

## b) Mikroskopische Untersuchung.

## α) Das Greenoughsche Mikroskop.

238. Im Anschluß an die makroskopische Betrachtung untersucht man einzelne Stellen des Schliffes, die besondere Eigenart zeigen, mittels des Mikroskops. Auch hier beginnt man stets mit der schwächsten Vergrößerung und schreitet dann allmählich je nach Bedürfnis bis zu den stärksten Vergrößerungen vor.

Gute Dienste leistet bei schwachen Vergrößerungen das Greenoughsche

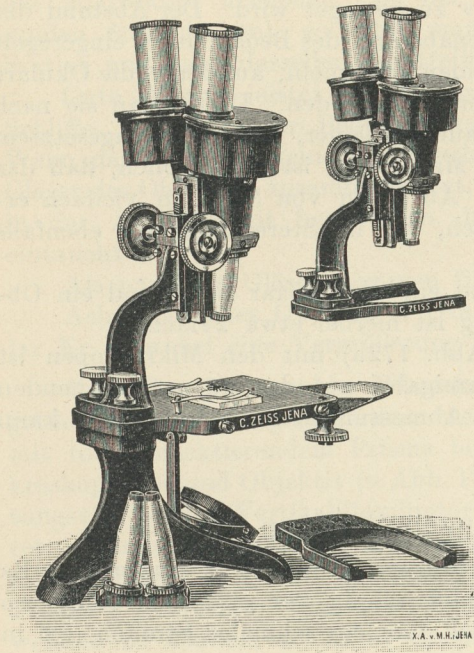


Abb. 172a.

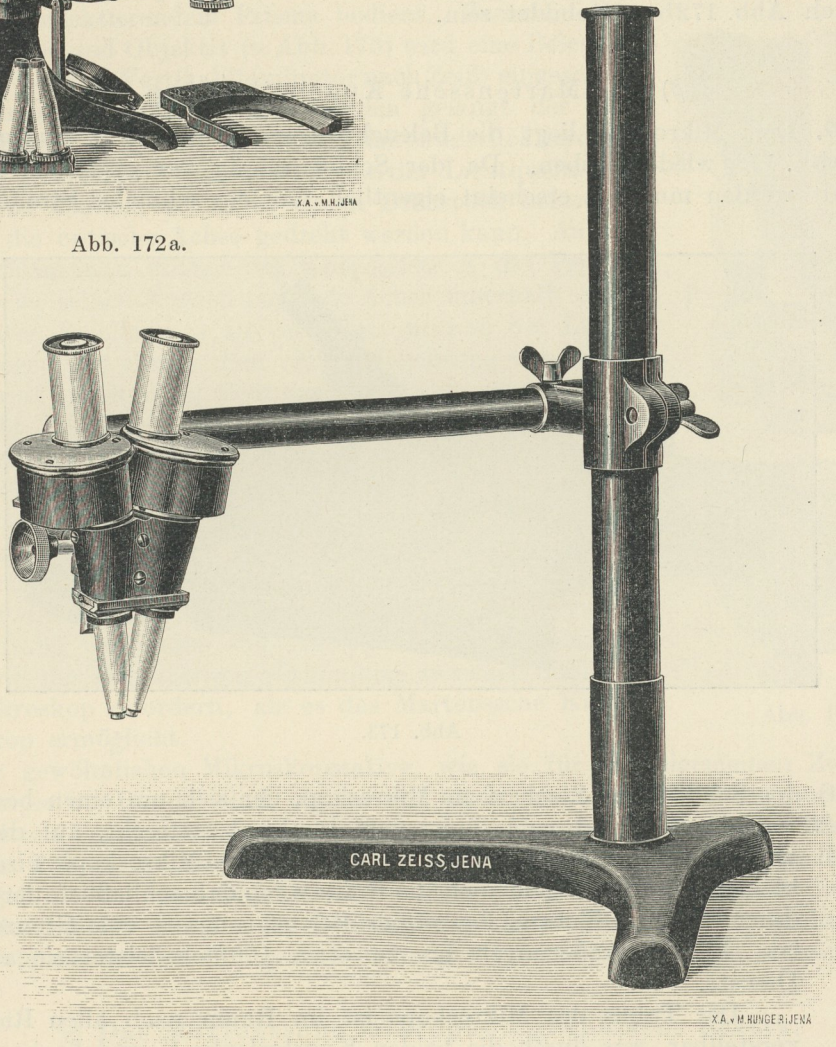


Abb. 172b.

binokulare Mikroskop für stereoskopisches Sehen (geliefert von der Firma C. Zeiß, Jena), das in Abb. 172a und b abgebildet ist. Es besteht aus zwei nebeneinander befindlichen Mikroskopen, deren optische Achsen zur Senkrechten etwas geneigt



sind, so daß ihr Abstand nach dem Objektiv zu geringer wird. Der Abstand der beiden Okulare muß entsprechend dem Augenabstand des Beobachters eingeregelt werden. Dies geschieht dadurch, daß die beiden Trommeln, auf denen die Okulare exzentrisch befestigt sind, um ihre Achse verdreht werden. Dreht man sie nach innen, so wird der Abstand der beiden Okulare kleiner, bei entgegengesetztem Drehen größer. Die Einrichtung der beiden Mikroskope ist so getroffen, daß das Bild nicht umgekehrt erscheint, was beim Absuchen von Schlifflinien vielfach erleichternd wirkt. Das Bild erscheint plastisch, wie im Stereoskop, was ebenfalls zur Erleichterung des Überblicks beiträgt.

Für die meisten Zwecke ausreichend sind ein Okularpaar Nr. 2 und ein Objektivpaar  $a_2$  (nach Zeiß). Die Vergrößerung ist hierbei etwa 24fach.

Der obere Teil des Mikroskopstativs (Abb. 172a) mit den Mikroskopen ist abnehmbar und kann mittels einer Hartgummigabel auf den zu untersuchenden Schliff aufgestellt werden, wenn dieser große Abmessungen hat. Das Stativ kann auch nach Abb. 172b ausgebildet sein.

### β) Das Martenssche Kugelmikroskop.

**239.** Dem Mikroskop liegt die Beleuchtungsart Abb. 164 A zugrunde. Es ist in Abb. 173 wiedergegeben. Da der Schliff schräg zur optischen Achse  $oo$  eingestellt werden muß, so erscheint eigentlich nur ein schmaler Streifen ( $22'$  in

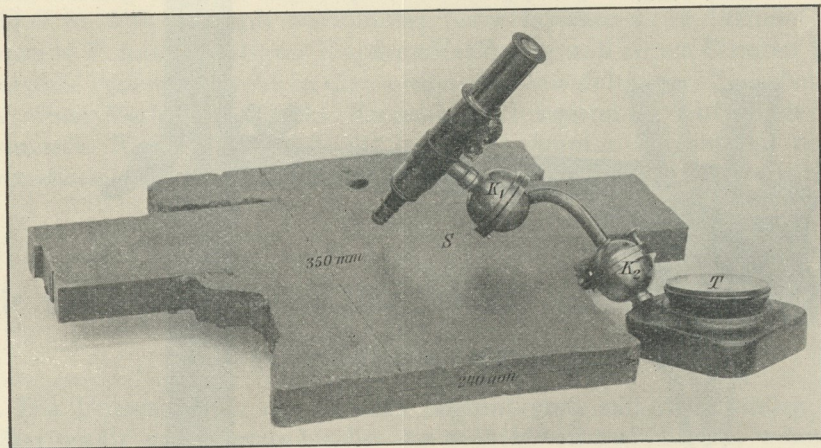


Abb. 173.

Abb. 174) der Schlieffläche  $S$  scharf im Mikroskop, der sich um einen bestimmten Betrag  $s/2$  nach rechts und nach links vom Punkte 1 erstreckt, auf den scharf eingestellt worden ist. Je stärker die Vergrößerung des Mikroskops wird, um so kleiner wird im allgemeinen die Breite  $s$ , so daß schließlich der Verwendung starker Objektive bei dieser Beleuchtungsart eine Grenze gesetzt ist. Für Vergrößerungen bis zu etwa 100fach leistet sie aber gute Dienste.

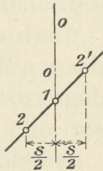


Abb. 174.

Der Tubus des Mikroskops ist im Raum nach allen Richtungen verstellbar, was durch die beiden Kugelgelenke  $K_1$  und  $K_2$  in Abb. 173 bewerkstelligt wird. Der Schliff  $S$  kann auf den Tisch  $T$  gelegt werden, wenn er nicht zu groß ist. Hat man sehr große Schlitze zu beobachten, so dreht man, wie in Abb. 173, die Kugelgelenke so herum, daß die optische Achse seitlich am Tisch  $T$  vorbeigeht. Man kann so den Schliff  $S$  durch Verschieben



des Mikroskops absuchen. Ist der Schliff noch größer (z. B. Längsschliffe von großen Stahlblöcken), so setzt man eine Gummiunterlage unter den Fuß des Stativs und setzt dasselbe unmittelbar auf den Schliff auf.

Gute Dienste leistet das Mikroskop dieser Bauart beim Absuchen größerer Schilfe, sowie bei der Beobachtung des Fortganges des Polierens und Ätzens. Wenn das Ätzmittel keine Stoffe enthält, die den Kanadabalsam, der die einzelnen Gläser des Objektivs zusammenkittet, auflöst, so kann man den Schliff unmittelbar in der Ätzflüssigkeit beobachten, indem man das Objektiv in die Flüssigkeit eintaucht.

Als passende Gläser kommen für das Mikroskop in Betracht:

Achromatisches Objektiv *A* (Katalog C. Zeiß, Jena) und Huygenssches Okular Nr. 2, wobei eine Vergrößerung von etwa 56 erzielt wird.

**240.** Das Martenssche Mikroskop kann auch zur Arbeit bei stärkerer Vergrößerung herangezogen werden, wenn man sich der Beleuchtungsart Abb. 164 C mit total reflektierendem Prisma bedient. Zwischen Mikroskoptubus und Objektiv (s. Abb. 175) wird eine Beleuchtungsvorrichtung (Vertikalilluminator nach Zeiß) eingeschaltet. Durch ein seitliches Fensterchen gelangt der einfallende Strahl (*e* in Abb. 164 C) auf das totalreflektierende Prisma *p* (Abb. 175). Um das Prisma der Lichtquelle zuzuwenden zu können, ist es in einem Drehstück befestigt, das um die optische Achse gedreht werden kann. Außerdem vermag man mittels des Knöpfchens *K* das Prisma um eine zu seinen Kanten parallele Achse innerhalb eines bestimmten Spielraumes zu verdrehen und so der Lichtquelle gegenüber einzustellen. Zur Beleuchtung verwendet man hierbei zweckmäßig nicht das Tageslicht, sondern eine künstliche Lichtquelle. Bei einer sehr zweckmäßigen Einrichtung nach Wagner wird eine kleine elektrische Glühlampe (ähnlich wie sie in den elektrischen Taschenlampen Verwendung findet) mittels eines Stellringes am Tubus verstellbar befestigt. Sie wird so eingestellt, daß sie das Fensterchen vor dem Prisma *p* beleuchtet.

