

ATM

ARCHIV FÜR TECHNISCHES MESSEN

EIN SAMMELWERK FÜR DIE GESAMTE MESSTECHNIK
 BEGRÜNDET VON GEORG KEINATH
 HERAUSGEGEBEN VON FRANZ MOELLER

LIEFERUNG **168** JANUAR 1950

BLATT T 107 ... 118

INHALT:

Wuest, W.	Gläserne Federmanometer	V	1343-11
Eujen, E.	Messung kleiner Flüssigkeitsgeschwindigkeiten	V	144- 1
Merz, Louis	Physikalische Grundlagen des mechanischen Gütefaktors	J	011- 2
Smith, A.	Antriebe und Zählweisen von Rollenzählern	J	071- 2
Heuse, W.	Flüssigkeitsthermometer	J	212- 2
Limann, O.	Röhren-Spannungsmesser	J	8335- 6
Pieplow, Hanswerner	Meßgenauigkeit und Meßgrenzen technischer Elektronenstrahloszillographen II	J	8340- 6

LEIBNIZ VERLAG (BISHER R.OLDENBOURG VERLAG) MÜNCHEN

Das Hauptanwendungsgebiet der gläsernen Federmanometer sind gaskinetische Messungen¹, Druckmessungen an Quecksilberdampflampen, aerologische Messungen u. a. Die Quecksilbermanometer, die bei Gasdrücken bis 1 at in den meisten Fällen das bequemste Hilfsmittel zur genauen Druckmessung darstellen, sind gewissen Einschränkungen unterworfen:

1. Die untersuchten Gase oder Dämpfe dürfen mit dem Quecksilber nicht reagieren. Sie können daher z. B. bei den Halogenen nicht verwendet werden; 2. Der Dampfdruck des Quecksilbers bringt eine neue Variable in das Reaktionssystem; 3. Quecksilbermanometer haben eine beträchtliches schädliches Volumen, das zudem druckabhängig ist. Manometer aus Quarzglas vermeiden diese Nachteile und haben außerdem den Vorteil, daß sie bei dem hohen Erweichungspunkt des Quarzglases zusammen mit der zu untersuchenden Substanz auf hohe Reaktionstemperaturen erhitzt werden können, wobei dann allerdings der Temperatureinfluß bekannt sein muß.

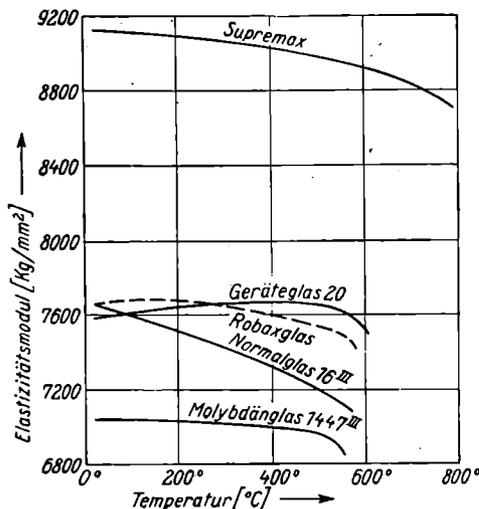


Bild 1. Temperaturabhängigkeit des Elastizitätsmoduls verschiedener technischer Gläser (nach W. Franke).

Gegenüber den metallischen Federmanometern haben die gläsernen Manometer den Vorteil einer sehr geringen Temperaturabhängigkeit. Nach Messungen von W. Franke² ist der Elastizitätsmodul bestimmter Glasarten in weitem Bereich unabhängig von der Temperatur (Bild 1). Vergleichsweise ändert sich der E-Modul von Messing für 100° Temperaturänderung um 4%. Um gut reproduzierbare Werte zu erhalten, ist jedoch eine genügend langsame Abkühlung (0,5°/min) von der Entspannungstemperatur erforderlich. Wegen ihrer Zerbrechlichkeit sind die gläsernen Manometer auf den Laboratoriumsgebrauch beschränkt geblieben. Der äußeren Form nach findet man bei den gläsernen Federmanometern die gleichen Arten vertreten wie bei den metallischen Manometern. Neben den Röhrenfedern

* Die Arbeit entstand im Meßgerätelaboratorium der Firma Schäffer & Budenberg, Magdeburg-Buckau.

begegnet man also auch den Membranfedern, Kapsel-federn und dem Faltenbalg. Außer verschiedenen Glassorten hat bei Membranen auch Glimmer Anwendung gefunden.

