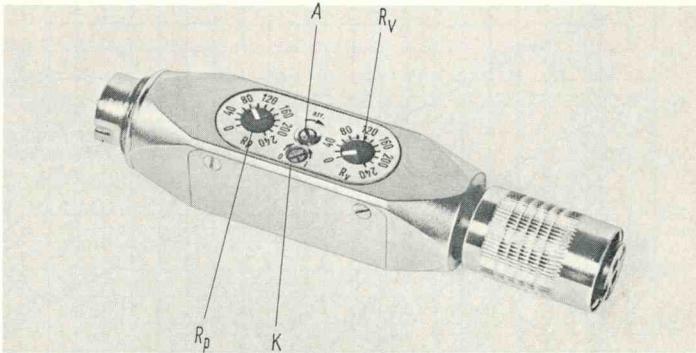


Bild 10 Der Anpassungssteller

Je nach gewünschter Empfindlichkeit wird der Empfindlichkeitssteller  $R_p$  aufgedreht. Mit dem Vorwiderstand  $R_v$  wird dann auf den Abschlußwiderstand  $R_a$  eingestellt. Den Abgleichzustand zeigt die anstelle des Schwingers eingeschaltete Meßbrücke (vgl. Bild 11) an.

Unter gewissen Bedingungen, wenn z. B. der Innenwiderstand der Meßspannung  $R_g$  sehr hoch und der Abschlußwiderstand  $R_a$  sehr niedrig ist, darf der Empfindlichkeitssteller  $R_p$  nicht in Endstellung gebracht werden, weil sich sonst mit  $R_v$  der Wert für  $R_a$  nicht mehr einstellen läßt. Wenn sich also mit  $R_v$  der Wert des Abschlußwiderstandes nicht mehr einstellen läßt, ist der Empfindlichkeitssteller  $R_p$  zurückzudrehen und erneut der Abgleich zu suchen.

Die Anpassungssteller werden in drei Ausführungen hergestellt (Tafel 2).

Typ	für Schwinger mit Abschlußwiderständen $\Omega$	Widerstandswert für	
		$R_p$ $\Omega$	$R_v$ $\Omega$
1	15 bis 60	60	0 bis 60
2	61 bis 240	240	0 bis 240
3	241 bis 960	960	0 bis 960

Tafel 2 Daten der Anpassungssteller

Kontaktdruck und Ausführung der Widerstände sind so gewählt, daß ein einwandfreier Betrieb auch bei Erschütterungen gesichert ist.

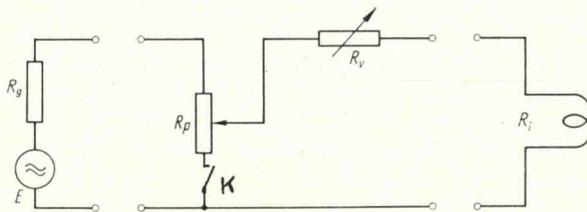


Bild 11 Grundschiung des Anpassungstellers

Um ein unbeabsichtigtes Verstellen auszuschließen, können die Widerstände  $R_F$  und  $R_V$  auf dem eingestellten Wert mit der Schraube A (Bild 10) arretiert werden. Mit der Kontaktschraube K läßt sich der Widerstand  $R_p$  abtrennen, wenn er für die Einstellung nicht benötigt wird.

Bei den Spulenschwinger-Oszillographen OSCILLOFIL 6 und 16 sowie beim OSCILLOMAT können die Anpassungssteller direkt in die Meßanschlüsse der Oszillographen eingesteckt werden und auf der anderen Seite den Stecker für die Meßzuleitung aufnehmen.

#### F. Messungen mit höchster Genauigkeit

Für sehr genaue Messungen, bei denen es auf beste Wiedergabetreue ankommt, genügt es nicht allein, den Schwinger mit dem auf der Prüfkarte vermerkten Abschlußwiderstand abzuschließen.

Die auf der Prüfkarte angegebenen Werte für die Stromempfindlichkeit und den Abschlußwiderstand gelten für einen Normalmagnetblock mittlerer Luftspaltinduktion. In den einzelnen Pollöchern kann die Induktion hiervon jedoch je nach Lage des Polloches mehr am Rande oder in der Mitte des Blockes in gewissen Grenzen abweichen.

Wird Wert auf die Erzielung höchster Meßgenauigkeit gelegt, so ist daher zu empfehlen, vor der Messung die Stromempfindlichkeit  $S_i'$  im jeweils benutzten Polloch zu bestimmen. Die Messung von  $S_i'$  kann auf einfachste Weise nach Bild 12 erfolgen.

