

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-

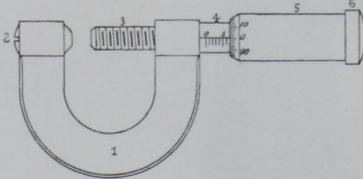


Fig. 443.

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,

dass sie in allen genau gleich sassen. Diese Stifte 2 hatten Kugelkuppen und dienten einer etwa 15 mm dicken Spiegelglasscheibe 1 als Lager, die die Mikrometerschraube 3 trug, Fig. 444. Die Spiegelglasplatte war an der Unterfläche mit einem Anschlag 6 versehen, dessen einer Ausschnitt sich mit beiden Flächen gegen den durch einen schwarzen Ring bezeichneten Stift 2, Fig. 445, legte und dessen anderer Ausschnitt mit einer Fläche zur Anlage an den zweiten Stift diente; der dritte Stift stützte die Glasplatte frei. Auf diese Weise musste die Glasplatte bei jeder Messung genau in die gleiche Lage kommen und die Mikrometerschraube 3 sicher denselben

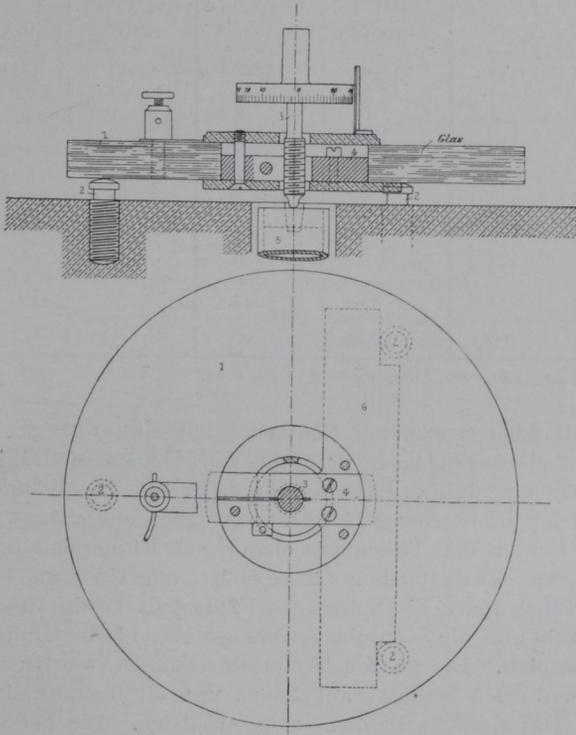


Fig. 444.

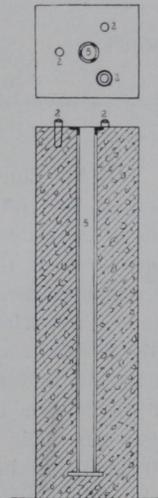


Fig. 445.

Punkt auf der Endfläche des Messingrohres 5 treffen, weil dieses in seiner Höhlung durch Einklemmen von drei Holzkeilchen gegen Seitenverschiebung gesichert war. Das Mikrometer wurde in einen schwachen Stromkreis mit einem Galvanoskop zusammen eingeschaltet. Der andere Draht war mit dem Messingstreifen verbunden. Die Berührung der Schraube mit dem Ende des Messingrohres wurde sehr scharf angezeigt. Um etwaige Veränderungen des Instrumentes, namentlich der Mikrometerschraubenspitze, zu erkennen, wurde nach jeder Messungsreihe immer wieder auf eine Kontrollplatte aus Gusseisen zurückgegangen, die, genau wie die Betonkörper, drei Stifte trug und sorgfältig aufbewahrt wurde. Tab. 45 zeigt eine Reihe von Kontrollmessungen auf der Kontrollplatte, aus welcher hervorgeht, dass die Einstellungen mit Hilfe des elektrischen Stromes als An-

zeiger mit einem wahrscheinlichen Fehler von $0,64 \cdot \frac{1}{2000}$ behaftet sind. Die Trommel des Mikrometers ist in 100 Theile getheilt und die Schraube hat zwei Gänge auf 1 mm.

Tabelle 45. Kontrolmessungen mit dem Glasplatten-Mikrometer.

Die Messungen I und II wurden im Zimmer; III und IV im Freien ausgeführt, nachdem die Kontrolplatte 1 Stunde draussen war; von den Messungen I bis II und III bis IV blieb das Instrument auf der Platte. Ablesungen in 1/2000 Min.

	9./1. 95. I 21,5 C ⁰	9./1. 95. II 21,5 C ⁰	9./1. 95. III — 1,0 C ⁰	9./1. 95. IV — 1,0 C ⁰	12./1. 95. V 19,0 C ⁰	14./1. 95. VI 16,5 C ⁰
	13355	13351	13349	13348	13351	13350
	5	2	8	8	1	0
	4	4	8	6	0	0
	3	3	9	7	1	49
	2	4	7	6	1	51
	2	4	5	8	1	49
	4	4	6	8	1	50
	3	3	7	8	1	0
	5	2	7	8	0	0
	4	1	6	8	0	0
Mittel	53,7	52,8	47,2	47,5	50,7	49,9
$r = \pm$	0,78	0,83	0,89	0,57	0,33	0,38

Aus allen 60 Ablesungen $r = \pm 0,64$.