1. Röhrenfedermanometer

1906 veröffentlichten Ladenburg und Lehmann³ erstmalig Messungen, die mit einem gläsernen Röhrenfedermanometer durchgeführt waren. Diese Untersuchung gab den Anstoß für eine Anzahl physiko-chemischer Arbeiten, bei denen zur Druckmessung gläserne Röhrenfedern verwandt wurden. Eine bemerkenswerte Eigenschaft dieser Meßorgane ist die nahezu streng erfüllte Proportionalität zwischen Ausschlag und Druck sowie das Fehlen der elastischen Hysterese. Johnston⁴ verwandte zur Messung der Dampfdrucke von Ammoniumhaloiden ein Glasmanometer als Nullinstrument, indem das Röhrenfedermeßorgan in ein zweites Quarzgefäß eingeschlossen wurde, das unter dem Druck einer einstellbaren Flüssigkeitssäule stand. Bodenstein und Katamaya⁵ wanden das Bourdonrohr zur Erhöhung der Empfindlichkeit zu einer Spirale auf.

Bei einem Querschnitt von 0,5 × 6 mm besaß das Quarzglas eine Wandstärke von 0,05 mm. Die Ablesung erfolgte an einem an das bewegliche Ende der Spirale angeschmolzenen Quarzfaden von etwa 30...35 cm Länge, dessen relative Bewegung gegenüber einem am Gefäßkörper angebrachten entsprechenden Faden mit einem Fernrohr abgelesen wurde (Bild 2).

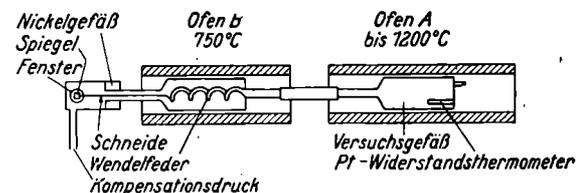


Bild 2. Quarzwendelfeder (nach Bodenstein u. Katamaya).

Da bei den meisten Untersuchungen auch höhere Temperaturen auftraten, wurde die Temperaturabhängigkeit der gläsernen Federmanometer besonders sorgfältig untersucht. Es wurde erkannt, daß sich bei steigender Temperatur einmal der Nullpunkt ändert, zum anderen aber auch der Elastizitätsmodul vermindert, wodurch die Empfindlichkeit vergrößert wird. Daher ist auch die Angabe der Instrumente, die nach einer Nullmethode arbeiten, temperaturabhängig. Preuner und Schupp⁷ fanden die Temperaturabhängigkeit bis 850° C konstant. Starck und Bodenstein⁸ trennten die Quarzwendel vom Hauptgefäß und hielten das Manometer auf einer konstanten Temperatur von 300°. Preuner und Brockmüller¹⁰ konnten mit einer ähnlichen Anordnung bei Drücken bis 1300 mm Hg

Messungen bei 1200° C durchführen, wobei die Wendel auf 750° gehalten wurde und eine Nullmethode zur Anwendung kam. Bodenstein und Dux¹¹ erreichten mit einer Quarzwendel von 4 Windungen eine Ansprechfähigkeit von 10⁻² mm Hg. Ausführliche Beschreibungen der Herstellung von Quarzspiralanometern haben neuerdings W. E. Vaughan¹² und S. G. Jorkee¹³ gegeben.

