

druck entsprechend sich ändern muss, wie in Fig. 440 durch die punktirte Lage der Mutter angedeutet ist. Weil nun aber der Gegendruck mit der Spannung der Gegenfeder selbst wechselt, so ist die Schichtendicke des Schmieröls zwischen den gepressten Flächen für jede Schraubenstellung eine andere. Das giebt [wenn auch sehr kleine] Fehler von der Ordnung der fortschreitenden Fehler. Aber auch die Zeit spielt noch eine Rolle, denn da sich das Oel zwischen Flächen von sehr geringem Abstände bewegen muss und die Druckunterschiede ja durch Auswahl weicher Gegenfedern klein gemacht zu werden pflegen, so vergeht immer ziemlich viel Zeit, bevor unter den Druckschwankungen das Oel von der einen Seite zur anderen fließt; das muss natürlich Fehler bewirken, weil der Schlitten noch eine Bewegung erfahren kann, wenn die Schraube schon in Ruhe ist. Alle diese Fehler sind indessen in der Regel sehr klein; man müsste sie aber sicher beachten, wenn man die Mikrometerschrauben auf die Leistungsfähigkeit unserer Spiegelapparate bringen wollte.

659. Ich habe die Besprechung etwas weiter ausgesponnen, als dies bei Besprechung von Messwerkzeugen für die Technik gebräuchlich ist. Es lag mir aber daran, die übliche Vertrauensseligkeit, welche die Technik zuweilen selbst augenscheinlich bedenklichen Mikrometerschrauben entgegenbringt, ein klein wenig aufzurütteln und zugleich später nicht nöthig zu haben, bei Besprechung der einzelnen Instrumente auf diese immer wiederkehrenden Thatsachen hinweisen zu müssen.

d) Mikroskop- und Fernrohrmikrometer.

660. Die Mikrometerschrauben sind ausserordentlich werthvolle Instrumente in Verbindung mit Ablesemikroskopen oder Ablesefernrohren, bei denen es immer nur darauf ankommt, einige Umdrehungen der Schraube zur Messung der Fadenverschiebung im Gesichtsfelde der Instrumente zu benutzen.

Die für diesen Zweck gebrauchten Mikrometerwerke sind in besonderen Kästen im Tubus der Instrumente angebracht. Sie enthalten einen Schlitten, auf welchem Fadenkreuze oder Parallelfäden [Spinnenfäden, Quarzfäden] ausgespannt oder feine Sriche auf Glasplatten eingeritzt sind. Diese Fäden werden mit dem Schlitten durch die Mikrometerschraube gegen feststehende Marken oder feststehende Striche verschoben. Die festen und die beweglichen Marken [Fäden] des Mikrometers müssen möglichst in einer Ebene liegen. Auf sie wird zunächst ein über ihnen angebrachtes Okular scharf eingestellt; dann wird das Instrument [Mikroskop oder Fernrohr] auf das Objekt so eingerichtet, dass sein Bild genau in die Ebene der Mikrometerfäden fällt, damit die Ablesung ohne nennenswerthen parallaxtischen Fehler erfolgen kann. Ob dieses Zusammenfallen von Bildebene und Fadenebene hinreichend gut erreicht ist, erkennt man bei Hinundherbewegung des Auges vor dem Okular. Bild und Fadenkreuz dürfen dann keine scheinbare Verschiebung zeigen.

661. Wenn Fadenmikrometer für die Ausmessung grösserer Unterschiede im Bilde benutzt werden müssen, also mehrere Umdrehungen der Mikrometerschraube erforderlich werden, so sind meistens Vorkehrungen getroffen, die erkennen lassen, wie viel Umgänge von der Nullstellung aus

erforderlich werden, um den beweglichen Faden auf das Objekt einzustellen, das heisst mit anderen Worten, welcher Schraubengang zur Messung benutzt wurde. Diese Einrichtungen bestehen in den

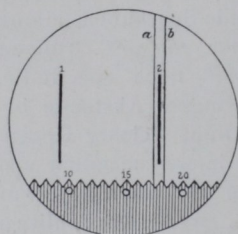


Fig. 441.

einfacheren Instrumenten in der Regel aus sogenannten Rechen, deren Zähne die ganzen Trommeldrehungen anzeigen; sie erscheinen im Bilde, wie Fig. 441 zeigt; jeder fünfte Zahn ist mit einem Loch versehen. Diese Zähne hat man sich beziffert zu denken [etwa mit 10, 15, 20, wie in Fig. 441 angedeutet]. Der bewegliche Doppelfaden wird

[wenn man nicht den Werth der Theilungen schon durch besondere Versuchsreihen vorher ermittelt hatte] nach einander auf beide Strichmarken der abzulesenden Theilung [Striche 1 u. 2] im Bilde eingestellt. Die Ablesungen am Rechen und an der Mikrometertrommel mögen beispielsweise ergeben:

$$\begin{array}{l} \text{Strich 1, Ablesung } 8,823 R \\ \text{Strich 2, Ablesung } 17,747 R \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{Strich 1, Ablesung } 8,823 R \\ \text{Strich 2, Ablesung } 17,747 R \end{array}} \right\} \text{Unterschied } 8,924 R.$$

