

senes elektrodynamisches Meßwerk) oder ohne Eisenkern (eisenloses elektrodynamisches Meßwerk) bestehen. Wird ein Eisenkern verwendet, so ist er aus einzelnen, gegeneinander isolierten Blechen aufgebaut, um bei der Messung von Wechselströmen die Wirbelstromverluste niedrig zu halten.

Ist der magnetische Widerstand des Eisenkreises zu vernachlässigen, und fließt der Strom  $I_1$  durch die Spule mit  $N_1$  Windungen, so ist die magnetische Induktion  $B$  in dem Luftspalt der Breite  $a$

$$B = \frac{\mu_0 N_1}{a} I_1.$$

Von diesem Feld wird auf die bewegliche, von dem Strom  $I_2$  durchflossene Spule mit  $N_2$  Windungen und der Fläche  $A$  eine Kraft ausgeübt, woraus das elektrische Moment  $M_e$

$$M_e = \frac{\mu_0 A N_1 N_2}{a} I_1 I_2 \quad (2.9)$$

resultiert. Das Rückstellmoment  $M_m$  wird wie bei dem Drehspulinstrument durch eine Spiralfeder oder durch ein Spannband erzeugt,  $M_m = c\alpha$ . Bei Gleichheit der Momente ist der Ausschlagwinkel  $\alpha$

$$\alpha = \frac{\mu_0 A N_1 N_2}{a c} I_1 I_2 = k I_1 I_2, \quad (2.10)$$

wenn in dem Proportionalitätsfaktor  $k$  wieder die bekannten Größen zusammengefaßt werden.

Das elektrodynamische Meßwerk ist ein multiplizierendes Instrument und zeigt das Produkt zweier Ströme an. Häufig wird es zur Leistungsmessung benutzt. Wird derselbe Strom  $I = I_1 = I_2$  durch beide Spulen geschickt, so ist der Ausschlag proportional zu  $I^2$  und die Kennlinie verläuft quadratisch.

In Abschnitt 2.1.4 wird noch gezeigt, daß bei Wechselströmen die Phasenlage zu berücksichtigen ist. Für diesen allgemeineren Fall ist die rechte Seite der Gl. (2.10) noch mit dem Kosinus des Phasenwinkels  $\varphi$  zu multiplizieren (Gl. (2.41)).

**Dreheisenmeßwerk.** Das Dreheisenmeßwerk verwendet eine feststehende Spule, in deren Feld zwei Eisenplättchen magnetisiert werden (Bild 2.6). Das eine ist befestigt, das andere ist beweglich und durch eine Feder in der Ruhelage gehalten. Die entstehenden Magnete haben gleichgerichtete Pole. Sie stoßen sich infolgedessen mit einer Kraft ab, die proportional dem Produkt ihrer magnetischen Momente ist. Das Moment jedes Plättchens hängt von dem durch die Spule fließenden Strom  $I$  ab. Der Ausschlag  $\alpha$  des Instruments ist damit proportional zu  $I^2$  und mit  $k$  als Proportionalitätsfaktor kann geschrieben werden

$$\alpha = k I^2. \quad (2.11)$$

Das Dreheiseninstrument bewertet das Quadrat des durchgehenden Stromes und seine Kennlinie verläuft nach (2.11) zunächst quadratisch. Durch geeignet gestaltete Plättchen kann aber auch ein linearer Zusammenhang zwischen Strom und Ausschlagwinkel erreicht werden.

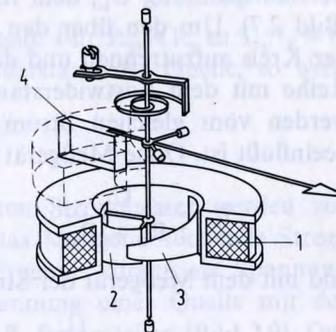


Bild 2.6: Rundspul-Dreheisenmeßwerk

- 1 Feldspule
- 2 bewegliches Eisenplättchen
- 3 feststehendes Eisenplättchen
- 4 Flügel zur Luftdämpfung

Beim Dreheiseninstrument wird wie beim Drehmagnetinstrument das benötigte Magnetfeld von dem zu messenden Strom erzeugt. Der Eigenverbrauch ist daher größer als beim Drehspulinstrument. Die Wirbelstromdämpfung ist nicht ausreichend; eine Luftdämpfung wird benötigt.

**Temperatureinfluß.** Die Meßwerke benutzen Bauteile wie Spulen, Dauermagnete und Federn, deren Eigenschaften sich mit der *Temperatur* ändern. Dabei sind die Einflüsse auf die Federkonstante und auf die Induktion eines Dauermagneten entgegengerichtet oder gering und können so vernachlässigt werden. Bedeutsamer ist die Erhöhung des elektrischen Widerstandes einer Kupferspule von  $R_0$  auf  $R(T)$  bei einer Temperaturzunahme von  $T_0$  auf  $T$ . Da der Temperaturkoeffizient  $\alpha$  selbst noch von der Temperatur abhängt, gilt die folgende Beziehung nur angenähert:

$$R(T) = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad \text{mit } \alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}. \quad (2.12)$$

Diese Temperaturänderung bleibt ohne Einfluß, solange nur Ströme gemessen werden. Sie ist jedoch bei Spannungsmessern zu berücksichtigen, bei denen der durch das Meßwerk fließende Strom mit einem festen Wert des Spulenwiderstands multipliziert und als Spannung interpretiert wird. Hier nimmt bei zunehmendem Spulenwiderstand der Strom ab und täuscht so eine kleinere Spannung vor. Um diesen Einfluß zu verringern, wird der Spule ein größerer, temperaturunabhängiger Widerstand vorgeschaltet. Noch effektiver ist, einen Widerstand mit negativem Temperaturkoeffizienten zu verwenden. Das Meßwerk wird dann so ausgelegt, daß sich die Widerstandszunahme der Spule und die Widerstandsabnahme des Vorwiderstandes gegenseitig aufheben.