

Informationen zur Funktion einer Saitenschwingwaage

der beiden angenähert richtkraftlosen Membranfaltentbälge sind durch eine Stange miteinander verbunden. Über die wirksame Fläche der Faltenbälge wird der anliegende Differenzdruck in eine Kraft umgeformt, die die Meßbereichsfedern proportional auslenkt. Über ein Torsionsrohr kann der in einen Winkel von etwa 8° umgeformte Verschiebungsweg druckdicht nach außen übertragen werden. Die Bartonzelle ist äußerst überlastsicher, da die Faltenbälge mit einer inkompressiblen Flüssigkeit gefüllt und durch einen der beiden Ventilkegel abgeschlossen sind. Eine temperaturbedingte Volumenzunahme der Füllflüssigkeit wird von einem einseitig aufgesetzten Faltenbalg aufgenommen.

Für genaue Druckmessungen wird beim Kolbenmanometer nach Bild 26.6e der Meßdruck über einen Kolben in eine Kraft umgeformt, die eine proportionale Auslenkung der Meßbereichsfeder(n) bewirkt. Der Druck auch aggressiver Medien wird dabei über eine Ölvorlage auf den Kolben übertragen. Der Kolben wird zur Elimination der Reibung über einen Motor langsam angetrieben. Zur Nullpunktunterdrückung kann dabei der Kolben über Gewichte vorbelastet werden.

Die von den Meßkräften oder Meßdrücken bewirkten Auslenkungen der Federkörper werden mit Weg- oder Winkelaufnehmern in elektrische Signale umgeformt. Als Aufnehmer kommen dabei im besonderen induktive, kapazitive oder magnetische (mit Feldplatten oder Hallelementen) Sensoren in Betracht.

26.7 Kraft- und Druckmessung über Schwing-saiten

Eine gespannte, meist metallische Saite kann nach Bild 26.7a z.B. durch elektromagnetische Anregung in

Transversalschwingungen versetzt werden. Dazu muß ein Permanent-Magnetfeld vorhanden sein und über die gezeichneten Klemmen ein Strom mit der Eigenfrequenz der Schwing-saite durch diese Saite geleitet werden. Umgekehrt ist es möglich, die Amplitude der Schwingungen der Saite über die an den Klemmen induzierte Spannung zu

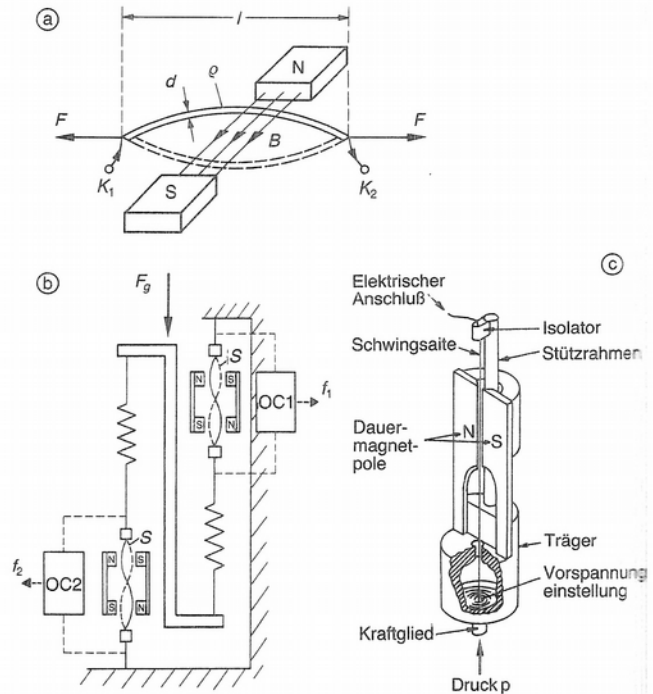


Bild 26.7. Kraft und Druckmessung über Schwing-saiten.