Auf diese Weise kann man auch starke Objektive zur Beobachtung verwenden mit Ausschluß der Immersionsobjektive, die eine starrere Verbindung zwischen Schliff *S* und Mikroskop erfordern, als es das Martenssche Kugelmikroskop ermöglicht.

Die gewöhnlichen Mikroskopstative, wie sie für die allgemeinen Zwecke der Mikroskopie im Handel sind, eignen sich meist nicht ohne weiteres zur Beobachtung mittels Vertikalilluminator, weil durch die Zwischenschaltung des Illuminators zwischen Tubus und Objektiv der verfügbare Abstand zwischen der Frontlinie des Objektivs und dem Objektstisch zu klein wird. Auch eignet sich die sonstige Form des Stativs nur für die Beobachtung kleiner Schliffflächen, nicht aber für große, wie sie bei der Gefügeuntersuchung oft verwendet werden müssen.

γ) Das Martenssche mikrographische Stativ.  
(Gebaut von C. Zeiß, Jena.)

**241.** Das Martenssche Stativ dient zur mikroskopischen Beobachtung und gleichzeitig zur mikrographischen Aufnahme und gestattet die volle Ausnutzung der zur Zeit herstellbaren optischen Systeme. Es ist nach dem Entwurf

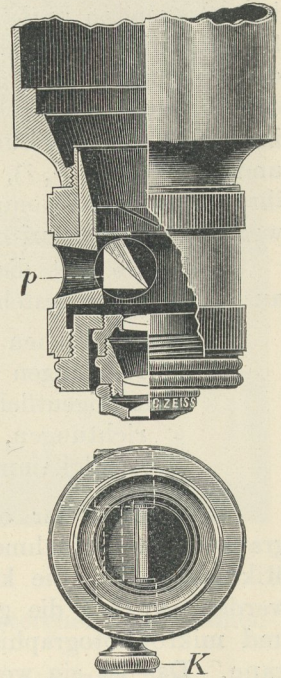


Abb. 175.



und den Angaben von Martens in seinen optischen Teilen von der Firma C. Zeiß, Jena, konstruiert worden; der übrige Aufbau ist in den Werkstätten der früheren mechanisch-technischen Versuchsanstalt (jetzt Kgl. Materialprüfungsamt) hergestellt.

Die nachfolgend beschriebene Einrichtung hat historisches Interesse; sie ist eine der wenigen, mit denen es zu Beginn der Entwicklung der Verfahren zur mikroskopischen Gefügeuntersuchung von Metallen gelang, brauchbare mikrographische Aufnahmen zu erzielen. Diese Kunst war damals noch nicht Allgemeingut wie jetzt, sie ist wesentlich mit den Namen Martens und Osmond verknüpft. Erst später ist durch die bahnbrechenden Arbeiten dieser Männer die mikroskopische Beobachtung und mikrographische Aufnahme von Metallschliffen eine einfache Sache geworden, deren Schwierigkeiten ein Anfänger kaum noch begreift, da er alle dazu nötigen Einrichtungen laut Katalog in bewährter Ausführung beziehen kann. Es gehört heutzutage deswegen auch keine besondere Begabung mehr dazu, ein neues mikrographisches Stativ zu konstruieren, wenn man dazu die bewährten optischen Einrichtungen benutzt, wie sie unsere hervorragenden optischen Werkstätten, insbesondere Zeiß in Jena, liefern, und die in mühseliger gemeinschaftlicher Arbeit zwischen dieser Firma und Martens auf die Vollkommenheit gebracht sind, die sie heute besitzen, und die sie sogar für das Ausland unentbehrlich machen. Die Martenssche Einrichtung ist noch heute im Kgl. Materialprüfungsamt in ungeänderter Form in Gebrauch (vgl. A. Martens und E. Heyn, *L<sub>3</sub>* 7), da sie von keiner anderen Konstruktion überholt ist und ihren Zweck, vollkommene Bilder zu liefern, erreicht. Ich beschränke mich deswegen auch nur auf die Beschreibung dieser Bauart<sup>1)</sup>.

Abb. 176 gibt die Gesamtanordnung und zeigt, daß die ganze Einrichtung aus drei Teilen besteht, nämlich

- der optischen Bank I, die die Lichtquelle mit den zugehörigen Hilfsvorrichtungen enthält,
- dem eigentlichen Mikroskop II mit seinem Stativ und den Verstellvorrichtungen,
- der Balgkammer III zur Aufnahme von Lichtbildern.

Die Achse der optischen Bank I steht bei der Beobachtung und photographischen Aufnahme von Metallschliffen senkrecht zur optischen Achse des Mikroskops II. Sie kann aber auch bequem in die optische Achse eingedreht werden, so daß die ganze Vorrichtung auch zur mikroskopischen Beobachtung und mikrographischen Aufnahme im durchfallenden Licht benutzt werden kann. Das ist ein wesentlicher Vorteil, denn in Laboratorien, in denen Metallschliffe zu untersuchen sind, hat man sich in der Regel auch mit der Untersuchung von Schlacken, Zementklinkern, feuerfesten Materialien usw. zu befassen, die im Dünnschliff im durchfallenden Licht vorgenommen wird. Wir wollen hier nur die Anordnung der Achse der optischen Bank senkrecht zur optischen Achse in Betracht ziehen. Bei Verwendung des totalreflektierenden Prismas *p* (nach Abb. 164 C) zur Beleuchtung ergibt sich dann das in Abb. 177 dargestellte Schema für die Gesamtanordnung (Grundriß).

Das eigentliche Mikroskop II (s. Abb. 178—190) besteht aus dem Objektiv *ob*, dem Tubus *N*, dem zwischen beiden gelegenen Prismenilluminator *p*, der in den Abbildungen durch die Irisblende *C* verdeckt ist (vgl. auch Abb. 177), und dem

<sup>1)</sup> Ein für viele Zwecke sehr brauchbares Instrument ist von H. Le Chatelier entworfen (*L<sub>3</sub>* 8). Es bietet für Anfänger weniger Schwierigkeiten, weil die einzelnen optischen Teile (z. B. Beleuchtungsprisma) ein für allemal in einer festen Lage sind und so nicht in Unordnung gebracht werden können. Für den geübten Mikroskopiker ist aber die weitgehende Regelbarkeit der optischen Einrichtungen bei Martens' Bauart ein Vorteil, den er auszunutzen versteht.



Okular *ok.* Vor dem Objektiv befindet sich der Objektstisch *V*, auf dem der zu untersuchende Schliff *sch* aufgespannt ist.

Die Beleuchtungsanordnung *I* wird gebildet (Abb. 177, 186, 190) aus der punktförmigen Lichtquelle *F*. Die von ihr ausgehenden Strahlen werden durch das Linsensystem *L* zunächst zerstreut und dann zu einem langen Lichtkegel gesammelt, der durch die Irisblenden *A* und *B* abgegrenzt werden kann, und der

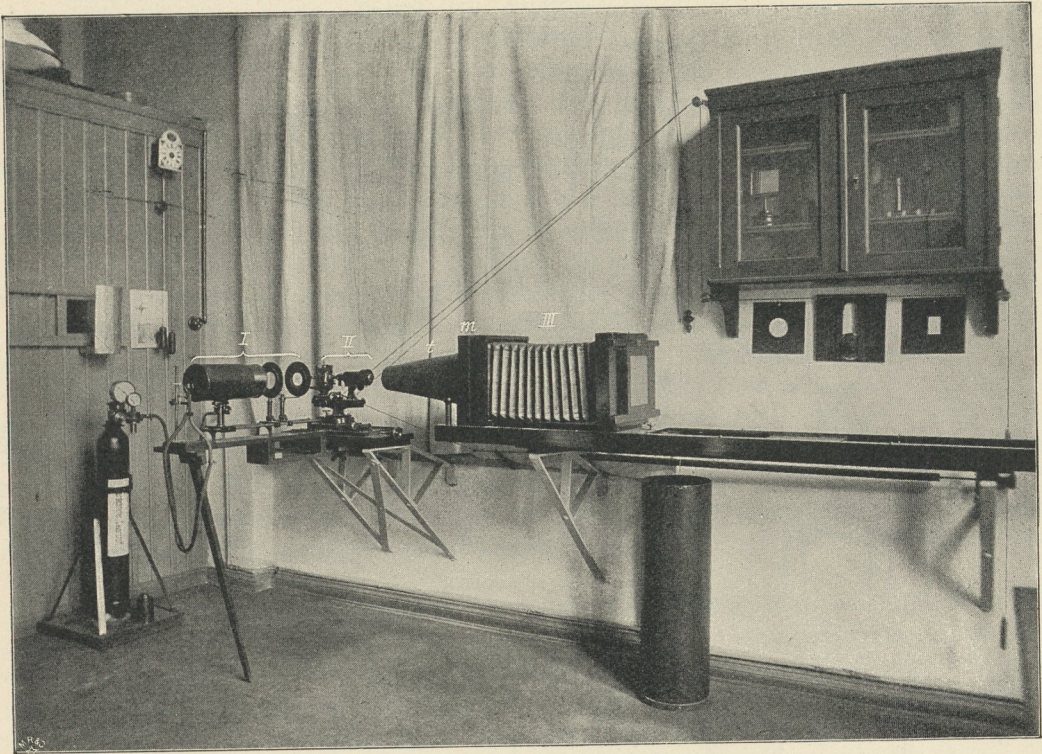


Abb. 176.

schließlich nach Durchgang durch die Blende *C* in das Fensterchen des Prismenilluminators *p* fällt.

Die Balgkammer *III* besteht aus einem Blechkegel *t* (Abb. 186—189) und einer gewöhnlichen photographischen Balgkammer, in der bei *n* die Mattscheibe bzw. die Kassette mit der photographischen Platte eingebracht wird. Die ganze Vorrichtung *III* kann auf einem Schlitten an das Okular des Mikroskops *II* herangeschoben werden. Ferner kann der Abstand der Mattscheibe von dem Okular geändert und an einem Maßstabe auf dem Schlitten abgelesen werden.

