DIE

GEWEBE

DES

MENSCHLICHEN KÖRPERS

UND IHRE

MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNG

VON

W. BEHRENS, A. KOSSEL

UND

P. SCHIEFFERDECKER.

ERSTER BAND:

Das Mikroskop und die Methoden der mikroskopischen Untersuchung.

BRAUNSCHWEIG

HARALD BRUHN

Verlagsbuchhandlung für Naturwissenschaft und Medicin

1889.

DAS

MIKROSKOP

UND

DIE METHODEN DER

MIKROSKOPISCHEN UNTERSUCHUNG

VON

W. BEHRENS, A. KOSSEL

UND

P. SCHIEFFERDECKER.

MIT 193 ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT.

BRAUNSCHWEIG

HARALD BRUHN

Verlagsbuchhandlung für Naturwissenschaft und Medicin

1889.

Buchdruckerei von Appelhans & Pfenningstorff in Braunschweig.

Vorwort.

Das vorliegende Buch soll ein Lehrbuch sein und in diesem ersten Bande die Methodik der Untersuchung der Gewebe des Körpers behandeln. Ein Lehrbuch darf nicht jene Menge von Einzelheiten enthalten, welche ein Handbuch darbieten muss, es soll im Gegentheil das Allgemeine bevorzugen, einen Ueberblick über das betreffende Gebiet gewähren und nur das Wichtigste mittheilen, gewissermaassen als Beispiel, nach welchem sich der Leser richten kann. Dabei muss ein Lehrbuch aber gleichzeitig so vollständig sein, dass es eine Uebersicht über das ganze Gebiet gestattet, und dass Derjenige, der es benutzt, auch wirklich in den Stand gesetzt wird, danach zu arbeiten. Weiterhin ist es ein nothwendiges Erforderniss, dass in einem solchen Lehrbuche die neuesten Errungenschaften, sowohl auf dem Gebiete des Mikroskopbaues wie der Methodik des Präparirens vorgeführt werden, während man von dem Aelteren das nunmehr Ueberholte übergehen darf.

Die bis jetzt existirenden zahlreichen derartigen Bücher erfüllten nach Ansicht der Verfasser diese Anforderungen nicht vollständig, und so schien das Bedürfniss nach einem neuen Lehrbuche vorhanden. Die Verfasser haben sich in diesem, Jeder in dem von ihm bearbeiteten Abschnitte, bemüht, den Anforderungen, die sie selbst an ein Lehrbuch der histologischen Methodik stellen, gerecht zu werden, freilich dabei auch selbst die Erfahrung eines Jeden, der ein Buch verfasst, wieder gemacht, dass trotzdem nach dem Drucke Manches verbesserungsfähig erschien. Die Auswahl des Gebotenen war natürlich eine rein subjective, und es wird daher leicht der Fall eintreten, dass der Leser manches Zuviel oder Zuwenig findet, das lässt sich eben nicht ändern und muss entschuldigt werden. Die Verfasser hoffen, dass im grossen und ganzen die Leser mit ihnen übereinstimmen werden; sie würden für jede Belehrung von Seiten derselben dankbar sein.

Da ein Bild bekanntlich Vieles deutlicher vor Augen führt als eine lange Beschreibung, so wurde ein besonderer Werth darauf gelegt, das Buch möglichst reich mit guten Abbildungen zu versehen, wobei die Verfasser das Entgegenkommen des Herrn Verlegers nur auf das Dankbarste hervorheben können. Allerdings musste gleichzeitig der Preis des Buches berücksichtigt werden, und so war der Anzahl der Abbildungen eine bestimmte, wenn auch durch den Herrn Verleger recht weit gesteckte Grenze gezogen.

Die Literatur ist nur soweit berücksichtigt, als es zur Erhöhung der Brauchbarkeit des Buches praktisch erschien.

Berlin-Bonn-Göttingen, im August 1889.

Die Verfasser.

Inhaltsverzeichniss.

Erster Abschnitt
(Seite 1—87).

Das Mikroskop und die mikroskopischen Nebenapparate

bearbeitet von

Dr. W. Behrens
in Göttingen.

Zweiter Abschnitt
(Seite 88—233).

Das mikroskopische Präparat

bearbeitet von

Prof. Dr. P. Schiefferdecker
in Bonn.

Dritter Abschnitt
(Seite 234—300).

Ueber den mikroskopischen Nachweis der chemischen Bestandtheile des Thierkörpers

bearbeitet von

Prof. Dr. A. Kossel
in Berlin.

ERSTER ABSCHNITT.

Das Mikroskop und die mikroskopischen Nebenapparate.

I. Einleitung.

Der Raum (Weltraum), welcher die uns bekannten Dinge umschliesst, ist mit einem hypothetischen Stoff von äusserst geringem specifischen Gewicht erfüllt, dem Aether oder Lichtäther. Den Ruhezustand des Lichtäthers nennen wir Dunkelheit, den auf die in der Retina ausgebreiteten Sehnerven wirkenden Bewegungszustand desselben Licht. Der Bewegungszustand des Aethers wird hervorgerufen durch gewisse Körper, welche wir selbstleuchtende nennen. Viele Körper setzen der Bewegung des Aethers ein Hinderniss entgegen, andere gestatten der Aetherbewegung den Durchtritt; erstere heissen undurchsichtige, letztere durchsichtige Körper.

Jeder selbstleuchtende Körper setzt den Lichtäther nach allen Richtungen des Raumes in Bewegung. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Aetherbewegung (des Lichtes) ist eine sehr grosse, nämlich 40200 geographische Meilen (ungefähr 300 Millionen Meter) in der Secunde. Die Fortpflanzungsrichtung der Aetherbewegung (des Lichtes) ist geradlinig; jeder leuchtende Körper sendet unendlich viele, überall hin gewandte Fortpflanzungsrichtungen oder Lichtstrahlen aus, deren jeder eine gerade Linie darstellt. Denn bringt man zwischen das Auge, als das das Licht wahrnehmende Organ und den leuchtenden Körper einen undurchsichtigen, so wird der erstere unsichtbar, die Lichtempfindung auf das Auge hört auf, was nicht möglich wäre, wenn das Licht sich anders als geradlinig fortpflanzte.

Die Bewegungsart des Lichtäthers ist eine Wellenbewegung. Die in Bewegung gesetzten Aethertheilchen bewegen sich also nicht etwa in der Richtung des Lichtstrahls fort, sondern sie vollführen Schwingungen nach allen Richtungen in zur Richtung des Strahls senkrechten Ebenen. Die Wellenlänge der schwingenden Aethertheilchen beträgt für das gewöhnliche Tageslicht 0·00055 mm; es würden also beinahe 2000 hinter einander liegende Lichtwellen die Länge eines Millimeters ergeben. Die Wellen der schwingenden Aethertheilchen sind nicht immer von derselben Länge, sie sind vielmehr gewissen Schwankungen unterworfen. Die längsten Wellen sind ungefähr 0·00076 mm, die kürzesten 0·00040 mm lang. Die Wirkungen, welche verschiedene Wellenlängen auf das Auge hervorbringen, sind verschieden, wir bezeichnen sie als die Farbe des Lichtes. Die Wirkung einer sehr langen Welle (wenn also die Retina in einer gegebenen Zeit verhältnissmässig wenige Anstösse durch die oscillirenden Aethertheilchen empfängt) nennen wir Roth, die durch sehr kurze Wellenlängen hervorgebrachte Wirkung Violett. Das farblose Tages- oder Sonnenlicht ist ein Gemisch sämmtlicher Lichtfarben, also auch gleichsam ein Gemisch sämmtlicher Wellenlängen [1].

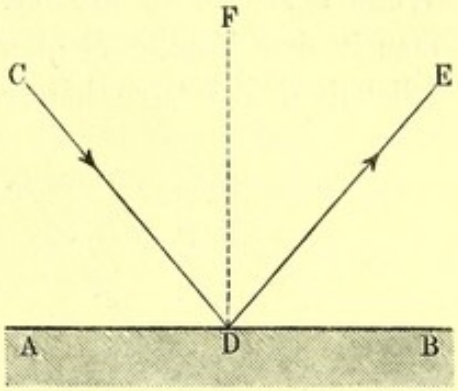
Wenn ein Lichtstrahl auf einen eine völlige oder annähernde Ebene darstellenden Körper trifft, so wird er von diesem (spiegelnden) Körper von seinem Wege abgelenkt, er wird zurückgeworfen, reflectirt, es findet eine Reflexion des Lichtstrahles statt. Diese Reflexion kommt auf folgende Weise zu Stande. Sei AB (Figur 1) die spiegelnde Fläche, CD der auf dieselbe unter einem Winkel treffende Lichtstrahl (der einfallende Strahl), DE der zurückgeworfene oder reflectirte Strahl, so ist die Richtung des Strahles nach der Reflexion derart, dass der Winkel CDA oder der Einfallswinkel gleich dem Winkel EDB oder dem Reflexionswinkel ist. Errichtet man in D eine Senkrechte (Einfallsloth) zu AB, so liegen CD, ED und DF in derselben Ebene. Bei der Reflexion eines Lichtstrahls liegen der Einfallsstrahl, der Ausfallsstrahl und das Einfallsloth in derselben Ebene und der Einfallswinkel ist gleich dem Reflexionswinkel.

---

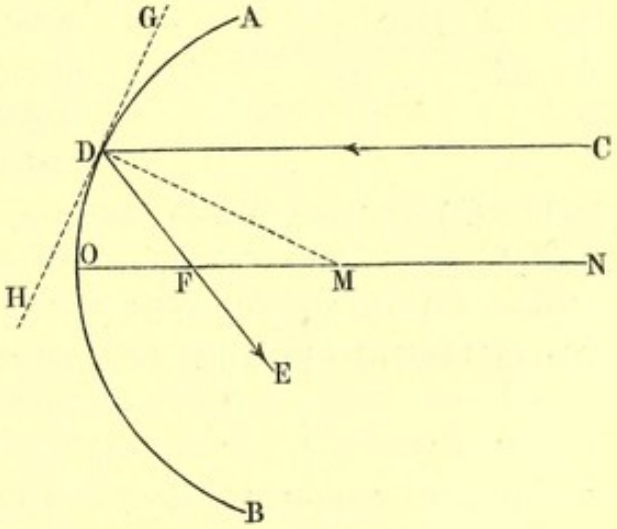
[1]) Man bezeichnet in der Optik die Länge einer Lichtwelle mit λ und fügt, um die Farbe des Lichtes auszudrücken, die Bezeichnung einer in dieser Farbe gelegenen Fraunhofer'schen Linie (s. u. unter Spectroskop) an. Es ist dann z. B. (nach Ångström) die Wellenlänge des rothen Lichtes λ_A = 0·00076040 mm, die des gelben λ_D = 0·00058891 mm, die des violetten Lichtes λ_H = 0·00039681 mm.

Hieraus ergiebt sich, dass, wenn mehrere parallele Lichtstrahlen von einer spiegelnden Ebene reflectirt werden, dieselben nach der Reflexion als gleichfalls parallele Strahlen ihren Weg fortsetzen. Werden dagegen divergente, d. h. von einem leuchtenden Punkte nach verschiedenen Richtungen ausgehende Strahlen von einer spiegelnden Fläche reflectirt, so werden sie nach der Reflexion als divergente Strahlen ihren Weg fortsetzen.

Ist der spiegelnde Körper keine Ebene, sondern ein hohles (concaves) Kugelsegment (ein Hohlspiegel, *A B*, Figur 2), so findet man den Reflexionsweg eines beliebigen Lichtstrahles *C D* auf die Weise, dass man im Punkte *D*, wo der Lichtstrahl die spiegelnde Curve trifft, die Tangente *G H* construirt und bezüglich dieser den Weg des Strahles wie in Figur 1 bestimmt. Es zeigt sich dann, dass der reflectirte Strahl *D E* in diesem Falle (beim sphärischen Hohlspiegel) die Eigenthümlichkeit hat, eine Linie *O M N* zu schneiden (in *F*), welche man erhält, wenn man den Mittelpunkt *M* der Hohlkugel mit der Mitte *O* des spiegelnden Segmentes verbindet. Sie heisst die Brennlinie und wird von den auf verschiedene Punkte des Spiegels fallenden, reflectirten Strahlen an verschiedenen Punkten getroffen. Stellt hingegen der Hohlspiegel ein Stück eines Paraboloïdes dar, so werden alle auf ihn fallenden Lichtstrahlen nach der Reflexion in einem einzigen Punkte, dem Brennpunkte vereinigt. Es ist dies eine Eigenschaft des parabolischen Hohlspiegels, von der, wie wir später sehen werden, beim Mikroskop der ausgedehnteste Gebrauch gemacht wird. —



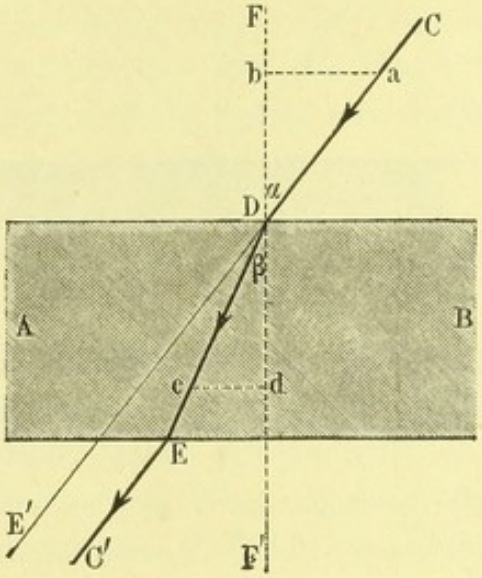
1.



2.

Nehmen wir an, ein Lichtstrahl *C D* (Figur 3) trete aus einem durchsichtigen Medium, z. B. aus der Luft, in ein anderes durchsichtiges Medium von verschiedener Dichte, z. B. in Glas (*A B*), so verfolgt er

in diesem letzten Medium nicht dieselbe Richtung DE'. Er wird vielmehr von dieser Richtung durch das zweite Medium abgelenkt, er wird gebrochen, und zwar je nach der Natur desselben mehr oder minder. Es ist ja eine bekannte Thatsache, dass ein ins Wasser getauchter Stock gebrochen erscheint. Der Lichtstrahl verfolgt nun in dem Medium AB beispielsweise die Richtung DE. Die Grösse dieser Ablenkung ist für jedes Medium eine constante, und zwar ist die Abweichung von dem Wege DE' um so grösser, je dichter das Medium AB ist. Errichtet man in dem Punkte D (dem Einfallspunkte des Strahles CD) das Einfallsloth FDF', so heisst $\sphericalangle CDF$, resp. $\sphericalangle \alpha$ der Einfallswinkel, $\sphericalangle EDF'$ resp. $\sphericalangle \beta$ der Brechungswinkel. Macht man $Da = Dc$ und construirt von a und c aus auf die Linie FF' die Lothe ab und cd, so ergiebt sich aus der Division der beiden Linien $\frac{ab}{cd}$ stets derselbe Werth für dieselben Medien, unter welcher Neigung auch der Strahl CD das Medium AB treffen mag. Die Linie ab stellt aber den Sinus des Winkels α, cd den Sinus des Winkels β dar. Wir nennen den in einer Zahl ausgedrückten Werth, der aus der Division beider Sinusse sich ergiebt, den Brechungsindex (n) des betreffenden Mediums. Oder mit anderen Worten: Der Brechungsindex für ein bestimmtes Medium ist das für dieses constante Verhältniss zwischen dem Sinus des Einfallswinkels und dem Sinus des Brechungswinkels:



3.

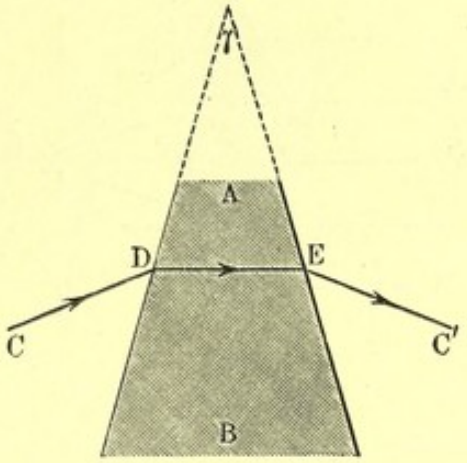
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n.$$

Der Brechungsindex wird stets auf die Luft als Einheit bezogen. Es ist dieses Verhältniss z. B., wenn ein Lichtstrahl aus der Luft in Wasser tritt = 1·33, wenn er aus der Luft in Glas tritt = 1·52, wenn er aus der Luft in Schwefelkohlenstoff tritt = 1·62. Oder, der Brechungsindex des Wassers ist 1·33, der des Glases 1·52, der des Schwefelkohlenstoffes 1·62.

Ist, wie in Figur 3, das Uebergangsmedium eine Platte mit planparallelen Seiten, so tritt, wie eine einfache Ueberlegung ergiebt, der Lichtstrahl $CDEC'$ an der unteren Fläche von AB in einer zum

Einfallsstrahl CD parallelen Richtung, und mit ihm, mit DE und dem Einfallsloth FF' in derselben Ebene liegend hervor. Es findet bei diesem Vorgange also nur eine von der Grösse des Einfallswinkels, dem Brechungsindex und der Dicke der Platte abhängige Parallelverschiebung des Strahles statt.

Anders jedoch verhält sich die Sache, wenn die ebenen Begrenzungsflächen des brechenden Mediums in irgend einem Winkel gegen einander geneigt sind. Dann nämlich wird der Strahl, wie aus Figur 4 ersichtlich ist, gänzlich von einer Bahn abgelenkt, und die Grösse dieser Ablenkung ist wesentlich bedingt durch die Grösse des Einfallswinkels und durch die Grösse der Neigung beider brechenden Ebenen (den brechenden Winkel γ). Es ist hier nicht der Ort, die allgemeine, ziemlich complicirte Formel für diese Grösse zu entwickeln, da dieselbe für uns nicht in Betracht kommt. Wichtig dagegen für uns ist die folgende, bei diesem Vorgange auftretende Erscheinung. Ist der durch ein Medium mit convergirenden Seiten (Prisma) zweifach gebrochene Lichtstrahl nicht einfarbiges (monochromatisches) Licht, sondern sendet man durch das Prisma ein bandförmiges Bündel weissen Sonnenlichtes, so erscheint in C' nach der zweimaligen Brechung nicht ein gleiches, weisses Lichtband, sondern es erscheint hier ein langer, verschiedenfarbiger Lichtstreifen, ein sogenanntes Spectrum. Die Anordnung der Farben in diesem Spectrum ist die gleiche wie im Regenbogen, nämlich Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Violett. Die Erscheinung erklärt sich folgendermaassen. Das weisse Sonnenlicht ist, wie wir oben (p. 2) sahen, ein Gemisch von Lichtstrahlen verschiedener Wellenlängen. Die Strahlen verschiedener Wellenlängen erleiden nun eine verschieden starke Brechung, und zwar werden die rothen Strahlen am geringsten, die violetten am stärksten gebrochen [1]. Die Folge davon ist, dass bei diesem Vorgange das Lichtgemisch in seine einzelnen Bestandtheile auf-

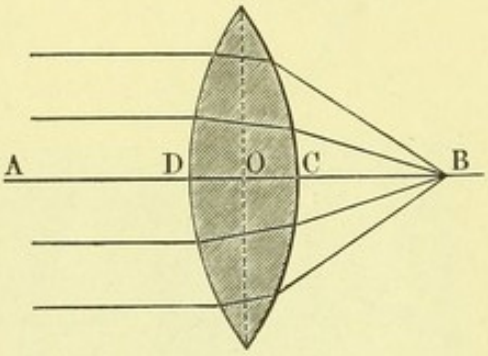


4.

[1]) Der Brechungsindex drückt eben das Verhältniss der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Luft und in dem brechenden Medium aus. So ist z. B. der Brechungsindex des Crownglases für rothes Licht $n_B = 1{\cdot}5258$, für gelbes $n_D = 1{\cdot}5296$, für violettes $n_H = 1{\cdot}5466$ (B, D, H bezeichnen wie oben p. 2 Anm. Fraunhofer'sche Linien).

gelöst wird; es findet eine Farbenzerstreuung, eine Dispersion des Lichtes statt. Statt des weissen Lichtbandes erscheint ein violettes Lichtband von den am stärksten gebrochenen Strahlen, darüber ein blaues, grünes, gelbes, orangenes, und zu oberst ein rothes Lichtband für die am wenigsten gebrochenen Strahlen. Alle diese Farbenbilder sind durch Uebergangsfarben mit einander verbunden. —

Bislang haben wir die Brechung von Lichtstrahlen in Medien, die durch Ebenen begrenzt waren, betrachtet. Wichtiger noch sind für unsere Zwecke jene Brechungserscheinungen, die an solchen durchsichtigen Medien beobachtet werden, welche eine gekrümmte Oberfläche besitzen, oder genauer gesagt, welche von Kugelflächen begrenzt werden. Solche Medien nennt man Linsen, sie sind z. B. bei der Lupe allgemein bekannt. Wenn man eine Linse, die beispielsweise von zwei Kugelsegmenten begrenzt sein soll, von dem aus parallelen Lichtstrahlen bestehenden Sonnenlicht bescheinen lässt und unter die Linse ein Stück Papier hält, so bemerkt man bei geeigneter Stellung des Papieres auf demselben einen äusserst hellen Lichtpunkt, und dünnes Papier wird an dieser Stelle sehr bald zu verkohlen und zu verbrennen beginnen. Aus diesem Versuche folgt, dass die Linse die Eigenthümlichkeit besitzt, die auf sie fallenden parallelen Lichtstrahlen derartig zu brechen, dass sie auf der anderen Linsenseite alle in einem Punkte vereinigt, gesammelt, concentrirt werden. Figur 5 giebt ein schematisches Bild des Vorganges. Wegen der oben angedeuteten Eigenschaft heisst der Vereinigungspunkt der Brennpunkt oder Focus (B) der Linse. Da wir das eben beschriebene Experiment auch anstellen können, wenn wir die Linse umdrehen, so folgt, dass die Linse zwei Brennpunkte (A, B) besitzt. Verbindet man die beiden Brennpunkte mit einander, so geht diese Linie durch den Mittelpunkt oder das Centrum (O) der Linse, und zugleich durch ihre Scheitelpunkte (C, D). Die Linie AB wird die optische Achse der Linse genannt. Der Abstand von C bis B oder von D bis A heisst die Brennweite; sie ist um so kleiner, je gewölbter die Linse ist.

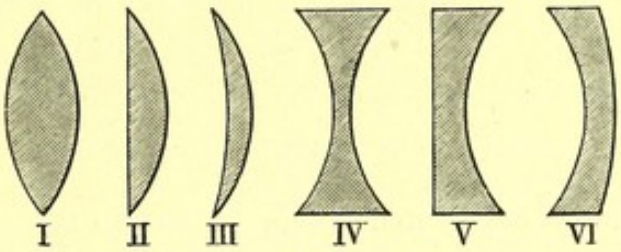


5.

Die Eigenschaft, die auf sie fallenden Lichtstrahlen zu sammeln, besitzen nur die von mindestens einer convexen Oberfläche begrenzten Linsen. Sie werden daher Sammellinsen genannt. Die von einer

oder mehreren concaven Oberflächen begrenzten Linsen haben dagegen die Eigenschaft, auf sie fallende parallele Strahlenbündel in divergente zu verwandeln, sie zu zerstreuen, und man nennt sie daher Zerstreuungslinsen. Die verschiedenen, beim Mikroskop in Anwendung kommenden Sammellinsen heissen biconvex (Figur 6, I), planconvex (II), concavconvex (III), die Zerstreuungslinsen biconcav (IV), planconcav (V), convexconcav (VI). —

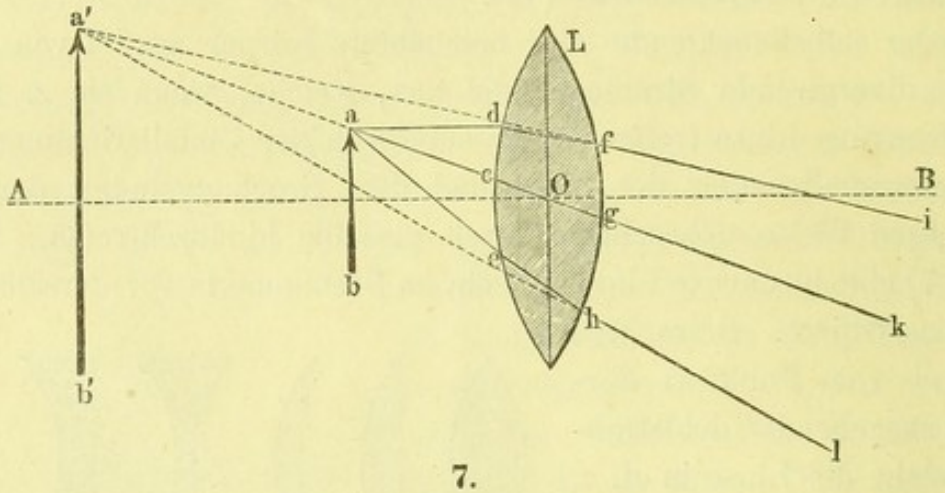
Jeder selbstleuchtende oder beleuchtete Körper sendet von jedem Punkte divergirende Strahlenbündel aus, welche, wenn sie z. B. auf eine biconvexe Linse treffen, unter einer von der Einfallsrichtung, dem Krümmungshalbmesser der Linse und dem Brechungsindex derselben abhängigen Weise gebrochen, durch dieselbe hindurchtreten. Sei L (Figur 7) eine biconvexe Linse, ab ein im Brennpunkte vor derselben befindliches Object. Betrachten wir drei vom Punkt a derselben ausgehende Lichtstrahlen, welche die Linse in d, c, e treffen. Der den Mittelpunkt O der Linse schneidende Strahl ac geht ungebrochen durch dieselbe hindurch (alle



6.

den Mittelpunkt schneidenden Strahlen haben diese Eigenschaft), ak ist also eine gerade Linie. Der Strahl ad hingegen wird in d und f gebrochen und tritt in der Richtung fi aus derselben hervor, der Strahl ae in e und h, und hat nach dem Austritt die Richtung hl. Das Strahlenbündel $d\,a\,e$ wird also durch die Linse in ein viel weniger divergentes verwandelt, nämlich in das Bündel $i\,a'\,l$, und einem an die Austrittsseite der Linse gehaltenen Auge würde das Strahlenbündel nicht als von a sondern als von a' ausgehend erscheinen. Ebenso wie der Punkt a verhalten sich alle Punkte des Objectes $a\,b$, die Folge davon ist, dass durch die Wirkung der Sammellinse das Object gesehen wird, als ob es die Grösse $a'\,b'$ hätte. Es wird durch die Linse ein vergrössertes, scheinbares, ein virtuelles Bild des Objectes erzeugt, oder, wie man gewöhnlich sagt, das Object wird vergrössert, eine Eigenschaft der Sammellinsen, die Jedem bei der Lupe bekannt ist. Aber diese Vergrösserung ist nur eine Folge davon, dass durch die Lupenwirkung der Sehwinkel vergrössert wird, durch ihre Wirkung wird das Object dem Auge gleichsam näher gerückt. — Während die Sammellinsen eine Vergrösserung des Objectes zu Wege bringen, findet durch die Zerstreuungslinsen eine Verkleinerung desselben statt.

Wenn man vor eine, auf einem Stativ senkrecht befestigte, biconvexe Linse etwas vor dem Brennpunkte eine Flamme aufstellt und auf der anderen Seite der Linse einen Papierschirm verschiebbar anbringt, so erscheint bei einer gewissen Stellung des Schirmes auf demselben das umgekehrte Bild der Flamme. Da man dieses von der Linse erzeugte Bild auf einem Schirme auffangen und wie irgend eine andere Abbil-



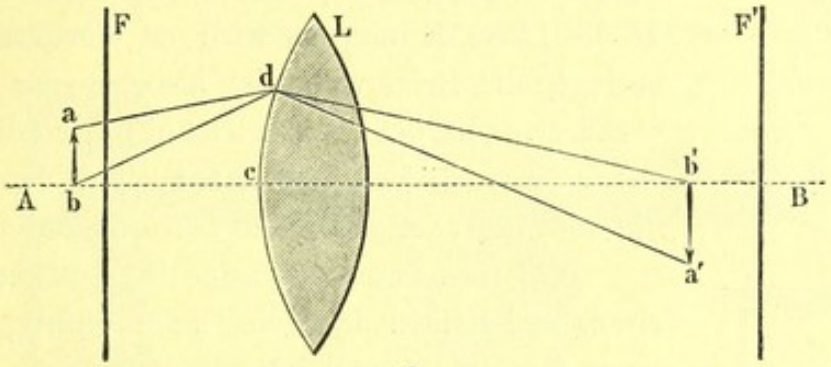
7.

dung betrachten kann, so nennt man es ein wirkliches oder reelles Bild im Gegensatze zu dem eben betrachteten virtuellen.

Wie oben erwähnt, sendet jeder Punkt eines Objectes divergirende Lichtkegel aus, welche, wenn sie sich stets in demselben Medium fortbewegten, nicht wieder zur Vereinigung kommen würden. Trifft aber ein Strahlenkegel auf eine Sammellinse, so wird er durch dieselbe gebrochen, und er wird alsdann auf der anderen Seite der Linse an einer gewissen Stelle wieder zu einem Lichtpunkte vereinigt. Die Entfernung dieses Punktes ist wesentlich abhängig von dem Abstande des Objectes von der Linse.

