

Hersteller: N. V. v. h. P. J. Kipp & Zonen Delft (Holland)

Generalvertretung für Deutschland: E. Leybold's Nachfolger A.-G., Köln-Bayental

J

721-3

Spiegel-Galvanometer

DK 621.317.715

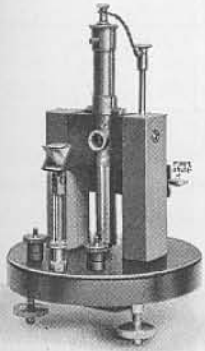


Bild 1. Moll-Galvanometer normaler Ausführung und Modell hoher Strom-Empfindlichkeit.

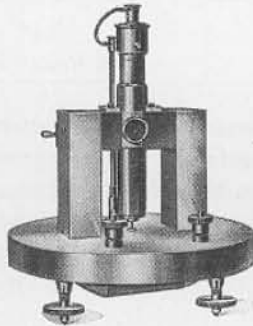


Bild 2. Moll-Mikro-Galvanometer mit 0,2 s Einstellzeit und Moll-Galvanometer hoher Spannungsempfindlichkeit.

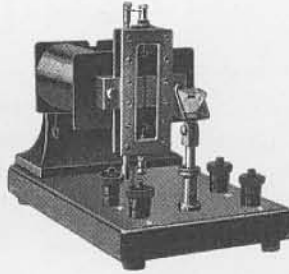


Bild 3. Torsionsfaden-Galvanometer nach Moll und van Dyck mit 0,01 s Einstellzeit.

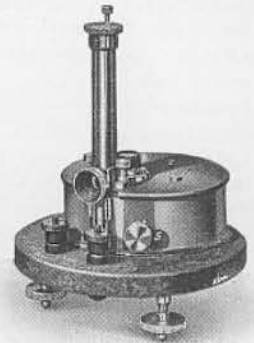


Bild 4. Zernike-Galvanometer höchster Empfindlichkeit.

Allgemeines. Galvanometer werden meist nach ihrer Empfindlichkeit beurteilt, d. h. nach der Größe des Ausschlags für einen gegebenen Strom oder eine gegebene Spannung. Diese Beurteilungswiese führt aber zu Irrtümern. Das wirkliche Kriterium ist das Minimum von Strom oder Spannung, das eben noch festgestellt werden kann. Die erreichbare Meßgenauigkeit eines Galvanometers wird meist nicht durch mangelnde Empfindlichkeit, sondern durch ungenügend ruhige Nullpunkt-lage bestimmt. Die Nullpunkt-lage soll auch unter normalen Laboratoriumsverhältnissen stabil sein.

Ein zweiter wichtiger Punkt ist die Einstellzeit des Galvanometers. Häufig treten Störungen im äußeren Stromkreis auf; die Messungen werden von diesen Störungen um so weniger beeinflusst, je kürzer die Einstellzeit des Instrumentes ist. Bei kurzer Einstellzeit sind außerdem die Störungseinflüsse viel leichter zu erkennen.

Auf die obigen Forderungen ist bei der Konstruktion der verschiedenen Typen Mollscher Galvanometer Rücksicht genommen. Die Spulen der Galvanometer sind lang, schmal und ohne Rahmen gewickelt. Sie haben daher ein kleines Trägheitsmoment. Außerdem sind sie nicht in der üblichen Weise an einem Faden aufgehängt,

sondern zwischen zwei Metallfäden gespannt, die zugleich als Stromleiter dienen. Die vollkommene Symmetrie des Systems und die sorgfältige Ausbalancierung gewährleisten eine feste Nullpunkt-lage auch bei nicht genau senkrechter Stellung. Bei gespannten, gut ausbalancierten, stabilen Systemen sind Libellen selbstverständlich ganz überflüssig. Zum Zwecke der aperiodischen Einstellung bei verschiedenen äußeren Widerständen sind sämtliche Galvanometer mit verstellbarem magnetischem Nebenschluß ausgerüstet.

Wird für Messungen die allerhöchste Empfindlichkeit verlangt, z. B. 10^{-11} A., so tut man besser, mit 2 Galvanometern und einem Thermorelais zu arbeiten¹. Das primäre Galvanometer wird in den Meßkreis eingeschaltet und wird ein auf seinen Spiegel fallendes Lichtbüschel auf ein doppeltes Thermo-element im Vakuum reflektiert (Bild 5).