668. Einen Mikrometertaster mit Fühlhebel hat Bauschinger zur Messung der Längenänderungen beim Erhärten von Cement- und Mörtelproben im Jahre 1878 eingeführt, Fig. 446, (L 2, H. 8). Der Ständer 1 trägt, an dem Hebel 5 mittelst Stange 4 leicht beweglich aufgehängt, den Mikrometerbügel 3. Der an den Enden mit eingelegten Körnerplatten versehene Probekörper von etwa 100 mm Länge liegt auf einer an 1 befestigten Unterlage. Man führt die Spitze des Fühlhebels 10 in die eine Marke ein und schraubt nun die Schraube 7 so lange vor, bis der Hebel 10 auf die Marke 11 einspielt. Die ganzen Trommeldrehungen werden an 8 abgelesen. Die Schraube hat 2 Gänge auf 1 mm, und die Trommel ist in 100 Theile getheilt. Das Gewicht 13 dient zum Ausgleich. Die Feder 12 giebt den stets gleichen Gegendruck gegen die Mikrometerschraube. Das Instrument ist in grosser Zahl von dem langjährigen Assistenten Bauschingers, Mechaniker Klebe in München, angefertigt worden.

Für den gleichen Zweck habe ich für die Charlottenburger Versuchsanstalt einen Apparat konstruirt, bei dem die Längenänderungen auf photographischem Wege gleichzeitig an je 10 Probekörpern festgestellt werden können, ohne die Körper nach dem Einsetzen in den Apparat je wieder zu berühren. Nach dem Vorgange von Debray-Paris benutzte ich Fühlhebel 4, die mit dem Körper 3 ein für allemal in Berührung bleiben, in der Anordnung nach Fig. 447. Die Hebelkörper 4 liegen mit einer Schneide von nur 2 mm Länge auf dem Körper 3 und mit zwei in einer Linie liegenden, ebenfalls nur je 2 mm langen Schneiden in den Nuthen des Gestells 1 auf. Dadurch ist der Körper oben sehr sicher und zwanglos in seiner Lage gehalten, unten steht er auf der Spitze der Einstellschraube 2. Der Zeiger des Fühlhebels ist oben schwarz gemacht und spielt ganz nahe an der Millimeterskala 5, ohne sie zu berühren. Die Hebelübersetzung ist 1/20; man kann also die Längenänderungen auf 1/200 mm schätzen. Je 10 Proben stehen in einem Gestell, und 3 Gestelle stehen hinter

einander mit je drei Füßen auf einer gemeinsamen Grundplatte. Die Grundplatte kann an langen Handhaben sehr bequem in ein Wasserbad gesetzt werden, das auf einem Wandkonsol erschütterungsfrei untergebracht ist. Das Wasserbad ist so eingerichtet, dass das Wasser erneuert werden kann, ohne irgend eine Erschütterung. Die Ablesung erfolgt, indem man einfach die drei hinter einander liegenden Skalen photographirt und dann an der entwickelten Platte die Ablesungen vornimmt. Die Uebersetzung kann man leicht bis auf $1/50$ treiben, ohne die Konstruktion zu ändern; mit Hilfe des Grundsatzes meines Spiegelapparates (692—699) würde man sogar mit Leichtigkeit auch $1/100$ oder $1/300$ erreichen können, ohne im Uebrigen an dem eben beschriebenen Verfahren zu ändern. Um praktisch schädliches Treiben bei Bindemitteln zu erkennen, wird die Uebersetzung von $1/20$ ausreichend sein.

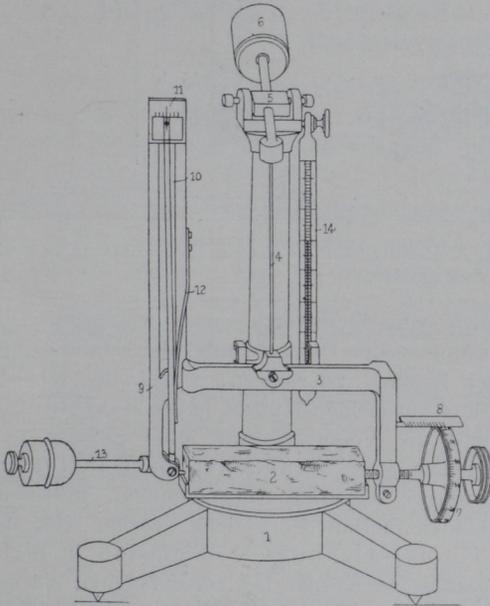


Fig. 446.

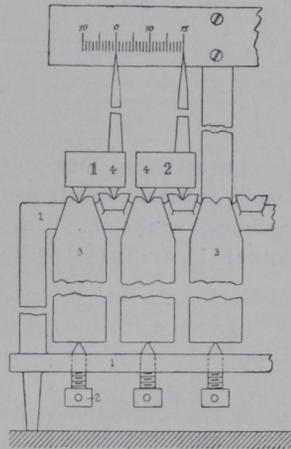


Fig. 447.