Es sei L (Figur 8) eine von mindestens einem Kugelsegment begrenzte Linse, $A\,B$ deren optische Achse, $a\,b$ ein selbstleuchtendes oder beleuchtetes Object. Dieses sende die beiden Strahlenkegel $a\,d$ und $b\,d$ auf das brechende Medium, so wird der hier als Linie dargestellte Strahlenkegel $a\,d$ in der Richtung $d\,a'$ gebrochen, und die Wiedervereinigung seiner Strahlen findet in dem Punkte a' statt. Der Strahlenkegel $b\,d$ verfolgt nach der Brechung den Weg $d\,b'$, sein Vereinigungspunkt liegt in b'. Die Punkte a, b heissen Objectpunkte oder Leuchtpunkte, a', b' Bildpunkte. Objectpunkte und Bildpunkte stehen in einem gewissen Zusammenhange, es sind conjugirte Punkte. Werden $a'\,b'$ zu Objectpunkten, so sind a, b ihre Bildpunkte (beide sind reciprok). Liegen ab in einer Ebene (Objectebene), so thun

es auch $a'b'$ (Bildebene). Bringen wir in die Bildebene ein Stück Papier, so erscheint auf dieser das (wie aus der Figur ersichtlich) umgekehrte Bild von ab. Zugleich erscheint dieses reelle Bild in gewisser Vergrösserung, welche wiederum abhängig ist von dem Krümmungshalbmesser der brechenden Linse und dem Abstande des Objectes von letzterer, denn die Achsenabstände cb des Objectes und die Achsenab-



8.

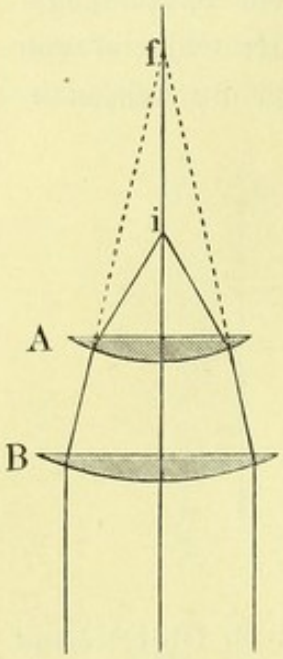
stände cb' des Bildes sind stets proportional. Würde also die Objectebene nach F verlegt, so würde dieses auch eine Verschiebung der Bildebene nach F' zur Folge haben, respective eine relativ stärkere Vergrösserung des Bildes.

Statt die Erzeugung eines reellen Bildes durch eine einzige Linse zu bewerkstelligen, lassen sich zu diesem Zwecke auch deren mehrere verwenden, und die Vereinigung mehrerer solcher Linsen nennt man ein optisches System oder kurz ein System. Es ist jedoch erforderlich, dass die optischen Achsen aller zu einem System verbundenen Linsen in einer geraden Linie liegen, das System muss centrirt sein.

II. Das Präparirmikroskop.

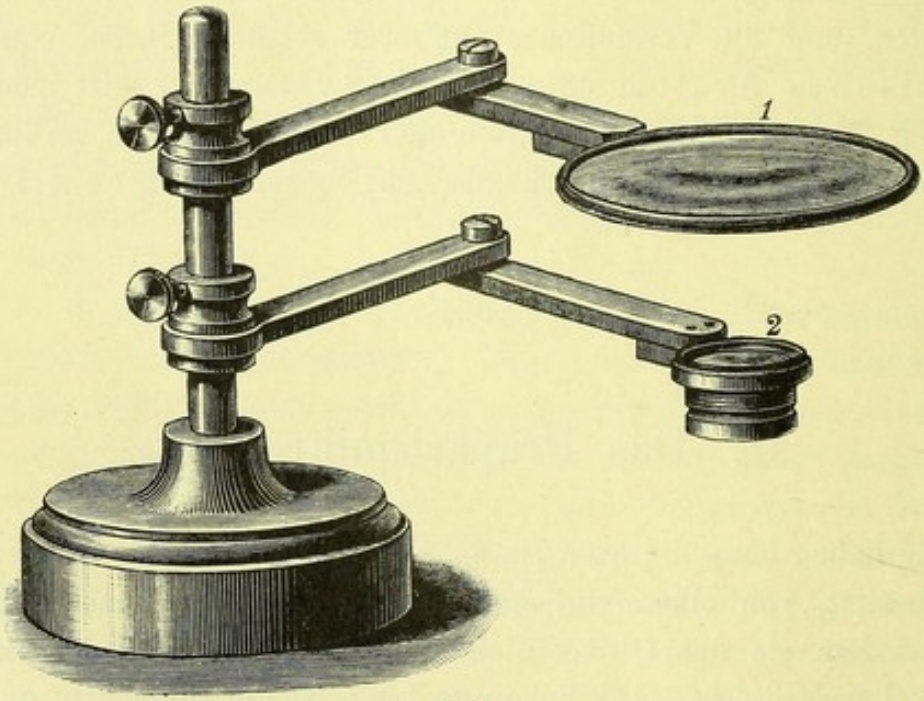
Wir haben oben erfahren (p. 7), dass eine Sammellinse die Eigenschaft besitzt, von einem Objecte ein vergrössertes, virtuelles Bild zu liefern, indem sie das Object gleichsam dem Auge näher rückt, den Sehwinkel vergrössert. Die bekannte Lupe ist der einfachste derartige Apparat. Zu demselben Zwecke lassen sich auch mehrere Sammellinsen vereinigen, und zwar erreicht man hierdurch eine Verkürzung der Brennweite oberhalb der Combination, somit eine stärkere Vergrösserung,

während der Abstand des Objectes vom Scheitel der unteren Linse unverändert bleibt. Eine solche Vereinigung von zwei Linsen nennt man ein Doublet, von dreien ein Triplet. Figur 9 stellt beispielsweise die Wirkung eines aus den Sammellinsen *A* und *B* zusammengesetzten Doublets dar. Der Brennpunkt der Linse *B* alleingenommen würde in *f* liegen, fügt man aber über *B* die Linse *A* ein, so wird er hierdurch nach *i* verlegt, die Brennweite ist also um das Stück *fi* verkürzt. Hierbei ist es gleichgiltig, ob die Linsen, wenn sie wie hier planconvex sind, dem Objecte die convexe oder die plane Seite zukehren. —



9.

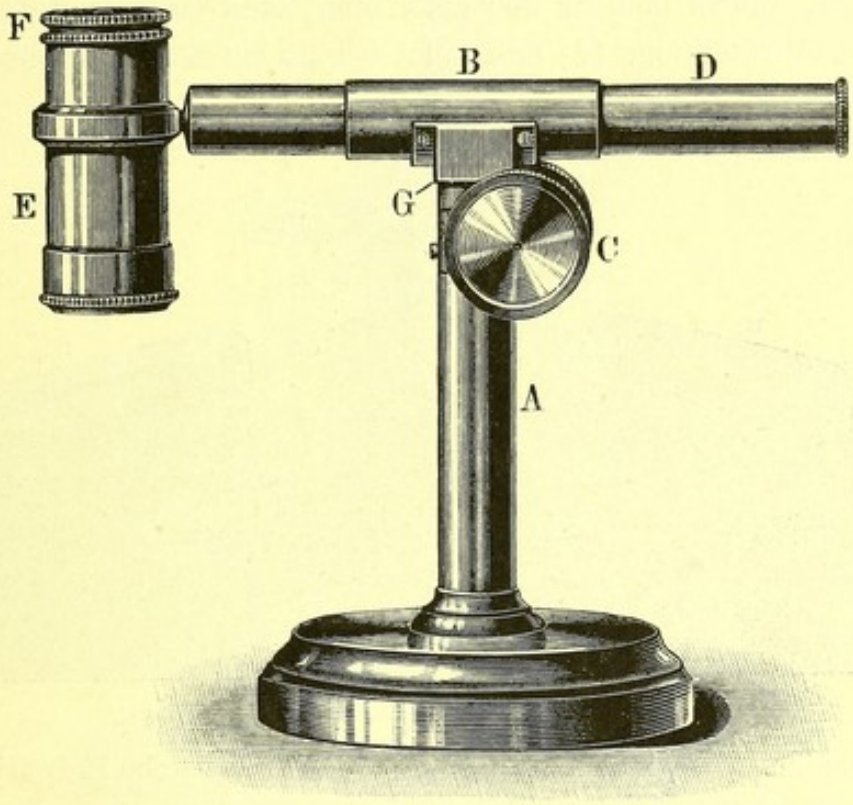
Will man unter der Lupe Gegenstände präpariren, so hat man dazu die Hände nöthig, und man kann diese nicht zugleich verwenden, um die Lupe zu halten. Daher muss die Präparirlupe montirt sein, d. h. sie muss auf einem Gestelle befestigt sein, welches gestattet, ihr jede gewünschte Stellung zu geben und sie in dieser Stellung dauernd zu erhalten. Derartige Lupenträger existiren in vielfachen Formen; in neuester Zeit hat Th. v. Weinzierl eine solche, verbesserte Stativ-



10.

lupe construirt, welche von der Firma Reichert in Wien für 20 fl. geliefert wird (Figur 10; ⅓ der natürlichen Grösse). Eine auf einem

schweren Metallfuss befestigte, senkrechte Metallsäule trägt zwei Lupenarme, welche mittels eines Gelenkes beweglich sind, ausserdem auf der Säule höher oder niedriger geschoben, in der jeweiligen Stellung fixirt werden können und sich um eine unter den Schrauben sichtbare Führung um die Säule drehen lassen. Der obere Lupenarm trägt eine grosse, schwache, biconvexe Linse von 9 cm Durchmesser und 25 cm Brennweite (*1*); sie vergrössert $2\frac{1}{3}$mal. Die untere Lupe (*2*) stellt ein (achromatisches s. u.) Doublet von 29 mm Durchmesser, einer Brenn-

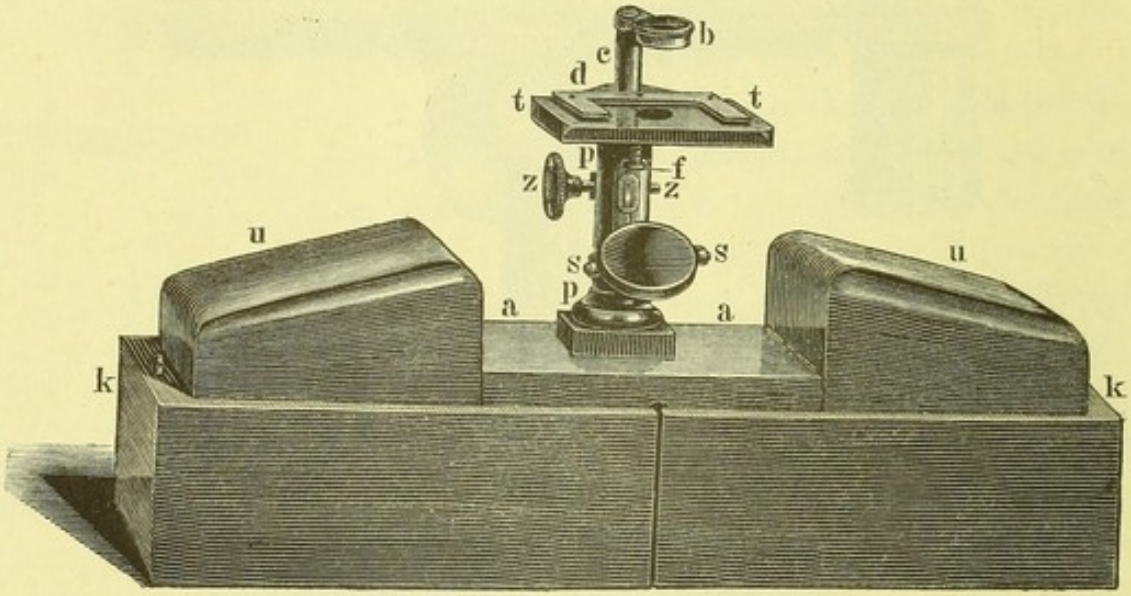


11.

weite von 14 cm und 5maliger Vergrösserung dar. Man kann die obere Lupe für schwache, die untere für stärkere Vergrösserungen, endlich auch beide gleichzeitig benutzen.

Wo es darauf ankommt, bei schwachen Vergrösserungen einen sehr weiten Abstand von dem zu präparirenden Objecte zu ermöglichen, und die Vergrösserungen in gewissen Grenzen leicht zu verändern, ist die sogenannte Brücke'sche Lupe empfehlenswerth. Das Eigenthümliche derselben besteht darin, dass sich über einem aus zwei planconvexen Linsen bestehenden Doublet verschiebbar eine Biconcavlinse befindet. Durch eine weitere Entfernung der Concavlinse vom Doublet lässt sich die Vergrösserung des Apparates etwas erhöhen. Eine neue Form der Brücke'schen Lupe zu Präparirzwecken ist kürzlich von Franz Eilhart Schulze angegeben (Figur 11; halbe natürliche Grösse); sie ist von

Klönne und Müller in Berlin für 50 M. zu beziehen. Auf einem gusseisernen Fusse erhebt sich die Messingsäule *A*; innerhalb derselben kann durch den Trieb *C* der ganze Lupenkörper gehoben und gesenkt werden, der bei *G* ausserdem um seine Achse drehbar ist. Die Achse trägt oben die Horizontalhülse *B*, in welcher der Stab *D* verschiebbar steckt. An seinem vorderen Ende befindet sich die Lupe. Unten bei *E* trägt die Messingröhre das Doublet, oben bei *F* befindet sich das Concavglas. Es ist in der Abbildung dem Doublet möglichst nahe dargestellt; es lässt sich, indem man an den gekerbten Rand fasst, unter Verstärkung der Vergrösserung (4- und 6mal bei 25 cm Sehweite) ausziehen.

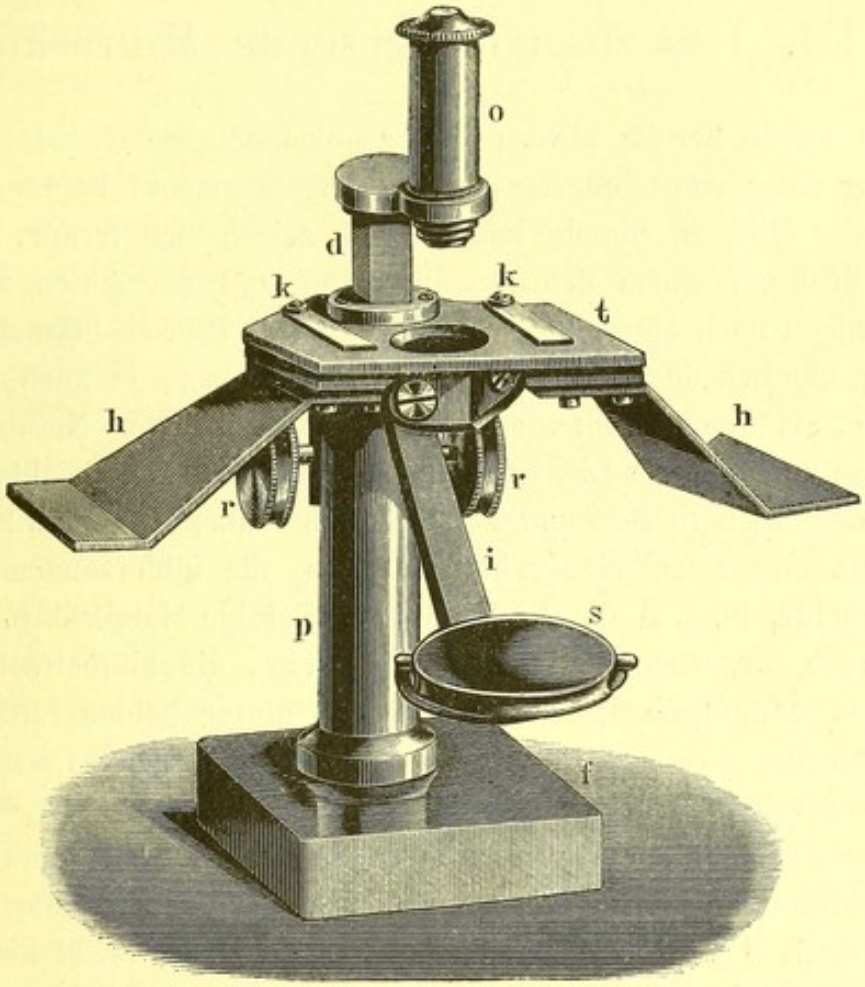


12.

Die beiden beschriebenen Formen sind sehr einfache Präparirlupen; werden an dem Gestell oder Stativ noch Vorrichtungen angebracht, um den zu präparirenden Gegenstand festzuhalten und ihn geeignet zu beleuchten, so pflegt man die Präparirlupe ein Präparirmikroskop, Simplex oder einfaches Mikroskop zu nennen.

Figur 12 stellt ein Präparirmikroskop von Seibert in Wetzlar dar, (⅓ der natürlichen Grösse). Auf einer Holzplatte *a a*, welche die Holzbacken *u u* als Stützpunkte für die Hände beim Präpariren trägt, erhebt sich die Messingsäule *p p*, an der der Beleuchtungsspiegel *s s* befestigt ist. Oben ist an der Säule der Tisch *t* fest angebracht, und in ihr ist (vermittels des Triebes *z*) die Stange *c* auf und ab beweglich, welche oben in einen Winkelarm übergeht, dem bei *b* Doublets verschiedener Stärke aufgesetzt werden können. Senkrecht unter dem Doublet liegt die Oeffnung des Tisches, auf welchen, auf einer Glasplatte liegend, das Präparat durch die mittels der Feder *f* zu hebende Klammer *d* fixirt wird. Der Preis des Instrumentes beträgt ca. 60 M.

Die Firma C. Zeiss in Jena bringt seit langer Zeit ein Präparirmikroskop in den Handel (Preis 80 M.), das in Figur 13 in halber natürlicher Grösse dargestellt ist. Die Bedeutung von *f*, *p*, *r*, *t*, *k* und *d* ist nach dem soeben Gesagten ohne weiteres verständlich; die Stützen zum Auflegen der Hände bestehen hier aus mit Leder überzogenen Metallstücken *h h*, welche an der Unterseite des Tisches *t* eingeschoben und beim Nichtgebrauch leicht wieder entfernt werden können.



13.

Der Spiegel *s* ist durch den gebrochenen Metallarm *i* auch seitlich und nach vorn beweglich, und an Stelle des Doublets befindet sich hier ein complicirterer optischer Apparat *o*, dessen Wirkung erst nach Kenntnissnahme des folgenden Capitels klar wird. Die Röhre trägt unten ein Triplet und oben eine Concavlinse. Benutzt man letztere mit allen drei oder den beiden oberen Tripletlinsen, oder mit der obersten Linse allein, so ergeben sich Vergrösserungen von 100, 60 und 40, während die Benutzung der Tripletlinsen allein 30-, 20- und 15fache Vergrösserungen liefern. Der Abstand der unteren Tripletlinse vom Objecte schwankt je nach der Vergrösserung zwischen 9 und 30 mm.

Den beiden hier vorgeführten Formen des Präparirmikroskops schliessen sich die der anderen optischen Werkstätten im Princip an; die Abweichungen sind geringe und mit Zugrundelegung der beschriebenen Constructionen leicht verständlich.

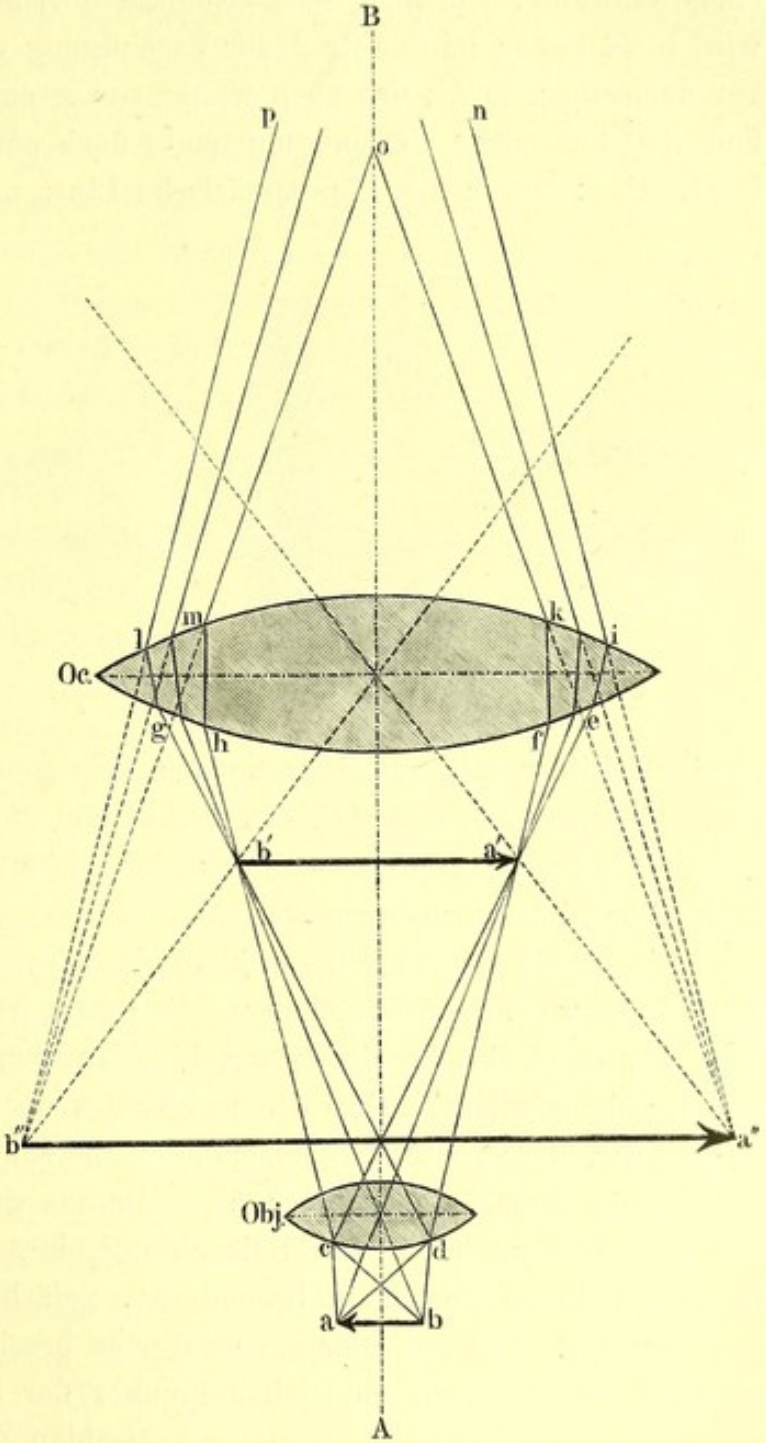
III. Das zusammengesetzte Mikroskop.

Es wurde bereits oben (p. 8) auseinandergesetzt, wie durch die Wirkung einer von mindestens einem Kugelsegmente begrenzten Linse ein reelles Bild zu Stande kommt. Es zeigte sich ferner, dass man dieses Bild auf einem Schirme auffangen und betrachten kann. Es giebt jedoch noch einen anderen Weg, dieses Bild zu betrachten, man kann es nämlich durch eine Lupe ebenso besehen, ja auch noch vergrössern, als wenn es ein wirklicher Gegenstand wäre. Nöthig ist dabei nur, dass man fremdes Licht ausschaltet, weil dieses vielleicht viel heller ist als das erzeugte Bild und letzteres daher überstrahlen würde. Man verbindet also zweckmässig beide Linsen, die bilderzeugende und die bildbetrachtende, z. B. durch eine undurchsichtige Metallröhre. Die bilderzeugende Linse nennt man das Objectiv, die bildbetrachtende das Ocular, und durch das Zusammenfügen dieser beiden Linsen in der beschriebenen Weise würde man ein zusammengesetztes Mikroskop in der primitivsten Form vor sich haben.

Das Zustandekommen eines mikroskopischen Bildes und der Gang der Lichtstrahlen hierbei werden aus dem in der Einleitung Gesagten, aus Figur 7, 8 und der umstehenden Figur 14 sehr leicht klar werden. Die Linse *Obj* ist das Objectiv, *Oc* das Ocular, *AB* deren gemeinschaftliche optische Achse, beide sind also centrirt. Befindet sich nun in der Objectebene ein leuchtendes oder beleuchtetes Object *ab*, so sendet dieses, wie wir an Figur 8 gelernt haben, die Strahlenkegel *ac*, *ad*, *bd*, *bc* in das Objectiv, die in der *ab* conjugirten Bildebene zu dem reellen, umgekehrten Bilde *a'b'* vereinigt werden. Dieses reelle Bild sendet von allen Punkten divergirende Lichtkegel in das Ocular *Oc*, z. B. *ea'f*, *gb'h*, und diese werden — man vergleiche hierzu Figur 7 auf p. 8 — im Ocular gebrochen (*efik*, *ghlm*), indem sie hierdurch bei ihrem Austritt in die viel weniger divergenten *na"o*, *pb"o* verwandelt werden; d. h. es wird von *a'b'* durch das Ocular ein vergrössertes virtuelles Bild *a" b"* erzeugt. Ein in den Punkt *o* gebrachtes Auge sieht

also von dem Objecte ab das umgekehrte vergrösserte Bild in der Ausdehnung $a''b''$.

Die ersten Mikroskope, welche man construirte [1], besassen in der That nur zwei biconvexe Linsen, deren eine als Objectiv, die andere als Ocular wirkte. Diese Instrumente würden jedoch zu Beobachtungen, wie sie die Jetztzeit verlangt, ganz ungeeignet sein, denn, abgesehen von ihrer nur sehr schwachen Vergrösserung, zeigten sie ein sehr gewölbtes, nur in den mittleren Parthien deutliches Bild, dessen einzelne Theile ausserdem von starken Farbensäumen umgeben waren.



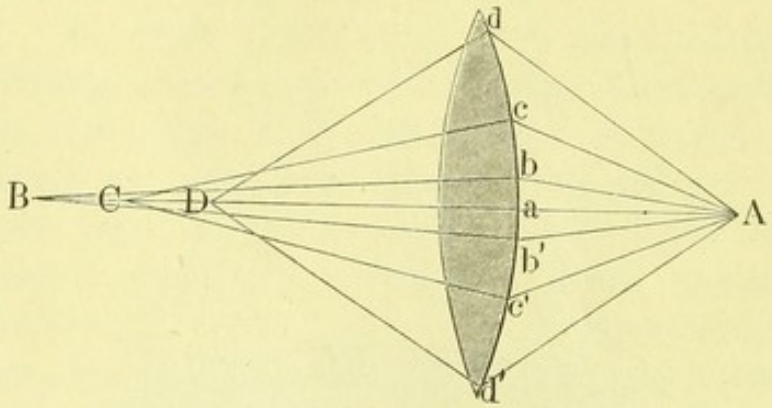
14.

Jede Linse, die von Kugelsegmenten begrenzt wird, leidet nämlich an zwei Mängeln, durch welche das Entstehen eines guten Bildes sehr beeinträchtigt wird. Man bezeichnet diese Uebelstände als die sphärische und die chromatische Aberration der Linsen.

Die sphärische Aberration (Abweichung wegen der Kugelgestalt) besteht in Folgendem. Es sei AB

[1]) Das zusammengesetzte Mikroskop wurde zu Ende des 16. Jahrhunderts gleichzeitig in Holland und Italien erfunden.

(Figur 15) die optische Achse einer Sammellinse, A ein in der Objectebene gelegener Leuchtpunkt, Ab und Ab' Strahlen, welche von ihm auf die Linse fallen. Dieselben werden im Bildpunkte B vereinigt werden. Ac und Ac' ist ein Strahlenpaar von A, welches die Linsenoberfläche entfernter von dem Scheitelpunkte a trifft. Dieses Strahlenpaar wird nicht genau im Punkte B zur Vereinigung gelangen, sondern etwas vor demselben, in C; das noch weiter von a entfernte Strahlenpaar Ad und Ad' hat seinen Vereinigungspunkt noch entfernter von B, nämlich in D. Also: Durch die, eine sphärische Linse unter verschiedenen Einfallswinkeln treffenden Strahlenbündel wird nicht ein einziges Bild erzeugt, sondern es entsteht eine grosse Anzahl sehr dicht hinter einander liegender Bilder, welche zusammengenommen auf das Auge den Eindruck eines einzigen Bildes mit verschwommenen Umrissen hervorbringen. Denn verlängert man cC und $c'C$, ferner dD und $d'D$, bis sie die durch B gelegte Bildebene treffen, so ist es klar, dass sie darauf Zerstreuungsbilder von A hervorbringen werden.

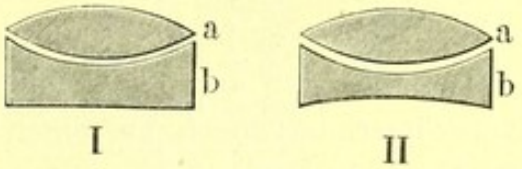


15.

Die zweite schlechte Eigenschaft der Linsen ist die chromatische Aberration (Farbenabweichung). Es wurde früher auseinandergesetzt, dass der Grad der Brechung von Lichtstrahlen durch Linsen und anderem abhängig ist von dem Brechungsindex der Linse (p. 7), und ferner wissen wir, dass dieser Brechungsindex für Lichtstrahlen verschiedener Farben ein verschiedener ist (p. 5). Hieraus geht hervor, dass, wenn wir weisses Sonnenlicht zur Beleuchtung eines Objectes nehmen, jede darin enthaltene Farbe ein besonderes, gefärbtes Bild des Objects erzeugen muss. Das Bild der am wenigsten brechbaren (rothen) Strahlen entsteht am weitesten vom Scheitelpunkte der Linse entfernt, das der am stärksten brechbaren (violetten) Strahlen der Linse am nächsten (vgl. p. 6). Fängt man das Bild im Vereinigungspunkte der rothen Strahlen mit einem Papierschirme auf, so erscheint es blau und violett gesäumt durch die Zerstreuungsbilder der schon vor ihm vereinigten stark brechbaren Strahlen; fängt man dagegen das Bild im Vereinigungspunkte der violetten Strahlen auf, so treffen die übrigen Strahlenkegel

dieses schon vor ihrer Vereinigung, und es erscheint roth und gelb gesäumt, im ersten wie im letzten Falle verschwommen.