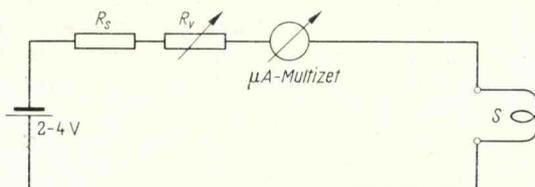


Bild 12 Schaltung zum Bestimmen der Stromempfindlichkeit

Über einen festen Schutzwiderstand  $R_s$  von etwa 1 bis 2 k $\Omega$ , einen Stellwiderstand  $R_v$  von etwa 500 k $\Omega$  und einen empfindlichen Strommesser, z. B. das  $\mu$ A-Multizet Listen-Nr. 231 252, wird der Spulenschwinger S an eine Gleichspannung von 2 bis 4 V gelegt. Es wird dann der Ausschlag  $\alpha$  [mm] auf der Mattscheibe oder im Oszillogramm für einen bestimmten Strom  $i$  [ $\mu$ A] abgelesen. Die Stromempfindlichkeit  $S_i'$ , bezogen auf die Lichtzeigerlänge Z von 1 m, ist dann:

$$S_i' = \frac{\alpha \text{ [mm]}}{i \text{ [\mu A]} \cdot Z \text{ [m]}}$$

Aus  $S_i'$  läßt sich dann auch der genaue Wert für den Abschlußwiderstand  $R_a'$  berechnen:

$$R_a' = \frac{R_i + R_a}{S_i'^2} \cdot S_i'^2 - R_i \text{ [\Omega]}$$

Die Werte für  $S_i$  [mm/ $\mu$ A  $\cdot$  m],  $R_i$  [ $\Omega$ ] und  $R_a$  [ $\Omega$ ] sind der dem Schwinger beigegebenen Prüfkarte zu entnehmen.

### G. Adapter

Grundsätzlich sollten alle Pollöcher mit Schwingern besetzt sein, damit stets gleiche magnetische Verhältnisse vorliegen und eine Verschmutzung durch Eisenteilchen vermieden wird. Wenn nicht genügend Schwinger zur Verfügung stehen, sind die Pollöcher durch Adapter zu verschließen, die die magnetischen Verhältnisse eines Schwingers genau nachbilden (vgl. Seite 7).

### H. Störeinflüsse

Soll die hohe Empfindlichkeit der Spulenschwinger voll ausgenutzt werden, so empfiehlt es sich, die Meßschaltung sorgfältig auszuwählen und aufzubauen, und zwar besonders dann, wenn mit hohen Meßspannungen gearbeitet wird. Kapazitäten zwischen benachbarten Leitungen sind weitgehend zu vermeiden. Auch induktive Einstreuungen sind möglichst auszuschließen. Die Widerstände in der Meßschaltung sollten bifilar gewickelt sein. Wo der Anpassungssteller nicht zur Verfügung steht, passe man mit Kohleschichtwiderständen an. Es ist zweckmäßig, diese so dicht wie nur möglich an den Meßklemmen des Oszillographen anzuschließen. Die Zuleitungen wird man verdrillt verlegen und Schleifen vermeiden. Vielfach liegt die Ursache für eine der Nulllinie oder dem Meßvorgang überlagerte Wechselstromgröße in einem nicht ganz einwandfreien Schaltungsaufbau.

Schaltelemente, wie Schiebewiderstände und unifilar gewickelte Drahtwiderstände, gehören nicht in eine Meßschaltung mit hochempfindlichen Spulenschwingern. Der Benutzer muß sich beim Arbeiten mit Spulen-

schwingern über deren hohe Empfindlichkeit, die in den Bereich eines Spiegelgalvanometers fällt, im klaren sein.

Wie beim Übergang vom üblichen Drehspulinstrument zum Galvanometer neue Probleme auftreten (Isolationswiderstände, Schirmfragen, Thermospannungen), so auch beim Übergang von den Schleifenschwingern zu den hochempfindlichen Spulenschwingern. Außer den genannten Punkten spielen hier noch, weil es sich um Wechselströme handelt, Kapazitäten und Induktivitäten eine Rolle. Der Benutzer tut gut daran, seine Meßschaltung unter diesen Gesichtspunkten auszuwählen und aufzubauen. In besonders ungünstigen Fällen wenden Sie sich, bitte, mit Ihren Fragen an uns.



**SIEMENS**