Die beiden Teile *II* und *III* sind völlig voneinander getrennt je auf einer kräftigen Konsole in die Wand eingelassen (Abb. 176), damit die Aufstellung des Ganzen erschütterungsfrei ist. Die Trennung der beiden Konsole voneinander ist deshalb nötig, damit man beim Arbeiten an der Mattscheibe, beim Einschieben der Kassette usw. an der Einstellung des Mikroskops keine unbeabsichtigte Veränderung hervorbringt.

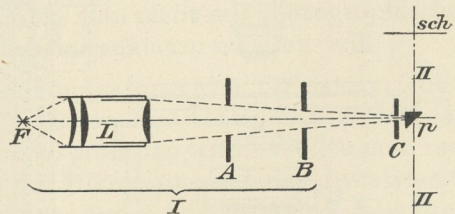


Abb. 177.



Mikroskopstativ Bauart Martens.  
Abb. 178 bis 184.

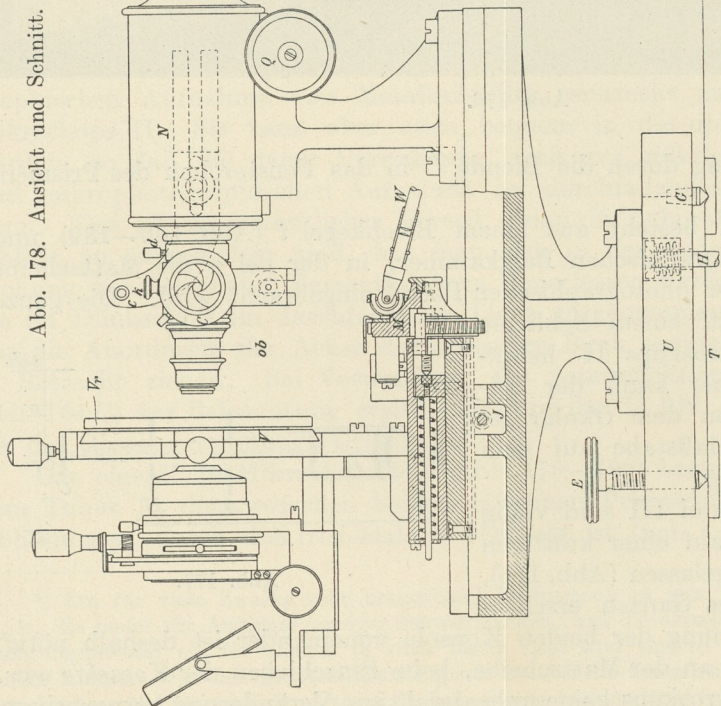


Abb. 178. Ansicht und Schnitt.

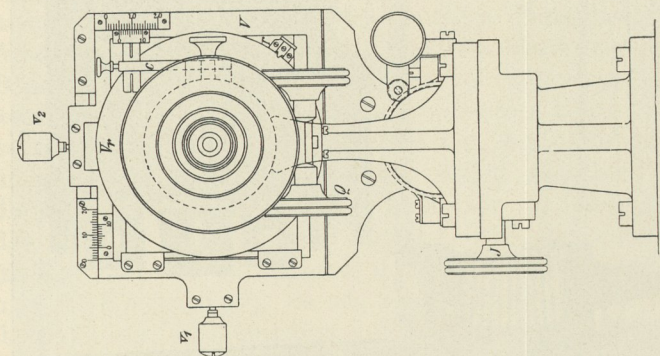


Abb. 182.  
Prismenilluminator.

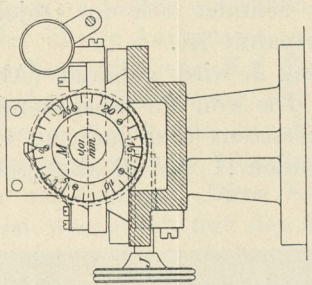


Abb. 181. Schnitt.

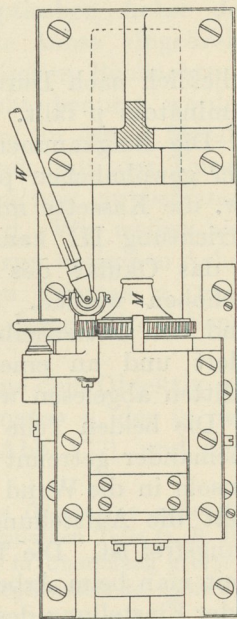


Abb. 179. Grundriß und Schnitt.

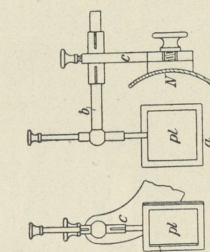


Abb. 183.  
Belichtung mit Planparalleloglas.

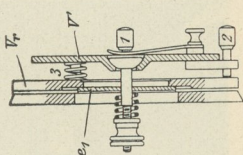


Abb. 184. Einstelltisch.



Der Vorteil dieser Anordnung zeigt sich vorwiegend bei der photographischen Aufnahme mit den stärkst auflösenden Objektiven für Ölimmersion. Die optische Bank I ist auf einem verstellbaren Holztisch befestigt, der einerseits unten an den das Mikroskop II tragenden Tisch mittels Flügelmutter befestigt (Abb. 190) und andererseits durch einen Klappfuß aufgesetzt ist.

**242.** Die besondere Ausführung der einzelnen Teile ergibt sich aus folgendem.

Optische Bank I. Das Licht wird mittels des Wolzschens Brenners *F* (Abb. 186 und 190) erzeugt. Durch eine Stichflamme aus Leuchtgas und gepreßtem Sauerstoff wird ein Stift aus stark gesinterter Magnesia (Strumpfträger für Auerbrenner) zum Weißglühen gebracht. Diese Magnesiastifte sind außerordentlich haltbar und haben sich ausgezeichnet bewährt. Leuchtgas und Sauerstoff werden durch je einen Gummischlauch (*G* und *S* in Abb. 190) zugeführt. Der Sauerstoff wird einer Sauerstoffbombe (Abb. 176) mit Reduzierventil entnommen. Das Licht des glühenden Stifts geht durch das Linsensystem *L*, die Blenden *A* und *B* und dann weiter durch die Blende *C* auf das Prisma des Prismenilluminators *p* (Abb. 177, 178, 182, 185, 186, 190). Die Teile der optischen Bank können auf dieser verschoben und auch nach der Höhe eingestellt werden. Die Irisblenden *A* und *B* können durch Umklappen ausgeschaltet werden, ohne daß man sie fortnehmen muß. Die Sauerstoff- und Leuchtgaszufuhr zum Brenner *F* ist so zu regeln, daß das zischende Geräusch nur ganz schwach wahrnehmbar ist und der kleine blaue Ring der Flamme etwa 5—6 mm vor der Brenneröffnung ruhig stehen bleibt. Da der Magnesiastift absintert und seine Form ändert, so muß man ihn zuweilen kürzen. Die vordere Fläche des Stiftes muß etwas vor der kleinen blauen Ringflamme stehen. Etwaige Lichtfilter *D* (Abb. 190) kann man zwischen den Blenden *A* und *B* auf einem besonderen Träger einschalten. In der Mehrzahl der Fälle erübrigt sich aber die Verwendung von Lichtfiltern.

Der Sauerstoff-Leuchtgasbrenner arbeitet sehr ruhig und bei einigermaßen guter Wartung mit sehr gleichbleibender Lichtstärke. Man kann dann die für die photographischen Aufnahmen erforderlichen Belichtungszeiten für die verschiedenen Kombinationen von Objektiven und Okularen ein für allemal feststellen, und ändert nur dann etwas an diesen Normalbelichtungszeiten, wenn das Objekt ausnahmsweise sehr dunkel oder sehr hell ist.

Man kann auch elektrisches Bogenlicht als Lichtquelle benutzen. Dann muß die zugehörige optische Bank dieser Bogenlampe angepaßt werden. Vollständige Einrichtungen werden hierfür von Zeiß geliefert. Die Bogenlampen haben den Nachteil, daß sie gewöhnlich gerade in dem Augenblick zu regulieren beginnen, wenn man zum Zweck der photographischen Aufnahme belichtet. Dadurch wird die Belichtungsdauer unkontrollierbar beeinflusst. Für die meisten Zwecke ist das Licht der Bogenlampen zu stark, so daß man Lichtfilter lediglich zum Abblenden des Lichtüberschusses anwenden muß, wenn man nicht mit photographischen Augenblicksverschlüssen und sehr kurzen Belichtungsdauern arbeiten will.

Mikroskop II. Das Prisma *p* des Prismenilluminators (Abb. 177) ist am Tubus *N* des Mikroskops befestigt (Abb. 178, 182, 185). Es muß so liegen, daß es von dem von der Lichtquelle *F* ausgehenden Strahlenbüschel getroffen wird. Wollte man nun, wie es sonst üblich ist, die Scharfeinstellung des Mikroskops auf das feststehende Objekt durch Verstellung des Mikroskoptubus in der optischen Achse bewirken, so würde damit auch das Prisma *p* in dieser Achse verschoben werden und somit aus dem von der feststehenden Lichtquelle *F* kommenden Strahlenkegel austreten. Es ist deswegen bei der Einrichtung Vorsorge getroffen, daß, solange Beobachtung und photographische Aufnahme im auffallenden Licht stattfindet, der Tubus *N* des Mikroskops unverstellt bleibt, die Scharfeinstellung vielmehr