Es giebt jedoch Mittel, die sphärische wie die chromatische Aberration der Linsen zum grössten Theil aufzuheben. Zur Ueberwindung der ersteren lässt man die auf den Rand der Linse fallenden Strahlen (Randstrahlen) gar nicht zur Wirkung kommen, indem man vor oder hinter die Linse eine in der Mitte kreisförmig durchlöcherte Platte, eine sogenannte Blende einschaltet. Jedoch kann man durch die Blende immer nur einen Theil der schädlichen Strahlen abschneiden, da das Bild, wollte man die Blendöffnung sehr klein machen, zu lichtschwach werden würde. Sodann kann man, indem man bei biconvexen Linsen die Krümmungshalbmesser beider Oberflächen in ein gewisses Verhältniss zu einander bringt[1], die sphärische Aberration sehr herabdrücken, beim Objectiv schliesslich auch dadurch, dass man dasselbe nicht aus einer Linse verfertigt, sondern aus deren mehreren, die durch ihren gegenseitigen Abstand ihre sphärischen Aberrationen compensiren, dass man die dem Objecte zunächst liegende Linse planconvex macht und die ebene Seite dem Objecte zukehrt[2]. Durch die Vereinigung mehrerer Linsen zu einem Objectiv erzielt man dann zugleich auch ein möglichst ebenes Bild.



16.

Die chromatische Abweichung wird auf folgende Weise überwunden. Man verwendet zur Construction der Linsen verschiedene Glassorten, welche je nach den Stoffen, aus denen sie fabricirt werden, bei annähernd demselben Brechungsvermögen ein sehr verschiedenes Farbenzerstreuungsvermögen (p. 6) besitzen. Das Zerstreuungsvermögen des Flintglases z. B. ist fast doppelt so gross als das des Crownglases, während die Brechungsindices beider Glassorten annähernd dieselben[3] sind. Wenn man nun eine biconvexe Crownglaslinse (*a* Figur 16) mit einer planconcaven (I) oder biconcaven (II) Flintglaslinse *b* verbindet, so wird dadurch allerdings die Vergrösserung von *a* beträchtlich vermindert, da ja *b* eine Zerstreuungslinse (p. 7) ist. Aber es zeigt sich da-

---

[1]) Es ist durch Versuche festgestellt worden, dass diejenigen biconvexen Linsen die geringste sphärische Abweichung haben, deren Krümmungsradien etwa im Verhältniss 1 : 6 stehen. Sie heissen Linsen der besten Form.

[2]) Wollte man die gekrümmte Seite der planconvexen Linse dem Object zukehren, so würde die sphärische Abweichung etwa viermal so gross sein als bei umgekehrter Stellung.

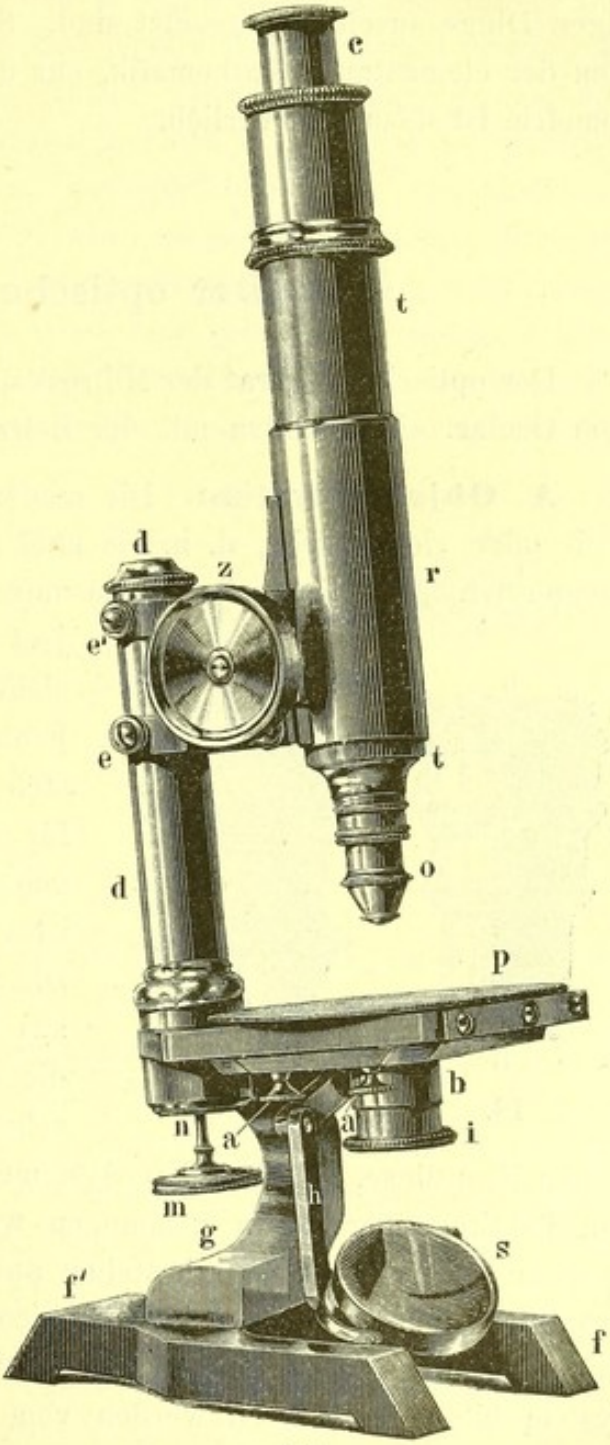
[3]) Flintglas = 1·751, Crownglas = 1·530 (nach v. d. Willigen).

bei, dass, wenn die Flintglaslinse eine etwa doppelt so grosse Brennweite hat wie die Crownglaslinse, durch die entgegengesetzte Wirkung von *b* die Farbenzerstreuung von *a* nahezu aufgehoben wird. Es entsteht alsdann ein fast farbloses, achromatisches Bild, die Doppellinse ist eine achromatische, ein Aplanat[1]. Beide Linsen werden mit Canadabalsam fest zusammengekittet; man darf also zum Reinigen solcher Linsen Flüssigkeiten wie Alkohol, Aether, Chloroform, in denen Canadabalsam löslich ist, nur mit Vorsicht anwenden. —

Wir wollen uns nun zunächst an Figur 17, welche ein grösseres Mikroskop der Firma Seibert (Stativ 3) darstellt, mit den Benennungen der einzelnen Theile unseres Instrumentes bekannt machen. Die Röhre *tt* heisst der Tubus; oben kann in ihn das Ocular *c* geschoben werden, unten wird ihm das Objectivsystem *o* angeschraubt. Der Tubus kann in der Röhre *r* durch Drehen des Triebes *z* auf- und abbewegt werden. Bei *p* befindet sich eine feste Platte, der Objecttisch oder Tisch, er besitzt senkrecht unter *o* eine Oeffnung, die Tischöffnung. Auf den Tisch, und zwar über diese Oeffnung, wird das zu vergrössernde Object, auf einer Glasplatte (dem Objectträger, vgl. 2. Abschnitt) befindlich, gelegt. Nun wird durch den Trieb *z* der Tubus *t* soweit herabgeschraubt, bis das Object sichtbar wird, wenn man in *c* hineinsieht; das Object wird eingestellt. Um es aber ganz genau in die Objectebene zu bringen, dient eine zweite, sehr sorgfältig gearbeitete Schraubenbewegung, die Mikrometerschraube, welche die feine Einstellung bewerkstelligt. Sie ist in *m* sichtbar, tritt in die Mikroskopsäule *dd* und bewirkt durch einen eigenen Mechanismus *ee'* beim Drehen eine ganz geringe und sanfte Auf- und Abbewegung des Tubus. Um die feine Einstellung zu bewirken muss man, indem man durch das Ocular blickt, die Mikrometerschraube solange versuchsweise nach beiden Richtungen drehen, bis das Bild in möglichster Schärfe erscheint. — Unterhalb des Tisches *p*, der von dem Fuss *ff'* getragen wird, befindet sich der Beleuchtungsapparat. Er besteht aus einer kreisförmigen Spiegelfassung *s*, die auf der einen Seite einen Planspiegel, auf der anderen einen Hohlspiegel besitzt, und die durch das Hebelwerk *h* in verschiedene Stellungen gebracht werden kann. An der Unterseite des Tisches sind zwei Führungsleisten befestigt, in welche man an den Knöpfen *aa* eine rechteckige, in der Mitte kreisförmig durchlöcherte Platte, den Schlitten schieben kann. Dieser trägt, ent-

[1]) Durch derartige Linsenverbindungen wird zugleich, wie nebenbei bemerkt werden mag, auch die sphärische Abweichung um ein Bedeutendes herabgedrückt.

sprechend seiner Durchbohrung, die Hülse *b*, in die der Blendcylinder *i* passt. Dem Mikroskop sind mehrere kleine Metallkappen, Blenden, mit verschieden grossen, kreisförmigen Oeffnungen beigegeben, welche auf den Blendcylinder passen. Setzt man eine solche auf den Cylinder, schiebt den Schlitten unter den Tisch und schiebt nun den Blendcylinder ganz in *b* hinein, so tritt die Blende oben in die Tischöffnung und verringert die Grösse derselben — zu welchem Zwecke, werden wir später sehen. Manche Instrumente, z. B. das in Figur 17 abgebildete, besitzen in dem *f* und *d* verbindenden Stücke *g* ein Gelenk, so dass man den Mikroskopkörper in eine schräge Stellung bringen kann; sie sind zum Umlegen eingerichtet. Auf dem Tische *p* endlich bemerkt man eine runde Platte, auf die das Object zu liegen kommt. Sie ist um ihren Mittelpunkt drehbar, gestattet also, das Präparat zu drehen ohne es selbst anzufassen. Diese Einrichtung besitzen jedoch nur die grösseren Instrumente. —



17.

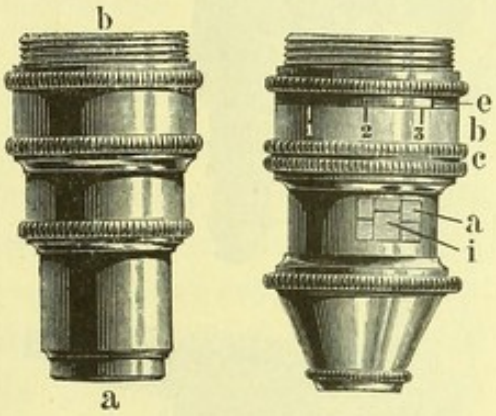
Bevor wir uns, nach dieser allgemeinen Uebersicht, zur Besprechung der einzelnen Theile des Mikroskopes wenden, wollen wir noch bemerken, dass im Laufe des letzten Jahrzehnts die Theorie der mikroskopischen Bilderzeugung zum ersten Male in jeder Weise befriedigend durch Abbe entwickelt wurde. Dem Umfange und dem Leserkreise dieses Werkes entsprechend musste von vorn herein von jeder genaueren opti-

schen Begründung der Vorgänge bei der mikroskopischen Bilderzeugung abgesehen werden. Wem aber daran liegt, ein eingehenderes Verständniss für seinen Apparat zu erlangen, dem empfehlen wir das Studium der Werke von Dippel [1], in denen unter Mitwirkung Abbe's die einschlägigen Dinge auseinandergesetzt sind. Sie bewegen sich völlig im Rahmen der elementaren Mathematik, nur die Kenntniss der ebenen Trigonometrie ist dazu erforderlich.

1. Der optische Apparat.

Der optische Apparat des Mikroskopes besteht aus dem Objectiv und dem Ocular. Wir wollen mit der Betrachtung des Objectivs beginnen.

A. Objectivsystem. Die modernen Objectivsysteme sind zwei-, drei- oder viergliedrig, d. h. sie sind aus 2, 3 oder 4 Linsen zusammengesetzt. Von diesen heisst die untere Linse, deren plane, dem Object zugekehrte Seite von aussen sichtbar ist, die Frontlinse. Diese Frontlinse ist nur bei den schwächsten Systemen (d. h. den Systemen für die schwächsten Vergrösserungen) achromatisch; bei den anderen ist sie nicht achromatisch (einfach). Die zweigliedrigen Systeme bestehen aus 2 achromatischen Doppellinsen, die dreigliedrigen aus 2 achromatischen Doppellinsen und einer einfachen Frontlinse, die bei den Systemen für stärkere Vergrösserungen von halbkugeliger Form genommen wird; endlich die viergliedrigen Systeme („Duplex-Front") bestehen aus einer halbkugeligen einfachen Frontlinse, einer planconvexen oder biconvexen einfachen Linse darüber, und oberhalb dieser aus 2 achromatischen Doppellinsen [2]. Die das System bildenden Linsen werden vom Optiker fest zu einem Stücke verbunden (Figur 18, System V von Seibert; Figur 19, System VII

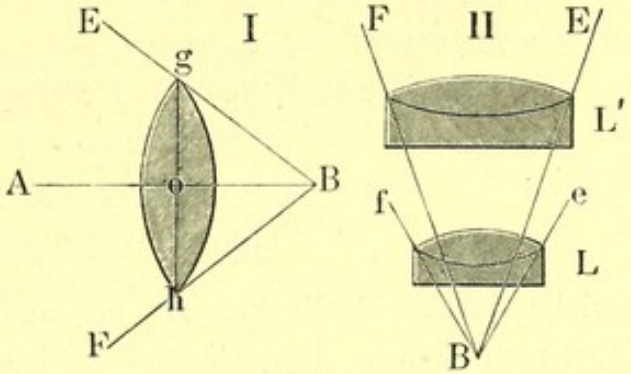


18. 19.

[1]) Dippel, L., Handbuch der allgemeinen Mikroskopie. Braunschweig 1882; Dippel, L., Grundzüge der allgemeinen Mikroskopie, Braunschweig 1885.

[2]) Die neuen, von Abbe und Zeiss construirten, sogenannten apochromatischen Objectivsysteme haben wesentlich andere Linsencombinationen (cfr. Dippel in Zeitschr. f. wissenschaftl. Mikrosk. Bd. III, 1886, p. 311).

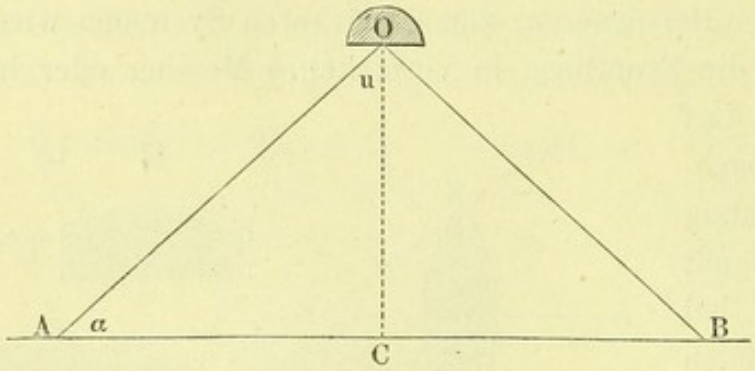
derselben Firma). Sie sollen für gewöhnlich nicht von einander geschraubt werden. Denn sie sind genau centrirt, und die Centrirung kann durch öfteres Abschrauben ungenau werden. Bei *a* (Figur 18) liegt die Frontlinse, bei *b* ist das Schraubengewinde sichtbar, vermittels welches das System an den Tubus festgeschraubt wird. An den gekerbten Rändern kann man es bei dieser Procedur bequem und sicher fassen. Da durch den häufigen Wechsel der Systeme die Schraube einer Abnutzung sehr ausgesetzt ist, so empfiehlt es sich, beim Anschrauben das System so zu drehen, als wollte man es im verkehrten Sinne anschrauben, man wird dann alsbald einen leichten Knax hören; es ist dies ein Zeichen, dass die Schraube in die Mutter gefasst hat, und man kann nun rechtssinnig drehen. Bei neueren, zumal stärkeren Systemen wird jetzt ziemlich allgemein die Frontlinse in vernickeltes Messing oder in Aluminium gefasst; man darf dann, wenn bei der Beobachtung dieser Theil schmutzig geworden ist, denselben mit Alkohol reinigen, was bei den blanken Messingtheilen nicht geschehen darf, denn diese sind mit einem Lack überzogen, welcher in Alkohol löslich ist.



20.

Die Leistungsfähigkeit eines Objectivsystems (von der später noch die Rede sein wird) ist zum grossen Theil abhängig von der Strahlen- oder Lichtmenge, die es von dem Objecte aufnimmt und in das reelle Bild überführt. Die in das System tretende Strahlenmenge wird gemessen durch die Oeffnung oder den Oeffnungswinkel des Systemes. Der Oeffnungswinkel einer Linse wird erhalten, wenn man zwei gegenüberliegende Ränder derselben mit dem Brennpunkte verbindet. Der Oeffnungswinkel der Linse *o* (Figur 20 I) ist also EBF. Bei einem Linsensysteme ergiebt sich der Oeffnungswinkel durch Verbindung der Ränder der obersten Linse mit dem Brennpunkte. Der Oeffnungswinkel des zweigliedrigen Systems Figur 20 II ist also nicht eBf, sondern EBF. Zur Bestimmung des Oeffnungswinkels sind zahlreiche, mehr oder minder complicirte Apparate construirt worden, von denen der beste das Abbe'sche Apertometer ist. Amici hat eine Methode zur annähernden Bestimmung des Oeffnungswinkels für Trockensysteme angegeben, zu der keine Apparate nöthig sind, und die für unsere Zwecke genügende Resultate giebt.

Man legt auf den Mikroskopirtisch einen Bogen blaue Pappe, auf den man eine gerade Linie von genügender Länge gezogen hat. Das Mikroskopstativ stellt man, nachdem man den Spiegel seitwärts geschoben hat, und indem man durch die Tischöffnung sieht, so auf diesen Strich, dass derselbe durch die Mitte der Tischöffnung von rechts nach links verläuft. Nun schraubt man das zu messende Objectivsystem an, stellt auf ein mit einem Kreuz gezeichnetes, auf der Tischöffnung liegendes Deckglas ein, entfernt das Deckglas und zieht das Ocular aus dem Tubus hervor. Nunmehr nimmt man einen Streifen weisses Papier, den man neben den Mikroskopfuss quer über die gezogene Linie legt. Sieht man durch den Tubus auf das Objectiv, so bemerkt man, dass er einen Theil des kleinen Gesichtsfeldes ausfüllt. Dann schiebt man den Streifen soweit von dem Mikroskope fort, bis er eben am Rande des kleinen Gesichtsfeldes verschwindet und bezeichnet seine jetzige Lage auf dem Striche durch eine Marke. An der anderen Seite des Mikroskops verfährt man ebenso. Den Abstand der beiden Marken A und B (Figur 21) bestimmt man mit dem Millimeterstabe. Denkt man sich beide mit dem Einstellungspunkte des Objectivs O verbunden, so erhält man den Winkel AOB, und dieser ist der gesuchte Oeffnungswinkel. Zieht man OC senkrecht auf AB, so entspricht diese Linie der Entfernung der Tischplatte von AB; sie kann gleichfalls mit dem Millimeterstabe gemessen werden. Wenn man nun das Dreieck AOB auf Papier in der natürlichen Grösse zeichnet, indem man der Linie AB die oben gemessene Länge in Milimetern giebt, AB halbirt, in C ein Loth errichtet, CO so lang macht als unsere Objecttischhöhe beträgt, so kann man OA und OB ziehen und die Grösse des Winkels AOB mit dem Transporteur bestimmen. — Durch Rechnung findet man die Grösse dieses Winkels auf folgende Weise:



21.

$$\text{tang}\ \alpha = \frac{OC}{AC}$$

$$90 - \sphericalangle\ \alpha = \sphericalangle\ u$$

$$\sphericalangle\ 2\ u = \sphericalangle\ AOB.$$

Beispiel. Der Oeffnungswinkel des Objectivs Seibert V soll bestimmt werden. $AB = 238$ mm, $OC = 78{\cdot}5$ mm.

$$\text{tang}\ \alpha = \frac{78{\cdot}5}{119}$$

$$\begin{aligned} \log 78{\cdot}5 &= 1{\cdot}8948697 \\ -\log 119 &= 2{\cdot}0755470 \\ \hline & \ 9{\cdot}8193227 = \log \operatorname{tang} \alpha. \end{aligned}$$

$$\sphericalangle\, \alpha = 33^0\, 25'; \ \sphericalangle\, u = 90^0 - 33^0\, 25' = 56^0\, 35'; \ \sphericalangle\, 2\, u = 113^0.$$

Der Oeffnungswinkel des Systemes wird vom Verfertiger zu 118° angegeben, unsere Messung ist also um 5° zu klein ausgefallen.

Die unter dem Mikroskope zu betrachtenden Objecte liegen in einer Flüssigkeit (z. B. Wasser) oder in einem harzartigen Stoffe (z. B. Canadabalsam), und sie sind mit einem dünnen Glasplättchen, dem Deckglase bedeckt, wie im 2. Abschnitte ausführlich beschrieben werden wird. Die vom Object in das Objectiv wandernden Lichtstrahlen treten also zunächst in Glas, dann in Luft und erst darauf in das Objectiv. Bei dem Uebergange von Glas in Luft erleiden sie eine Brechung (vgl. p. 4), und, da die Luft das dünnere Medium ist, werden sie von ihrer Richtung nach aussen hin abgelenkt. Es wird also für das mikroskopische Bild eine Anzahl von Strahlen verloren gehen, welche dem Bilde zu Gute kämen, wenn dieser Uebertritt in Luft nicht stattfände. Schon vor längerer Zeit kam man auf den Gedanken, die Luftschicht zwischen Deckglas und Objectiv durch ein dichteres Medium zu ersetzen. Man wählte hierzu Wasser und construirte die sogenannten Tauchsysteme, Immersionssysteme oder Wasserimmersionen. Das Eigenthümliche in der Benutzung dieser Systeme besteht darin, dass man auf die Frontlinse einen kleinen Tropfen ganz reinen, destillirten Wassers bringt, es mit dem anhängenden Tropfen an den Tubus schraubt, diesen soweit senkt, bis der Tropfen das Deckglas beinahe berührt, letzteres nun ein wenig anhaucht und durch eine geringe weitere Bewegung nach abwärts den Tropfen mit dem Deckglase in Berührung bringt. Es breitet sich dann das Wasser in dünner Schicht zwischen Deckglas und Objectiv aus. Man hat also durch diese Einrichtung eine Vergrösserung des Oeffnungswinkels erreicht. Da der Brechungsindex des Glases 1·52, der des Wassers aber nur 1·33 ist (p. 4), so findet immer noch eine Ablenkung von Lichtstrahlen statt, welche man für das Mikroskop dienstbar machen könnte, wenn man statt Wasser eine Flüssigkeit von dem Brechungsindex 1·52 wählte, denn dann würde ja gar keine Ablenkung mehr stattfinden, und der Lichtstrahl würde vom Object bis zum Objectiv durch ein optisch gleichartiges (homogenes) Medium gehen. Nach einem bezüglichen Vorschlage von Stephenson haben sich denn auch Abbe mit der Berechnung, Zeiss mit der Ausführung solcher Systeme befasst und als eine der grössten Errungenschaften des modernen Mikroskopbaues Systeme geliefert, welche alle bis dahin gebräuchlichen an Leistungs-

fähigkeit weit übertreffen. Leider sind die Flüssigkeiten vom Brechungsindex 1·52 ihrer Natur nach unbequem zu verwenden, es sind gewisse flüchtige Oele, die durch Eindicken an der Luft auf den gewünschten Index gebracht werden, hauptsächlich das auf die Consistenz von Ricinusöl eingedickte Cedernholzöl. Man nennt die mit diesem Immersionsmedium gebrauchten Systeme Oelimmersionen oder homogene Immersionen.

Es ist nun klar, dass der in Luft gemessene Oeffnungswinkel bei den Immersionssystemen keinen Ausdruck für ihre Leistungsfähigkeit geben kann, dass vielmehr in einem solchen auch der Brechungsindex des zwischen Deckglas und Objectiv befindlichen Mediums mit in Rechnung gezogen werden muss. Das geschah wiederum zuerst von Abbe; den hierdurch gewonnenen Factor nennt er die numerische Apertur des Objectivsystems. Man erhält die numerische Apertur (a) eines Systemes durch Multiplication des Brechungsindex (n) des zwischen Objectiv und Deckglas befindlichen Mediums mit dem Sinus seines halben Oeffnungswinkels (u):

$$n \,.\, \sin u = a.$$

Es ergiebt sich z. B. für ein homogenes Immersionssystem mit einem Oeffnungswinkel von 180° die numerische Apertur 1·52, für eine Wasserimmersion von 180° = 1·33, für ein Trockensystem von 180° = 1·00. Der numerischen Apertur 1·00 entspricht bei einer Wasserimmersion ein Oeffnungswinkel von 97°, bei einer Oelimmersion ein Oeffnungswinkel von 82° [1].

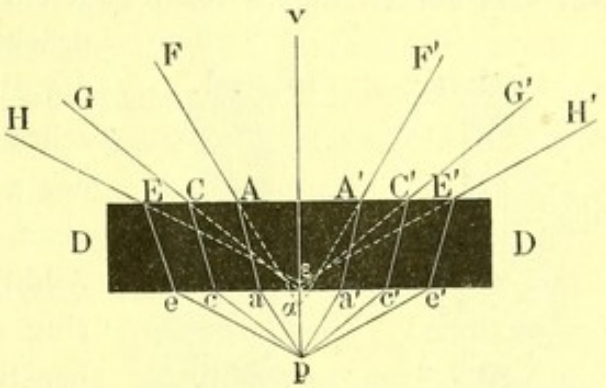
Wir haben nun noch einen eigenthümlichen Einfluss des Deckglases zu betrachten, der bei Trockensystemen und bei Wasserimmersionen von grosser Bedeutung für die Güte des mikroskopischen Bildes ist. In Figur 22 soll DD den stark vergrösserten Durchschnitt des Deckglases darstellen, p einen centralen Punkt des unter ihm liegenden Präparates. Derselbe sendet die Lichtstrahlen pa, pc, pe, pa', pc', pe' aus, welche im Deckglase die Wege aA, cC, eE, $a'A'$, $c'C'$, $e'E'$ verfolgen (vgl. p. 4). Bei ihrem Austritt an der Oberfläche desselben werden sie nochmals gebrochen und nehmen die Richtungen AF, CG, EH, $A'F'$, $C'G'$,

[1]) Wollen wir für unseren oben (p. 22) gemessenen Oeffnungswinkel von 113° die numerische Apertur suchen, so setzen wir

$$n \,.\, \sin u = a$$
$$1 \,.\, \sin 56^0\ 35' = a$$
$$\log \sin 56^0\ 35' = 9{\cdot}9215240$$
$$\text{dazu der Numerus gesucht} = 0{\cdot}83496.$$

Die numerische Apertur für diesen Winkel und Luft ist also = 0·83.

$E'H'$ an. Wenn wir nun durch Verlängerung von FA etc. die Vereinigungspunkte der zweimal gebrochenen Lichtstrahlen construiren, so treffen diese nicht alle in einem Punkte zusammen, sondern ihre Vereinigungspunkte liegen in der Normalen pv dicht übereinander ($\alpha \ldots . \varepsilon$). Je dünner das Deckglas ist, desto kürzer ist $\alpha\varepsilon$, je dicker das Deckglas, desto grösser. Jeder der Punkte $\alpha \ldots . \varepsilon$ stellt einen Objectpunkt dar, dem ein Bildpunkt im Mikroskop entspricht. Die Anwendung des Deckglases bedingt also eine ähnliche Erscheinung wie die sphärische Aberration der Linsen (p. 16). Würde man stets Deckgläser von derselben Dicke anwenden, so liesse sich der Einfluss des Deckglases durch geeignete Abstände der Linsen im Objectivsystem ausgleichen, ebenso wie dies für die sphärische Abweichung möglich ist (p. 17). Da nun aber die im Handel vorkommenden Deckgläser nicht gleich dick sind [1], so muss man bei stärkeren Trockensystemen und bei Wasserimmersionen ein Mittel besitzen, den Abstand der Linsen des Systems jeder Deckglasdicke anzupassen. Solche Systeme heissen Correctionssysteme. Bei schwächeren Trockensystemen kann man die Correctionsvorrichtung entbehren, da bei diesen der Einfluss des Deckglases unmerklich ist (sie sind auf die gebräuchlichste Deckglasdicke justirt), und bei Oelimmersionen ist eine Correction, wie sich von selbst versteht, überhaupt unnöthig.



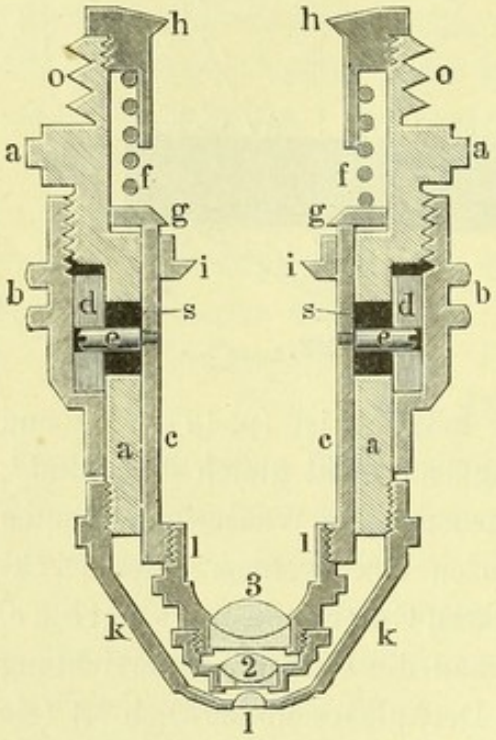
22.