Gehören die Striche 1 und 2 einem Millimetermaassstabe an, so ist also:

$$1 \text{ mm} = 8,924 R.$$

Daher steht die Gesichtsfeldmitte [Rechenzahl 15] ein auf:

$$1 + \frac{15,000 - 8,823}{8,924} \text{ mm} = 1,692 \text{ mm}.$$

Bei dieser Art der Ablesung beider Striche macht man sich von den Einstellungsfehlern des Mikroskopes, d. h. von dessen Vergrösserung, unabhängig, ebenso von der Kenntniss des absoluten Werthes einer Schraubenumdrehung und gewinnt in jeder Messung zugleich einen neuen Werth für die Bestimmung der Theilungswerthe an der abgelesenen Theilung.

662. Die neueren Mikrometer sind meistens mit Strichmarken versehen, die auf Glas aufgetragen sind. Dann sind statt des Rechens in der Regel bezifferte Skalen auf der festen Glasplatte angebracht, sodass man die Einstellung der verschiebbaren Glasplatte nach ganzen Trommelumdrehungen sofort an der Skala abliest. Die Auszählung am Rechen fällt fort.

663. Damit der Trommelnullpunkt nahezu [mehr ist nicht nöthig] bei Einstellung des beweglichen Fadens auf den festen [Gesichtsfeldmitte] auf die Strichmarke einspielt, pflegt die Trommel auf ihrem konischen Sitz mit harter Reibung drehbar befestigt zu sein; man kann sie also durch Drehen auf der Achse in die richtige Stellung bringen.

664. Der bewegliche Faden der Mikrometer wird in der Regel als Doppelfaden [a b, Fig. 441] angewendet so, dass man die Strichmarke zwischen beide Fäden einstellen muss, was sich schärfer bewirken lässt, als die Einstellung eines dunklen Striches auf die schwarze Strichmarke. Dass, zur Verminderung der Fehler aus dem toten Gang, die Einstellung auf beide Striche von der gleichen Seite, entweder von rechts oder von links her, erfolgen muss, sei hier wiederholt erwähnt. Der Betrag des toten

Ganges lässt sich übrigens sehr leicht ermitteln, indem man einmal beide Striche von rechts und dann beide Striche von links her einstellt; die Unterschiede für den gleichen Strich geben den Betrag des toten Ganges.

665. Ein vorzügliches Messinstrument, bei dem die zuletzt beschriebene Einrichtung benutzt wurde, ist der Dickenmesser [Modell III] nach Abbe, von Carl Zeiss in Jena gefertigt (*L 56*, 1892, S. 307).¹⁾ Der Apparat ist so konstruiert, dass die Messung durch eine Längentheilung

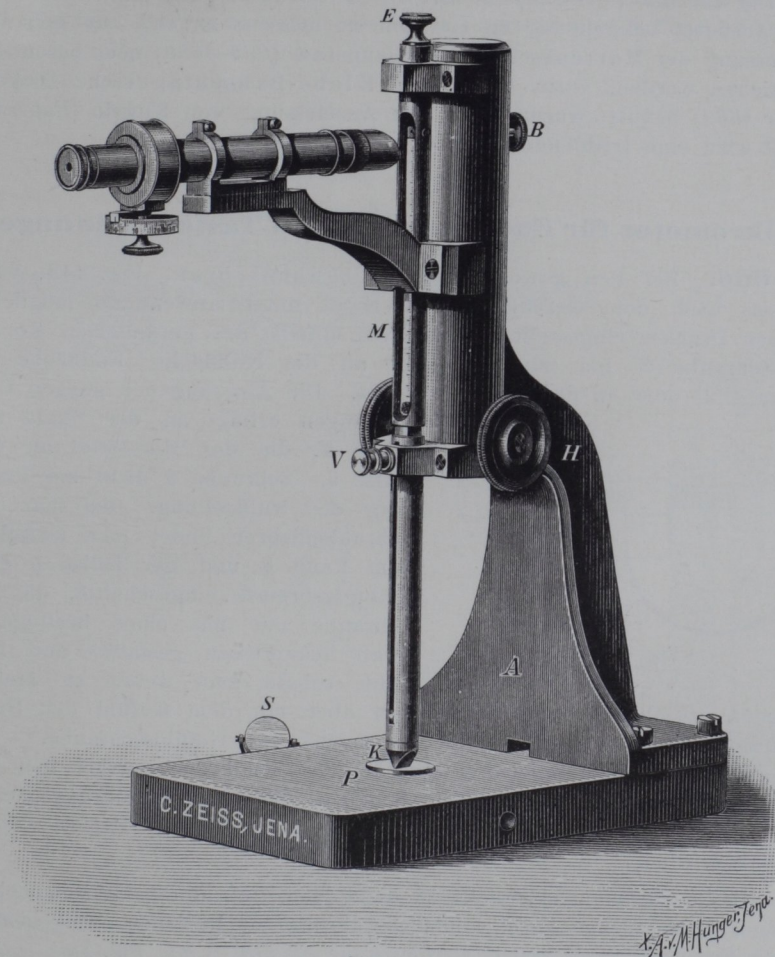


Fig. 442.

