

1/1000 Zoll geteilt und gestattet mit dem Nonius Ableseungen bis zu 1/10000 Zoll = 0,0025 mm. Die Ableseungen verlangen zwei Beobachter, oder dass der eine Beobachter bei jeder Laststufe um die Maschine herumgeht, um beide Ableseungen machen zu können.

b) Dehnungsmesser mit Mikrometerschrauben.

685. Trotz der früher (80, 653—659) schon mehrfach hervorgehobenen Unbequemlichkeiten, die mit der Benutzung von Mikrometerschrauben für die Formänderungsmessungen im Materialprüfungswesen verbunden sind, erfreuen sich diese Instrumente immer noch weitverbreiteter Benutzung. In einzelnen Ländern scheinen sie sogar den Vorzug zu besitzen, wie aus der nachfolgenden Zusammenstellung hervorgehen wird.

Hier ist nochmals hervorzuheben, dass man die in den Abs. 653—659 entwickelten Dinge sorgfältig beachten muss, wenn man zuverlässige Ergebnisse mit Mikrometerschrauben erzielen will.

686. Von der Firma Riehlé Bros.-Philadelphia, Pa., wird der in Fig. 465 abgebildete Dehnungsmesser angefertigt. Er besteht aus zwei starken Metallringen, die mit Spitzschrauben in den Körnermarken am Probestab befestigt werden. Sie werden durch je zwei Federn in senkrechter Lage zum Probestab erhalten, die Entfernung der beiden Ringebenen wird durch ein Mikrometer-Stichmaass zwischen den Messflächen an den

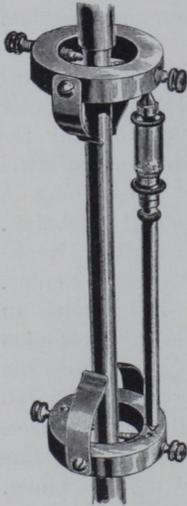


Fig. 465.

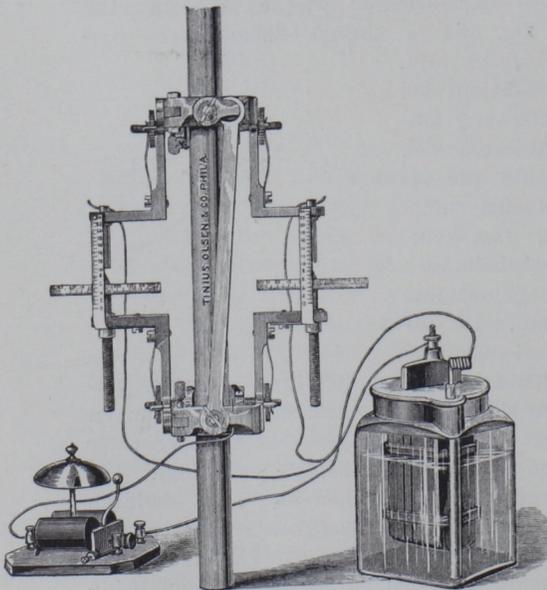


Fig. 466.

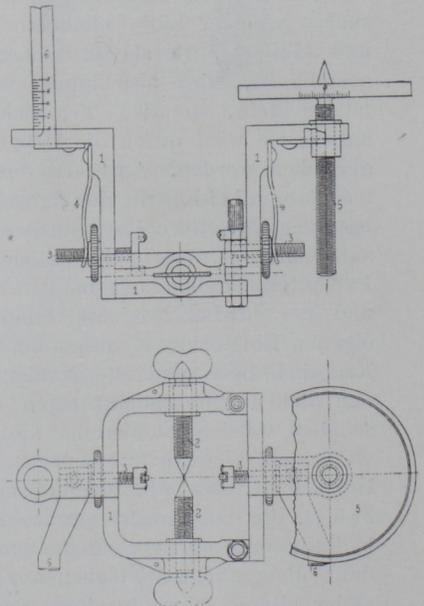


Fig. 467.