Die Construction eines Correctionssystemes wird durch Figur 23 veranschaulicht, welche System 9 von Winkel in doppelter natürlicher

---

[1]) Man hat verschiedene Apparate, sogenannte Deckglastaster, um die Dicke der Deckgläser bestimmen zu können. Zeiss bringt neuerlich einen sehr schönen derartigen Apparat in den Handel, bei dem das zu messende Deckglas zwischen zwei hervorstehende Zinken gesteckt wird, worauf ein Zeiger auf die entsprechende Dicke zeigt. Hat man ein Deckglas, dessen Dicke bestimmt ist, so kann man aus einer Parthie gleich grosser Deckgläser leicht die Exemplare von ähnlicher Dicke heraussuchen, wenn man das gemessene Deckglas gleichzeitig mit einem ungemessenen flach auf einen Holztisch wirft. Die Exemplare von gleicher Dicke wie das gemessene geben beim Aufwerfen auch einen gleichen Klang wie jenes. Die dickeren oder dünneren Exemplare klingen ganz anders, die ersteren haben einen tieferen, die letzteren einen höheren Klang.

Grösse im Längsdurchschnitt darstellt. Dasselbe besteht aus dem soliden Messingstück *aaaa*, welches bei *oo* das Schraubengewinde trägt, vermittels dessen es an den Tubus geschraubt wird. Am unteren Ende besitzt es gleichfalls eine Metallkappe *kk*, in welche die Frontlinse *1* gefasst ist, die also durch *kao* unverschiebbar am Tubus befestigt wird[1]. Die beiden oberen achromatischen Linsen *2*, *3* sind durch ihre Fassung *l* mit einem Cylinderchen *cc* verbunden, das in *aa* auf- und abgleiten kann. Auf dem oberen Rande von *c* ruht ein platter Metallring *gg*, auf diesen drückt die Spiralfeder *ff*, die durch die Hülse *hh*, welche an *aa* festgeschraubt ist, fixirt wird. — Der Cylinder *aa* hat rechts und links je einen etwa 4 mm langen, 1·5 mm breiten Schlitz *ss*, über ihn gleitet der Metallring *dd*, welcher durch zwei Schraubenstifte *ee* mit dem inneren Cylinder *cc* fest verbunden ist. Ein weiteres Messingstück *bb* umfasst den eben erwähnten Ring *dd* an seinem unteren Rande in der in der Abbildung sichtbaren Weise; ausserdem ist es oben vermittels eines Schraubengewindes drehbar an *aa* befestigt. Wenn man nun dieses Stück, indem man den gekerbten Doppelrand bei *b* fasst, nach aufwärts dreht, so hebt es den Metallring *d*, dieser die Stifte *ee*, diese heben den Cylinder *cc*, und also bewegen sich die Linsen *2*, *3* von *1* fort, der Abstand zwischen *2* und *1* wird grösser. Dreht man dahingegen bei *bb* nach abwärts, so folgen auch *d*, *e*, *c*, *g* dieser Bewegung, da die Spiralfeder *ff* auf *g* einen Druck ausübt, die Linsen *2*, *3* werden also in diesem Falle der Frontlinse genähert. — Der Vollständigkeit wegen mag noch erwähnt werden, dass *ii* eine Blende ist.



23.

Um den jeweiligen Stand der Linsen zu einander controlliren und die Grösse der Correction in jedem Falle angeben zu können, ist auf dem Correctionssystem äusserlich ein Index angebracht (Figur 19 auf p. 20). Der Ring *b* (entsprechend *b* in Figur 23) wird in 10 Theile

---

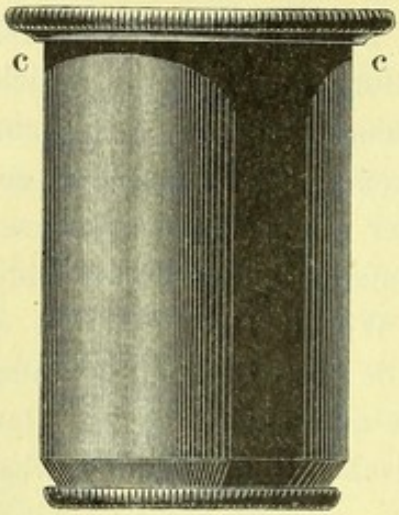
[1]) Bei den viergliedrigen Correctionssystemen sind die beiden unteren Linsen fest, die beiden oberen gegen sie beweglich.

eingetheilt, das dem Tubus angeschraubte Objectivstück erhält die Marke *e*, und der äussere Objectivmantel bekommt ein Fensterchen, so dass der innere, bewegliche Cylinder bei *i* sichtbar wird. An beiden wird eine correspondirende Horizontalmarke angebracht. Stehen die Horizontalmarken in derselben Höhe, so nehmen die Linsen eine gewisse mittlere Stellung ein, nämlich die Stellung für die gebräuchlichste Deckglasdicke. Andere Optiker geben dem Ringe *b* Theilstriche, welche den dabei verzeichneten Deckglasdicken selbst entsprechen, so dass man bei dieser Einrichtung und bekannter Dicke des Deckglases nur die Marke *e* mit diesem Werthe zusammenfallen zu lassen braucht, um dann sogleich das beste Bild zu erhalten. Wo die Deckglasdicke aber nicht bekannt ist, da muss durch Probiren die beste Stellung gefunden werden. Das ist keine ganz leichte Sache, die man auch erst dann lernt, wenn man in der Beurtheilung mikroskopischer Bilder eine gewisse Uebung erlangt hat.

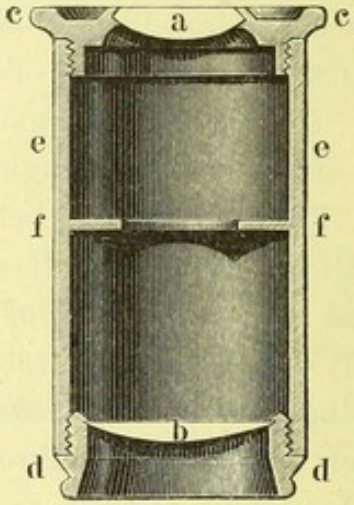
Die Bezeichnung der verschieden starken, von einer Firma gelieferten Objectivsysteme hängt von dem Gutdünken der letzteren ab. Manche bezeichnen sie durch I, II, III etc., andere durch A, B, C oder auf eine andere Weise. Viel besser würde es sein, wenn man sich hier auf eine einheitliche Bezeichnungsweise einigen wollte. Wenn man z. B. die Brennweite des Systemes zur Bezeichnung wählte, dann liessen sich die Systeme verschiedener Firmen viel leichter mit einander vergleichen. Bei den Oelimmersionen hat man in der That die Bezeichnung nach der Brennweite allgemein eingeführt, aber eigenthümlicher Weise dieselbe in Bruchtheilen des englischen Zolles ausgedrückt. Wenn man also von einer Oelimmersion $^1/_{12}$ spricht, so soll das heissen, eine Oelimmersion von der Brennweite $^1/_{12}$ engl. Zoll = 2·1 mm.

B. Ocular. Das Ocular (Figur 24) besteht aus einem genau in den Tubus passenden Metallrohr, welches bis an den Rand *c* in denselben hinabgeschoben werden muss (vgl. p. 18). Sowohl oben wie unten ist in demselben ein planconvexes, unachromatisches Glas angeschraubt, und im Innern befindet sich eine Blende. Figur 25 zeigt einen Längsdurchschnitt durch ein Ocular in natürlicher Grösse; *ee* ist das Ocularrohr, *ff* seine Blende, *a* das obere, eigentliche Ocularglas oder Augenglas mit seiner Fassung *cc*, *b* das untere, sogenannte Collectivglas in der Fassung *dd*. Die Entfernung beider Gläser von einander beträgt die halbe Summe ihrer Brennweiten. Nach unseren Auseinandersetzungen auf p. 14 und nach dem in Figur 14 verdeutlichten Strahlengange im zusammengesetzten Mikroskop hätte man er-

warten sollen, dass das Ocular lediglich aus dem Augenglase bestände[1]; wir müssen daher zunächst erklären, welcher Einfluss von dem Collectiv *b* auf das mikroskopische Bild ausgeübt wird. Schraubt man das Col-

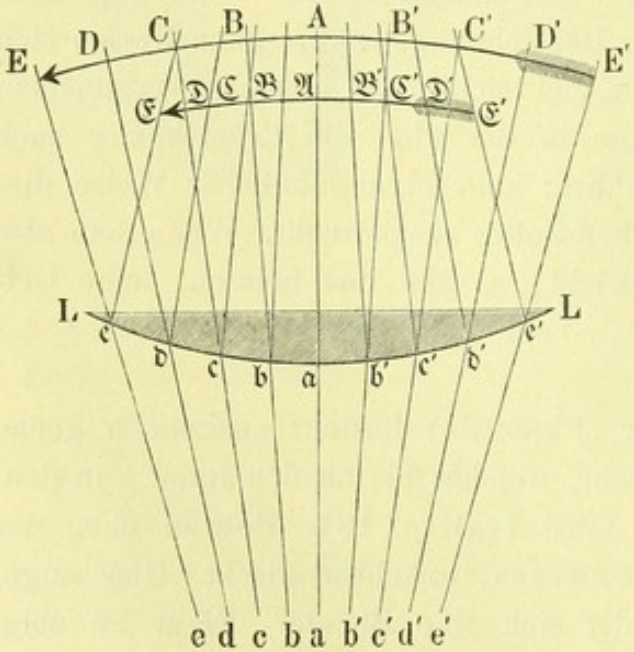


24.



25.

lectivglas ab und braucht das Mikroskop ohne dieses, so bemerkt man, dass das Bild zwar auch sichtbar ist, aber nicht so deutlich und auch nicht so eben als mit eingeschaltetem Collectiv.



26.

Angenommen, dass *b B*, *c C*, *d D*, *e E*; *b' B'*, *c' C'*, *d' D'*, *e' E'* (Figur 26) die durch das Objectivsystem gebrochenen, in *B*, *C*, *D*, *E*; *B'*, *C'*, *D'*, *E'* wieder zur Vereinigung kommenden Strahlenkegel seien, so würden diese also in *E E'* das reelle Bild erzeugen. Wird nun unterhalb des Vereinigungspunktes dieser Lichtkegel die Collectivlinse *L L* eingeschaltet, so werden dadurch jenen Lichtkegeln die respectiven Richtungen b𝔅, c𝔈, d𝔇, e𝔈; b'𝔅', c'𝔈', d'𝔇', e'𝔈' ertheilt, d. h. das reelle Bild *E E'* wird in das kleinere reelle Bild 𝔈𝔈' verwandelt, und dieses hat hierbei nicht unwesentlich

[1]) Bei allen Ocularen ist die gekrümmte Linsenseite von *a* nach unten gewandt. Wird die Linse abgeschraubt und das Bild durch dieselbe in umgekehrter Stellung betrachtet, so erscheint es viel undeutlicher und gewölbter.

an Güte gewonnen. Es ist von geringerer Ausdehnung, kann daher mit dem Ocularglase *a* besser überblickt werden; es findet sich in dem Collectivbilde dieselbe Lichtmenge wie in *EE'*, es ist also lichtstärker geworden; die Verzerrung und der Unterschied der Vergrösserung von Rand- und Mittelparthien ist verringert; es ist ebener geworden; endlich hat eine weitere Verbesserung in der sphärischen und chromatischen Aberration stattgefunden.

Dieses wesentlich verbesserte, bei *f* (Figur 25) liegende, reelle Bild wird nun also durch *a* in ein virtuelles, vergrössertes Bild verwandelt. Je nachdem *a* einen geringeren oder grösseren Krümmungshalbmesser hat, wird diese Vergrösserung stärker oder schwächer ausfallen, man kann also durch verschieden starke Ocularglläser verschiedene Vergrösserungen des durch dasselbe Objectivsystem erzeugten Bildes hervorbringen. Da aber, wie wir oben sahen, *a* und *b* einen bestimmten, von dem Krümmungshalbmesser von *a* mit abhängigen, gegenseitigen Abstand haben, so muss zu jedem Augenglase *a* ein ganzes Ocular construirt werden. Aus dem Vorhergehenden geht auch ohne weiteres hervor, dass das einem Mikroskop beigegebene längste Ocular am schwächsten, das kürzeste am stärksten vergrössert.

Ausser dieser, unter dem Namen Huygens'sches Ocular allgemein gebräuchlichen Form, giebt es noch einige andere Ocularconstructionen, die hier und da in Anwendung sind. Wenn die Collectivlinse biconvex und achromatisch ist (auch das Augenglas ist dann gewöhnlich achromatisch), so heisst das Ocular orthoskopisch oder perioskopisch, und giebt vor allem neben Reinheit des Bildes ein etwas grösseres Gesichtsfeld. In neuester Zeit sind von Abbe und Zeiss sogenannte Compensationsoculare construirt worden, vermittels welcher in eigenthümlicher Weise eine Correction des Objectivbildes bewerkstelligt wird. Da diese jedoch nur mit den noch selten verwandten Apochromaten gebraucht werden, wollen wir dieselben hier nicht näher betrachten [1].

Für die Benutzung verschiedener Oculare mit verschiedenen Objectivsystemen ist es sehr wünschenswerth, in vielen Fällen nothwendig, die Länge des Tubus (*tt* Figur 17 auf p. 19) verändern zu können. Man verfertigt ihn daher aus zwei in einander verschiebbaren Stücken (zum Ausziehen, extrahirbar), und dieses ausziehbare Verlängerungsstück des Tubus (Figur 28 auf p. 32, wo der Tubus extrahirt ist) ist also eigentlich ein Zubehör des Oculars.

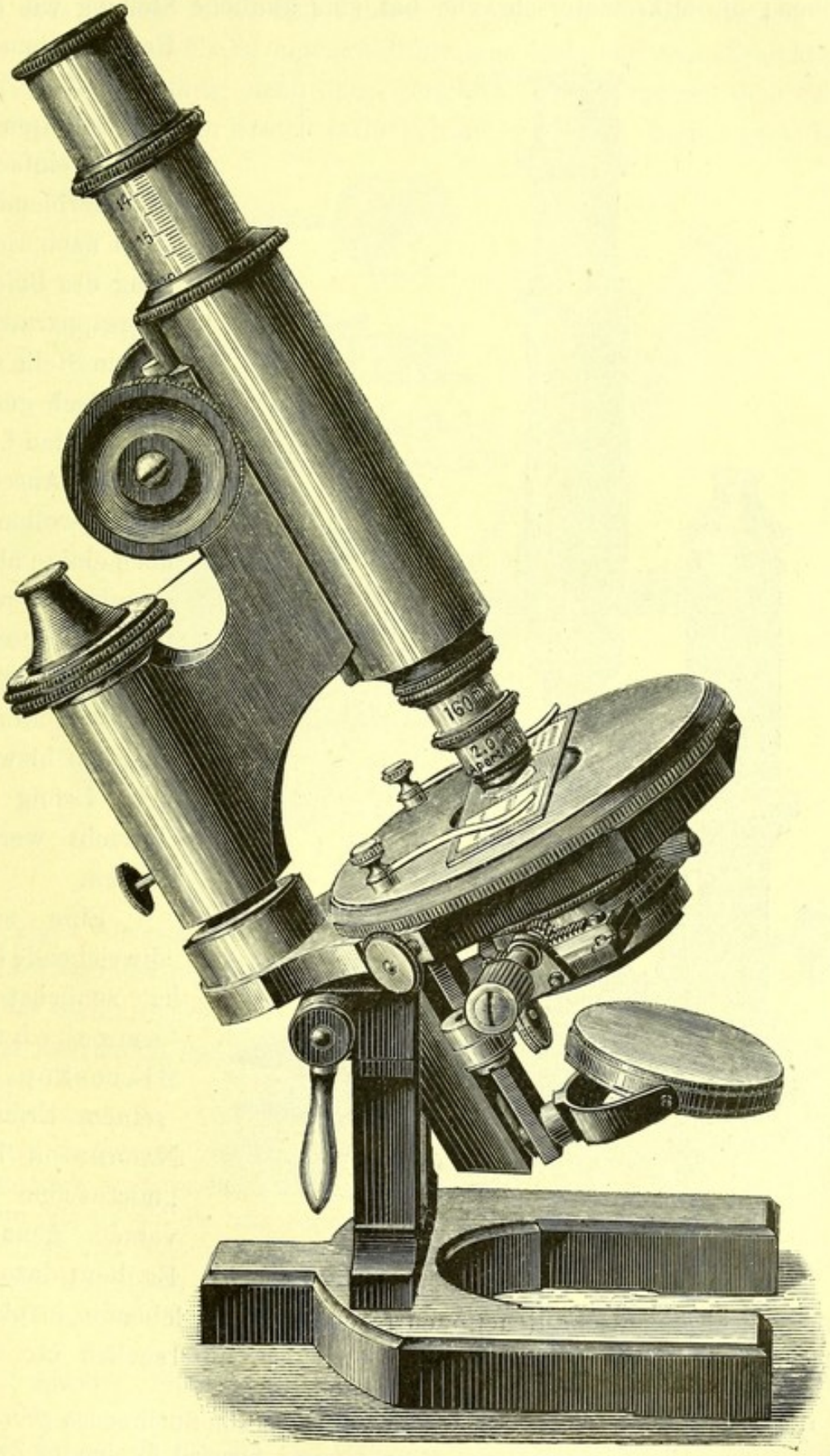
[1]) Cfr. Dippel, L., Die apochromatischen Objective und Compensationsoculare von Carl Zeiss (Zeitschr. f. wissensch. Mikrosk. Bd. III, 1886, p. 303).

2. Das Stativ.

Das Mikroskopstativ, welches wir bereits auf p. 18 im allgemeinen kennen gelernt haben, ist je nach den Arbeiten, die man mit dem Instrumente vornehmen will, verschieden eingerichtet. Am vollkommensten pflegt man die Stative grössten Formates auszustatten, sie sind natürlich sehr theuer. Minder grosse und die kleineren Stative, sogenannte Arbeitsstative sind einfacher gebaut und billiger; sie besitzen wegen ihrer Einfachheit den nicht zu unterschätzenden Vortheil, dass man schneller mit ihnen arbeitet. Die ganz kleinen Stative kommen für uns nicht in Betracht; sie können zwar für einen Liebhaber, der das Mikroskop zur Unterhaltung benutzt, recht brauchbar sein, nicht aber für wissenschaftliche Arbeiten. — Wir beabsichtigen nicht, hier alle die verschiedenen Constructionsformen der einzelnen Werkstätten vorzuführen; man kann diese aus den illustrirten Preisverzeichnissen oder aus den p. 20 citirten Werken Dippel's kennen lernen. Wir wollen hier vielmehr nur ein grosses und ein mittleres Stativ beschreiben und wählen dazu das neue Stativ IIa von Zeiss und das Stativ Va von Winkel.

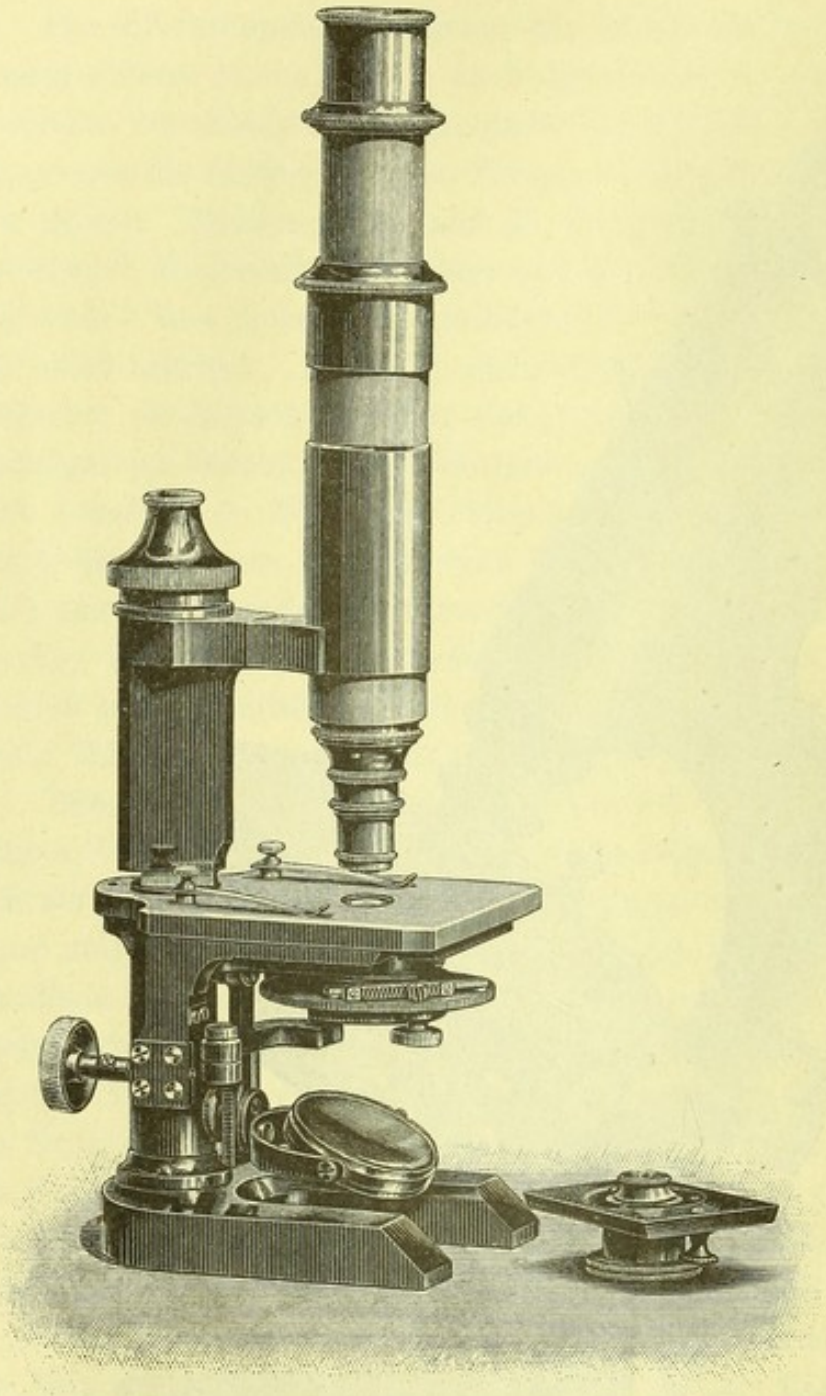
Das neue Stativ IIa von Zeiss (Figur 27) ruht, wie alle neueren Stative deutscher Fabrication, auf einem Hufeisenfuss. Es ist auf der, sich auf diesem Fusse senkrecht erhebenden Säule umlegbar, wie die Figur zeigt, und in jeder Stellung durch eine Klemmvorrichtung, deren Handhabe neben der Verticalsäule sichtbar ist, zu fixiren. Auf der Tischplatte ist eine dicke, um ihre Achse drehbare Hartgummischeibe angebracht, die durch zwei Schrauben, von denen eine seitlich vorn an der Hartgummischeibe bemerkbar ist, centrirt werden kann. Unterhalb des Tisches ist ein Abbe'scher Beleuchtungsapparat (s. u.) angebracht. Der Tubus ist ausziehbar, sein Auszug mit Millimetertheilung versehen, damit man die für verschiedene Systemarten nöthige Tubuslänge leicht herstellen kann. Er ist durch Zahn und Trieb in seiner Hülse beweglich; die Mikrometerschraube befindet sich am oberen Ende der den Tubus tragenden Säule; ihr Kopf ist mit einer Theilung versehen, wodurch es unter anderem möglich wird, die Dicke mikroskopischer Präparate zu bestimmen.

Viel einfacher und kleiner, dabei aber auch viel billiger ist das in Figur 28 abgebildete Stativ Va von Winkel. Es ist nicht zum Umlegen eingerichtet, die senkrechte, sich auf dem Hufeisenfuss erhebende Säule daher solide. Der Tisch ist viereckig, unbeweglich, unter ihm wie vorhin ein Abbe'scher Beleuchtungsapparat angebracht. Der extra-



27.

hirbare Tubus wird in seiner Hülse vermittels der Hand auf- und abgeschoben; die Mikrometerschraube hat eine ähnliche Stellung wie oben. Rechts neben dem Mikroskop liegt der Schlitten mit seiner einfachen Cylinderblende; er kann nach Entfernung des Beleuchtungsapparates an dessen Stelle unter den Tisch geschoben werden [1].



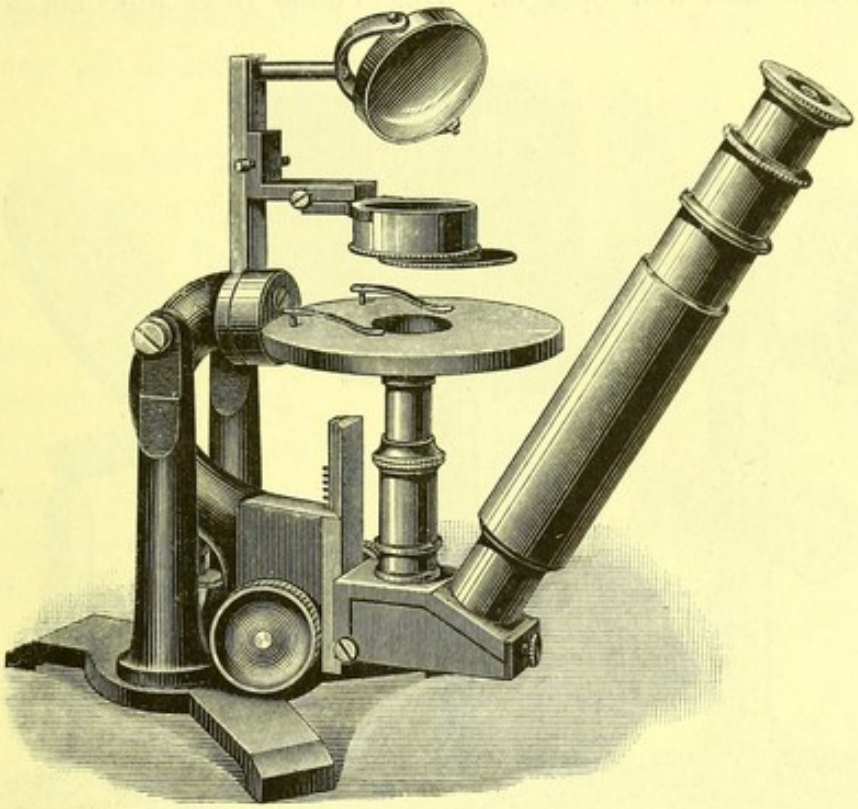
28.

Im Anschluss hieran wollen wir noch einige abweichende Mikroskopformen beschreiben, die für gewisse Untersuchungen bisweilen mit Erfolg gebraucht werden können.

Eine solche abweichende Form hat zunächst das umgekehrte Mikroskop (von seinem Erfinder Nachet in Paris „microscope renversé“ genannt). Es dient dazu, um mikroskopisch chemische Reactionen anzustellen, um lebende, in platten Gefässen befindliche mikroskopische Wesen zu untersuchen etc. Bei

[1]) Mittlere Arbeitsstative, wie sie beispielsweise von Studirenden gebraucht werden, liefern alle Verfertiger von Mikroskopen. Speciell für unsere Zwecke ist es wünschenswerth, wenn ein solches Stativ so eingerichtet ist, dass man einen kleinen Abbe'schen Beleuchtungsapparat an demselben anbringen kann,

demselben (Figur 29) findet sich der Spiegel und der Blendapparat über dem in der Abbildung runden Tische, das Objectivsystem aber unter demselben. Es ist einem keilförmigen Metallkasten aufgeschraubt, auf dem auch, schräg nach oben gerichtet, der Tubus mit dem Ocular befestigt ist. In dem Kasten befindet sich ein eigenthümlich gestaltetes,



29.

viereckiges Glasprisma, welches die aus dem Objectivsystem austretenden Lichtstrahlen zwiefach reflectirt, so dass sie nach diesen Reflexionen dieselbe Richtung wie der aufgeschraubte Tubus haben. — Das abgebildete Instrument ist von der Firma Bausch and Lomb in London gefertigt.