Anstelle der Spiral- oder Wendelfeder nach Art eines Bourdonrohres verwandten Scheffer und Treub¹⁴ als Meßorgan ein in Form eines Ellipsoides ausgezogenes Glasrohr, das durch einseitige Erhitzung in eine sichelartige Form gebracht wurde. Die von Lockspeiser¹⁷

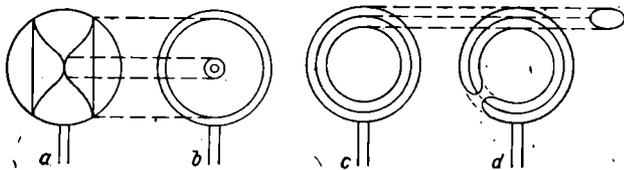


Bild 3. Herstellung einer Bourdonfeder (nach Lockspeiser).

verwandten Bourdonmanometer aus Quarzglas sind durch die Art ihrer Herstellung bemerkenswert. Bild 3 zeigt von einer Kugel ausgehend die einzelnen Entwicklungsstufen bis zum fertigen Bourdonrohr. Von einer Kugel von 7 mm Durchmesser ausgehend, gelang es Lockspeiser, einen Druckmesser mit nur 0,13 cm³ Totraum herzustellen. E. Regener¹⁸ verwandte ein Bourdonrohr aus Quarzglas für barometrische Messungen in großen Höhen, wobei die Unabhängigkeit von Temperatureinflüssen und die Freiheit von elastischen Nachwirkungen sich besonders vorteilhaft bemerkbar machte.

2. Membranmanometer

An Stelle der Quarzröhrenfedern verwandte Gibson¹⁹ eine Quarzmembran. Daniels und seine Mitarbeiter

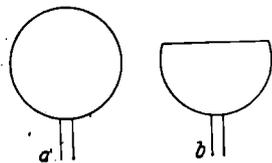


Bild 4. Herstellung einer Membrankapsel (nach Stewardson).

wurde durch eine Kippspiegelanordnung übertragen und bei einer Lichtzeigerlänge von 4 m ergab sich eine Empfindlichkeit von 1 mm für 5 · 10⁻³ mm Hg. Wenn Glimmer nicht anwendbar ist, können nach Stewardson Glasmembrane dadurch hergestellt wer-

den, daß am Ende eines Glasrohres eine Kugel geblasen wird, die durch schnelle Drehung bei gleichzeitiger Erwärmung so abgeflacht wird, daß eine Membrankapsel entsteht (Bild 4). Gutes Ausglühen ist notwendig, um zu verhindern, daß die Kaspelfeder schon bei geringen Drücken zerbricht. Stewardson erreichte mit der Membrankapsel eine 10mal so große Empfindlichkeit wie mit der Glimmermembran. Lockspeiser¹⁷ erzielt für kleine Drücke eine sehr hohe Empfindlichkeit, indem er die Membran durch Spanndrähte in indifferentes Gleichgewicht bringt. Er erreicht dadurch eine nahezu logarithmische Abhängigkeit des Ausschlages vom Druck und eine hohe Anfangsempfindlichkeit, obwohl die Membran noch einem Druck von 1 at standzuhalten vermag. Kenty²³ beschreibt mehrere Quarzmembranmanometer mit kleinem Volumen und Meßbereichen bis 50 at, die vorwiegend zu Messungen an Quecksilber-Hochdruckklappen gebaut wurden. Neben einer Spiegelablesung wird auch eine Interferenzmethode zur Ablesung angewandt, wobei eine maximale Empfindlichkeit von 0,2 Ringen für 1 mm Hg erreicht werden konnte bei einer Membran von 0,15 mm Dicke und 12 mm Durchmesser.

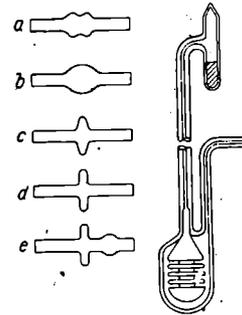


Bild 5. Faltenbalgmanometer und seine Herstellung (nach Spence).