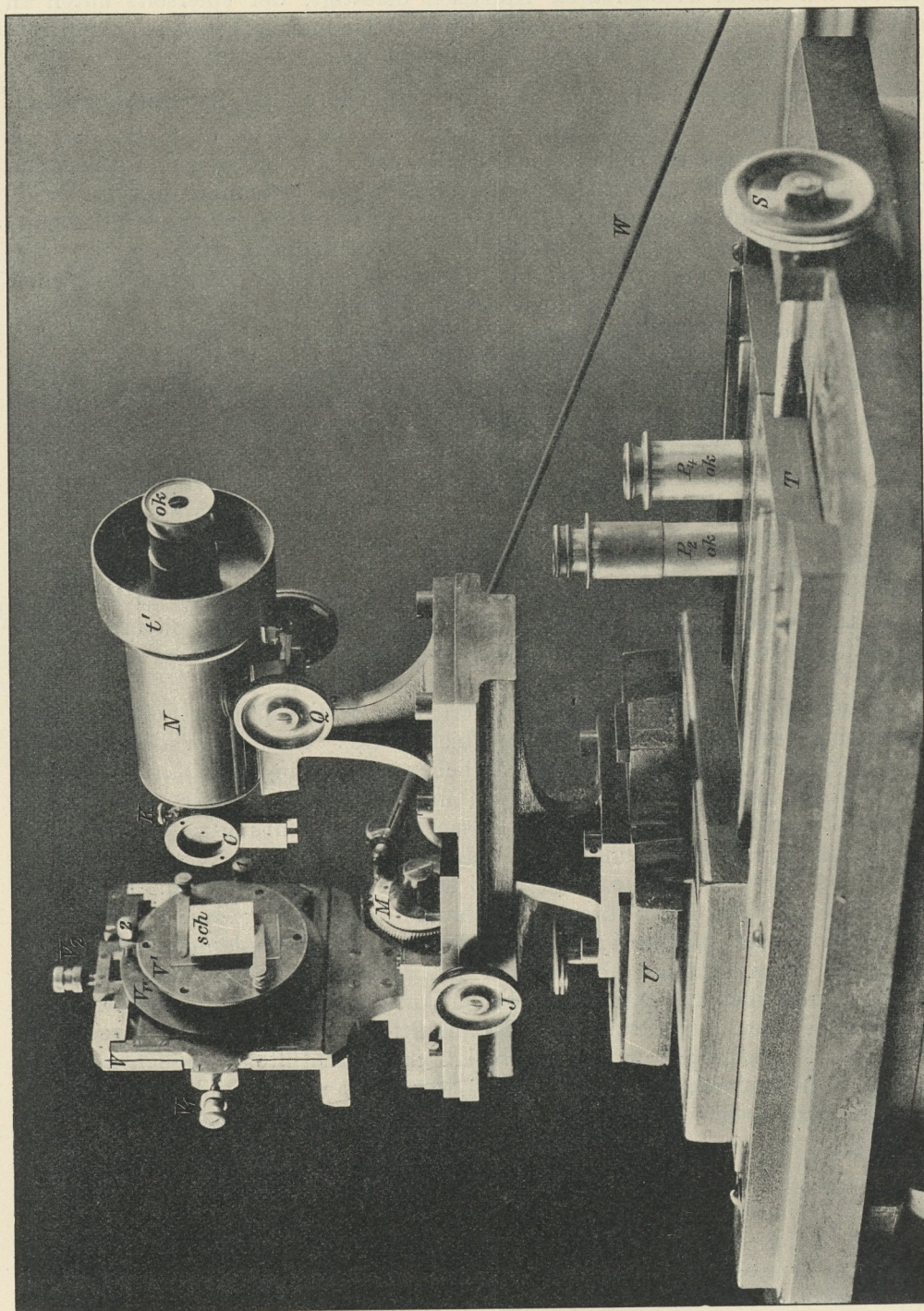


Abb. 185. Mikrophotographischer Apparat Bauart Martens. Ansicht des Mikroskops II.



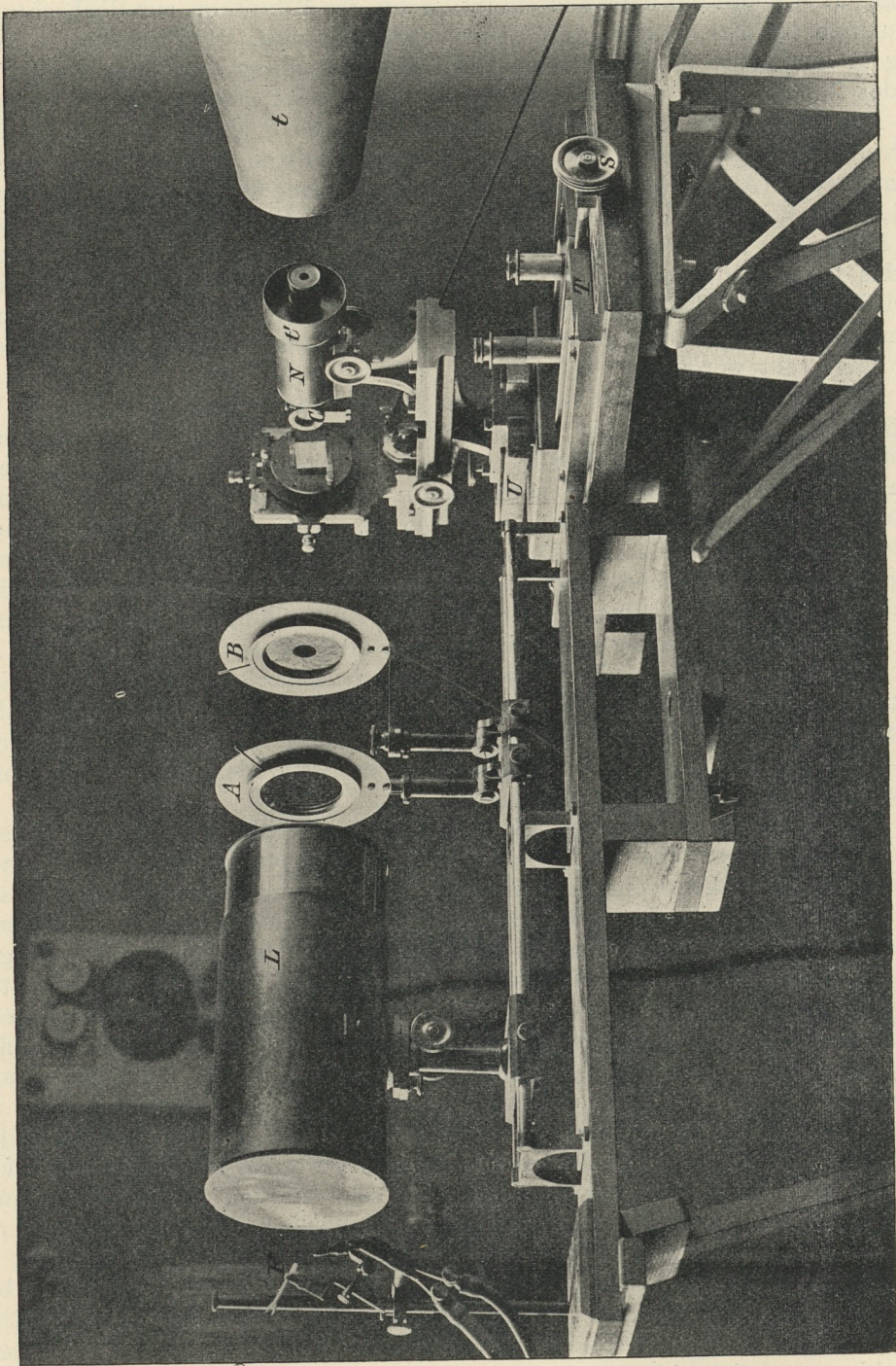


Abb. 186. Mikrophotographischer Apparat Bauart Martens. Ansicht der optischen Bank I und des Mikroskops II.



durch Bewegung des Objektisches  $V$  parallel zur Richtung der optischen Achse geschieht (Abb. 178 bis 181, 185). Nebenbei ist aber auch Verstellung des Tubus vorgesehen. Diese wird nur dann ausgenutzt, wenn das Mikroskop zur Beobachtung und Aufnahme im durchfallenden Licht verwendet wird. Hier erfolgt die Beleuchtung in der Achse des Mikroskops, und die Verstellung des Tubus ändert nichts an der Beleuchtung. Die Verstellung des Tubus geschieht mittels der Schraube  $Q$ .

Das Mikroskop steht auf dem durch Schraube  $S$  (Abb. 185 und 186) in der Richtung der optischen Achse verschiebbaren Schlitten  $T$  und ist auf einer Gußeisenplatte  $U$  (Abb. 178) befestigt, die auf zwei Spitzen  $G$  und einer Stellschraube  $E$  ruht, so daß man die optische Achse des Mikroskops in die Wagerechte, bzw. in die Mitte der Mattscheibe einstellen kann. Durch Schraube  $H$  mit Gegenfeder ist das Instrument vor dem Kippen bei unvorsichtiger Berührung gesichert. Der Tisch  $V$  des Mikroskops ist für sich mit grober Einstellung durch Trieb  $J$  mittels Zahnrad und Zahnstange bewegbar und kann mittels der Mikrometerschraube  $M$  fein eingestellt werden.

Der Objektisch  $V$  und der Tubus  $N$  sind auf gemeinschaftlichem Träger aufgebaut. Der Tisch  $V$  hat die Einrichtungen des Zeißschen photographischen Kreuztischs, der eine am Nonius ablesbare Verschiebung der Tischplatte samt Objekt um 10 mm von oben nach unten mittels der Stellschraube  $v_2$  und von links nach rechts mittels der Stellschraube  $v_1$ , sowie außerdem eine Drehung in ihrer eigenen Ebene gestattet. Die Anfangslage in letzterer Beziehung ist durch den Riegel  $r$  (Abb. 180) gesichert, der in eine Lücke an der Drehplatte  $V_r$  eingreift und gegebenenfalls das Verbleiben der Platte in ihrer Nullstellung gewährleistet. Man kann also das Objekt planmäßig absuchen oder in allen seinen Teilen über einer Fläche von 100 qmm ausmessen oder abbilden und jedesmal mit Hilfe der Nonien die alten Einstellungen wiederfinden. Die runde Tischplatte  $V_r$  hat eine Einlage  $e_1$  (Abb. 184), die eine Öffnung bis zu 33 mm Durchmesser bedeckt. Beim Arbeiten mit durchfallendem Licht wird diese Einlage entfernt oder durch andere mit verschieden großen Öffnungen ersetzt.

**243.** Bei Verwendung der Beleuchtungsarten Abb. 164 B und C ist es notwendig, die Ebene des Objektes (Schliffebene) genau senkrecht zur optischen Achse des Mikroskops einzustellen. Dies ist notwendige Bedingung, wenn man gleichmäßig scharfe Aufnahmen erzielen will. (Schwach seitliche Beleuchtung soll man nicht durch Schrägstellen des Objektes, sondern lediglich durch sehr geringe Drehung des Beleuchtungsprismas  $p$  im Illuminator erzielen.) Zur Einstellung des Objektes senkrecht zur optischen Achse sind mehrfache Vorschläge gemacht worden. Man versucht dem Objekt auf der Rückseite eine zur Schlifffläche parallele Fläche anzuarbeiten, so daß beim Aufrufen dieser Rückfläche auf dem Objektisch  $V$  die Schlifffläche senkrecht zur optischen Achse steht. Dieses Verfahren ist unzweckmäßig. Die Herstellung der parallelen Rückfläche ist kostspielig, da die Arbeit sehr genau ausgeführt werden muß, wenn sie namentlich bei photographischen Aufnahmen mit sehr starken Objektiven genügende Einstellung der Schliffebene gewährleisten soll. Andere Vorschläge gehen darauf hinaus, ein Objekt, das außer der Schliffebene beliebige Begrenzung hat, durch Eindrücken in ein mit plastischer Masse gefülltes Rähmchen derart einzubetten, daß die Schliffebene parallel zur Auflagerfläche des Rähmchens auf dem Objektisch  $V$  liegt. Hierdurch soll der Planparallelismus, den auch der vorhergehende Vorschlag anstrebte, in einfacherer und billigerer Weise erzielt werden.