geschieht, mit der die zu messende Strecke unmittelbar verglichen wird; diese bildet die geradlinige Fortsetzung des

¹⁾ Die Firma baut auch noch ein kleineres Modell II dieses Apparates. Bei diesem Apparat ist statt des Fusses *A* ein Prisma von dreieckigem Querschnitt verwendet, an dem man den Maassstab- und Mikroskopträger in der Höhe so einstellen kann, dass Längenunterschiede bis zu 50 mm an Körpern von Längen bis zu 200 mm unmittelbar gemessen werden können. Die Messung der ganzen Länge erfolgt unter Zuhilfenahme von Normalendmaassen. Der Maassstab selbst ist 50 mm lang.

Maassstabes. Abbe wandte diese Konstruktionsgrundsätze an, weil Längentheilungen leicht genau hergestellt werden können und weil sie mit Hilfe des Ablesemikroskopes nach dem in Abs. 661 mitgetheilten Verfahren leicht auf ihre inneren Fehler untersucht werden können. Wenn die zu messende Strecke in der gleichen Linie mit der messenden liegt, so können Fehler in den Schlittenführungen des Instrumentes nur von sehr kleinem Einfluss auf das Messungsergebniss werden.

Der für die Versuchsanstalt zu Charlottenburg erworbene Apparat gestattet Längen bis zu 100 mm zu messen; er soll zur genauen Ausmessung der Martensschen Spiegelapparate (692—699) noch besonders eingerichtet werden, wozu bisher der Klebe-Bauschingersche Dickenmesser (669) benutzt wurde. Für die Ausmessung von Kugeln [Fahrradkugel] wird eine Irisblende zum Centriren beigegeben.

e) Mikrometer für Endmessungen mit Tasteinrichtungen.

666. Bei den gewöhnlichen Schraubenlehren, Fig. 443, wird meistens nach dem Gefühl mit der Hand unter Anwendung möglichst gleichen Druckes eingestellt, indem man mittelst des geränderten Kopfes der Schraube 3 bis zum Anliegen an die Nullfläche [Endfläche an Schraube 2] oder an das Objekt vorgeht. Die Ablesung der ganzen Um-

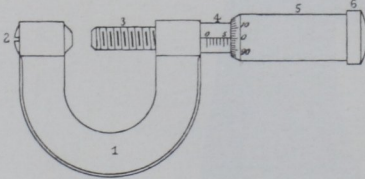


Fig. 443.

drehungen erfolgt an der Skala auf Hülse 4, die der Hundertel an der Hülse 5. Schraube 2 dient zur Regelung der Nullstellung. Bei manchen Schraubenlehren findet man zwischen dem Rand 6 und der Hülse 5 eine Reibungsbremse eingeschaltet, die die Schraube nur mit einer bestimmten Kraft anzupressen gestattet und leer geht, sobald man weiter zu drehen

versucht. Geübte Beobachter arbeiten aber mit dem Gefühl der Hand mindestens ebenso sicher, wie mit der sogenannten Gefühlsschraube.

Wenn die Dicke weicher Körper festzustellen ist, so versieht man die Enden der Schrauben 2 und 3 mit Schuhen, die grosse Berührungsflächen bieten, um übermässiges Zusammendrücken zu verhüten [Papier, Leder, Stoffe u. s. w.].

667. Für manche Zwecke ist es bequem sich eines schwachen elektrischen Stromes zur Anzeige der Berührung zu bedienen, weil hierbei grosse Empfindlichkeit erzielt werden kann (*L* 215, S. 21, Fig. 1).

Für die Charlottenburger Anstalt konstruirte ich den in Fig. 444 abgebildeten Mikrometerapparat nach diesem Grundsatz. Der Apparat diente zur Bestimmung der Längenänderungen, die Betonkörper, Fig. 445, von $20 \times 20 \times 75$ cm aus verschiedenen Mischungen bei fortschreitender Erhärtung und beim Wärmewechsel erfuhren. In den Betonkörper war mittelst einer Messingscheibe das Messingrohr 5 eingestampft; im Uebrigen steckte das Rohr ganz frei in dem Betonkörper, da sofort nach Fertigstellung die vorher überschobene Hülse herausgezogen wurde. Mit Hülfe einer Schablone wurden die Messingstifte 2 so in die Körper eingeformt,