Ringen nach jeder Belastung festgestellt. Man hat es also mit nur einem Mikrometer zu thun, den man auf beiden Seiten benutzt. Dabei wird das Strichmaass warm und ändert seine Länge für jeden C^0 und je 10 cm Länge:

$$l \cdot \beta = 10 \cdot 124 \cdot 10^{-7} = 0,0000124 \text{ cm.}$$

Wenn das Mikrometer 0,001 cm ablesen und 0,0001 cm schätzen lässt, so beeinflusst die Erwärmung um $1 C^0$ bereits die Schätzung. Als Fehlerquelle ist, abgesehen von den Schraubenfehlern, zu nennen: dass die Spitzenschrauben keine Federung haben [sie werden schnell lose werden] und dass die Markenflächen für die Mikrometermessung nicht in der Ebene der Befestigungsspitzen liegen. Der durch den letzteren Umstand mögliche Fehler wird indessen wegen seiner Kleinheit im vorliegenden Falle aus der Messung verschwinden, umsomehr als wesentliche Drehungen der Ringe in der Meridianebene, in welcher die Messungen erfolgen, ausgeschlossen sind. Bequem kann man den Apparat wohl nicht nennen, und für feine Messungen reicht er nicht aus.

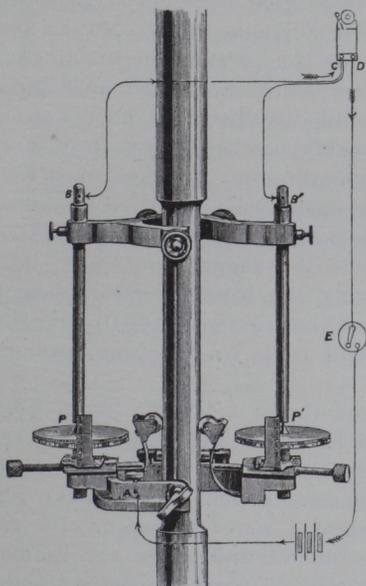


Fig. 468.

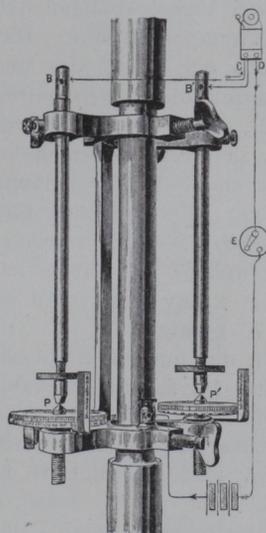


Fig. 469.

687. Drei einander ganz ähnliche Instrumente werden in Amerika benutzt, die in der angeführten Reihenfolge aus einander entstanden sein dürften. Fig. 466 und 467 stellen den Dehnungsmesser von Henning dar, Fig. 468 giebt den Dehnungsmesser von Marshall und 469 den Yale-Apparat wieder. Der Henningsche Apparat wird von Tinius Olsen, die beiden anderen Instrumente werden von Riehlé Bros. geliefert. Henning datirt den Ursprung seines Apparates aus 1884.

Allen gemeinsam ist der Grundsatz der Mikrometerschraube mit elektrischem Fühlwerk. In der Anordnung, namentlich in der Befestigungsart, sind Unterschiede vorhanden. Alle haben Klemmbügel mit Spitzenschrauben

ohne Federspannung. Die Apparate von Henning und Marshall haben daneben Einrichtungen, um die Klemmbügel durch federnde Einstellvorrichtung senkrecht zur Stabachse zu erhalten. Beim Yale-Apparat soll die Stange von rechteckigem Querschnitt, links neben dem Probestab (Fig. 469) die beiden Klemmbügel parallel erhalten und zugleich auch den Apparat beim Ansetzen auf richtige Lage und Messlänge am Probestab bringen. Beim Apparat von Henning wird die Messlänge ebenfalls durch eine nach dem Ansetzen umzuklappende Feder eingestellt; man muss beim Ansetzen beide Bügel öffnen. Bei den beiden anderen Instrumenten kann man die Bügel ohne weiteres über den Probestab schieben, da sie seitlich offen sind. Henning legt den Berührungspunkt seiner Mikrometerschrauben in die Mitte der Messlänge, die beiden anderen Konstruktionen legen sie näher an die Konstruktionsebene des unteren Bügels.

Was die Fehlerquellen anlangt, so sind diese, ausser in den früher besprochenen Fehlern der Schrauben, in dem Umstande zu suchen, dass selbst bei den Apparaten mit Sicherungsvorkehrungen für die Klemmbügelartige Verschiebungen des Berührungspunktes der Mikrometerspitze in der Kontaktfläche vorkommen müssen, und zwar infolge von Excentricität der Spitze, infolge von todttem Gang der Schraube in der Mutter und infolge von Verschiebungen der Achsen der Kontaktstäbe gegen die Achsen der Mikrometerschraube. Die Grösse der ersten Fehler ist abhängig von der Güte der Arbeit des Mechanikers, die des letzteren aber ausserdem noch durch die Eigenschaften des Probekörpers beeinflusst, in dem Falle nämlich, dass die gegenüberliegenden Stabfasern zwischen den Körnerspitzen sich verschieden dehnen. Dann müssen die beiden Kontaktflächen sich gegen die Mikrometerspitzen verschieben, und dann haben die Gestaltfehler der Kontaktflächen Einfluss auf die Messung.