Das doppelte Thermo-element (Bild 6) besteht aus einem Metallstreifen, an den beiden Enden A und D festgelötet (kalte Lötstellen). Die Teile A—B und C—D bestehen aus demselben Metall, während der Teil B—C aus einer anderen Legierung besteht. B und C sind also die warmen Lötstellen. Trifft nun das Lichtbüschel B—C gerade in der Mitte, so bleibt das angeschlossene Galvanometer natürlich auf Null stehen, während bei dem geringsten Ausschlag des Primärgalvanometers und demzufolge Verschiebung des Lichtbüschels nach B oder nach C, ein Thermostrom entsteht, der dieser Verschiebung proportional ist und

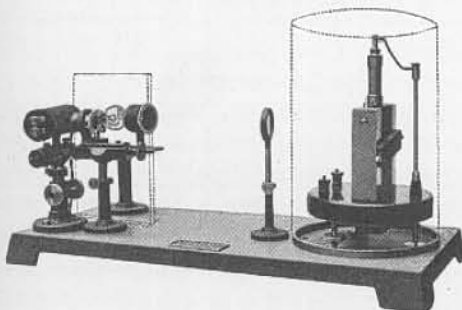


Bild 5. Thermorelais-Aufstellung mit Primärgalvanometer.

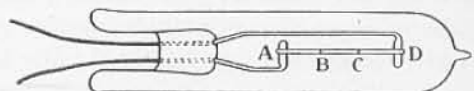


Bild 6. Thermorelais in Glashülle.

mit dem an A und D angeschlossenen zweiten Galvanometer gemessen wird.

Im folgenden sind die Eigenschaften der von der Firma Kipp & Zonen hergestellten Galvanometer zusammengestellt.

In den Tabellen bedeutet allgemein

- τ die Schwingungsdauer für eine volle Periode,
- R_i den inneren Widerstand,
- R_a den äußeren Widerstand,
- e_e die Spannungsempfindlichkeit in 10^{-9} Volt (Nanovolt, nV) für 1 mm Ausschlag und 1 m Skalenabstand, wobei das magnetische Feld so reguliert ist, daß das Galvanometer aperiodisch (kritisch) gedämpft ist,
- e_i die Stromempfindlichkeit in 10^{-9} Ampere (nA) für 1 mm Ausschlag und 1 m Skalenabstand, gleichfalls für den aperiodischen Grenzfall,
- R_{max} den höchsten äußeren Widerstand, bei dem das Galvanometer noch aperiodisch anzeigt. Wenn ein höherer äußerer Widerstand gebraucht wird, schwingt das Galvanometer periodisch, es kann wieder aperiodisch gemacht werden durch Anwendung eines passenden elektrischen Nebenschlusses.

• **Moll-„Original“-Galvanometer².** 6 mm Spiegel-Durchmesser (Bild 1). Seine Empfindlichkeit reicht für die meisten Fälle aus, seine geringe Einstellzeit ist besonders wertvoll.

τ	R_i	R_a	e_e	e_i
1,3 s	55 Ω	1 Ω	590 nV/mm	10,5 nA/mm
		40 Ω	760 „	8,0 „
		$R_{max}=160 \Omega$	1220 „	5,7 „

Moll-Galvanometer hoher Strom-Empfindlichkeit. 5 mm Spiegel-Durchmesser (Bild 1), bestimmt für Meßkreise mit hohem Widerstand.

Type	τ	R_i	R_a	e_e	e_i
A	7 s	340 Ω	2000 Ω	400 nV/mm	0,17 nA/mm
			20000 Ω	1200 „	0,06 „
			70000 Ω	2100 „	0,03 „
			$R_{max}=200000 \Omega$	4000 „	0,02 „
B	3,5 s	340 Ω	700 Ω	830 nV/mm	0,8 nA/mm
			5000 Ω	1850 „	0,35 „
			20000 Ω	4000 „	0,20 „
			$R_{max}=70000 \Omega$	7000 „	0,10 „

Moll-Galvanometer hoher Spannungs-Empfindlichkeit. 5 mm Spiegel-Durchmesser (Bild 2). Die Richtkraft ist gegenüber der normalen Ausführung einmal dadurch vermindert worden, daß eine besonders feine Aufhängung verwendet wurde, dann aber durch das Anbringen eines paramagnetischen Körpers in der Spule. Das Magnetfeld erzeugt mit ihm ein Drehmoment, das der Richtkraft der Aufhängung entgegen wirkt.