Auch dieses Mittel versagt, wenn die Schlifffläche nicht eine genaue Ebene ist. Manchmal läßt es sich bei größeren Schliffen ohne unnötigen Zeitaufwand nicht vermeiden, daß die Schlifffläche schwach gewölbt ist. Namentlich an den Schliffändern zeigen sich schwache Abrundungen. Gerade an den Rändern, z. B.



Mikrophotographischer Apparat Bauart Martens.

1/20 d. nat. Gr.

Abb. 187 bis 190.

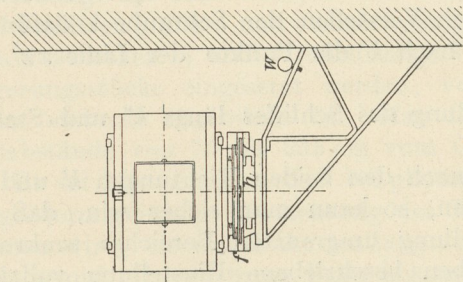


Abb. 189. Ansicht der Kamera.

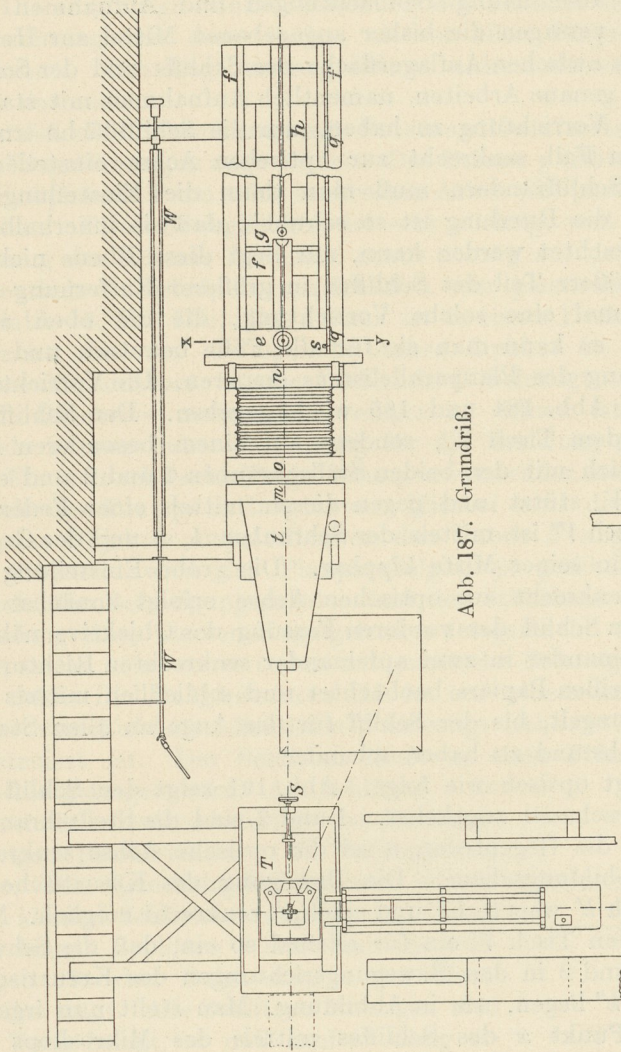


Abb. 187. Grundriß.

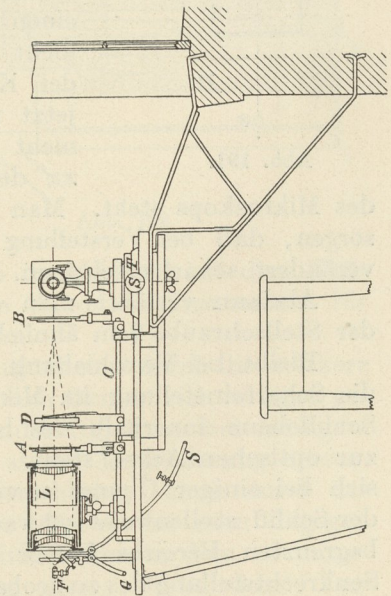


Abb. 190.

Ansicht des Mikroskops und der Beleuchtungsvorrichtung.

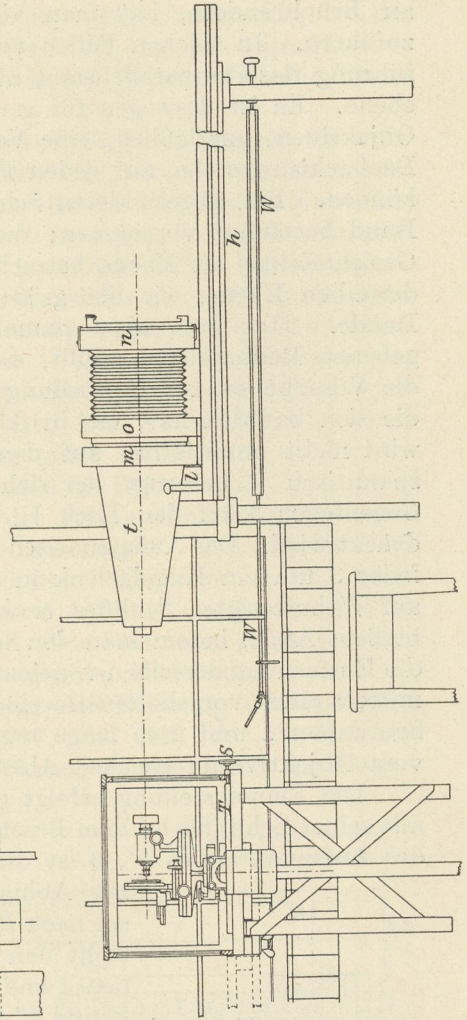


Abb. 188. Ansicht.



an Bruchrändern, hat man aber häufig Beobachtungen und Aufnahmen auszuführen. In solchen Fällen versagen die bisher angegebenen Mittel zur Herbeiführung des Planparallelismus zwischen Auflagerfläche des Schliffs und der Schliifebene. Es ist deswegen für genaue Arbeiten, namentlich Aufnahmen mit starken Objektiven, unerlässlich, eine Vorrichtung zu haben, um die Schliiffläche an der Beobachtungsstelle auf jeden Fall senkrecht zur optischen Achse einstellen zu können. Bei abgerundeten Schliifrändern muß man dann die Einstellung am Rand besonders vornehmen; die Rundung ist so schwach, daß sie innerhalb des Gesichtsfeldes als Ebene betrachtet werden kann, nur liegt diese Ebene nicht in derselben Ebene, wie der größere Teil des Schliffes in größerer Entfernung vom Rande. Hat man aber einmal eine solche Vorrichtung, die die oben angegebenen Bedingungen erfüllt, so kann man sie für alle Fälle benutzen und sich die Vorarbeiten zur Herstellung des Planparallelismus ersparen. Die Vorrichtung, die sich bewährt hat, ist in Abb. 184 und 185 wiedergegeben. Der Schliif *sch* wird nicht unmittelbar auf dem Tisch  $V_r$ , sondern auf einem besonderen Aufspanntisch  $V'$  befestigt, der sich mit den beiden Stellschrauben 1 und 2 und einer Gegenfeder 3 auf den Tisch  $V_r$  stützt und gegen diesen mittels einer Feder gedrückt wird. Der Aufspanntisch  $V'$  ist mittels der Schrauben 1, 2 und der Gegenfeder 3 um ein Kugelgelenk in seiner Mitte kippbar. Die grobe Einstellung des auf  $V'$  befestigten Schliffes senkrecht zur optischen Achse erfolgt zunächst mit bloßem Auge, indem man den Schliif der vorderen Fassung des Objektivs nähert, die Entfernung derselben voneinander in zwei aufeinander senkrechten Richtungen mittels eines vorgehaltenen weißen Papiers beobachtet und schließlich mittels der Schrauben 1 und 2 so lange regelt, bis der Schliif für das Auge an allen Stellen vom Objektivrand gleichen Abstand zu haben scheint.

Die Feineinstellung erfolgt optisch wie folgt. Abb. 191 zeigt den Schliif *sch* mit seiner Schliiffläche dem Beschauer zugekehrt. 1 und 2 sind die Stellschrauben des Aufspanntisches  $V'$ , 3 ist die Gegenfeder,  $o$  sei die optische Achse senkrecht zur Abbildungsebene. Die Bewegung des Kreuztisches  $V$  sei nach  $k'$  wagerecht und nach  $k''$  senkrecht möglich. Man stellt den Tisch  $V'$  ein für allemal so ein, daß die Schrauben 1 und 2 in den Bewegungsrichtungen des Kreuztisches  $k'$  und  $k''$  liegen, wie in Abbildung. Man stellt nun irgendeinen Punkt  $x$  des Schliffes mittels des Mikroskops bei nicht zu schwacher Vergrößerung scharf ein und bewegt den Kreuztisch  $V$  und mit ihm das Objekt längs  $k'$ . Der jetzt unter dem Mikroskop wahrnehmbare Punkt  $x'$  wird nicht mehr scharf erscheinen, wenn die Verbindungslinie  $xx'$  der beiden Punkte nicht senkrecht zur optischen Achse

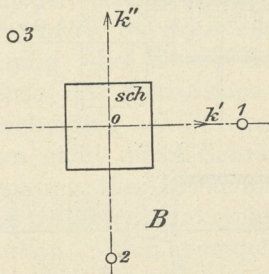


Abb. 191.

des Mikroskops steht. Man hat nun durch Verstellen der Schraube 1 dafür zu sorgen, daß bei Verstellung des Schliffes nach  $k'$  die Punkte der Linie  $xx'$  unverändert scharf erscheinen.

Als dann verfährt man durch Verstellung des Schliffes längs  $k''$  und Stellen der Stellschraube 2 in ähnlicher Weise.