---

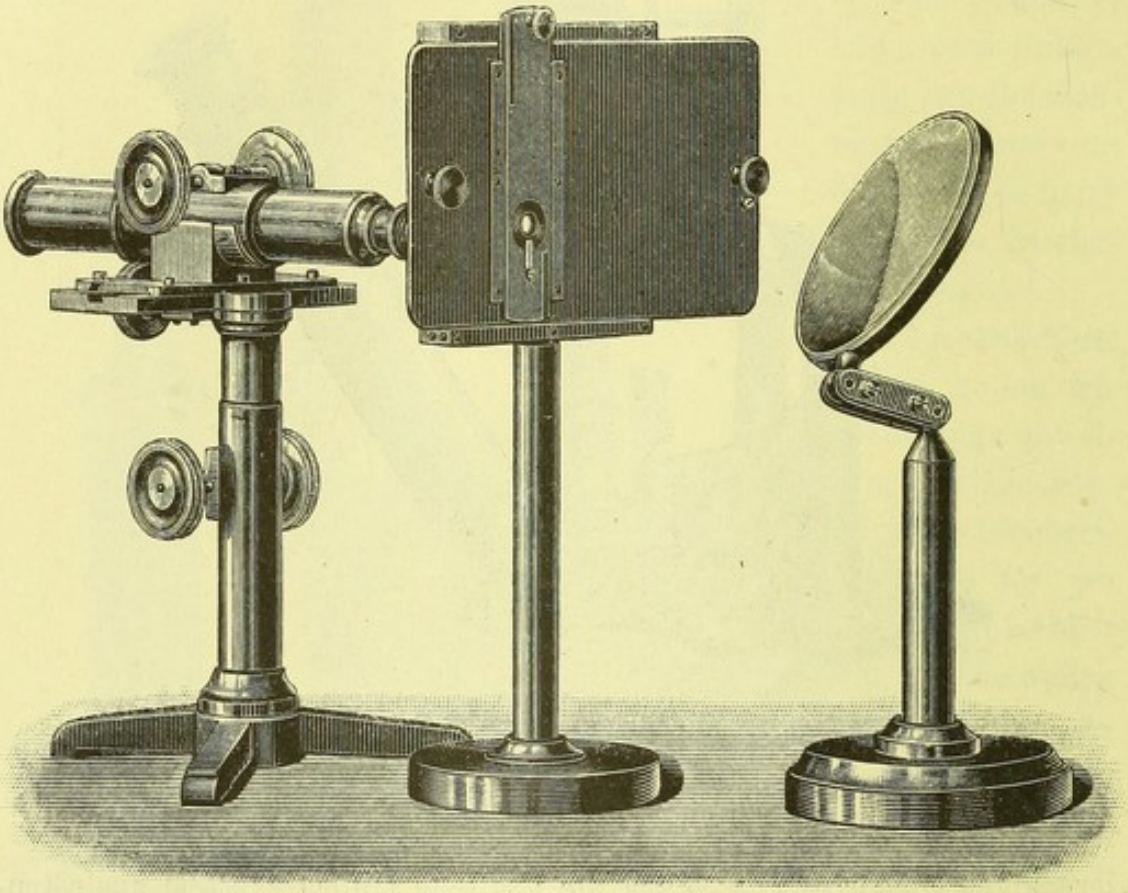
da dieser zu bacteriologischen Untersuchungen unentbehrlich ist. In wieweit man sogleich ein anzuschaffendes Instrument completiren will, hängt natürlich von den Mitteln ab, die man darauf verwenden kann. Im ganzen dürfte die Summe von 250 Mark genügen, um ein für die meisten Beobachtungen völlig taugliches Instrument zu erhalten. Wir könnten z. B. empfehlen:

1. Hartnack. Stativ VIII mit Objectiv 4, 7, 8 und Ocular 2, 3, 4: Preis 220 M.

2. Seibert. Stativ 5 mit Objectiv III, V a, VII b und Oculur 0, I, III: Preis 234 M.

3. Winkel. Stativ V a mit Objectiv 3, 5, 8 und Ocular 1, 3, 5: Preis 213 M. (Kommt dazu noch der kleine Abbe'sche Beleuchtungsapparat Figur 28 auf p. 32, so stellt sich der Preis auf 261 M.)

Noch abweichender ist das sogenannte Aquariummikroskop gebaut, welches dazu dient, frei im Wasser schwimmende, kleine Organismen zu beobachten. In Figur 30 ist ein von Fr. Eilh. Schulze angegebenes, von Klönne und Müller in Berlin ausgeführtes Instrument abgebildet. Es trägt auf drei Füssen gesondert das Mikroskop, das Aquarium und den Spiegel. Der Tubus liegt hier horizontal, er



30.

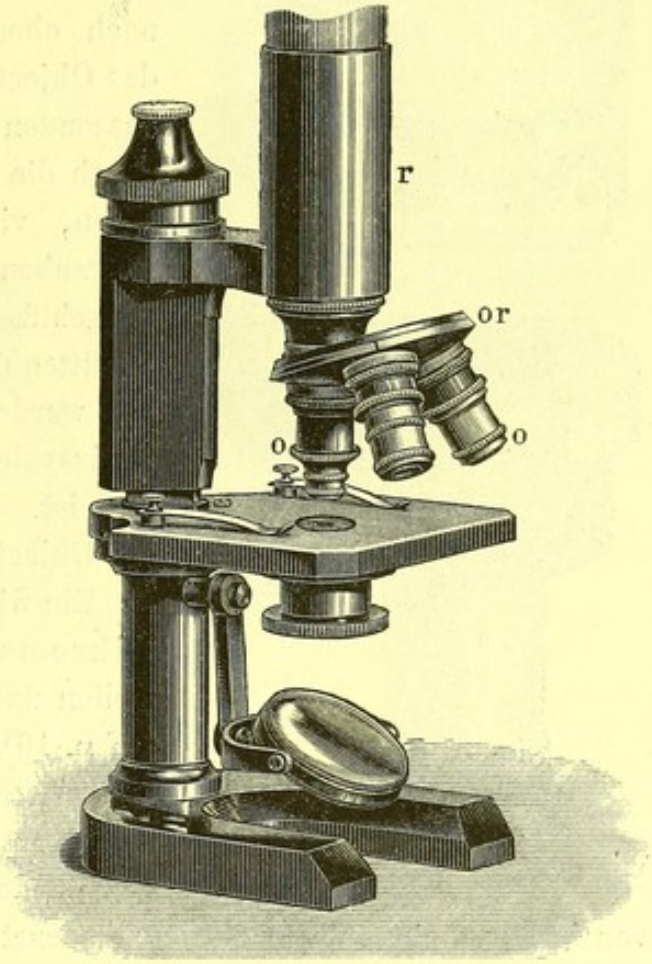
kann in drei Richtungen bewegt werden: durch einen an der senkrechten Säule befindlichen Trieb auf- und abwärts, durch eine vermittels Schraube in Bewegung zu setzende Schlittenvorrichtung seitlich, durch einen zweiten Trieb in seiner Hülse vor- und rückwärts. Das Aquarium ist eine schmale Glascuvette mit planparallelen Seiten, in die das Wasser mit den Beobachtungsobjecten gefüllt wird. Hinter der Cuvette befindet

---

4. Zeiss. Stativ V b mit Objectiv A, C, F und Ocular 1, 3, 5: Preis 240 M.

Später müsste man dann wohl noch eine schwächere Oelimmersion (100 bis 150 M.) anschaffen, und anzurathen ist auch die Anschaffung einer Camera lucida und eines Mikrometers. — Die billigen, sogenannten „Bacterienmikroskope“, wie sie von Schieck u. A. geliefert werden, können wir nicht empfehlen.

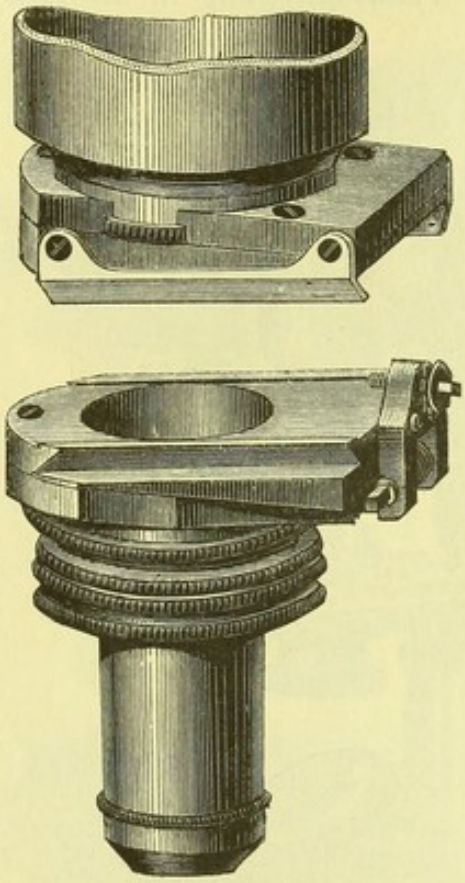
sich eine geschwärzte Metallplatte mit einer in der Abbildung sichtbaren, durch Schlittenvorrichtung und Blende zu verändernden Durchbohrung. Die Einrichtung des Spiegels ist aus der Abbildung ersichtlich. Zur Beobachtung giebt man dem Spiegel eine solche Stellung, dass er die Durchbohrung der Metallplatte beleuchtet und bringt das Objectivsystem auf der anderen Seite durch die dreifache Tubusbewegung in die richtige Stellung vor dieselbe.



31.

Von den einzelnen Theilen des Stativs haben wir den Tubus bereits bei Besprechung des optischen Apparates mehrfach erwähnt; es erübrigt hier noch, eine Einrichtung vorzuführen, die an ihm angebracht werden kann, und die ein schnelles Wechseln der Objectivsysteme ohne Ab- und Anschrauben ermöglicht. Die älteste der artige Vorrichtung ist der Revolver-Objectivwechsler (Figur 31). Er besteht aus zwei Metallstücken *or*, die je ein Segment einer Hohlkugel darstellen, und die in der Mitte durch einen Schraubenstift so mit einander verbunden sind, dass sie sich, genau in einander passend, um diesen Stift als Centrum rotirend verschieben lassen. Die obere Revolver-Platte besitzt eine Oeffnung mit einem Schraubengewinde, mit dem sie dem Tubus *r* angeschraubt wird, die andere hat drei Oeffnungen mit Schraubengewinden, denen die Objectivsysteme *oo* anzuschrauben sind. Dreht man nun die untere Revolver-Platte so weit, bis eine ihrer Oeffnungen genau mit der Oeffnung der oberen Platte zusammenfällt (was durch eine Einschnapp-Vorrichtung angezeigt wird), so kann man das jetzt unter dieser Oeffnung befindliche System zur Beobachtung benutzen. Zur Benutzung der anderen Systeme bedarf es einer weiteren Drehung, bis diese unter der Oeffnung der oberen Platte sich befinden.

Einen Schlitten-Objectivwechsler hat in neuerer Zeit Zeiss construirt, welcher eine genaue Centrirvorrichtung für die Objectivsysteme besitzt (Figur 32). Er besteht aus zwei Stücken, dem Tubusschlittenstück (Figur 32 oben), welches an den Tubus geschraubt wird, und mehreren Objectivschlittenstücken (Figur 32 unten), an welche je ein Objectiv angeschraubt wird. Das Tubusschlittenstück hat eine schräg nach oben gerichtete Schlittenführung, das Objectivschlittenstück einen in diese passenden Schlitten. Letzterem kann durch die rechts seitlich und vorn sichtbaren, viereckigen Stifte, die sich in Schrauben verlängern, vermittels eines Uhrschlüssels eine solche Stellung in der Schlittenführung des Tubusstückes gegeben werden, dass das eingeschobene Objectivsystem ein- für allemal genau centrirt ist. Zu jedem System ist natürlich ein Objectivschlitten erforderlich.

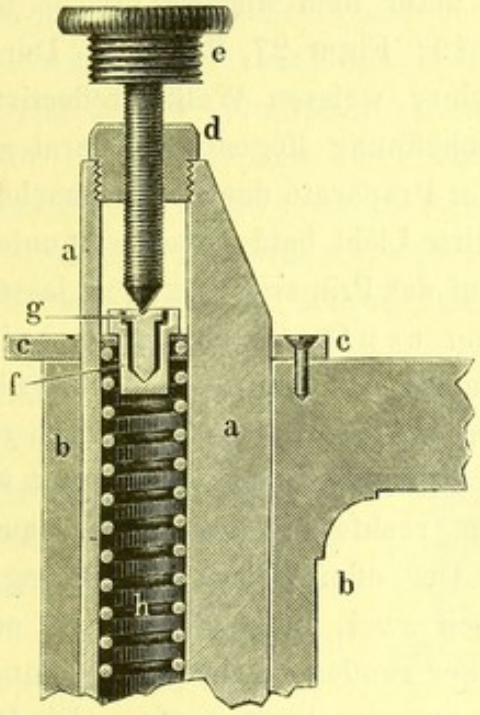


32.

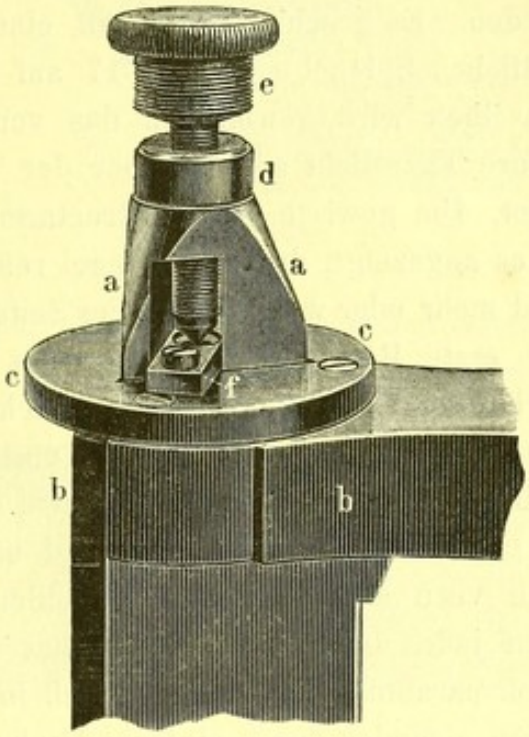
Ein wichtiger Theil des Stativs ist die Mikrometerschraube, welche man bisweilen unterhalb der Säule (*m* Figur 17 auf p. 19), häufiger oberhalb dieser (Figur 27, 28) anbringt. Die Einrichtung derselben ist bei den einzelnen Firmen verschieden; wir wollen hier die zuerst von Winkel eingeführte Constructionsart beschreiben.

Mit dem Mikroskoptische fest verbunden ist die dreiseitig-prismatische Säule *aa* (Figur 33, 34), welche sich oben etwas kegelförmig verjüngt und einen ca. 15 mm langen, 7 mm breiten Ausschnitt zeigt. Diese Säule *a* ist im Innern hohl und mit einer starken Spiralfeder *h* versehen. Oben bei *d* ist ihr die Mikrometerschraubenmutter, aus Rothguss bestehend, aufgeschraubt, durch welche die ca. 23 mm lange, unten mit conischer Spitze versehene Mikrometerschraube *e* tritt. Ueber die dreiseitig prismatische Säule *a* gleitet, genau passend, die starkwandige, dreiseitig-prismatische Hülse *b*, welche am Horizontalarme den Tubus trägt. Auf ihr oberes, horizontales Ende ist die Messingplatte *c* festgeschraubt und auf dieser der Eisensteg *f*. Dieser Eisensteg trägt in der Mitte einen kleinen, unten geschlossenen, hohlen Eisencylinder, in welchem sich der locker in ihn passende Metallstift *g* be-

findet, der unten mit flach-conischer Spitze auf *f* drückt. Der Metallstift *g* ist so angebracht, dass die Mikrometerschraube mit ihrem Endconus in eine kleine Vertiefung seiner oberen Endfläche fasst, wie in Figur 33 zu sehen ist. Unten drückt gegen den Steg *f* die Spiralfeder *h*.



33.



34.

Diese wird also vermöge ihrer Federkraft *f* und mit ihm *c* und *b* gegen die Mikrometerschraube *e* drücken. Schraubt man aber *e* nach abwärts, so wirkt man der Federkraft entgegen, und auch *f*, *c*, *b* werden sich nach abwärts bewegen. Durch die Einschaltung des beweglichen Stiftes *g*, der eigentlich nur eine Verlängerung der Mikrometerschraube darstellt, ist diese gleichsam mit einem Kugelgelenk versehen, und diese Einrichtung gewährt, ausser einem sehr sanften Schraubengange, die Garantie, dass beim Gebrauch derselben das mikroskopische Bild völlig unverrückt bleibt, da der Tubus nicht die geringsten Schwankungen vollführt. Auf das Schraubengewinde beim Buchstaben *e* wird eine glockenförmige Metallkappe geschraubt (Figur 28 auf p. 32), welche einestheils die ganze Vorrichtung vor Staub schützt, anderseits durch ihren unteren, breiten Kerbrand eine bequeme Bewegung der Mikrometerschraube ermöglicht.

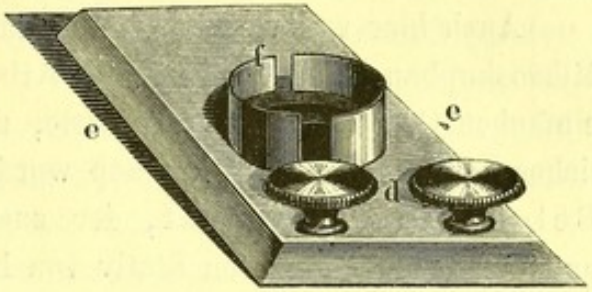
Zwei weitere Theile des Stativs, die Beleuchtungsvorrichtungen und der Tisch sind so wichtig, dass wir sie in besonderen Capiteln abhandeln wollen.

3. Beleuchtungsvorrichtungen.

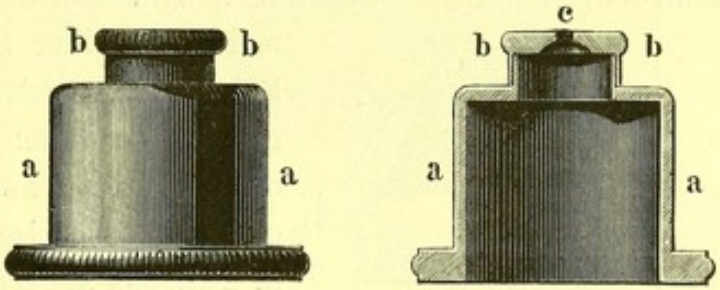
Die unter dem Mikroskop zu beobachtenden Objecte sind nicht selbstleuchtend, sie müssen daher, um gesehen zu werden, beleuchtet werden. Es geschieht dies mit einem unter dem Mikroskoptische befindlichen Spiegel (s. Figur 17 auf p. 19; Figur 27, 28, 31). Durch denselben wird gewöhnlich das von einer weissen Wolke reflectirte, diffuse Tageslicht auf das über der Tischöffnung liegende Präparat geleitet. Um gewisse feinere Structuren der Präparate deutlich zu machen, ist es angezeigt, das vom Spiegel reflectirte Licht bald gerade von unten, bald mehr oder weniger von der Seite auf das Präparat wirken zu lassen. Die erste Beleuchtungsweise nennt man central, die letzte seitlich oder schief. Zu dem Zwecke muss man dem Spiegel verschiedene Stellungen geben können, und das wird bewerkstelligt durch ein Hebelwerk (*h* Figur 17), mit dem der Spiegel am Stativ befestigt ist. Es gestattet, ihn nach oben und unten, rechts und links, häufig auch nach vorn und hinten zu verstellen. Der oder vielmehr die Spiegel, denn jedes bessere Mikroskop hat deren zwei, einen Planspiegel und einen parabolischen, befinden sich in einer runden Fassung; sie können gegen einander durch einfache Drehung ausgewechselt werden. Die Beleuchtungsart beider Spiegel ist keineswegs dieselbe. Das Tageslicht besteht aus parallelen Strahlen. Werden diese von einem Planspiegel reflectirt, so werden sie zwar von ihrem Wege abgelenkt, aber auch nach der Reflexion bleiben sie parallel (p. 3). Treffen dagegen parallele Lichtstrahlen auf einen parabolischen Spiegel, so werden sie nach der Reflexion alle in einem Punkte vereinigt, concentrirt (p. 3). Bringt man den Spiegel so an, dass dieser Vereinigspunkt mit dem Objecte zusammenfällt, so wird letzteres das gesammte, von dem Spiegel aufgenommene Licht empfangen, also viel stärker beleuchtet werden als mit dem Planspiegel. Im allgemeinen lässt sich sagen, dass ein schwach vergrössertes Object weniger stark, ein stark vergrössertes stärker beleuchtet sein muss. Man wird also den Planspiegel bei schwachen, den Hohlspiegel bei mittleren und starken Vergrösserungen zu verwenden haben.

Es ist jedoch häufig sehr nützlich, nicht die ganze, vom Spiegel gelieferte Lichtmenge zur Wirkung kommen zu lassen, sondern die Randstrahlen mehr oder minder weit abzuschneiden. Das geschieht durch entsprechende Verkleinerung der Tischöffnung, durch den an der Unterseite des Tisches angebrachten Blendapparat. Die Tischplatte hat unten

eine sogenannte Schwalbenschwanzführung; in dieselbe lässt sich ein Schlitten *ee* (Figur 35; vgl. auch p. 18) an den Handhaben *d* einschieben, der eine der Tischöffnung entsprechende, unten mit der Hülse *f* versehene Oeffnung trägt. In die Hülse passt der Blendcylinder *aa* (Figur 36). Er ist oben verjüngt, man kann ihm hier Blenden (*bb*) mit verschieden grossen Oeffnungen (*c*) aufsetzen. Wird *aa* zuerst halb in die Hülse *f* eingesteckt, dann der Schlitten bis zum Anschlagen an einen Stift vorgeschoben, und wird dann *aa* ganz in die Höhe gehoben, so befindet sich *bb* genau in Höhe der Tischöffnung und verkleinert diese auf *c*. Mit einem Blendcylinder wie der in Figur 36 I abgebildete lässt sich nun nicht nur durch Auswechseln von Blenden verschiedener Weiten die Beleuchtung des Objects regeln, sondern auch dadurch, dass man den Blendcylinder und mit ihm die Blende von dem Objecte durch Herabziehen mehr oder minder entfernt. Ob und in welchem Maasse dieses zu geschehen hat, dafür lassen sich allgemeine Regeln nicht geben. Lediglich dem Ausprobiren ist es anheimzugeben, im einzelnen Falle die richtige Beleuchtungsart zu finden.

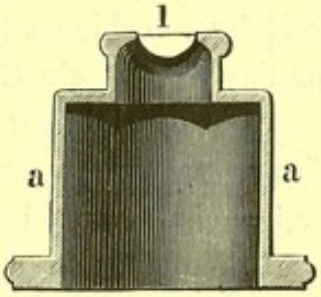


35.



36.

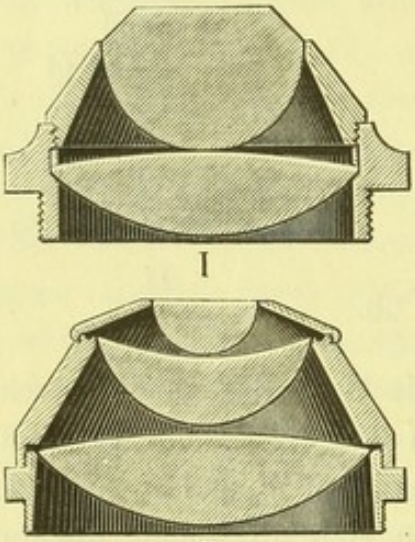
Spiegel und Blende waren, wenigstens in Deutschland, lange Zeit der gesammte Beleuchtungsapparat selbst grösserer Stative; höchstens gab man ihnen noch einen sogenannten Condensor bei. Dieser besteht aus einer an Stelle der Blende befindlichen, planconvexen, fast halbkugeligen Linse (*l* Figur 37). Die Wirkung einer solchen Linse ist nach dem auf p. 6 Gesagten klar; der auf sie vom Hohlspiegel treffende Lichtkegel wird in einen solchen stärkerer Convergenz verwandelt. Man kann also durch den Condensor die Lichtstrahlen auf das im Brennpunkte befindlichen Object sammeln, was für starke, lichtschwache Objectivsysteme



37.

von Bedeutung ist. Durch den Condensor kann man aber auch den zur Verwendung kommenden Lichtkegel in einen divergenten verwandeln, indem man seinen Brennpunkt durch Herabziehen unter das Object verlegt.

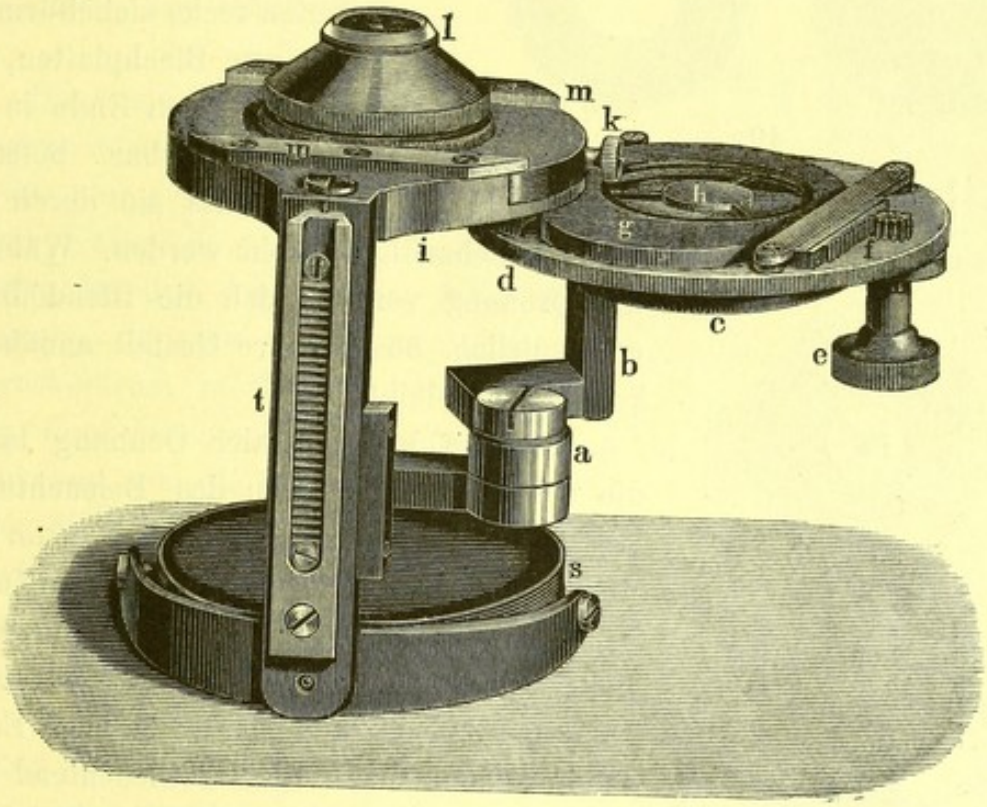
Auch hier war es wieder der durch seine für die Fortschritte im Mikroskopbau so epochemachende Arbeiten bekannte Abbe, welcher den einfachen Condensor so verbesserte, dass er jetzt erst ein unentbehrliches Requisit für das Mikroskop wurde. Es entstand der Abbe'sche Beleuchtungsapparat, der zuerst von Zeiss ausgeführt wurde, und der keinem besseren Stativ von heute fehlen sollte. Er gestattet, Lichtkegel von sehr grosser Oeffnung zur Beleuchtung zu verwenden, den Focus derselben beliebig über, in oder unter das Object zu verlegen, diese Lichtkegel ganz oder durch Blenden nur theilweise zur Geltung kommen zu lassen, endlich den Lichtkegeln in bequemer Weise verschiedene Einfallsrichtungen zu geben. Der Condensor besteht hier nicht mehr aus einer Linse, sondern aus einem Beleuchtungssystem. Die Zeiss'schen Apparate haben deren zwei (Figur 38, nat. Gr.); das eine (I) hat zwei unachromatische Linsen und eine numerische Apertur von 1·20 (vgl. p. 24), das andere (II) deren drei mit der numerischen Apertur 1·40. Letzteres wird vornehmlich für ganz schiefe Beleuchtung gewählt. Die plane Seite der Frontlinse von I hat eine solche Form, dass sie beim Gebrauch den Objectträger (p. 18) an der Unterseite fast berührt. Gilt es, dem Object möglichst viel Licht zuzuführen, so bringt man auf die Planfläche der Linse einen Tropfen Wasser, der sich beim Hochschieben des Apparates mit dem Objectträger verbindet (Immersions-Condensor; vgl. p. 23), alsdann würde für das System ein Oeffnungswinkel von fast 130° resultiren.



38.

Die Einrichtung des Abbe'schen Beleuchtungsapparates erhellt aus Figur 39, welche denselben in der Ausführung von Winkel darstellt. Er besteht aus drei Theilen, dem Träger der Beleuchtungssysteme *i*, dem Blendapparat *c* und dem Spiegel *s*. Diese Theile sind an der Verticalstange *t* befestigt, letztere wird in eine entsprechende Führung des Stativs unterhalb des Tisches eingeschoben (vgl. Figur 27 auf p. 31) und kann durch Trieb höher oder tiefer geschraubt werden, wodurch man den Apparat dem Objecttisch nähert oder von ihm entfernt. Schraubt man den Apparat ganz hinauf, so füllt *l* die Tischöffnung aus.

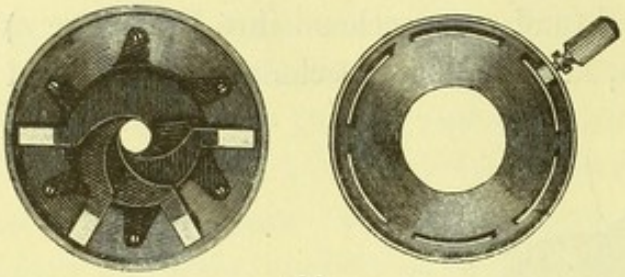
Der Träger *i* hat eine Schlittenführung *mm*; in diese ist durch die Handhabe *k* ein Schlitten einzuschieben, welchem man eins der beiden Beleuchtungssysteme *l* aufsetzen kann. Die Blendplatte mit Kerbrand *d* ist auf ihrer Unterlage *c* drehbar angebracht; *c* ist durch den doppelten Winkelarm *b* und das Gelenk *a* mit *t* verbunden und lässt sich, wie die Abbildung zeigt, seitlich unter *i* hervorziehen (zum Wechseln der Blenden) und durch einen Druck mit dem Finger wieder centrisch unter *i* und über *s* bringen. Die Blendplatte *d* (und entsprechend ihre Unterlage *c*) besitzt in der Mitte einen grossen, kreisrunden Ausschnitt. Auf ihr ruht



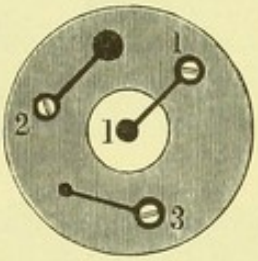
39.

die Platte *g* mit gleichem Ausschnitt; *g* ist durch eine Führung und dem Trieb *F* mit der Handschraube *e* hin und her beweglich. In den Ausschnitt von *g* passen Blendscheiben mit verschieden grossen Oeffnungen (*h*). Legt man eine solche ein und klappt *d b* unter *i*, so wird, wenn die Blendöffnung sich genau unter *l* befindet, ein centraler Beleuchtungskegel von einer durch die Grösse der Blendung bedingten Oeffnung zur Wirkung kommen. Bewegt man nun *g* durch Drehen von *e* seitwärts, so wird die Einfallsrichtung dieses Kegels allmählig eine seitlichere werden. Ist hierin ein gewisses Optimum erreicht, so lässt sich durch Drehen von *d* an ihrem Kerbrande der seitlich einfallende Beleuchtungskegel um das Präparat herumführen.