669. Unter Benutzung der Bauart des Bauschinger-Tasters, Fig. 445 konstruirte Klebe seinen Dickenmesser, Fig. 448, S. 452. Dieser Apparat wird in der Versuchsanstalt Charlottenburg hauptsächlich benutzt, um die Spiegelapparate Bauschingerscher (690, 691) und Martensscher Bauart (692—699) sowie andere Feinmessapparate auf ihre etwaigen Veränderungen regelmässig zu kontrolliren. Am Gestell 2 ist zwischen Spitzen leicht beweglich der Taster 5 aufgehängt, der mit Schraube 4 gehoben und gesenkt werden kann. Die Umdrehungen der mit fünf Gängen auf 1 mm versehenen Mikrometerschraube 6 werden durch Rädchen 8 gezählt. Die Fühlhebel 14 und 15 zeigen an der Skala 16 die Einstellung an. Diese auf meine Veranlassung angebrachte Skala 16 vergrössert die Sicherheit der Messung wesentlich. Um Dickenmessungen [Rolle des Bauschingerschen Spiegelapparates] vorzunehmen, braucht man dann nur angenähert mit der Mikrometerschraube einzustellen und kann, nach leichtem Anklopfen gegen den Schraubenkopf 4, die letzten Stellen der Messung aus den Indexablesungen entnehmen, indem man diejenige Ablesung, bei der der Fühlhebel seine anfängliche Bewegung beim Weiterdrehen an Schraube 4

umkehrt, als maassgebend aufschreibt. Der dann an Skala 16 abgelesene positive oder negative Werth, in Schraubenumdrehungen R ausgedrückt, wird der Schraubenableseung hinzugefügt. Der Skalenwerth wurde durch besondere Messungsreihen ermittelt; er ist beim Charlottenburger Instrument im Mittel:

$$1 \text{ Theilung} = (10,75 \pm 0,04) R 10^{-4}.$$

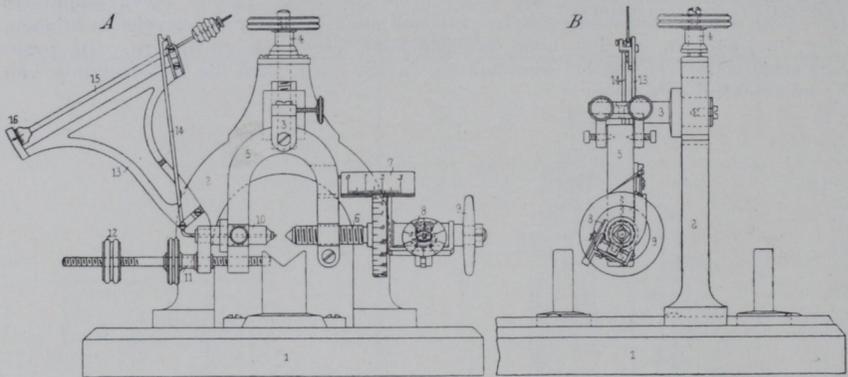


Fig. 448.

Es erschien ausserordentlich wünschenswerth, dass wenigstens die damals grössten öffentlichen Prüfungsstellen Deutschlands übereinstimmende Ergebnisse erzielten. Um diesen Zustand zu sichern, wurde der Klebe-Bauschinger-Taster beschafft, und auf meinen Wunsch haben Bauschinger

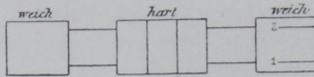


Fig. 449a.

und die Versuchsanstalt eine genaue Vergleichung der Münchener und Charlottenburger Apparate vorgenommen, indem an beiden Stellen der gleiche, vorher von der Normal-Aichungs-Kommission in Berlin gemessene Körper bei verschiedenen Wärmegraden gemessen wurde, um zur selben Zeit die Dehnungszahlen der Instrumente für die Wärme zu ermitteln. Als Normalmaass wurde der in Fig. 449a abgebildete Stahlkörper gewählt, an dem in seinem mittleren harten Theil eine Zone von 4 mm Breite abgegrenzt ist. In der Mitte zwischen beiden Ringen werden die beiden zu einander senkrechten Durchmesser gemessen, die den Markenstrichen 1 und 2 am rechten Ende des Körpers entsprechen. Für beide Durchmesser wurde gefunden:

Durchmesser	Norm. Aich. Komm. mm a	Bauschinger mm b	Versuchs-anstalt mm c	Verhältniss a/c
1—3	9,9830	10,07898	9,97238	1,00106
2—4	9,9822	10,07813	9,97152	1,00107
Unterschied	0,0008	0,00085	0,00086	
Mittel	9,9826	10,07856	9,97195	1,001065

Die auf 20 C^0 umgerechneten Ergebnisse der mit dem Apparat der Versuchsanstalt gefundenen Werthe müssen also mit 1,001065 multipliciert werden, um auf den wahren Werth in Millimetern zu kommen.