688. Wenn ich schon zur Messung mit Mikrometerschrauben übergehen wollte, so würde ich bei der Konstruktion möglichst jeden Zwang zu vermeiden suchen und etwa so verfahren, wie es in Fig. 470 gezeigt ist.

In der unteren Endmarke des Probestabes 1 wird in zwei Körnern der Ring 10 mit Spitzschraube 11 und Feder 12 befestigt, sodass er um die Spitzen frei schwingen kann. Der seitlich offene Ring trägt die Kontaktflächen für die Mikrometerschrauben 4. Davon ist die linke Fläche noch mit einer Führung 16 für die Endkugel von 4 versehen. Die rechte Kontaktfläche 13 ist durch Hartgummi isolirt und dient zur Zuführung des elektrischen Stromes. Das Gegengewicht 15 sorgt für stetiges Anliegen der linken Kontaktfläche an 4.

In der oberen Endmarke wird ein Cardanisches Ringsystem 2, 3 mit Spitzschraube 6 und Spannfeder 7 befestigt, das die Mikrometerschrauben 4 und die Ablesekalen 5 trägt. Beide Ringe sind offen, sodass der Probestab von der Seite eingeführt werden kann; sie können mit einander durch die Schraube 9 fest verbunden werden, damit zum Aufsuchen der Nullstellung ein ganz bestimmter Zustand geschaffen werden kann.

Dies geschieht, nachdem beide Schrauben 4 auf Null eingestellt sind; dann wird Schraube 9 angezogen, zwischen Federgehäuse und Endmutter ein Passtück 17 geklemmt, das so bemessen ist, dass die Spitze 7 nahezu um die halbe Probestabdicke aus der Ringmitte steht; Schraube 6 wird

zurückgedreht. Hierauf kann der Obertheil als Ganzes über den Stab geschoben und mit den Kugeln auf die Kontaktflächen an Ring 10 gestellt werden. Das obere Ringsystem wird nun nach dem Augenschein centriert, dann Schraube 6 angezogen, bis beide Spitzen 6 und 7 sich am Stab markieren; wenn nöthig, sind die Marken durch Nachkörnen zu verstärken. Der Apparat giebt also ohne weiteres die Endmarken für die Messlänge l_e selbst an. Nachdem Schraube 6 so fest angezogen ist, dass das Passstück 17 herausfällt und der Apparat mit Element und Galvanoskop oder Klingel verbunden ist, ist er gebrauchsfertig. Ich ziehe das bequem aufgestellte Galvanoskop, dessen Zeiger in der Nulllage gegen einen in dem Apparat eingeklemmten Kork schlagen mag, der störenden Klingel vor. Beim Versuch wird man innerhalb der Fließgrenze die linke Schraube nach Gutdünken etwa um den halben Betrag der Dehnungsstufe, also ganz roh einstellen. Dabei schwingt der untere Ring 10 um die Schraubenspitzen und man kann nun mit der rechten Schraube die Feineinstellung machen. Die Summe beider Ablesungen wird notirt. Da die Drehachse des Ringes ungefähr in die Kontaktebene fällt, so hat die jedesmalige Einstellung des Ringes 10 keinen nennenswerthen Einfluss auf das Ergebniss, man hat also nur dafür zu sorgen, dass die Ablesungen an beiden Schrauben nahezu gleich bleiben. Die Stellung des oberen Cardanischen Ringsystems ist durch die Führung bei 16 genau geregelt und so beschaffen, dass auch bei ungleichen Dehnungen der Fasern kein Zwang im Apparat entstehen kann. Fehler in der Bestimmung der Messlänge l_e ergeben sich von selbst aus der ersten Ablesung; sie können meistens vernachlässigt, aber auch leicht in Rechnung gestellt werden. Fehlerquellen würden in der Wirkung der Spitzen liegen, es ist aber kaum zu erwarten, dass sie einen grossen Betrag haben werden, weil die Spitzen konstant belastet und immer in einer Richtung beansprucht werden.