Es wurde oben (p. 39) betont, dass sich bei der gewöhnlichen Cylinderblende durch Herabziehen des Blendcylinders die Beleuchtung leicht und continuirlich ändern lasse — diesen Vortheil besitzt der Abbe'sche Beleuchtungsapparat nicht. Um dies zu ermöglichen, ist die Anwendung einer Irisblende nöthig, wie solche bei astronomischen Instrumenten seit lange in Gebrauch ist und kürzlich von Zeiss auch dem Abbe'schen Apparate angepasst wurde. Dieselbe (Figur 40; Construction von Zeiss, halbe nat. Gr.) zeigt von unten sechs sichelförmige, geschwärzte Blechplatten, die mit ihrem einen Ende in der Trommel drehbar befestigt sind. Ihre gegenseitige Verbindung ist derartig, dass sie durch den rechts oben sichtbaren Griff alle gleichzeitig gedreht werden. Während der Drehung verengt sich die Blendöffnung continuirlich, obwohl ihre Gestalt annähernd kreisförmig bleibt.

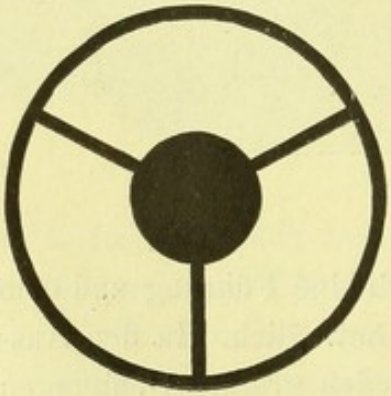


40.



41.

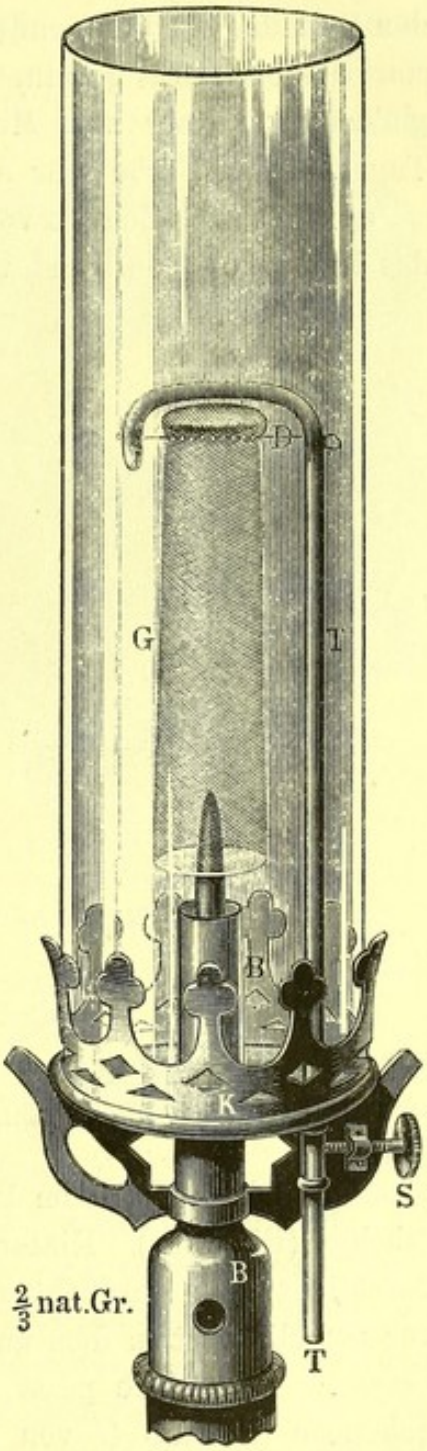
Blenden mit centraler Oeffnung lassen die mittleren Parthien des Beleuchtungskegels zur Verwendung kommen. Zum Studium mancher Structuren kann es von Nutzen sein, die Mittelparthie des Beleuchtungskegels abzuschneiden und nur die Randstrahlen zur Wirkung kommen zu lassen. Es erscheint dann das Bild hellleuchtend auf dunklem Grunde (Dunkelfeld-Beleuchtung). Die früheren Condensoren hatten zu diesem Zwecke schwarze Scheibchen (Figur 41), die an schmalen Stielen drehbar waren und in die Mitte der Condensorlinse geschoben werden konnten. Beim Abbe'schen Apparate bestehen die Dunkelfeld-Blenden (Figur 42) aus einem schmalen, in die Oeffnung von *g* (Figur 39) passenden Metallring, der an drei schmalen Speichen eine mittlere, geschwärzte Scheibe trägt.



42.

Mit allen diesen Blendvorrichtungen ausgestattet, lässt der Abbe'sche Apparat so mannichfache Modificationen in der Beleuchtung zu wie kein anderer. Schaltet man jegliche Blende aus, so erlaubt die sehr grosse numerische Apertur der Beleuchtungssysteme die Beob-

achtung mit einem die ganze Oeffnung des Objectivs ausfüllenden Beleuchtungskegel. Diese Beleuchtungsart ist im allgemeinen unstatthaft, wo es sich aber darum handelt, sehr kleine, künstlich gefärbte, in ungefärbten Geweben lagernde Objecte (z. B. Bacterien) nachzuweisen, da kann eine solche „Isolirung des Farbenbildes“ von grossem Nutzen sein. Man erblickt dabei nur die tingirten Gebilde, während die, andere Brechungsverhältnisse besitzenden, umgebenden Gewebe dem Auge verschwinden.



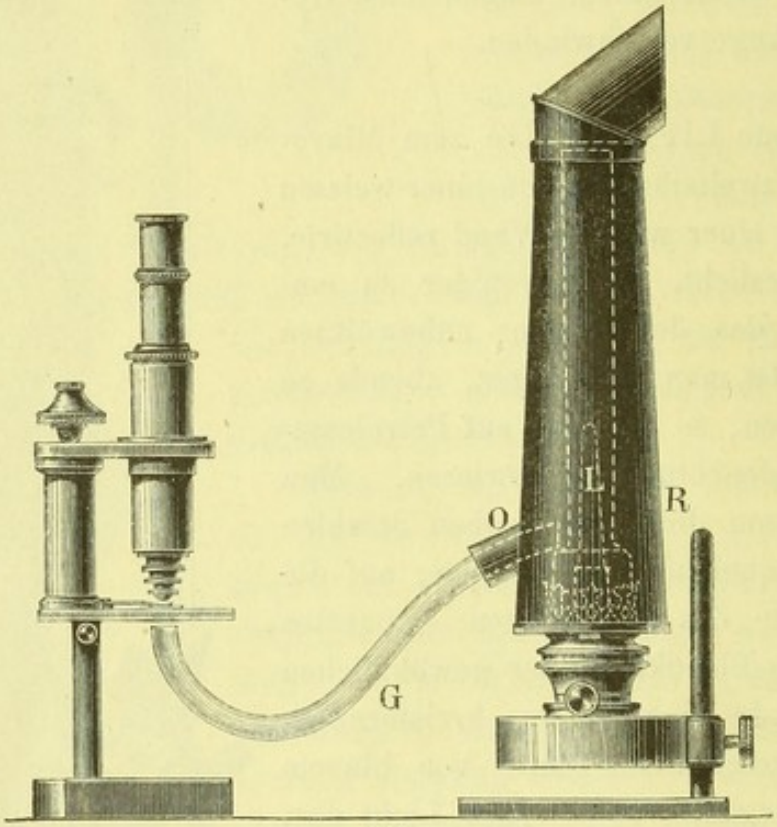
43.

Die beste Lichtquelle zum Mikroskopiren ist zweifellos das von einer weissen Wolke oder einer weissen Wand reflectirte, diffuse Tageslicht. Viel weniger zu empfehlen ist das des blauen, unbewölkten Himmels. Ist man gezwungen, abends zu mikroskopiren, so ist man auf Petroleum- oder Gasbeleuchtung angewiesen. Man kann dann, um die vielen gelben Strahlen dieser Lichtquellen auszuschalten, auf die Blendöffnung des Abbe'schen Apparates oder auf die Blendkappe der gewöhnlichen Cylinderblende eine kleine, kreisförmige, unten mattgeschliffene Platte von blauem Kobaltglas legen, wodurch das Licht dem Auge viel angenehmer gemacht wird. Die vielen, in England und America gebräuchlichen Mikroskopirlampen taugen alle nichts, haben wenigstens nichts vor einer gut brennenden Petroleumlampe voraus.

Wo Gaslicht zur Verfügung steht und die Lampe an demselben Orte stehen bleiben kann, empfiehlt sich die Anschaffung des Auer'schen Glühlichtes, der besten künstlichen Lichtquelle zum Mikroskopiren, die wir besitzen. Dasselbe besteht aus einem Bunsenbrenner *BB* (Figur 43), über den auf den Cylinderkranz *K* ein Glascylinder gestülpt wird. Durch die Schraube *S* ist innerhalb des Cylinders ein Metallstab *T* beweglich, an dem vermittels des Platindrahts *D* der Glühkörper *G*

hängt. Letzterer, aus Mineralbestandtheilen präparirt und vorher zu Asche verbrannt, kann durch *S* in Bezug auf *B* höher oder tiefer gestellt werden. Zur Benutzung öffnet man den Gashahn und hält über den Cylinder ein brennendes Zündholz, worauf der Körper *G* alsbald in starke Weissgluth geräth, welche unverändert anhält. Das von dem glühenden Körper zum Mikroskopiren entnommene Licht kommt dem Tageslicht an Farbe sehr nahe.

In neuester Zeit ist von Kochs-Wolz ein Beleuchtungsapparat für das Mikroskop construirt worden, der Petroleumlicht als Leuchtquelle

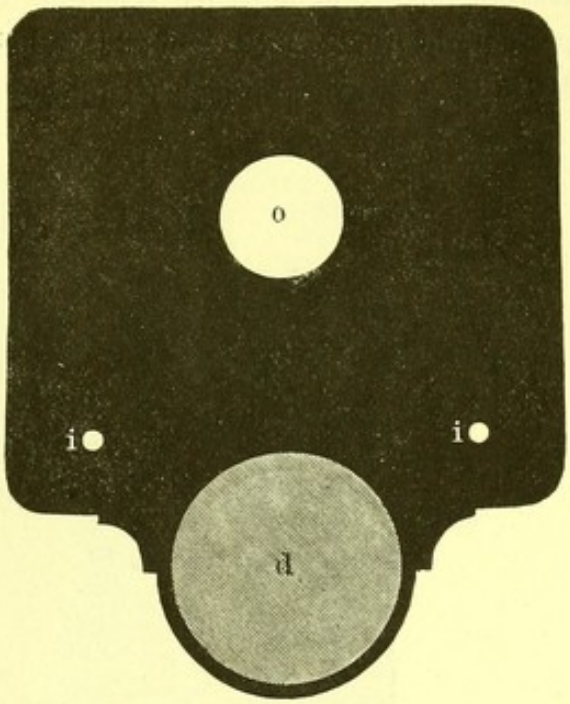


44.

benutzt und der sich im Princip von allen anderen wesentlich unterscheidet (Figur 44). Hinter der mit Cylinder umgebenen, durch ein undurchtiges Rohr verdeckten Flamme *L* befindet sich der Reflector *R*, vor derselben ist in dem undurchsichtigen Rohre die Oeffnung *O* angebracht. In letztere passt mit durchbohrtem Kork der eigenthümlich gebogene Glasstab *G* von 1 cm Dicke. In diesem fliesst ein von *L* ausgehender Lichtstrom, der an der Grenze von Glas und Luft eine totale Reflexion erleidet, so dass der Stab äusserlich dunkel erscheint. Der Lichtstrom tritt an dem vorderen, horizontal abgeschnittenen Ende des Stabes, welches dicht unter die Tischöffnung des Mikroskopes zu bringen ist, aus und beleuchtet das Object mit der Intensität der benutzten Flamme, abzüglich des Lichtverlustes, welcher durch Unreinigkeiten des leitenden Glases unterwegs bedingt ist.

4. Der Tisch.

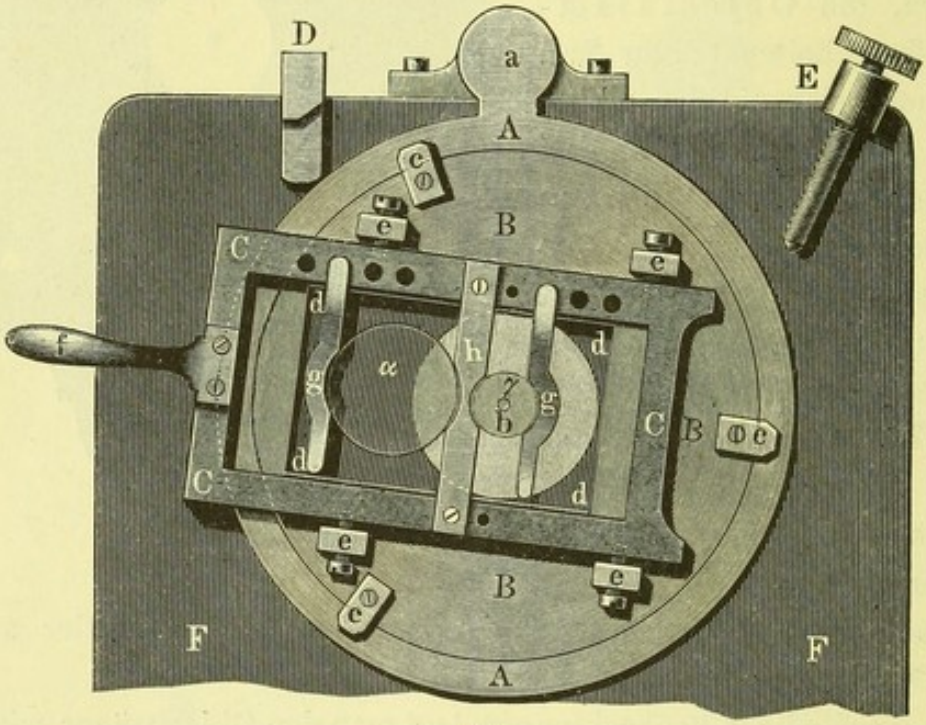
Der Tisch, Objecttisch oder Mikroskoptisch, ist eine solide, viereckige, seltener achteckige oder runde Platte, auf welche das Object mit seinem Objectträger gelegt wird (vgl. Figur 27 auf p. 31). Es kommt über die runde Tischöffnung *o* (Figur 45) zu liegen und wird durch zwei in seitliche Löcher (*i i*) einzusteckende, federnde Klammern, die Objectklammern, festgehalten (Figur 28). In *d* erhebt sich die den Tubus tragende Mikroskopsäule. Bei grösseren Instrumenten stellt man wohl den Tisch aus zwei Platten her, deren obere, runde auf der unteren rotirt, man erhält hierdurch den drehbaren Tisch (Figur 17, 27). Er erlaubt, das Präparat um sich selbst zu drehen, ohne es zu berühren. Ist der Rand der drehbaren Platte mit einer Gradtheilung versehen, so kann überdies die Grösse der ausgeführten Drehung bestimmt werden.



45.

Für gewöhnliche Beobachtungen legt man den Objectträger mit dem Präparat frei auf den Tisch und verschiebt ihn, um verschiedene Theile des Präparats kennen zu lernen, mit den Fingern. Da das zusammengesetzte Mikroskop ein umgekehrtes Bild erzeugt (p. 14), so muss man, will man die linke Seite des Präparats betrachten, dasselbe nach rechts schieben und umgekehrt. An diese entgegengesetzte Bewegung gewöhnt man sich aber so leicht, dass man sie schon nach kurzem unbewusst ausführt. — In manchen Fällen ist es jedoch sehr zweckmässig, wenn man ein Präparat durch mechanische Vorrichtungen auf dem Tische verschieben kann; einen hierzu dienenden Apparat nennt man einen beweglichen Objecttisch. Bewegliche Objecttische werden auf der Oberfläche des Tisches festgeschraubt; man gebraucht sie vornehmlich, um kleine und zarte Präparate unter dem Mikroskope auszusuchen und zu arrangiren, und um fertige Präparate systematisch zu durchmustern, abzusuchen.

Ein beweglicher Objecttisch, der dem speciellen Zwecke dient, aus einer Anzahl von kleinen Gewebsschnitten oder mikroskopischen Organismen die für die Beobachtung passendsten Exemplare auszusuchen und isolirt unterzubringen, ist von Debes construirt worden (Figur 46). Er besteht aut einem Kreisrahmen *A*, welcher vermittels *a* vorn an den Mikroskoptisch *F* geschraubt ist und sich um die Achse *a* drehen lässt. Durch die verschiebbare Klemme *D* und die Stellschraube *E* wird die pendelnde Bewegung von *A*, wobei der Mittelpunkt *b* stets durch die Mitte der Mikroskoptisch-Oeffnung geht, in den gewünschten Grenzen

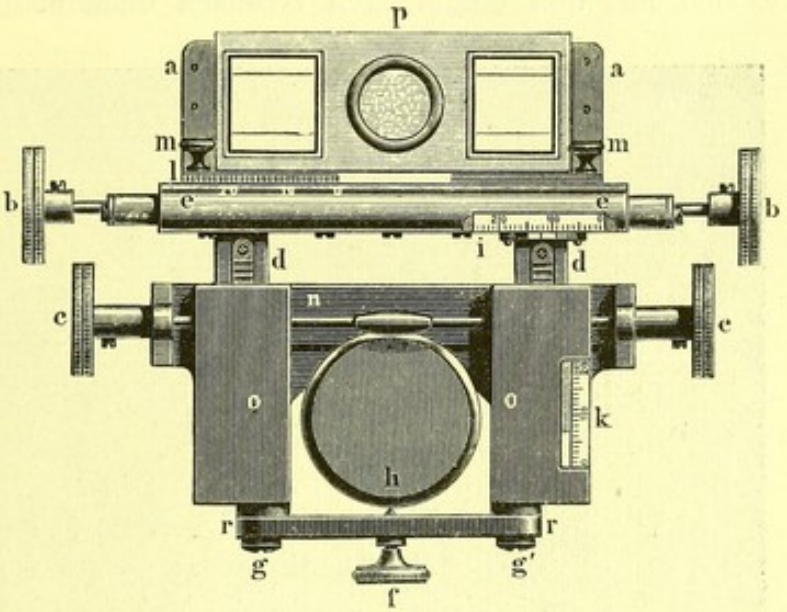


46.

gehalten. In *A* lässt sich die Metallscheibe *B* mit mittlerer Oeffnung rotirend verschieben. Sie trägt den Messingrahmen *C*, der durch die Schrauben *eeee* mit ihr fest, jedoch justirbar verbunden ist. Dreht man *C* mittels der Handhabe *F*, so bewegt sich damit *B* in *A*. In dem viereckigen Ausschnitt *dddd* liegt eine Spiegelglasplatte; über *C* ist verstellbar der Metallsteg *h* festgeschraubt, der zwei verschieden grosse Ausschnitte besitzt, in welchen durch die versetzbaren Federklammern *gg* zwei Deckgläschen α und γ festgehalten werden. Zum Gebrauch spannt man bei γ ein ganz reines Deckgläschen ein und schiebt *D* so weit vor- oder rückwärts, dass, wenn *A* an *D* anschlägt, γ sich genau in der Mitte des Gesichtsfeldes vom Mikroskop befindet. Dann bringt man das auszusuchende Material auf ein Deckgläschen in wenig Flüssigkeit und spannt es bei α ein. Durch Bewegung von *A* nach *E* hin und

durch Drehen an der Handhabe *F* bringt man dieses letztere ins Gesichtsfeld, das zu isolirende Stück in die Mitte, hebt es mit einer Präparirnadel oder dergl. unter dem Mikroskope hoch, schiebt *A* bis zum Anschlagen an *D* zurück und senkt die Nadel mit dem Präparat, wodurch dieses in die Mitte von γ übertragen wird.

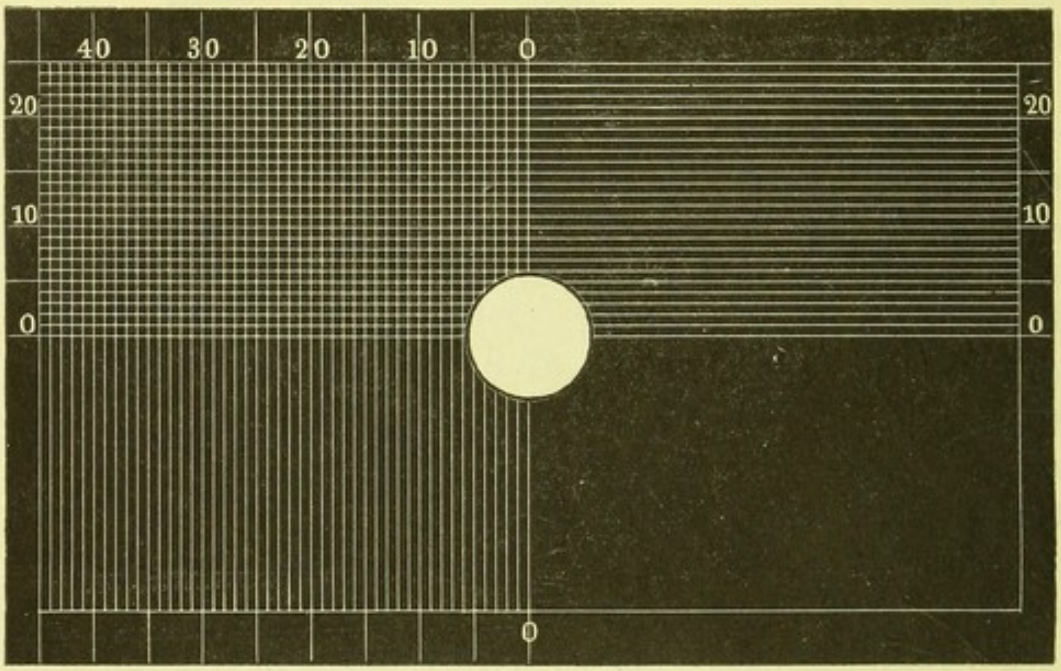
Mechanische Objecttische, welche das Absuchen eines Präparates und das schnelle Wiederfinden einer wichtigen Stelle ermöglichen und daher auch Finder genannt werden, giebt es in verschiedenen Constructionen. Wir betrachten hier die neue Form des beweglichen Objecttisches von Reichert (Figur 47). Zwei rechtwinklige Metallarme *a a* nehmen das Präparat *p* auf, indem man ihnen an den Knöpfen *m m* (mit der Theilung *l*) durch Verschieben in der Querrichtung die gewünschte Stellung giebt. Das in *a a* fixirte Präparat wird durch Drehen der Schraubenköpfe *b b*, deren Achse durch die Hülse *e e* geht, in der Querrichtung langsam verschoben, und die Grösse dieser Querverschiebung wird durch die Theilung *i* angezeigt. Mit dem Vorderkörper des Apparates sind die nach hinten gerichteten Triebstangen *d d* fest verbunden, welche durch die Schraubenköpfe *c c* in der Längsrichtung vor- und rückwärts bewegt werden können und auf die Theilung *k* einspielen. Die Befestigung des Apparates auf dem Mikroskoptische geschieht folgendermaassen: Man lüftet die Schraube *g* etwas, alsdann lässt sich der Messingstab *r r* in *g'* um 90° nach oben drehen. Nun schiebt man die Platte *n*, die vorn bogig ausgeschnitten ist, vorn an die Mikroskopsäule *h*, die zu diesem Zwecke natürlich rund sein muss, so dass *a*, *a*, *n* dem Tische aufliegen, klappt *r r* herab, zieht *g* an und dreht die Schraube *f* so weit vor, dass sie fest an *h* drückt. In dieser Stellung liegt dann der Objectträger dem Mikroskoptische selbst auf. Hat man nun beim Absuchen des Präparates durch Drehen an *b* und *c* eine wichtige Stelle entdeckt, so kann man diese leicht wiederfinden, wenn man sich die



47.

Stellung der drei Theilungen *i*, *k*, *l* notirt hat und später, nach gleichem Einspannen des Präparates, diese drei Stellungen wieder hervorbringt.

Handelt es sich lediglich darum, wichtige Stellen eines Präparates später wiederzufinden, so kann man mit einfacheren Vorrichtungen auskommen, mit einem sogenannten Indicator. Ein sehr einfacher Indicator entsteht, wenn man auf den Tisch, rechts und links von der Oeffnung, ein Kreuz einritzt, das eine +, das andere ×, und nun, nachdem man die zu markirende Stelle des Präparates in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht hat, auf dem Objectträger Tintezeichen anbringt, die sich mit den eingeritzten Kreuzen decken. Eine vollkommenere

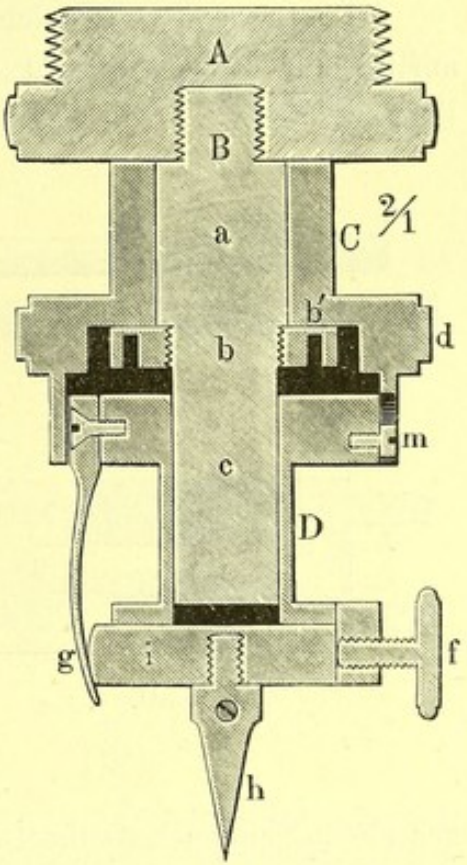


48.

Gestalt gewinnt der Indicator, wenn er (nach Grunow's Angabe) aus zwei rechtwinkligen, dem Objecttische eingeritzten Liniensystemen wie in Figur 48 besteht. Liegt die zu markirende Präparatstelle im Gesichtsfelde, so braucht man nur die Lage der beiden oberen und der linken unteren Ecken des Objectträgers bezüglich des Coordinatensystems zu notiren, um später bei gleicher Lage die gewünschte Stelle schnell wieder aufzufinden.

Einem gleichen Zwecke dient auch der Winkel'sche Markirapparat, der zwar kein Theil des Objecttisches ist, aber trotzdem an dieser Stelle besprochen werden soll. Mit demselben werden die im Präparat wiederzusuchenden Stellen durch kleine, vermittels einer Diamantspitze in das Deckglas geritzte Kreise kenntlich gemacht (Figur 49). Ein solider Metallcylinder *Bc* ist mit dem Stück *A* fest verbunden.

Sein oberer Theil *a* hat den grössten Durchmesser, und über ihn ist eine Drehhülse *C* mit gekerbtem Rande *d* geschoben, welche durch die Schraubenmutterplatte *b'* fixirt wird, doch so, dass sie sich um *a* sanft drehen lässt. Ueber das untere, etwas dünnere Achsenstück *c* passt eine zweite Drehhülse *D*; dieselbe wird durch einen Schraubenstift *m*, der in einem 3 mm langen Längsschlitz von *d* eingreift, mit *c* verbunden, so dass also beide Drehhülsen (*C*, *D*) sich um ihre gemeinsame Achse drehen, wenn man sie durch *d* in Bewegung setzt. Die Hülse *D* trägt den mit Diamantspitze versehenen Stift *h*. Dieser kann, da er an einem Schlitten *i* befindlich ist, durch die Schraube *f* und die Gegenfeder *g* mehr oder minder excentrisch in Bezug auf *B* gestellt werden. — Zum Gebrauch schraubt man, nachdem die zu markirende Präparatstelle in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht und der Objectträger durch die Tischklammern festgelegt wurde, das Objectivsystem vom Tubus ab und ersetzt es durch den Markirapparat, giebt *h* eine dem gewünschten Kreisdurchmesser entsprechende Stellung und senkt den Tubus soweit, dass der Schraubenstift *m* in seinem Schlitze etwas gehoben wird. Dann drückt die Hülse *Dih* mit ihrem Gewichte die Spitze auf das Deckgläschen. Dreht man nun C an *d* einmal um sich selbst, so ritzt *h* einen zarten Kreis in das Deckglas, in dessen Mittelpunkt sich die zu markirende Stelle befindet. —



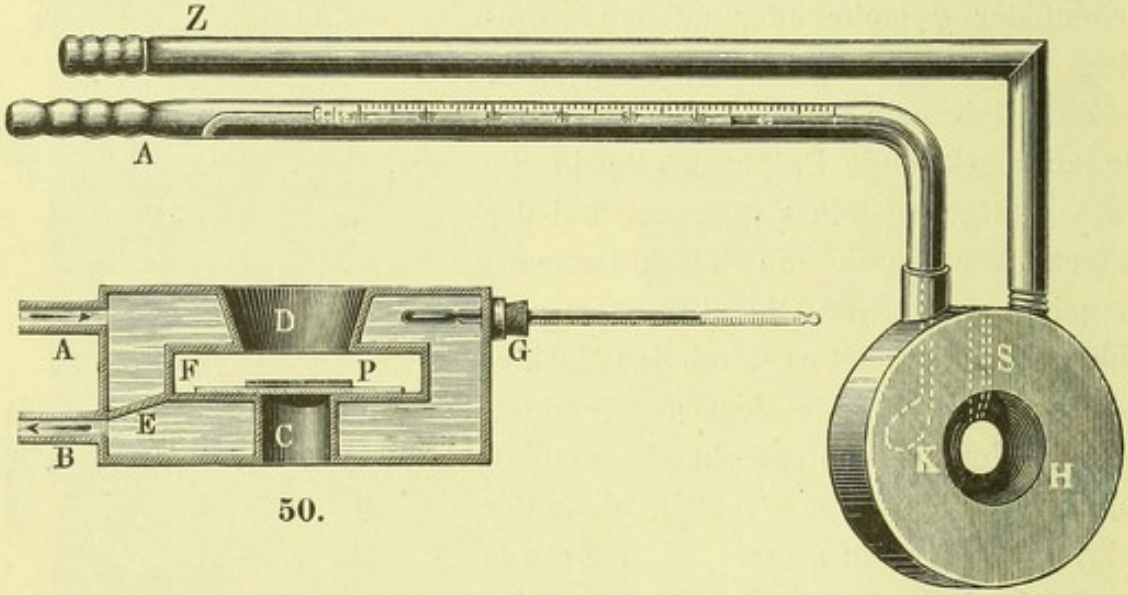
49.