Bleibt bei Verschiebung des Schliffes nach den beiden Richtungen  $k'$  und  $k''$  die Scharfeinstellung im Mikroskop erhalten, so kann man sicher sein, daß die Schliifebene innerhalb des bei der Einstellung umgrenzten Bereiches senkrecht zur optischen Achse steht. Die ganze eben beschriebene Einstellung vollzieht sich bei einiger Übung in viel kürzerer Zeit, als sie sich beschreiben läßt. Ist der Schliif stellenweise schwach abgerundet, so kann man innerhalb eines kleineren begrenzten Bereiches immer noch nach dem angegebenen Verfahren genügende Senkrechtstellung des zu beobachtenden Gesichtsfeldes zur Mikroskopachse bewirken.



Die sorgfältige Senkrechtstellung des Schiffes ist weniger notwendig bei der Beobachtung mit dem Okular, als vor allen Dingen bei der photographischen Aufnahme. Das Auge vermag sich zu akkomodieren, die photographische Platte kann das nicht.

**244.** Die Beleuchtung mit Prismenilluminator wird vorwiegend für stärkere Vergrößerungen angewendet. Das Prisma  $p$  (Abb. 178, 182 und 185) ist mittels des Knöpfchens  $k$  um seine senkrechte Achse (die parallel der brechenden Kante ist) drehbar. Diese Beweglichkeit ist sehr wichtig, weil man gerade durch schwache Drehung des Prismas das Licht etwas schräg auf das Objekt fallen lassen und so namentlich bei reliefpolierten Schiffen sehr plastische Bilder erzeugen kann (siehe Tafelabb. 16, Taf. III). Das Prisma ist in einem Drehstück (wie in Abb. 175) untergebracht, das um die optische Achse drehbar ist. Vor dem Fensterchen des Prismenilluminators ist die Irisblende  $C$  befestigt, die je nach Art der verwendeten Objektive mehr oder weniger zu öffnen ist. Das Vorhandensein dieser Blende ist von hoher Bedeutung für die Erzielung guter Bilder.

Für sehr schwache Vergrößerungen verwendet man die Beleuchtung Abb. 164 B mittels des Planparallelglases. Hierbei wird der Prismenilluminator entfernt und das Objektiv unmittelbar an den Tubus  $N$  angeschraubt. Zwischen Objekt und Objektiv wird das Planparallelglas  $pl$  geschaltet. Es wird am Tubus  $N$  mittels der Befestigungsgabel  $c$  und des Stäbchens  $b$  (Abb. 178, 183) durch Vermittelung eines kleinen Kugelgelenkes festgemacht. Das Plättchen  $pl$  muß genau planparallel sein, sonst treten astigmatische Störungen im Bilde auf.

**245.** Die Balgkammer III ist auf einem in der Richtung der optischen Achse verschiebbaren Schlitten  $f$  befestigt (Abb. 187, 189, 192), der als Rahmen konstruiert ist. Der Schlitten läuft in einer Führung  $h$ , die durch die eiserne Konsole getragen wird. Am Schlitten  $f$  ist vorn ein Stirnbrett  $m$  befestigt, das den kegelförmigen Blechtrichter  $t$  als Verlängerung trägt. Die eigentliche Balgkammer ist auf dem kleinen Schlitten  $e$  angebracht, der in dem langen Schlitten  $f$  läuft und die Führungen für den Balgauszug  $n$  der Mattscheibe trägt. Alle Schlittenführungen sind mit Tuch belegt, so daß sanfter Gang erzielt wird. Sie können durch Schrauben nach erfolgter Einstellung festgeklemmt werden. Die Balgkammer kann für sich um 44 cm ausgezogen werden. Für größere Entfernung der Mattscheibe vom Okular wird Schlitten  $g$  mit  $n$  und  $o$  zurückgezogen, worauf zwischen  $m$  und  $o$  rohrförmige Verlängerungsstücke eingesetzt werden, von denen eins in Abb. 176 auf dem Fußboden stehend abgebildet ist. Man kann auf diese Weise das Instrument für Bildabstände von 70 bis 235 cm vom Okular benutzen.

Es sei hier bemerkt, daß bei photographischen Aufnahmen durch die stärkere Vergrößerung infolge Vermehrung des Bildabstandes vom Okular viel weniger gewonnen wird, als durch Anwendung stärker auflösender Objektive bei mäßigem Bildabstand. Im ersteren Falle bekommt man nur starke Vergrößerung dessen, was das Objektiv leistet. Was das Objektiv nicht herausbringt, kann durch das Okular und die Vergrößerung nicht ersetzt werden. Verwendet man dagegen stark auflösende Objektive, so kann man weitere Einzelheiten in dem zu untersuchenden Objekt erkennen. Unnötige Vergrößerung dieses Bildes durch Ver-

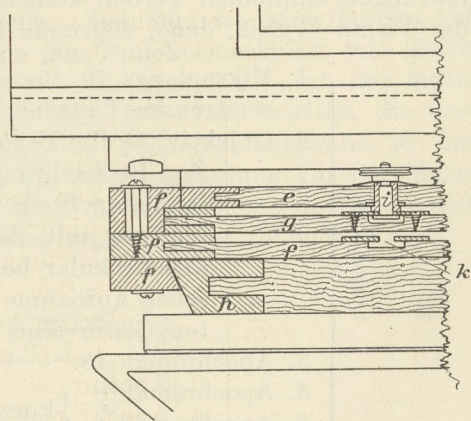


Abb. 192.



mehrung des Bildabstandes hat dann keinen Zweck mehr. Man darf sich also bei den Angaben der Vergrößerung mikrophotographischer Aufnahmen nicht allein durch Zahlen wie 2000 bis 5000fach imponieren lassen. Vergrößerungen zu erzielen hat man beliebig in der Hand durch Vermehrung des Bildabstandes. Ein Gewinn ist hiermit aber nicht verbunden. Es kommt wesentlich darauf an, mit welcher Auflösungskraft das Objektiv arbeitet. Um genügend kräftige Auflösungen zu erhalten, ist man gezwungen, die stärksten Objektivsysteme mit Ölimmersion für die Gefügeuntersuchung mit heranzuziehen.

Der Bildabstand der Mattscheibe kann mit Hilfe der Zentimetereinteilung  $q$  auf dem Längsschlitten und einer Marke  $s$  am Träger der Mattscheibe  $e$  nach Belieben eingestellt werden. In der Mehrzahl der Fälle kommt man mit einem Bildabstand von etwa 90 cm vom Okular aus. Die Lichtbilder in diesem Buch, soweit sie mit dem mikrophotographischen Apparat aufgenommen sind, wurden sämtlich mit diesem Bildabstand erzielt.

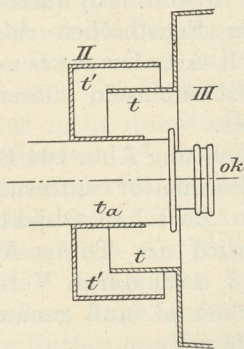


Abb. 193.

Der lichtdichte Verschluss zwischen Mikroskop II und Balgkammer III ist in Abb. 193 gezeigt. Das Trichterende  $t$  tritt einfach in das Kragenstück  $t'$  ein, das über den Tubusauszug  $t_a$  geschoben wird. Hierdurch ist ein sicherer lichtdichter Verschluss hergestellt, ohne daß sich Mikroskop und Kammer berühren. Man kann also alle Arbeiten an der Balgkammer ausführen, ohne befürchten zu müssen, an der Einstellung des Mikroskops irgendetwas störend zu ändern.

**246.** Eine bewährte Auswahl von optischen Gläsern, die für alle Untersuchungen im auffallenden Licht ausreichen, und die auf Grund langjähriger Erfahrungen empfohlen werden können, ist folgende, wobei die Bezeichnungsweise der Firma C. Zeiß, Jena, zugrunde gelegt ist:

- |   |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
| Objektive   | } | 1. Mikroplanar 70 für schwache Vergrößerungen und Aufnahme im zerstreuten Tageslicht.   |  |  |
|   |   | 2. Objektiv 35 für Beleuchtung mit Prisma oder Planglas.  |  |  |
|   |   | Zur Beobachtung mit dem Auge oder zur Auswahl einer bestimmten Stelle für die Aufnahme kann Objektiv 35 in Verbindung mit dem Sucherokular oder irgendeinem Kompensationsokular benutzt werden. Zum Zweck der photographischen Aufnahme arbeiten die beiden unter 1. und 2. genannten Gläser ohne Okular. |  |  |
|   |   | 3. Apochromat 16.   | } Zur Verwendung ohne Deckglas <sup>2)</sup> ; Beleuchtung mit Prisma. |  |
|   |   | 4. Apochromat 8   |  |  |
|   |   | 5. Apochromat 4   |  |  |
| 6. Apochromat 2 (Apertur 1,3 oder 1,4) für Ölimmersion. Verwendung mit Deckglas <sup>2)</sup> ; Beleuchtung mit Prisma. |   |   |  |  |
| Okulare   | } | 7. Sucherokular   |  |  |
|   |   | 8. Projektionsokulare $P_2$ und $P_4$ .   |  |  |
|   |   | 9. Kompensationsokulare 4 und 12 für Okularbeobachtung.   |  |  |

<sup>1)</sup> Die kurze Konstruktion ist ganz besonders für die Beleuchtung mit dem Prisma abgestimmt. Die entsprechenden Objektive in längerer Fassung, wie sie für die Mikroskopie im durchfallenden Licht benutzt werden, sind für die Prismabeleuchtung nicht verwendbar.

<sup>2)</sup> Bei der Mikroskopie im durchfallenden Licht ist man gewöhnt, das Objekt mit einem dünnen Gläschen (Deckglas) abzudecken, das mit Kanadabalsam aufgekittet wird. Auf Metallschliffe klebt man nur notgedrungen ein Deckglas auf, weil die beklebte Stelle nach Entfernung des Deckglases und des Balsams stets andere Färbung annimmt. Die Verwendung des Deckglases ist nur bei Verwendung von Ölimmersion nicht zu umgehen, sonst wird sie vermieden.