- a) Prinzip der Schwing-saiten-Aufnehmer
- b) Schwing-saiten-Waage (Mettler)
- c) Druckaufnehmer mit Schwing-saite

messen. Man kann auf diese Weise eine Oszillatorschaltung aufbauen, bei der die Frequenz der Schwingung mit der Eigenfrequenz der Schwingsaite übereinstimmt. Bei einer Länge l , einer Dichte ϱ des Saitenmaterials und bei einer mechanischen Spannung σ berechnet sich die Grundfrequenz f der schwingenden Saite zu

$$f = \frac{1}{2l} \sqrt{\frac{\sigma}{\varrho}}.$$

Die mechanische Spannung σ kann nun entweder durch die Dehnung ε und den Elastizitätsmodul E gemäß $\sigma = \varepsilon \cdot E$ ausgedrückt werden (Dehnungsmessung) oder durch die Spannkraft F und den Durchmesser d der Saite. Für die Grundfrequenz f der Schwingsaite ergibt sich wegen $F = \sigma \cdot d^2 \pi / 4$:

$$f = \frac{1}{l \cdot d} \sqrt{\frac{F}{\pi \cdot \varrho}}.$$

Der Zusammenhang zwischen Frequenz und Meßkraft ist nichtlinear. Die Frequenz ist dabei der Wurzel aus der Spannkraft proportional. Für die Auswertung ist entweder eine Linearisierungsmaßnahme (Quadrierung) notwendig, oder es wird der Wurzelzusammenhang gezielt genutzt, z. B. bei der Durchflußmessung nach dem Wirkdruckverfahren. In jedem Fall ist die Schwingsaite mit einer Mindestkraft F_0 vorgespannt und schwingt dabei bei der Frequenz f_0 . Wirkt nun noch additiv die Meßkraft F , so resultiert daraus eine Schwingung bei der Frequenz f . Aus den Gleichungen

$$f = \frac{1}{l \cdot d} \sqrt{\frac{F_0 + F}{\pi \cdot \varrho}} \quad \text{und} \quad f_0 = \frac{1}{l \cdot d} \sqrt{\frac{F_0}{\pi \cdot \varrho}}$$

berechnet sich die Meßkraft F zu

$$\frac{F}{F_0} = \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 - 1.$$

Durch Anwendung des Differenzprinzips ist eine wesentliche Verbesserung der Linearität erreichbar. Bei der Schwingsaiten-Waage nach Bild 26.7b sind zwei Schwingsaiten über je eine Schraubenfeder vorgespannt. Durch die Gewichtskraft F_g wird die Spannkraft und damit auch die Schwingfrequenz der ersten Schwingsaite erhöht und die der zweiten Schwingsaite erniedrigt. Aus der Differenzfrequenz $f_1 - f_2$ läßt sich die unbekannte Gewichtskraft F_g bestimmen.

Bei dem Druckaufnehmer mit Schwingsaite nach Bild 26.7c ist zwischen einem Festpunkt und einer metallischen Membran ein dünner Wolframdraht ausgespannt. Die Spannkraft der Schwingsaite wird um das Produkt aus Meßdruck p und wirksamer Fläche A der näherungsweise richtkraftlosen Membran erhöht. Ähnlich wie beim Kraftaufnehmer ergibt sich für die Kennlinie des Druckaufnehmers

$$\frac{p}{p_0} = \left(\frac{f}{f_0} \right)^2 - 1,$$

wobei f_0 die Schwingfrequenz beim Druck $p = 0$ und p_0 ein Skalierungsfaktor ist, der sich aus der Vorspannkraft der Saite und der wirksamen Fläche ergibt. Die Vorspannung kann z. B. mit Hilfe einer Schraubenfeder erzeugt werden.

26.8 Aufnehmer mit elektrodynamischer Kraftkompensation

Bei elektrischen Präzisionswaagen wird nach Bild 26.8a die zu messende Gewichtskraft F durch eine Gegen-