In manchen Fällen ist es nöthig, das unter dem Mikroskop liegende Object bei erhöhter Temperatur zu beobachten. Dazu dient der heizbare Objecttisch. Der erste brauchbare dieser Tische wurde von Max Schulze angegeben. Er bestand aus einer dem Mikroskoptisch aufzulegenden Messingplatte mit mittlerer Oeffnung und zwei seitlichen, nach vorn umbiegenden, langen Zinken, auf die zwei brennende Spirituslampen solange einwirkten, bis ein unter der Platte angebrachtes Thermometer die gewünschte Temperatur anzeigte. — Die neueren Heiztische wenden zur Erwärmung des Objects warmes Wasser an, welches constantere Temperaturen ermöglicht.

Der heizbare Objecttisch von Ranvier (Figur 50) besteht aus einem blechernen Kasten, in dessen innere Höhlung *F* seitlich das Präparat *P* gelegt wird. Bei *D* befindet sich eine trichterförmige Oeffnung zur Aufnahme des mit Watte umwickelten Objectivs, bei *C* eine solche für die Lichtzufuhr. Durch die Röhre *A* wird das erhitzte Wasser zugeleitet (die Scheidewand *E* hat den Zweck, es möglichst lange um das Präparat circuliren zu lassen), durch *B* fliesst es wieder ab. Das Thermometer *G* giebt die im Wasser herrschende Temperatur an.

Eine Erwärmungsvorrichtung, welche auf das, dem Mikroskoptische aufliegende, also von den Beleuchtungsvorrichtungen nicht entfernte Präparat gestellt wird, hat Israel angegeben. Sie besteht (Figur 51)

51.



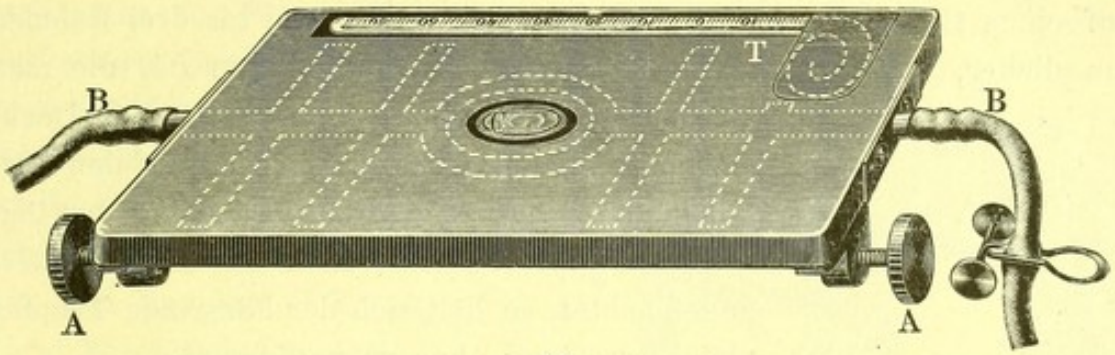
50.

aus einem runden Metallkasten mit centraler Oeffnung *H* zum Einführen des Objectivs und der Scheidewand *S*. Durch das Metallrohr *Z* wird das erwärmte Wasser zugeführt, durch das mit Thermometer *K* montirte Glasrohr *A* abgeleitet.

Auch der heizbare Objecttisch für starke Vergrösserungen von Löwit (Figur 52) gestattet, das Object direct über den Condensor *C* zu legen, welcher, eigens für den Heiztisch construirt, vermittels eines Schlüssels in der Oeffnung desselben befestigt wird. Durch die Schrauben *A A* wird der Heiztisch auf dem Mikroskoptisch befestigt und centrirt; *B B* sind Zu- und Ableitungsrohr für das erhitzte Wasser; dasselbe verbreitet sich im Tische in einem durch die Figur verdeutlichten Röhrensystem. *T* ist das Thermometer.

Ein Heiztisch, der einen schnellen Temperaturwechsel ermöglicht, ist von Flesch construirt worden (Figur 53). Durch das Rohr *a′ a* tritt heisses Wasser in den Tisch, fliesst durch *b*, *c*, *b′* ab, und zwar tropfen-

weise, da der verstellbare Quetschhahn *c* nur wenig geöffnet ist; *d* ist durch eine Klemme geschlossen. Will man nun plötzlich kaltes Wasser durch den Tisch senden, so verbindet man *a''* mit einem solches zufüh-

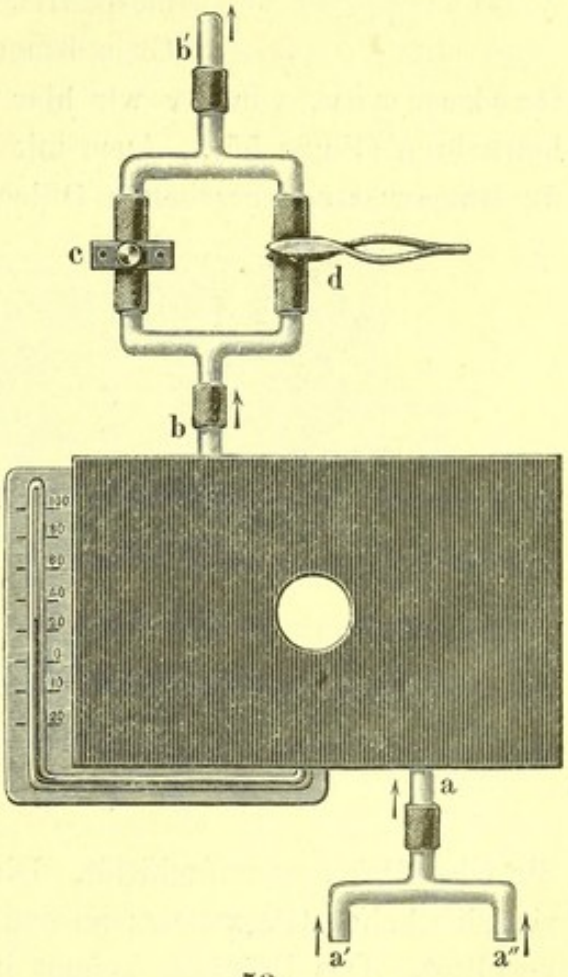


52.

renden Kautschukschlauch, öffnet *d*, worauf das im Tisch befindliche, heisse Wasser schnell abfliesst, schliesst *d* wieder und erzielt dadurch nunmehriges tropfenweises Abfliessen durch *c*. —

Nicht selten müssen Präparate längere Zeit hindurch beobachtet werden, und es darf während dieser Zeit der Beobachtungstropfen nicht austrocknen. Hierzu hat man Apparate ersonnen, welche feuchte Kammern heissen.

Recklinghausen kittet auf den Objectträger um das Deckglas einen weiten, hohen, oben sich verjüngenden Glasring und zieht über diesen ein passendes Kautschukrohr, welches um den Mikroskoptubus mit einer Schnur befestigt wird, so dass also das Objectivsystem sich mit in der feuchten Kammer befindet.

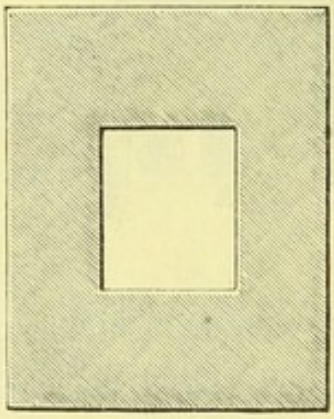


53.

Eine andere derartige Vorrichtung entsteht, wenn man auf einen Objectträger eine Glaszelle kittet und auf diese das Deckglas legt. Letzteres enthält auf der Unterseite im hängenden Tropfen das Object, z. B. lebende Organismen. In den von der Glaszelle gebildeten Innenraum kann man seitlich einige Wassertropfen anbringen, so dass

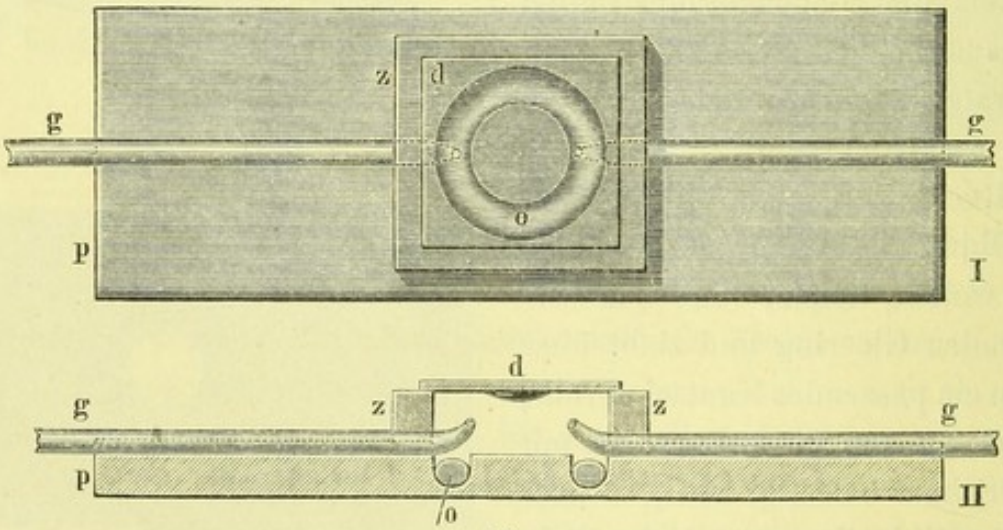
die Verdunstung des hängenden Tropfens lange verzögert wird. Es giebt auch käufliche Objectträger mit Ausschnitten und Kreisrinnen zur Herstellung feuchter Kammern.

Sehr empfehlenswerth ist die feuchte Kammer von Strasburger. Auf einen Objectträger legt man über einander zwei bis drei Rahmen von dicker, lockerer Pappe, etwa von der Gestalt Figur 54, die man vorher mit Wasser durchtränkt hatte. Das Deckglas mit hängendem Tropfen kommt auf den Ausschnitt der oberen Platte zu liegen. Werden täglich die Pappescheiben seitlich mit etwas Wasser angefeuchtet, so hält sich der hängende Tropfen viele Tage lang ohne zu verdunsten.



54.

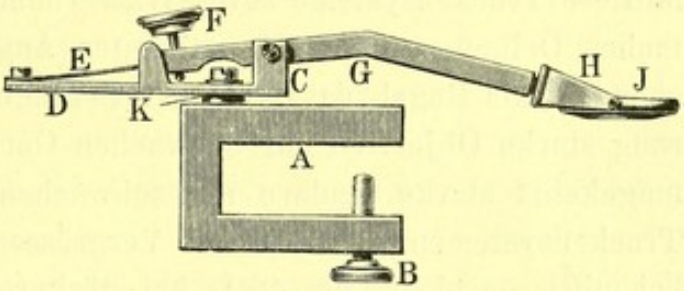
Giebt man der feuchten Kammer eine Einrichtung, dass man gewisse Gase durch sie hindurchleiten kann, um nach Verdrängung der atmosphärischen Luft unter deren Einflusse niedere Organismen etc. zu beobachten, so entsteht die Gaskammer, von der wir hier die von Stricker eingeführte Form betrachten (Figur 55). Dem mit Kreisrinne *o* zur Aufnahme von Verdunstungswasser versehenen Objectträger *p* sind in zwei Längsrinnen



55.

die Glasröhren *g g* aufgekittet. Dieselben treten durch Ausschnitte einer ziemlich hohen Glaszelle *z*; an den Durchschnittsstellen sind sie luftdicht verkittet. Das Präparat kommt im hängenden Tropfen auf das Deckglas *d*; letzteres wird mit Canadabalsam oder dergl. der Zelle *z* luftdicht aufgekittet. Man verbindet eine der Röhren *g* mit dem Gasentwicklungsapparat und regulirt den Durchtritt des vorher gewaschenen Gases durch einen am anderen Rohr angebrachten, verstellbaren Quetschhahn. —

Als ein letztes, zum Mikroskoptisch gehörendes Requisit haben wir das Compressorium zu beschreiben, eine Vorrichtung, vermittels welcher man auf ein Präparat einen gelinden oder stärkeren, auch continuirlich zu verstärkenden, regulirbaren Druck ausüben kann. Figur 56 stellt eine von Schacht angegebene, kürzlich von Fr. Eilh. Schulze verbesserte Construction in halber Grösse dar. Die Schraubzwinge *A* wird mit der Schraube *B* an den Objecttisch geschraubt (eine das Federn verhindernde Klammer ist in der Figur fortgelassen). *A* trägt um *K* drehbar den Support *CD*; in *C* ist beweglich der Kniehebel *G*, der durch *F* höher oder tiefer gestellt werden kann. Der Bewegung von *F* wirkt die Stahlfeder *E* entgegen. In *G* ist die halbkreisförmige Gabel *H* drehbar, an der der geschwärzte, unten etwas conisch zugehende Metallring *J* befestigt ist (mittlere Oeffnung 12 mm). Zur Ausübung von Druck schraubt man den Apparat so an den Tisch, dass die Oeffnung von *J* auf das Deckglas des genau eingestellten Präparates zu liegen kommt; man kann nun durch Vordrehen von *F* den Druck beliebig steigern.



56.

5. Das optische Vermögen des Mikroskopes.

Das optische Vermögen, die Leistungsfähigkeit des optischen Apparates des Mikroskops ist in erster Linie abhängig von der Vollkommenheit des Objectivsystems. Es sind vornehmlich drei Factoren des Objectivs, welche die Güte des mikroskopischen Bildes bedingen, nämlich die Höhe der Vergrösserung (Vergrösserungsvermögen), die Fähigkeit, die mikroskopischen Bilder scharf, mit deutlichen Umrissen darzustellen (Begrenzungsvermögen), endlich die Fähigkeit, möglichst viele Einzelheiten, zarte Structuren des Objectes zur Anschauung zu bringen (Abbildungsvermögen). Jedem dieser drei Factoren wollen wir eine kurze Besprechung widmen.

Die Gesammtvergrösserung des Mikroskopes setzt sich zusammen aus der Vergrösserung des Objectivs (Focalwirkung) und der des Oculars verbunden mit einer entsprechenden Tubuslänge (Angularvergrösserung). Die Vergrösserung des Objectivs ist abhängig von

dessen Brennweite, und zwar ist sie um so grösser, je kleiner die Brennweite ist, sie ist letzterer umgekehrt proportional. Die Flächenausbreitung des vom Objectiv erzeugten, reellen Bildes durch das Ocular, die Angularvergrösserung, ist nicht unbegrenzt. Sie darf sich vielmehr nur in sehr engen Grenzen bewegen, und eine stärkere als zehnfache Ocularvergrösserung dürfte nur in den seltensten Fällen statthaft sein. Stärkere Trockensysteme vertragen eine fünffache, schwächere und mittlere Trockensysteme sowie Wasserimmersionen eine sechs- bis achtfache, Oelimmersionen die stärksten Angularvergrösserungen. Immer aber gilt als Regel, dass man zur Erzeugung einer gewissen Vergrösserung starke Objective mit schwachen Ocularen zu vereinigen hat, nie umgekehrt starke Oculare mit schwachen Objectiven. Bei schwachen Trockensystemen soll man die Vergrösserung nicht über 150 treiben, bei mittleren nicht über 400, bei stärkeren nicht über 700; schwache Wasserimmersionen vertragen eine 500- bis 600fache, starke eine 1500- bis 1700fache Gesammtvergrösserung.

Die ziffermässige Bestimmung der Vergrösserung eines Objectivs bietet keine Schwierigkeiten und kann leicht ausgeführt werden. Da aber die Optiker über ihre Systeme genaue bezügliche Angaben machen, so dürfte eine solche Bestimmung nur sehr selten nöthig werden, und wir sehen daher von einer Besprechung dieses Themas ab.

Die Gleichmässigkeit der Vergrösserung an allen Stellen des Bildes beruht in der Vollkommenheit des Systemes bezüglich der richtigen Vereinigung des Strahlen, sodann in der guten Form der Linsen, welche nicht im geringsten unsymmetrisch sein dürfen, endlich in der richtigen Zusammenfügung der einzelnen und ihrer genauen Centrirung. Eine Ungleichmässigkeit macht sich geltend in einer Verzerrung des Bildes an den Randparthien, einer mehr oder minder starken Wölbung desselben und in gewissen Farbenerscheinungen.

Das Begrenzungsvermögen, auch Zeichnungsvermögen oder Definition eines Systemes ist die Fähigkeit, ein möglichst farbenreines und scharfes Bild zu liefern, ein Factor, der gänzlich im Objectiv liegt und auf den das Ocular ohne Einfluss ist. Er wird bedingt, ausser durch genaue Centrirung der Linsen und ihre vollkommne Form, durch möglichste Beseitigung der sphärischen und chromatischen Aberration (p. 15 ff.) bei völligem Aplanatismus. Ausserdem darf die numerische Apertur (p. 24) nicht über ein gewisses Maass hinausgetrieben werden.

Dass die sphärische und die chromatische Abweichung sich grösstentheils überwinden lassen, haben wir früher (p. 17) auseinandergesetzt. Letztere ist jedoch nur theilweise zu heben, denn wenn z. B. die rothen

und violetten Strahlen auf die gleiche Brennweite gebracht sind, und dadurch diese beiden Spectralfarben vereinigt wurden, so gilt das nicht für die dazwischenliegenden. Diese werden immer noch eine Farbenabweichung (secundäre Farbenabweichung) bedingen, welche sich als Säume mittlerer Farben (gelb, grün) im Bilde zu erkennen geben. Hier hilft man sich wieder durch geeignete Vereinigung mehrer Achromate und drückt dadurch die secundäre Abweichung auf einen nicht belangreichen Rest herab. Ebenso ist es bislang unmöglich gewesen, einen anderen Uebelstand zu bemeistern, der sich in weiteren Farbenerscheinungen geltend macht, von denen eine z. B. ihren Grund hat in der nicht gleichartigen Farbenvereinigung für Strahlenkegel, die unter verschiedener Neigung in das Objectiv treten. Diese Erscheinung bezeichnet man als die chromatische Differenz der sphärischen Abweichung, sie documentirt sich durch verschiedenartige Färbung der Mittel- und Randparthien des Bildes. Auch diesen Uebelstand hat man zu überwinden versucht, wenn es auch bislang nicht möglich war, ein völlig farbloses Bild zu erzielen. Vielmehr gleicht man die Systeme so aus, dass sie für Strahlen einer Lichtgattung ein möglichst scharfes Bild liefern, gewöhnlich für Grüngelb (bei Systemen zur Photographie für Blauviolett).

Erst in neuester Zeit hat Abbe bewiesen, dass sich durch Verwendung anderer Arten optischer Gläser Systeme herstellen lassen, bei denen drei Farben auf die gleiche Brennweite gebracht, die sphärische Abweichung für zwei Farben corrigirt werden, und die Farbencorrection für alle Zonen des Gesichtsfeldes eine gleich richtige sein kann. Sie heissen Apochromate und geben in allen Parthien fast völlig farblose Bilder von gleicher Schärfe für alle Farben des Spectrums.

Unter Abbildungsvermögen (Auflösungsvermögen und Unterscheidungsvermögen) begreift man die Fähigkeit eines Objectivs, kleine und zarte Structuren eines Objectes zur Anschauung zu bringen. Diese Fähigkeit steht im geraden Verhältnisse zur Oeffnung, oder genauer gesagt, zur numerischen Apertur (p. 24) des Systems. Je grösser die numerische Apertur, desto stärker das Abbildungsvermögen. Das Bestreben der Optiker ist in der Neuzeit besonders darauf gerichtet, bei ihren Systemen eine möglichst grosse Apertur zu erreichen. Wird diese jedoch über ein gewisses Maass hinaufgetrieben, so wird dadurch das Begrenzungsvermögen herabgemindert, zumal dann, wenn den Correctionen der Abweichungen nicht die gleiche Sorgfalt gewidmet wird. Man sollte hier zumal bei mittleren Systemen ein gewisses Optimum nicht überschreiten, denn für den Histologen ist bei

diesen das Begrenzungsvermögen von mindestens derselben Wichtigkeit wie das Abbildungsvermögen. Zeiss fertigt z. B. aus diesem Grunde seine mittleren Systeme in doppelter Ausführung an, einmal mit geringerer, dann mit höherer Apertur; letztere sind für die Zwecke des Histologen zweifellos weniger empfehlenswerth als erstere.

Gewöhnlich wird mit dem Abbildungsvermögen das sogenannte Durchdringungsvermögen oder die Penetration verwechselt, obgleich beide im Gegensatze zu einander stehen. Unter Penetration versteht man die Fähigkeit eines Systems, nicht nur die eingestellte Bildebene zur Anschauung zu bringen, sondern gleichzeitig weitere Bildebenen, die dieser zwar nahe, aber in verschiedenen Tiefen liegen (Tiefenzeichnung). Diese Eigenthümlichkeit beruht nach Abbe's Untersuchungen einestheils auf der Accomodationsfähigkeit unseres Auges, wodurch unbewusst Bilder in verschiedenen Tiefen gleichzeitig eingestellt werden, sodann in der Unempfindlichkeit desselben gegen kleine Fehler in der Strahlenvereinigung, woraus die eigentliche Focustiefe resultirt. Abgesehen von dem Einfluss, den das Einschlussmittel des Präparates auf sie ausübt, ist sie um so grösser, je schwächer die Vergrösserung und je geringer die numerische Apertur eines Systemes sind, sie ist um so geringer, je stärker beide werden. Bei schwachen Systemen und geringer Apertur ist sie vorwiegend bedingt durch die Accomodationsfähigkeit des Auges, bei starken tritt diese fast ganz ausser Wirksamkeit, und es kommt nur die eigentliche Focustiefe zur Geltung; absolut nimmt die Penetration bei starken Systemen sehr bald ab[1]. Wo eine möglichst grosse Penetration zum Verständniss des Bildes gewünscht wird, hat man daher Systeme mit geringen numerischen Aperturen zu wählen und zur Beleuchtung des Bildes enge Blenden zur Erzeugung enger Beleuchtungskegel anzuwenden.

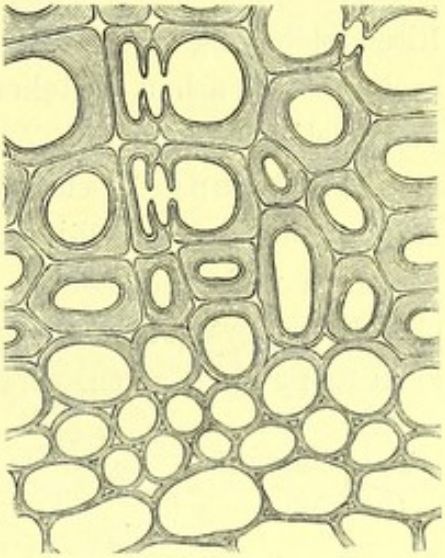
Das Begrenzungs- wie das Abbildungsvermögen lassen sich durch geeignete mikroskopische Objecte, sogenannte Probeobjecte oder Testobjecte prüfen. Wir wollen hier einige der wichtigeren kurz erwähnen.

Begrenzungsvermögen. Zur Prüfung lässt sich die grössere Mehrzahl zarter mikroskopischer Schnitte verwenden, wenn dieselben aus einigermaassen scharf umgrenzten Theilen bestehen. Die Umrisse müssen als scharfe und dabei zarte, farblose oder von ganz schmalen, den secundären Farben angehörigen Farbensäumen begrenzte Linien er-

[1]) Die Penetration beträgt z. B. für ein System mit der numerischen Apertur 0·35 = 0·03 mm, für ein solches von 1·00 nur 0·002 mm.

scheinen. Ergeben sich verschwommene und noch dazu von breiten Primärfarben eingefasste Umrisse, so ist das ein Zeichen mangelhaften Begrenzungsvermögens.

Zur Prüfung des Begrenzungsvermögens schwächerer Systeme kann man z. B. die Tracheen von Insecten, die Muskelfasern von Wasserkäfern (Hydrophilus) oder Querschnitte durch Nadelhölzer benutzen. Bei den ersten müssen die Umrisse scharf, die spiraligen Querstreifen deutlich und nicht verschwommen, die Zwischenräume zwischen den einzelnen farblos erscheinen. An den in Glycerin zu beobachtenden Muskelfasern der Wasserkäfer müssen bei scharfen Umrissen die abwechselnd hellen und dunklen Scheiben deutlich zu erkennen, die hellen ungefärbt sein. Auf dem sehr leicht herzustellenden dünnen Querschnitt durch einen jungen Zweig eines Nadelholzes (Figur 57) sollen die inneren Zellconturen zart, aber scharf und dunkel, möglichst farblos erscheinen. Es eignet sich dieses Object wegen seiner völligen Unveränderlichkeit besonders für den vorliegenden Zweck.



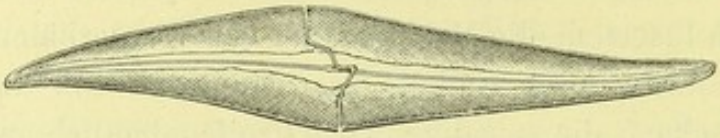
57.

Objecte zur Prüfung des Begrenzungsvermögens stärkerer und stärkster Systeme (von 0·8 numerischer Apertur [1] aufwärts) liefern z. B. Schleimkörperchen und Zellen des Pflasterepithels von der Mundschleimhaut, Kerntheilungsfiguren grösserer Zellkerne aus dem Schwanze der Salamanderlarve oder aus jungen Wurzeln von Bohne, Lauch etc., endlich zerbrochene Exemplare trocken eingelegter Diatomeen. Bei den in Wasser zu betrachtenden Schleimkörperchen und Epithelzellen sind es zumal die zarten Umrisse, die bei 300- bis 400facher Vergrösserung äusserst scharf und ungefärbt dargestellt sein müssen. Zellkerne eignen sich im tingirten Zustande für noch stärkere Vergrösserungen: ein scharfes Hervortreten der Kernspindel ist hier zu verlangen. Von

---

[1]) Im Folgenden werden die Systeme stets nach den numerischen Aperturen bezeichnet, denn die Angabe der Vergrösserung giebt kein Maass für ihre Leistungsfähigkeit. Die meisten Optiker geben für ihre Systeme die numerische Apertur an; wo nur der Oeffnungswinkel vermerkt ist, kann man die zugehörige Apertur nach der auf p. 24 gemachten Angabe leicht berechnen oder sie in für diesen Zweck berechneten Tabellen nachschlagen (Cfr. Behrens, W., Tabellen zum Gebrauch bei mikroskopischen Arbeiten, Braunschweig 1887, No. XXX, XXXI).

Diatomeen eignet sich vortrefflich Pleurosigma angulatum, dessen gebrochene Ränder ein sehr gutes Object für gleiche Vergrösserungen abgeben. Man sucht mechanisch zerrissene Exemplare auf (Figur 58), wie sie sich in jedem Präparate zahlreich finden. Die an einem solchen, in die Mitte des Gesichtsfeldes gerückten Risse sich zeigenden Farbensäume müssen ganz schmal sein und aus secundären Farben bestehen, die Ränder selbst dürfen weder breit noch verwaschen erscheinen.

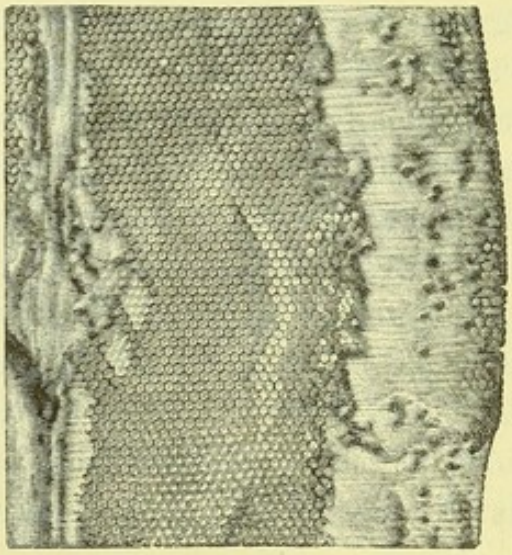


58.

Abbildungsvermögen. Zur Prüfung des Abbildungsvermögens eignen sich solche Objecte, die mit zahlreichen sehr zarten, gleichmässigen und gleichmässig angeordneten Structuren versehen sind. Es sind besonders solche Diatomeen zu empfehlen, deren Kieselpanzer die zartesten Felderungen, Streifen etc. zeigen. Abgesehen von ihrem Einschlussmittel verhalten sie sich gegen gerade und schiefe Beleuchtung verschieden, bei letzterer sind ihre Structuren leichter zu lösen als bei ersterer.

59.

60.