Zur Verwendung des Objektivs Nr. 6 mit Ölimmersion ist folgendes zu bemerken. Der Schliff *sch* (Abb. 194) wird auf den Aufspanntisch *V'* gebracht. Das etwa 0,15 mm dicke Deckgläschen *dg* wird mit einem Tropfen Kanadabalsam be-  
 tupft und mit der mit Balsam versehenen Seite auf den Schliff leicht aufgedrückt, was möglich ist, ohne daß das Objekt aus seiner Lage auf dem Aufspanntisch entfernt zu werden braucht. Das Auftreten von Luftblasen zwischen Objekt und Deckglas ist hierbei nicht zu befürchten, wenn der Kanadabalsam nicht zu dickflüssig gehalten wird. Gegebenenfalls wird er durch etwas Xylol verdünnt. Das Trocknen des Balsams wird nicht abgewartet. Man bringt sogleich auf das Deckglas *dg* ein Tröpfchen Zedernöl *oe* (das Öl bezieht man am besten von der Firma, die das Objektiv geliefert hat, da sein Brechungsexponent auf das Objektiv abgepaßt sein muß. Man darf das Öl nicht zu lange aufbewahren, weil es mit der Zeit einen anderen Brechungsexponenten annimmt, wobei weniger gute Bilder entstehen). Alsdann schiebt man den Objektstisch an das Objektiv heran, so daß der Öltropfen zwischen Deckglas und Objektiv hängt. Man vermeide das Aufbringen zu großer Mengen Öl, weil diese ablaufen. Nach Fertigstellung der Beobachtung oder Aufnahme entfernt man das Deckglas möglichst bald mittels eines in Xylol getauchten weichen Lappchens vom Schliff und reinigt diesen mit Xylol.

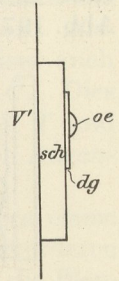


Abb. 194.

Bei der Aufnahme mit Hilfe der Objektive unter Nr. 3—6 und Anwendung des Prismenilluminators verfährt man folgendermaßen. Man stellt die aufzunehmende Stelle mit dem Sucherokular oder dem Kompensationsokular 12 für das Auge ein. Alsdann ersetzt man das Okular durch eins der beiden Projektionsokulare  $P_2$  oder  $P_4$  (Abb. 185), von denen das letztere doppelt so starke Vergrößerung liefert als das erstere, und schiebt die Balgkammer an das Mikroskop bis zum Eintritt des lichtdichten Verschlusses (Abb. 193). Das Bild ist dann bereits auf der Mattscheibe nahezu scharf sichtbar, wenn das Projektionsokular, wie gleich zu beschreiben ist, richtig eingestellt war. Die Scharfeinstellung auf der Mattscheibe wird durch die drehbare Welle *W* (Abb. 185, 187—189) bewirkt, die vermittels Hookschen Gelenkes die Drehung auf die Feineinstellschraube *M* des Objektstisches *V* überträgt. Man kontrolliert die Scharfeinstellung auf der Mattscheibe mit Hilfe einer Lupe. Dann ersetzt man die Mattscheibe durch die mit der photographischen Platte beschickte Kassette und belichtet schließlich.

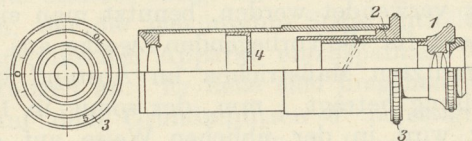


Abb. 195.

Eins der Projektionsokulare ist in Abb. 195 dargestellt. Das Augenende 1 desselben ist mittels einer Schraube von großer Steigung in seiner Fassung 2 verschiebbar. Die jeweilige Stellung ist durch eine Marke auf der Kreisteilung 3 ablesbar. Man hat die Verschiebung des Augenendes so lange zu betätigen, bis der Rand der im Okular angebrachten Blende 4 sich ganz scharf auf der matten Scheibe abbildet. Diese Einstellung ist für gleiche Entfernung der Mattscheibe vom Okular stets wieder dieselbe und man kann daher die Einstellung für verschiedene Plattenabstände ein für allemal durch den Versuch ermitteln. In einer Tabelle gibt man dann zu jeder Stellung der Mattscheibe die zugehörige Stellung der Marke am Auszug des Okulars auf der Kreisteilung an.



Bei photographischen Aufnahmen mit Hilfe der Objektive 1 und 2 der obigen Zusammenstellung arbeitet man ohne Projektionsokular. Das Objektiv 2 wird in der gewöhnlichen Weise an dem nach dem Objekt gekehrten Ende des Mikroskoptubus *N* angeschraubt (Abb. 196). Das Objektiv 1 dagegen wird am Okularende des Tubus *N* mittels eines beigegebenen Kegelstücks *Ks* nach Art der Abb. 197 angebracht. Um die Einstellung des Objektes zu bewirken, legt man

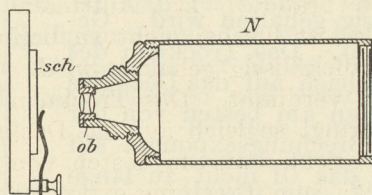


Abb. 196.

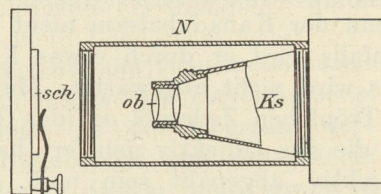


Abb. 197.

eine Schnur über die Grobeinstellschraube *J* des Objektisches, läßt diese über eine höher liegende, in Abb. 176 an dem Wandschrank befestigte Rolle laufen und beschwert die beiden Enden der Schnur unterhalb dieser Rolle mit zwei Gewichten. Die letzteren müssen nahe der Mattscheibe angebracht sein, damit man von hier aus die Einstellung des Objektisches so lange betätigen kann, bis das Bild des Objektes scharf auf der Mattscheibe erscheint.

**247.** Von Wichtigkeit ist die Ermittlung der Vergrößerung der einzelnen Kombinationen von Objektiven und Okularen bei gegebenem Abstand der Mattscheibe vom Okular und bei gegebener Tubuslänge. Ist die Vergrößerung genau bekannt, so kann man auf den fertigen Lichtbildern oder auf der Mattscheibe Messungen ausführen.

Für schwache Vergrößerungen verfährt man so, daß man einen gut geteilten Millimetermaßstab auf dem Objektisch *V* befestigt und ihn mittels der Objektive 1 und 2 auf die Mattscheibe projiziert. Auf dieser stellt man durch Messen mit einem anderen Millimetermaßstab die Abmessungen des Bildes fest. Das Verhältnis der Abmessungen des Bildes zu denen des abgebildeten Maßstabes gibt dann die lineare Vergrößerung. Man ermittelt sie für verschiedene Abstände der Mattscheibe und interpoliert die Zwischenwerte.

Zur Ermittlung der Vergrößerung bei den stärkeren Objektivsystemen, die mit Prismenilluminator verwendet werden, benutzt man ein sogenanntes Objektmikrometer. Dies besteht für die vorliegenden Zwecke aus einer kleinen, polierten Metallscheibe mit eingeritzten Maßstrichen im Abstand von je 0,01 mm. Die gesamte Länge der Teilung beträgt 1 mm, der somit in 100 Teile unterteilt ist. Das Objektmikrometer wird in der üblichen Weise auf dem Aufspanntisch *V'* festgemacht. Mit Hilfe des Prismenilluminators und des Projektionsokulars, für das die Vergrößerung zu bestimmen ist, projiziert man bei bestimmter Tubuslänge des Mikroskops das Bild des Objektmikrometers auf die in gemessenem Abstand vom Okular befindliche Mattscheibe und mißt auf dieser die Größe des Bildes mit einem gewöhnlichen Millimetermaßstab. Auch hier wiederholt man die Arbeit für mehrere Abstände der Mattscheibe vom Okular und interpoliert für die Zwischenstellungen. Die Beobachtungsergebnisse werden in einer Tabelle vereinigt.

**248.** Die Einstellung der gesamten optischen Einrichtung des Mikroskops ist einfach. Man beginnt bei der optischen Bank, bringt den Brenner *F* in Ordnung und regelt den Abstand und den Auszug des Linsensystems *L* so, daß man einen Lichtkegel erhält, der in der Nähe der Blende *C* vor dem Prismenfenster



einen Lichtkreis von etwa 5 mm liefert. Die Höhenstellung des Brenners  $F$ , der Linsen  $L$  und der Blenden  $A$  und  $B$  regelt man so, daß der Mittelpunkt dieses Lichtkreises in derselben wagerechten Ebene liegt wie der Mittelpunkt der Blende  $C$ . Diese Arbeit ist für einen Apparat nur ein einziges Mal zu Anfang auszuführen. Durch Marken an den Höhenstellvorrichtungen bezeichnet man die richtige Stellung und stellt sie durch Klemmschrauben ein für allemal fest. Als dann hat man noch dafür zu sorgen, daß der Mittelpunkt des Lichtkreises auch in derselben senkrechten Ebene liegt, wie der Mittelpunkt der Blende  $C$ . Dies bewirkt man dadurch, daß man mittels der Stellschraube  $S$  den Tisch  $T$  und mit ihm das ganze Mikroskop soweit verschiebt, bis diese Bedingung nach Augenmaß geschätzt erfüllt ist.

Hierauf bringt man auf den Objektstisch ein Objekt auf, dessen vordere ebene Fläche man in der früher angegebenen Weise möglichst parallel zur vorderen Fassung des Objektivs einstellt. Dann engt man den Lichtkegel durch die Blenden  $A$ ,  $B$ ,  $C$  ein und dreht so lange an dem Knöpfchen  $k$  des Prismas, bis das mittels des Okulars gesehene Bild des Objekts symmetrisch zu der senkrechten Mittellinie des Gesichtsfeldes liegt. Durch Drehen des Ringstücks des Prismenilluminators um die optische Achse verstellt man nun das Prisma so, daß das Bild auch symmetrisch zur wagerechten Mittellinie des Gesichtsfeldes erscheint. Damit ist im wesentlichen die Einstellung der ganzen Einrichtung beendet.

**249.** Über die bei der Aufnahme von Lichtbildern auszuführenden photographischen Arbeiten kann hier weggegangen werden, weil man sich hierüber heutzutage auf das leichteste unterrichten kann. Sie sind dieselben wie bei der Makrophotographie.

Die mikroskopischen Gefügebilder erscheinen vielfach in prächtigen Farben. Nach meiner Überzeugung würde eine ganze Reihe von Gefügebildern nach Form und Farbe prächtige Motive für Künstler abgeben. Um die Farben wiederzugeben, hat man verschiedentlich mittels des Lumièreschen Verfahrens Aufnahmen gemacht. Man kann dabei sehr hübsche Wirkungen erzielen; nur kann man leider nur Glaspositive und keine Kopien auf Papier herstellen.