τ	R_i	R_a	e_e	e_i
2,0 s	25 Ω	1 Ω	130 nV/mm	5,0 nA/mm
3 s	25 Ω	70 Ω	120 „	1,3 „
5 s	25 Ω	$R_{max}=200 \Omega$	90 „	0,4 „

Moll-Mikro-Galvanometer mit kurzer Einstellzeit. In der äußeren Form identisch mit dem vorher genannten. Spiegel-Durchmesser 3 mm (Bild 2). Die Einstel-

lung erfolgt aperiodisch in 0,2s, das Galvanometer ist deshalb besonders zur Messung schnell veränderlicher Vorgänge bestimmt. Es wird vorwiegend zur Messung schnell veränderlicher Strahlungen in Verbindung mit Vakuum-Thermoelementen benutzt, es wird auch bei dem letzten Modell des registrierenden Mikrophotometers verwendet.

τ	R_i	R_a	e_e	e_i
0,2 s	20 Ω	1 Ω	840 nV/mm	40 nA/mm
		15 Ω	1150 „	33 „
		$R_{max}=55 \Omega$	1850 „	25 „

Torsions-Fadengalvanometer nach Moll und van Dyck³. Spiegelgröße $0,8 \times 1,5$ mm (Bild 3). Die Einstellzeit dieses Modelles liegt bei verminderter Empfindlichkeit in der Größenordnung von hundertstel Sekunden. Das Galvanometer wird auch mit Stabmagnet geliefert. Die Wicklung des Elektromagneten hat einen Widerstand von 4 Ω , der Erregerstrom ist etwa 2 A. Das Instrument ist besonders zur photographischen Registrierung schnell veränderlicher Vorgänge geeignet, für visuelle Beobachtung kann die kurze Einstelldauer nicht voll ausgenutzt werden.

Type	τ	R_i	R_a	e_e	e_i
TS A	0,02 s	8,5 Ω	1 Ω	3800 nV/mm	400 nA/mm
			50 Ω	16000 „	275 „
			100 Ω	22000 „	200 „
			$R_{max}=\infty \Omega$	—	167 „
TS B	0,01 s	5,0 Ω	1 Ω	4800 nV/mm	800 nA/mm
			50 Ω	30000 „	550 „
			100 Ω	50000 „	480 „
			$R_{max}=\infty \Omega$	—	430 „

Zernike-Galvanometer⁴. Spiegelgröße 8 mm (Bild 4). Höchst empfindliches Modell mit nicht gespannter Bandaufhängung des beweglichen Systems. Die äußerst leichte Drehspule hängt an einem feinen Quarzfaden, so daß die Richtkraft auf ein Minimum reduziert werden kann. Die Stromzuleitung erfolgt durch außerordentlich feine Goldbänder. Das Zernike-Galvanometer wird sowohl als Strommesser als auch als Spannungsmesser höchster Empfindlichkeit hergestellt.

Type	τ	R_i	R_a	e_e	e_i
Z a	1,3 s	7 Ω	1 Ω	180 nV/mm	25 nA/mm
			20 Ω	300 „	11 „
			$R_{max}=50 \Omega$	400 „	7 „
Z b	3,0 s	10 Ω	1 Ω	50 nV/mm	5,0 nA/mm
			50 Ω	150 „	2,5 „
			$R_{max}=200 \Omega$	300 „	1,5 „
Z c	7,0 s	15 Ω	15 Ω	36 nV/mm	1,2 nA/mm
			100 Ω	80 „	0,7 „
			$R_{max}=400 \Omega$	160 „	0,4 „
Z d	3,0 s	25 Ω	80 Ω	250 nV/mm	2,5 nA/mm
			550 Ω	580 „	1,0 „
			$R_{max}=2000 \Omega$	1000 „	0,5 „
Z e	7,0 s	25 Ω	200 Ω	110 nV/mm	0,5 nA/mm
			1000 Ω	250 „	0,25 „
			$R_{max}=3000 \Omega$	450 „	0,15 „

Literatur.

1. Philos. Mag. 1 (1925), S. 626...631, J. sci. Instrum. 4 (1926), S. 4...5, Z. Physik 34 (1925) S. 109...111 und S. 112...119. —
2. W. J. H. Moll, Proc. Physic. Soc. London 35 (1923), Part 5. — 3. W. J. D. van Dyck, Z. Instrumentenk. 46 (1926), S. 378...380. — 4. F. Zernike, Amsterdam Proceedings 24, S. 239. — Ausführliche Angaben über diese Galvanometer enthält der Katalog G 33 der Firma Kipp & Zonen.