3. Faltenbalgmanometer

In ähnlicher Weise wie die gewellten Rohre aus metallischen Werkstoffen (vgl. ATM-Blatt V 1343—10, Nov. 1949) sind auch gläserne Faltenbälge zur Druckmessung benutzt worden. Die Herstellung des Faltenbalges erfolgt nach Spence²⁷ in aufeinanderfolgenden Stufen durch Blasen einer kugelförmigen Erweiterung und Abflachen durch Druckerniedrigung im Innern (Bild 5). Dowling²⁴ verwendet zur Anzeige der axialen Verschiebungen eine kapazitive Methode, die noch Änderungen um 10⁻⁶ cm zu messen gestattet. Mehrere solcher Instrumente sind beschrieben worden, die eine lineare Abhängigkeit zwischen Verschiebung und Spannung oder Strom zeigten^{25, 26}. Spence²⁷ mißt statt der Verschiebung die Änderung des Innenvolumens des Faltenbalges, indem das mit Quecksilber gefüllte Meßorgan in einer Kapillare ausläuft. Auch nach 4 Monaten Standzeit wurden die gleichen Werte wieder ermittelt.

Schrifttum

1. Farkas u. Melville, Experimental methods in gas reactions, London 1933, S. 86. — 2. W. Franke, Diss. Jena 1941; Glastechn. Ber. 19 (1941), S. 113. — 3. Ladenburg u. Lehmann, Ber. Deutsche Phys. Ges. 4 (1906), S. 20. — 4. Johnston, Z. Phys. Chem. 61 (1908), S. 457. — 5. M. Bodenstein u. M. Katamaya, Z. Phys. Chem. 69 (1909), S. 26. — 6. A. Smith u. W. Menzies, J. Amer. Chem. Soc. 32 (1910), S. 1456. — 7. G. Preuner u. Schupp, Z. Phys. Chem. 68 (1910), S. 129. — 8. Starck u. M. Bodenstein, Z. Elektrochemie 16 (1910), S. 961. — 9. Jackson, J. Chem. Soc. 99 (1911), S. 1066. — 10. G. Preuner u. J. Brockmöller, Z. Phys. Chem. 81 (1913), S. 12. — 11. M. Bodenstein u. W. Dux, Z. Phys. Chem. 85 (1913), S. 297. — 12. W. E. Vaughan, Rev. Sci. Instr. 18 (1947), S. 192. — 13. S. G. Jorkee, J. Sci. Instr. 19 (1947), S. 16. — 14. F. E. C. Scheffer u. J. P. Treub, Z. Phys. Chem. 81 (1913), S. 312. — 15. Hirst, J. Chem. Soc. 127 (1925), S. 657. — 16. A. Mittasch, F. Kuss u. H. Schlüter, Z. Anorg. Allgem. Chem. 159 (1927), S. 1. — 17. B. Lockspeiser, J. Sci. Instrum. 7 (1930), S. 145. — 18. E. Regener, Jb. Dtsch. Akad. Luftfahrtforsch. 1940/41, S. 355. — 19. Gibson, Diss. Breslau 1911. — 20. Daniels u. Bright, J. Amer. Chem. Soc. 42 (1920), S. 1143. — 21. Daniels u. Johnston, J. Amer. Chem. Soc. 43 (1921), S. 53. u. 50 (1928), S. 1115. — 22. E. A. Stewardson, J. Sci. Instrum. 7 (1930), S. 217. — 23. K. Kenty, Rev. Sci. Instrum. 11 (1940), S. 377; vgl. auch: Feinmech. u. Präzision 50 (1942), S. 32. — 24. Dowling, Phil. Mag. 46 (1923), S. 81. — 25. Schmidt, Hochfrequenztechnik u. Elektroakustik 41 (1933), S. 96. — 26. Spencer-Smith, J. Sci. Instrum. 12 (1935), S. 316. — 27. R. Spence, Trans. Far. Soc. II. 40 (1940), S. 417.