Wie die Abbildungen erkennen lassen, ist es nicht möglich, sehr große Schiffe auf dem Objektstisch des Martensschen Stativs zu befestigen. Falls es daher nach Absuchen eines großen Schiffs mittels der unter 238 und 239 genannten Mikroskope notwendig erscheint, bestimmte Stellen in stärkerer Vergrößerung aufzunehmen, so bleibt nichts anderes übrig, als aus dem großen Schliff einen kleineren Schliff herauszunehmen, der die gewünschte Stelle enthält und diesen kleineren Schliff im mikrographischen Apparat einzuspannen. Dieser Nachteil haftet allen Mikroskopeinrichtungen an. Er ließe sich umgehen, wenn man den Objektstisch  $V$  unmittelbar auf dem Grundschlitten  $T$  befestigt, der in diesem Falle kräftig aus Gußeisen herzustellen wäre. Tisch  $V$  wäre nach Art der Aufspannplatten der Werkzeugmaschinen als Kreuztisch mit Drehteil auszuführen. Auf diesem kräftigen Aufspanntisch, der natürlich alle erforderlichen Einstellungen zulassen müßte, könnte man das Objekt mittels Spannuten und Spanneisen festmachen. Der Spanntisch müßte genügend groß sein, um z. B. Trägerprofile bis zu 200 mm Höhe unzerlegt aufnehmen zu können.

Bei dem Mikroskop nach Le Chatelier (241) wird das Objekt mit der Schlißfläche nach unten über eine Öffnung in der wagerechten oberen Deckplatte des Instrumentes gelegt. Das Bild wird durch ein Prismensystem aus der Richtung senkrecht zum Schliff, in die Richtung parallel zur Schlißebene abgelenkt und im Mikroskop beobachtet.

Ich habe kürzlich bei der Firma Carl Zeiß, Jena, angeregt, diese Bauart umzukehren. Der Schliff wäre dann mit der Schlißfläche nach oben auf einer kräf-



tigen Spannplatte mit Kreuztischbewegung und Drehteil, die sämtliche Einstellungen zuläßt, aufzulegen. Das senkrecht nach oben geworfene Bild wird durch Prisma in die wagerechte Achse des Mikroskops abgelenkt, das von der Spannplatte unabhängig über dieser befestigt ist.

Diese Bauart würde den Vorteil bieten, daß sehr große und schwere Schriffe ohne vorherige Unterteilung unmittelbar beobachtet werden können, und dies ist für die praktische Mikroskopie ein dringendes Bedürfnis.

Hat man photographische Aufnahmen mit kleineren Vergrößerungen herzustellen, so ist dies an sehr großen ungeteilten Schriffen möglich, wenn man sich des Stativs Braus-Drüner mit Greenoughschem Mikroskop und zugehöriger Doppelkamera bedient, vgl. Abb. 198 (C. Zeiß, Jena). Da man für gewöhnlich keine stereoskopischen Bilder braucht, legt man nur eine Platte in die Kasette ein.

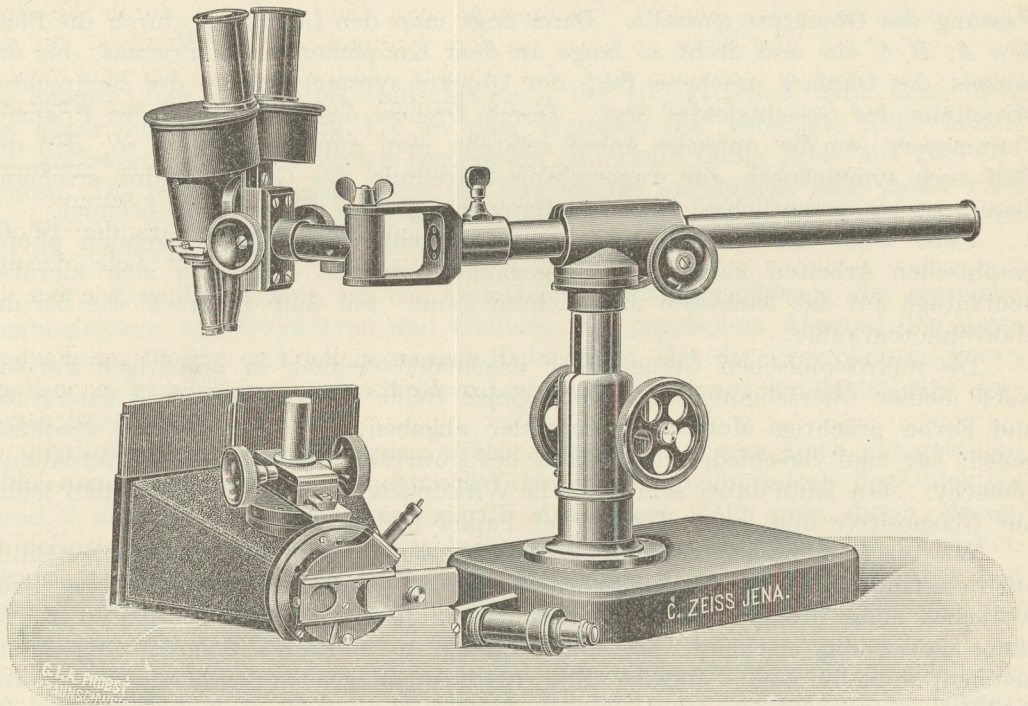


Abb. 198.

250. Im Anschluß an die in 233 besprochenen Kennzeichen zur Unterscheidung von erhabenen und vertieften Gefügebestandteilen soll hier noch auf ein drittes Kennzeichen hingewiesen werden, auf das zuerst Osmond aufmerksam machte. Es ist zwar theoretisch bezüglich seiner Ursachen nicht klar gelegt, ist aber für die praktische Mikroskopie in vielen Fällen von großer Bedeutung. Es liege zum Beispiel ein Schriff mit erhabenen und vertieften Stellen (Abb. 168 a) vor. Nähert man dieses Objekt allmählich dem Objektiv, so wird man in einer bestimmten Stellung im Okular wie auf der Mattscheibe ein Bild erhalten, worin  $t$  verhältnismäßig heller erscheint als  $h$ . Bei weiterem Vorrücken des Objekts werden die Lichtverhältnisse umgekehrt,  $h$  erscheint hell,  $t$  dunkler. Die Helligkeitsunterschiede sind bei Beobachtung mit dem Okular kräftiger als sie sich photographisch wiedergeben lassen. Immerhin zeigen die fünf Spaltbilder in Tafelabb. 17, Taf. III, in 200facher Vergrößerung die Erscheinung ziemlich deutlich. Der mit  $b$  bezeichnete Gefügebestandteil ist der erhabene, der mit  $a$  bezeichnete der



vertiefte. Die Aufnahme geschah mit Achromat 16 und Projektionsokular  $P_4$ . Die einzelnen Bilder wurden bei verschiedenen Entfernungen des Objekts von der Vorderlinse des Objektivs aufgenommen, und zwar war bei Bild  $A$  dieser Abstand am größten, bei  $E$  am kleinsten. In  $A, B, C$  erscheint der Gefügebestandteil  $a$  gegenüber  $b$  heller, in Bild  $D$  ist die Helligkeit beider Bestandteile nahezu gleich, im Bild  $E$  erscheint  $a$  gegenüber  $b$  dunkler. Die Abbildungen  $C$  und  $E$  sind nahezu Negativ und Positiv zueinander. Der Unterschied in der Stellung des Objekts bei beiden Aufnahmen beträgt 0,0325 mm.

Es ergibt sich danach die Regel, daß der bei der Annäherung des Objekts zuerst hell, dann später dunkel erscheinende Bestandteil der vertiefte ist.

Die Erscheinung muß auch bei der Einstellung auf der Mattscheibe berücksichtigt werden. Wer nicht an die Erscheinung gewöhnt ist, könnte sich z. B. mit einer Einstellung entsprechend dem Bild  $C$  oder  $E$  begnügen. Diese Einstellungen sind aber nicht die, welche das dem Auge gewohnte Bild liefern. Diesem kommt Bild  $D$  am nächsten.

#### 4. Allgemeines über das Gefüge der Metalle und Legierungen.

**251.** Nach dem früher Besprochenen ist zu erwarten, daß unter dem Mikroskop die einzelnen Phasen, aus denen die Legierungen bei Zimmerwärme bestehen, sichtbar sein müssen, soweit nicht etwa die Phasen in so feiner Verteilung auftreten, daß die einzelnen Teilchen jenseits der Auflösungsgrenze unserer stärksten Objektive liegen. Die beiden Begriffe Phase und Gefügebestandteil innerhalb der festen Legierung decken sich aber nicht. Während zum Begriff der Phase die Einheitlichkeit gehört, braucht der Gefügebestandteil nach dem gegenwärtigen Sprachgebrauch nicht notwendigerweise einheitlich zu sein. Man bezeichnet z. B. ein Eutektikum als Gefügebestandteil, obwohl es aus zwei oder mehr einfacheren Grundbestandteilen (Phasen) aufgebaut ist. Tafelabb. 18, Taf. IV, zeigt das Gefüge einer Legierung von Eisen mit 0,5% Kohlenstoff bei 123facher Vergrößerung nach dem Reliefpolieren. Es besteht aus dem helleren Gefügebestandteil  $F$  und dem dunkleren  $P$ . Der letztere ist erhaben, der erstere vertieft. Man darf sich durch den Augenschein nicht täuschen lassen, der den Beobachter zu dem Irrtum verleiten könnte, den helleren Bestandteil  $F$  als erhaben anzusehen. Maßgebend ist die Lage der Licht- und Schattenkanten (233). Das Bild ist so aufgestellt, daß das Licht von links oben einfallend zu denken ist. Bestandteil  $P$  hat die Lichtkanten nach links oben, ist also erhaben gegenüber  $F$ . Der Bestandteil  $F$  ist im wesentlichen Eisen und wird Ferrit, der Bestandteil  $P$  wird Perlit genannt. Betrachtet man das Gefüge bei stärkerer Auflösung, z. B. bei 1650facher Vergrößerung (Tafelabb. 19, Taf. IV), so gibt sich der Perlit  $P$  als ein zusammengesetzter Gefügebestandteil zu erkennen, der aus abwechselnden Lamellen eines weicheren und eines härteren Bestandteils besteht. Die härteren Lamellen sind, wie sich später ergeben wird, Eisenkarbid (Zementit), die weicheren sind derselbe Bestandteil wie der Ferrit. Der Perlit ist somit ein Gemenge zweier Phasen (Ferrit und Karbid). Der Ferrit dagegen ist ein einheitlicher Gefügebestandteil und zugleich eine Phase.

Wir haben sonach zu unterscheiden zwischen einheitlichen Gefügebestandteilen, die gleichbedeutend sind mit Phasen, soweit sie einem vollständigen Gleichgewicht entsprechen (also nicht etwa einem metastabilen oder einem unvollkommenen Gleichgewicht), und zusammengesetzten Gefügebestandteilen, die ein Gemenge aus zwei oder mehreren einheitlichen Gefügebestandteilen (Phasen)