689. Eine sehr hübsche Form des Dehnungsmessers mit Mikrometerschraube hat Unwin angegeben (*L 240*, S. 208), bei der die Fehlerquellen der amerikanischen Apparate vollständig vermieden sind, aber die Ablesungsarbeit dadurch schwieriger gemacht wird, dass zwei Libellen und eine Mikrometerschraube abgelesen werden müssen. Der Apparat ist nach dem Schema Fig. 471 gebaut. Die Hebel 4 und 5 sind mit den Spitzschraubenpaaren 2 und 3 in den Endmarken der Messlänge l_e befestigt. Die Hebel 4 und 5 tragen die empfindlichen Libellen 6 und 7 und sind in der zu der Ebene der Punktepaare 2, 2 und 3, 3 senkrechten Meridianebene des Stabes 1 durch die Mikrometerschraube 9 gegen einander ab-

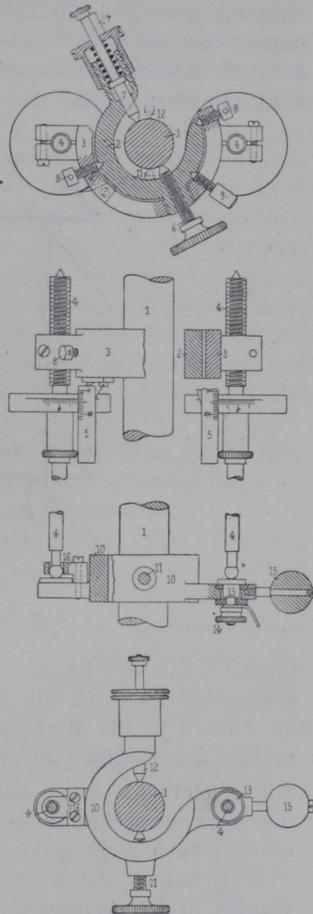


Fig. 470.

gestützt, wobei Hebel 5 durch Schraube 8 gegen den Stab so festgelegt werden kann, dass Libelle 7 einspielt. Wenn nun mit dem Mikrometer 9 die Libelle 6 ebenfalls zum Einspielen gebracht wird, so giebt die Mikrometerablesung die Länge l_e des Stabes zwischen den Verbindungslinien der Spitzen 2, 3, und zwar gemessen in der Mittellinie des Stabes. Dabei muss freilich vorausgesetzt werden, dass die Mittellinie des Mikrometers immer parallel zur Stabmittellinie bleibt, wie in Fig. 472 A gezeigt. Wenn die Mikrometerstange, wie Unwin sie zeichnet, fest mit dem Hebel 5 verbunden ist [unter 90° , wie in Fig. 472 B punktiert angedeutet], so misst zwar die Mikrometerschraube den senkrechten Abstand zwischen den beiden Horizontalebene und dessen Veränderungen, aber diese Längen sind nur

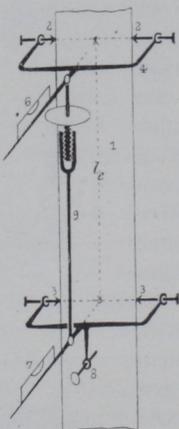


Fig. 471.

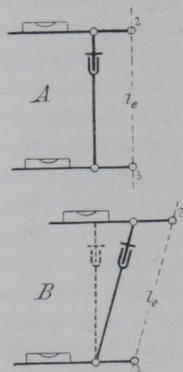


Fig. 472.

identisch mit der Länge l_e und deren Aenderungen, wenn l_e ebenfalls die senkrechte Lage zu den Horizontalebene behält. Ist das nicht der Fall, so würden in die Mikrometermessung auch noch die Fehler eingehen, die infolge der Kontaktpunktverschiebung eintreten. Diese müssen bei festem Mikrometerwerk auch entstehen, wenn die Linie 22 (Fig. 471) während des Versuches eine Winkeländerung erfährt. Wenn die genannten Fehlerquellen auch nicht gross sein werden, so erscheint es mir im Allgemeinen doch richtiger, die Mikrometerstange so oben und unten mit Spitzen oder Kugeln in Körnermarken laufen zu lassen, dass sie zwanglos den Winkelbewegungen von l_e folgen muss und parallel dazu bleibt, wie in Fig. 472 B durch die ausgezogenen Linien angedeutet ist. Selbstverständlich muss dann die Drehung der Stange um sich selbst durch eine geeignete Vorkehrung verhütet werden. Immerhin dürfte aber auch das Unwünsche Instrument für den praktischen Gebrauch etwas unbequem sein.

c) Spiegelapparate.

690. Bauschinger darf wohl als derjenige bezeichnet werden, der durch seine bahnbrechenden Arbeiten den Spiegelapparat in das Materialprüfungswesen zum wohlverdienten Ansehen gebracht hat. Durch den