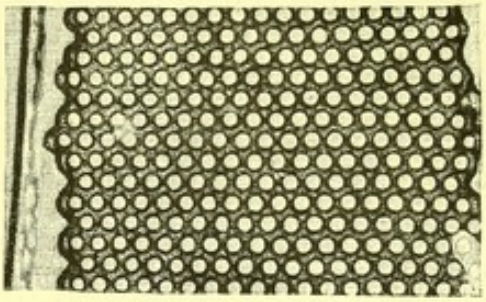


61.

Ein seit lange von den Mikrographen mit Vorliebe angewandtes Probeobject ist Pleurosigma angulatum. Mit schwächeren Systemen erscheinen auf der Diatomee Streifensysteme (Figur 59; Vergr. 200), welche sich bei Aperturen von 0·8 in Felderzeichnung auflösen (Figur 60; Vergr. 450). Bei Anwendung von Wasserimmersionen mit einer Apertur von 1·0 löst sich diese Felderung in ein Maschenwerk von regelmässigen Sechsecken auf (Figur 61; Vergr. 1200). Sehr starke Vergrösserungen lösen diese Sechsecke zu dunklen Kreisen auf, zwischen welchen die vollkommensten Oelimmersionen noch dunkle Punkte zeigen (Figur 62; Vergr. 3600, mit Winkel's homogener

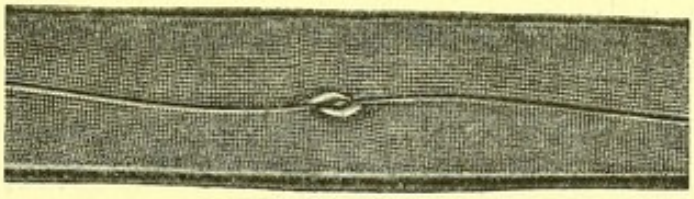
Immersion $^1/_{24}$ [1·26 num. Ap.], Ocular 2 und centraler Sonnenbeleuchtung, nach einer Originialphotographie von Herrn C. Winkel jun.)

Sehr günstige Probeobjecte liefern diejenigen Diatomeen, deren Felderung hauptsächlich nach der Querrichtung stärker entwickelt ist und hier leichter gelöst wird, so dass diese Objecte nach der Lösung mit Querstreifen bedeckt erscheinen.

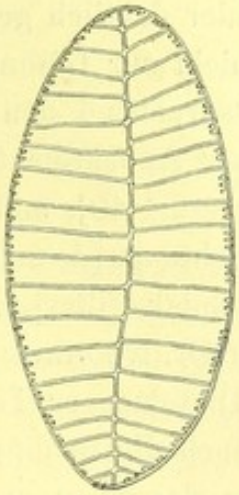


62.

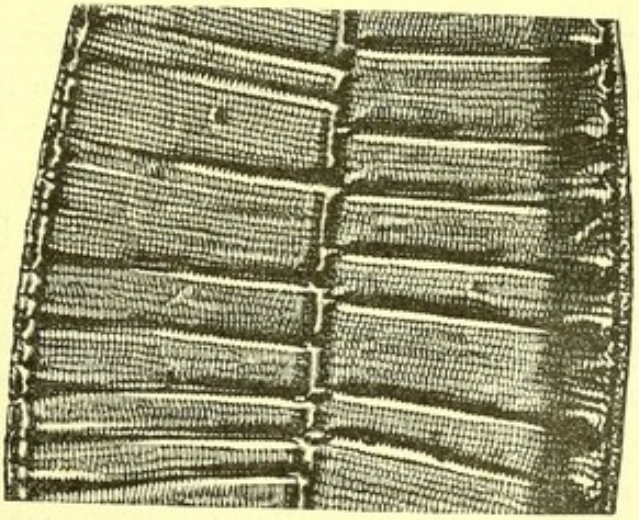
Für schwächere Systeme giebt Pleurosigma balticum ein geeignetes derartiges Object ab. Trocken eingelegt wird die Querstreifung bei schiefer Beleuchtung mit Systemen von 0·40, bei centraler von 0·48 numerischer Apertur gelöst. Wird die Vergrösserung weiter getrieben, so erscheint hier eine Felderung wie in Figur 63 (Vergr. 460) und bei stärksten Vergrösserungen (für die vorliegendes Object jedoch nicht geeignet ist) erscheint eine analoge Structur wie in Figur 62, jedoch liegen hier die dunklen Kreise in der



63.



64.



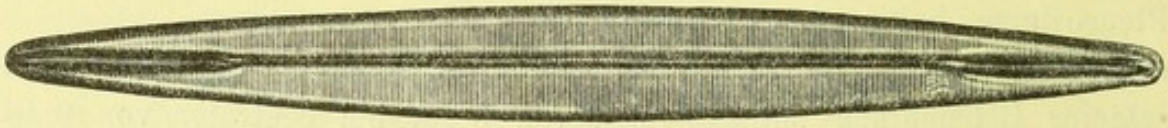
65.

Längsrichtung unter einander, nicht wie bei Pleurosigma angulatum in dem Intervall von je zwei darüberliegenden.

Ein vortreffliches Probeobject für mittlere, von Wasserimmersionen gelieferte Vergrösserungen (num. Ap. = 1·0 bis 1·20) bildet Surirella Gemma (trocken eingelegt). Während bei schwachen Vergrösserungen

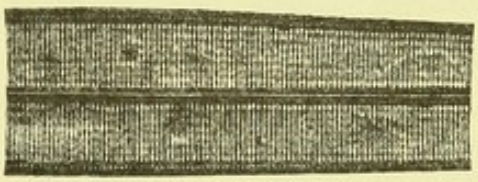
eine Lösung nicht stattfindet, und nur starke Querrippen zu erkennen sind, die die Diatomee zahlreich durchziehen (Figur 64; Vergr. 300), erscheinen bei numerischen Aperturen von 1·0 an zwischen diesen Querrippen sehr dicht gedrängte, äusserst zarte, diesen parallel laufende Rippen, welche sich bei Anwendung stärkster Wasser- und Homogenimmersionen in eine Felderung von langgezogenen Sechsecken auflösen, zumal bei schiefer Beleuchtung (Figur 65; Vergr. 1200).

Das schwierigste bekannte Probeobject bietet Amphipleura pellucida dar, welche, in Monobromnaphthalin oder Zinnchlorür eingelegt,



66.

bei schiefer Beleuchtung von den stärksten Systemen, vornehmlich Oelimmersionen gelöst wird. Figur 66 zeigt die durch ein stärkeres Oelsystem gelöste Diatomee (Vergr. 1200, mit Winkel's hom. Immers. $^1/_{20}$ [num. Ap. = 1·27], Ocular 2, schiefe Sonnenbeleuchtung, nach einer Originalphotographie des Herrn C. Winkel jun.). In Figur 67 ist ein Stück der Amphipleura dargestellt, welches wohl die höchste bis jetzt erzielte Löslichkeitsgrenze illustrirt; die Querstreifungen zeigen sich hier deutlich geperlt, die Ursache davon ist wahrscheinlich eine bislang nicht zur Lösung gebrachte Felderung der Diatomee, entsprechend den oben beschriebenen (Vergr. 1800, mit Zeiss' Apochromat Oelimmersion 2 mm Brennweite [num. Ap. = 1·40], und Projectionsocular No. 4, bei Sonnenbeleuchtung [Abbe's Beleuchtungsapparat; Kupferoxydammoniak-Filter], nach einer Originalphotographie des Herrn Dr. Neuhauss). —



67.

68.

Früher wandte man neben den Diatomaceen-Testobjecten für das Abbildungsvermögen noch die Schüppchen der Schmetterlingsflügel zur Prüfung desselben an. In neuerer Zeit sind diese Objecte, die sich nur für mittlere Systeme eignen, fast ganz durch die ersten verdrängt worden. Da aber die Optiker ihren Instrumenten gewöhnlich ein solches Präparat von Hipparchia Janira beilegen, so geben wir hier noch die Abbildung eines Schüppchens dieser Art bei 300facher Vergrösserung (Figur 68). Mit Systemen von 0·7 numerischer

Apertur müssen zwischen den starken Längsrippen zarte Querstreifchen erscheinen, wie sie die Abbildung zeigt.

Zum Schluss führen wir hier einige wichtige Diatomaceen-Testobjecte mit Querstreifung auf, unter Angabe der numerischen Aperturen, bei denen die Lösung der Streifung stattfinden muss (nach Dippel):

Numerische Apertur.	Es muss gelöst werden
	A. Bei centraler Beleuchtung
0·45	Pleurosigma balticum
0·55	Grammatophora marina
0·65	Grammatophora serpentina
0·75	Nitzschia Sigma
0·85	Grammatophora oceanica
1·00	Surirella Gemma
	B. Bei schiefer Beleuchtung
1·05	Grammatophora subtilissima
1·10—1·25	Amphipleura pellucida.

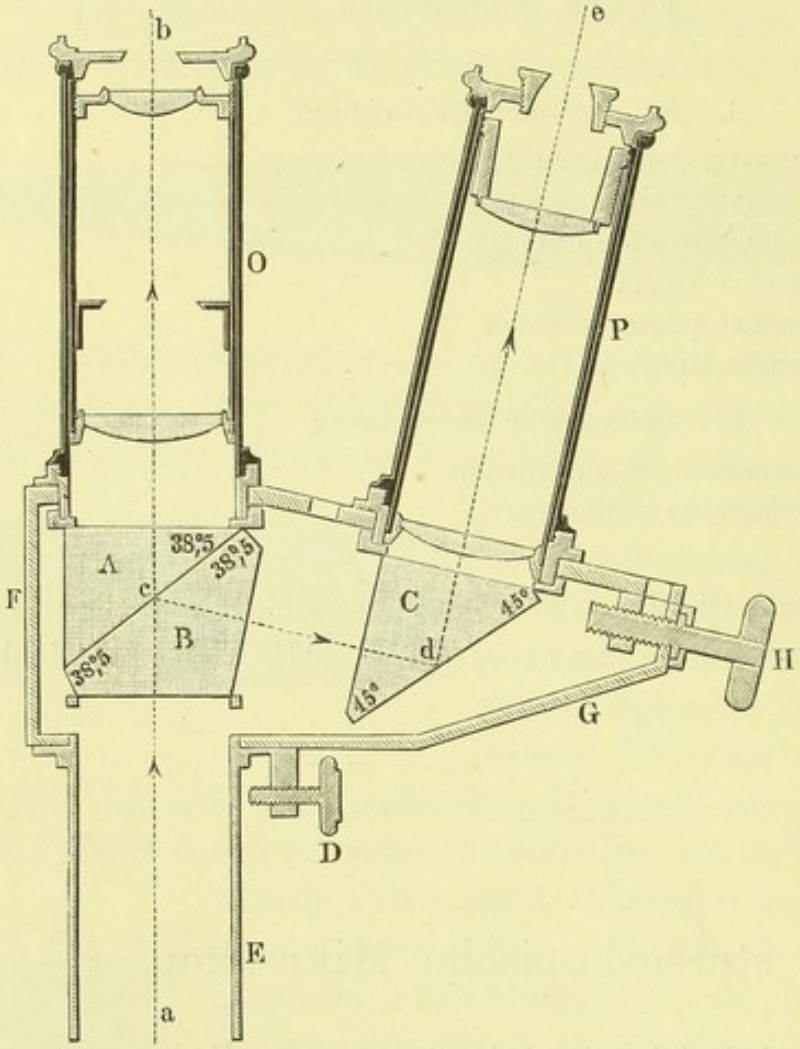
Für die ersten sechs Objecte tritt bei schiefer Beleuchtung die Lösung schon bei Aperturen ein, die um 0·05 bis 0·10 kleiner sind als die angegebenen.

IV. Das stereoskopische Mikroskop.

In einigen Fällen, beispielsweise beim Studium von Embryonen und anderen kleinen körperlichen Gebilden, ist es hier und da wünschenswerth, dieselben unter dem Mikroskope körperlich zu sehen. Hierzu dient der stereoskopische Apparat, der dem Mikroskop an Stelle des Oculars aufgesetzt wird. In Figur 69 ist die Construction eines solchen von Abbe im Längsschnitt dargestellt.

Das Rohr E wird in den Tubus geschoben und durch die Schraube D fixirt. E erweitert sich oben in den allseitig geschlossenen Metallkasten FG, in welchem sich zunächst ein Doppelprisma aus Crownglas AB befindet. Dieses ist aus den beiden Einzelprismen A und B zusammengesetzt, die an ihrer gemeinsamen Fläche durch eine dünne Luftschicht getrennt sind. Gegen die Horizontale ist diese Fläche in einem

Winkel von 38°5′ geneigt. Ein aus dem Mikroskop tretender Lichtstrahl *a*, welcher die Luftschicht in *c* trifft, erleidet daselbst eine Spaltung; etwa $^2/_3$ seines Lichtes setzt den Weg in unveränderter Richtung fort (*cb*), der Rest hingegen wird an der Luftschicht reflectirt und nimmt die Richtung *cd* an, welche unter 13° gegen die Horizontale geneigt ist. Er verlässt das Prisma unter rechtem Winkel und tritt in das Prisma *C* in derselben Weise ein, erleidet also beidemal keine Brechung. Die Hypotenuse des rechtwinkligen Prismas *C* trifft er in *d* unter 45°, er wird unter demselben Winkel reflectirt (vgl. p. 2), und tritt als *de* aus, mit *ab* einen Winkel von 13° bildend. Ueber *A* und *C* befindet sich je ein Ocular (*O*, *P*); *P* ist in einer Schlittenführung beweglich, man kann ihm durch die Schraube *H* eine der Pupillendistanz des Beobachters entsprechende Stellung geben. Hierbei verschiebt sich die Hypotenusenfläche von *C* parallel, wodurch zwar *cd* verkürzt oder verlängert wird, während sich an dem Reflexionswege des Strahls *acde* weiter nichts ändert. Wird das mikroskopische Bild zugleich durch die beiden offenen Oculare betrachtet, so dient die Vorrichtung als binoculäres Mikroskop, als Mikroskop zur Beobachtung mit beiden Augen, aber das Bild erscheint noch nicht körperlich wie im Stereoskop. Um ein stereoskopisches Bild hervorzubringen, müssen über die Oculare Blenden gesetzt werden (in der Abbildung im Durchschnitt dargestellt), welche die Hälfte der ins Auge gelangenden Strahlenkegel abschneiden. Es sind Blenden mit halbkreisförmiger Oeffnung,

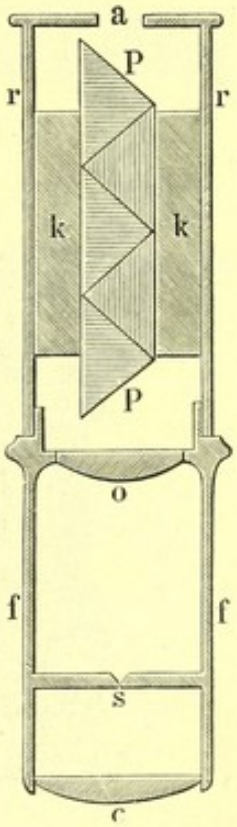


69.

sogenannte Halbdiaphragmen, deren gerade Seite genau in der optischen Achse des Oculars liegt. Für jede Tubushöhe ist die Stellung dieser Halbdiaphragmen ein- für allemal zu justiren und zwar so lange, bis das stereoskopische Bild keine parallactischen Verschiebungen gegen die Blendungskante mehr zeigt.

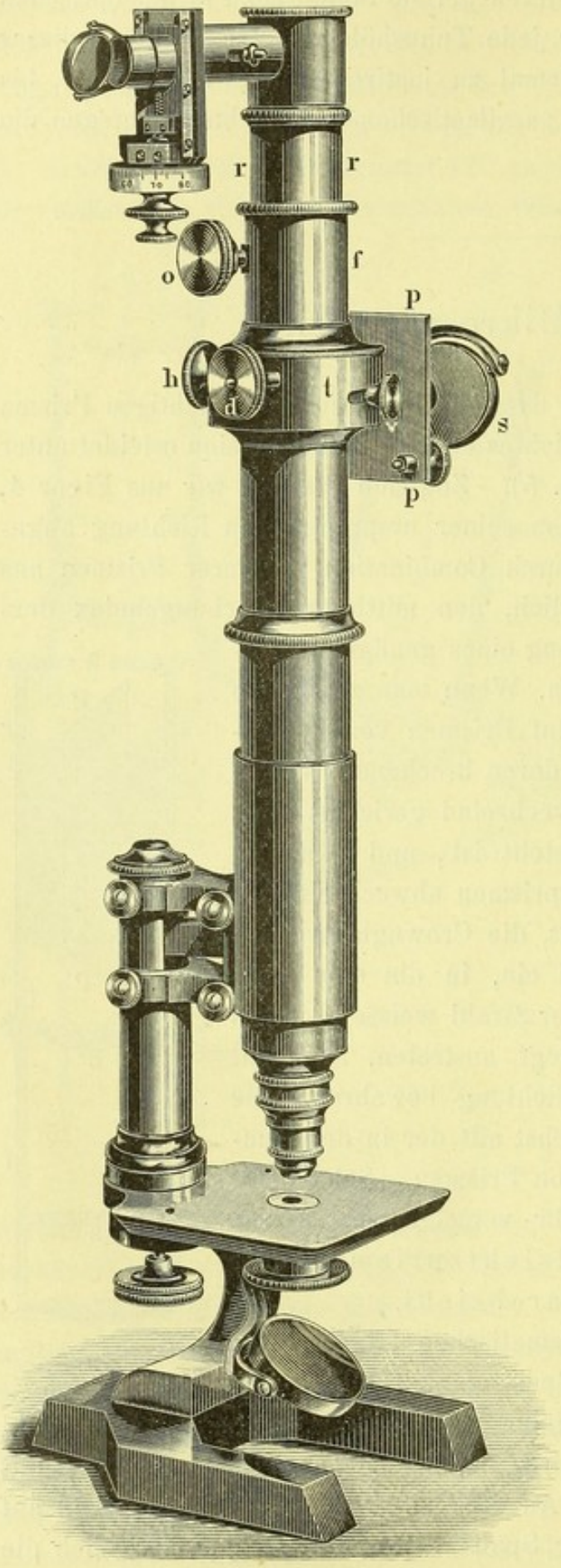
V. Das Mikrospectroskop.

Es wurde früher erwähnt, dass ein durch ein durchsichtiges Prisma tretender Strahl weissen Tageslichtes eine Farbendispersion erleidet unter Bildung eines Spectrums (p. 5). Zugleich ersahen wir aus Figur 4, dass der Strahl hierbei ganz von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt wird. Es ist jedoch durch Combination mehrerer Prismen aus verschiedenen Glassorten möglich, den mittleren Brechungsindex derselben aufzuheben unter Wahrung eines genügend grossen Restes von Farbendispersion. Wenn man z. B. nach dem Vorschlage von Amici fünf Prismen von Crownglas und Flintglas combinirt, deren brechende Winkel (p. 5) 90° betragen und abwechselnd gerichtet sind, wie es in *pp* Figur 70 dargestellt ist, und zwar so, dass Crownglas- und Flintglasprismen abwechseln (die Flintglasprismen sind senkrecht, die Crownglasprismen horizontal schraffirt), so wird ein, in die eine Endfläche der Combination tretender Strahl weissen Lichtes an der anderen in Farben zerlegt austreten, aber mit dem Eintrittsstrahl dieselbe Richtung bewahren. Die Ausdehnung des Spectrums wächst mit der in der Combination enthaltenen Anzahl von Prismen. Solche Zusammenstellungen, die in sehr verschiedener Weise möglich sind, heissen Geradsichtsprismen oder Prismen zur geraden Durchsicht.



70.

Figur 70 stellt einen schematischen Längsschnitt durch einen mikroskopischen Spectralapparat dar, der, weil er am Mikroskop die Stelle des Oculars einnimmt, auch wohl Spectralocular genannt wird. Er besteht aus einem Ocular *f* mit Augenglas *o* und Collectiv *c*. An Stelle der Blende (vgl. Figur 25 auf p. 28) befindet sich ein enger Spalt *s*. Auf das Ocular lässt sich die Prismenröhre *rr* setzen, in welcher sich, durch einen Korkmantel *kk*

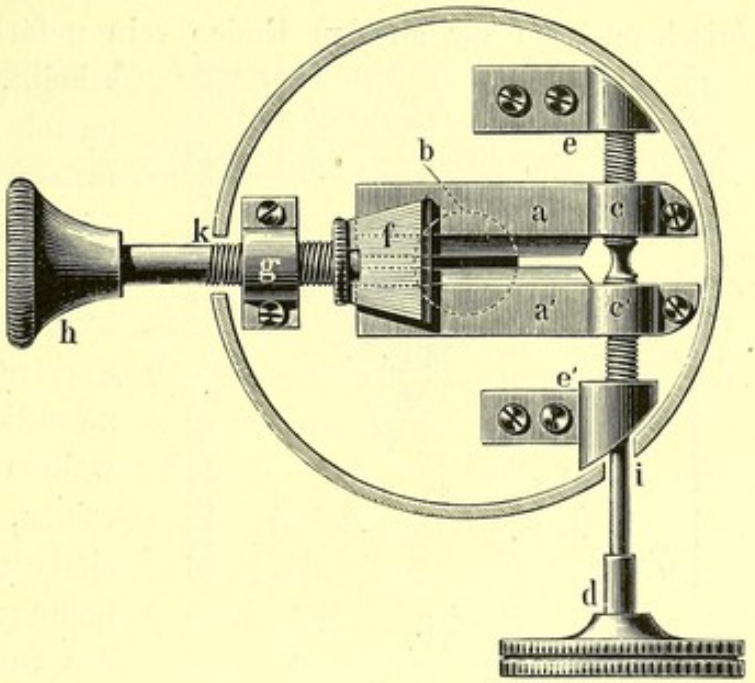


71.

gehalten, die Amici'schen Geradsichtsprismen *pp* befinden; über ihnen ist eine runde Oeffnung *a* zum Hineinsehen. Um den Apparat zu mikroskopischen Untersuchungen tauglich zu machen, müssen noch einige Vorrichtungen angebracht werden, durch die er ziemlich complicirt wird.

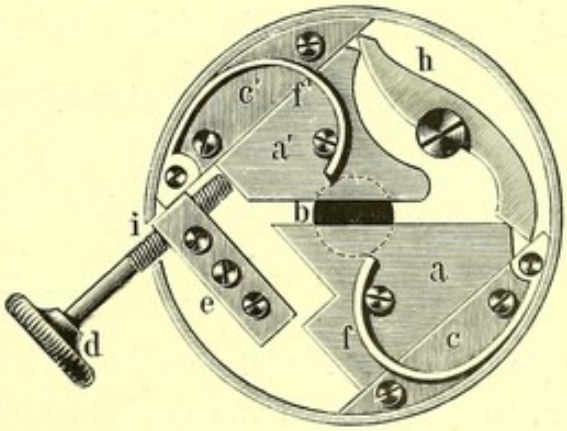
Die Form der Sorby-Browning'schen Construction des Mikrospectroskops, wie sie von Seibert geliefert wird, zeigt Figur 71 auf dem Mikroskope. Die Prismen befinden sich in der Röhre *r*; zwischen *r* und *f* ist das Ocularglas, es kann vermittels des Triebes *o* auf den Spalt scharf eingestellt werden. Der Spalt ist nebst einer anderen, unten zu besprechenden Vorrichtung in der Trommel *t* befindlich, es ist nöthig, dass man ihn verengern oder erweitern, verlängern oder verkürzen kann. Ersteres geschieht durch die Schraube *d*, letzteres durch *h*, und zwar in der in Figur 72 (Grundriss) versinnlichten Weise. Die Trommel hat eine centrale Oeffnung *b*, über dieser befinden sich, parallel neben einander liegend, die den Spalt bildenden Schneiden *aa'*, welche

in den daran befindlichen Metallklötzchen *cc'* Schraubenmuttern haben. Durch diese gehen zwei, an der gemeinschaftlichen Achse *i* befindliche, mittels der Führungen *ee'* fixirte Schrauben ohne Ende. Dreht man *d* nach der einen oder anderen Richtung, so erweitert oder verengt sich der Spalt. Die zu *i* senkrecht stehende Schraubenachse *k* ist in der Mutter *g* beweglich. Das schaufelförmige Metallstück *f* ist drehbar mit *k* verbunden. Dreht man *h* vor, so schiebt sich *f* allmählig dem Mittelpunkte der Trommel näher, indem es den Spalt verkürzt.



72.

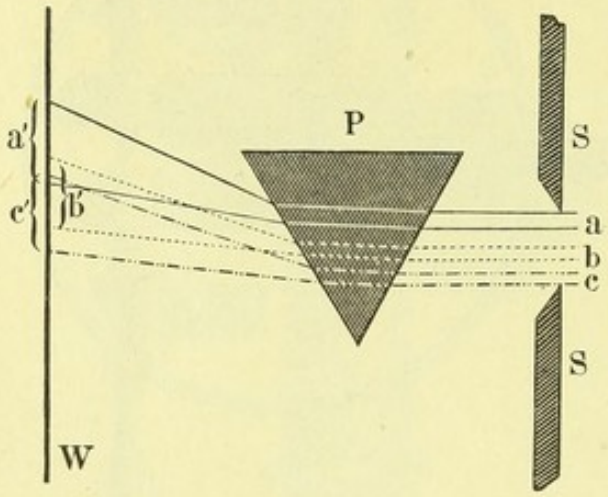
Eine zweite, häufig angewandte Spaltregulirung ist von Merz angegeben worden (Figur 73). Die beiden spaltbildenden Metallstücke *aa'* gleiten in den Schwalbenschwanzführungen *cc'*; zwei gekrümmte Federn *ff'* drücken gegen sie und verleihen dem Spalt *b* das Bestreben sich zu schliessen. Beide Spalthälften stossen an den drehbaren Hebel *h*. Bei *i* tritt die Stellschraube *d* in die Trommel, sie hat ihre Führung in *e*. Dreht man sie vorwärts, so wirkt sie der Feder *f'* entgegen und verschiebt die Spaltbacke *a'* nach hinten. Diese bewegt den Hebel *h*, der mit dem anderen Ende auf *a* drückt und, der zweiten Feder *f* entgegenwirkend, die Backe *a* nach vorn verschiebt. Der Spalt erweitert sich also unter Parallelverschiebung von *aa'*.



73.

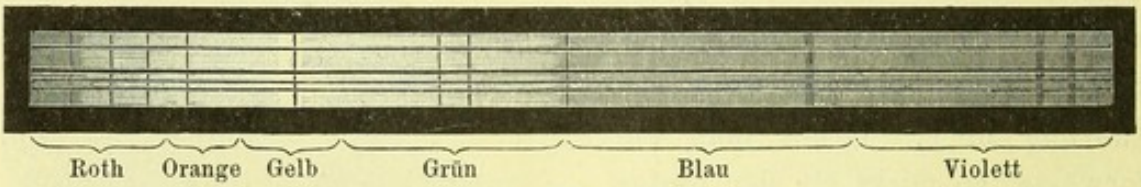
Diese complicirten Spaltbewegungen sind nothwendig, da zur Erzeugung eines farbenreinen Spectrums eine genaue Regulirung des Spaltes Vorbedingung ist. Sei *SS* (Figur 74) der Spalt, *P* ein

brechendes Prisma, *W* ein Schirm. Der Spalt soll so weit sein, dass er drei Strahlenbündeln *a*, *b*, *c* den Durchtritt gestattet. Jedes Strahlenbündel erzeugt auf *W* ein Spectrum: *a'*, *b'* und *c'*. Die drei Spectren fallen theilweise über einander, und die Folge davon ist, dass dieses Mischspectrum nur an den Enden rein gefärbt, roth resp. violett erscheint, während es in der Mittelparthie aus undefinirbaren Mischfarben besteht. Würde man aber *SS* einander soweit nähern, dass nur der Strahl *b* durch den Spalt treten kann, so würde nur das Spectrum *b'* erzeugt. Dieses wird zwar lichtschwächer sein als bei weitem Spalt, aber viel farbenreiner, und farbenreine Spectren sind also durch enge Spaltstellung bedingt. — Auch die Schneiden des Spaltes müssen sehr genau und geradlinig gearbeitet sein, selbst Staubtheilchen dürfen an ihnen nicht haften und sind mit einem angefeuchteten Hölzchen zu entfernen. Sie würden nämlich bei den Beobachtungen sehr störend wirken, da man sie im Spectrum als dunkle, dasselbe der Länge nach durchziehende Linien bemerkt (Figur 75).



74.

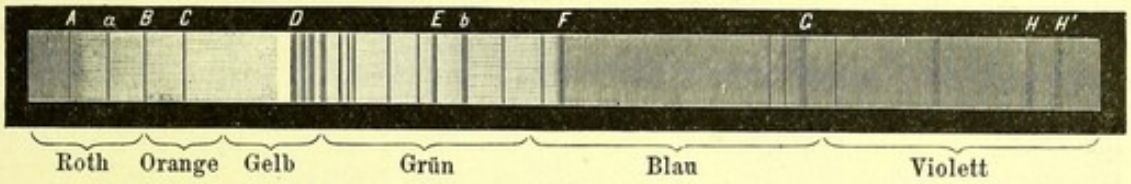
Wird ein Spectrum durch eine künstliche Lichtquelle erzeugt, so zeigt es lediglich die sieben bekannten Farben (continuirliches



75.

Spectrum), wendet man dagegen Sonnenlicht zur Erzeugung desselben an, so erscheint es von dunkeln Linien und Liniensystemen in der Querrichtung durchzogen, welche als Fraunhofer'sche Linien bekannt sind. Es finden sich im Sonnenspectrum Hunderte solcher Linien; das Mikrospectroskop bringt aber nur die stärksten zur Anschauung, bei Anwendung diffusen Tageslichtes etwa die in Figur 76 wiedergegebenen. Nach den glänzenden Entdeckungen Kirchhoff's werden sie hervorgebracht durch glühende Dämpfe chemischer Elemente in der Sonnenphotosphäre, die von dem sehr hellen Sonnenkern durchstrahlt

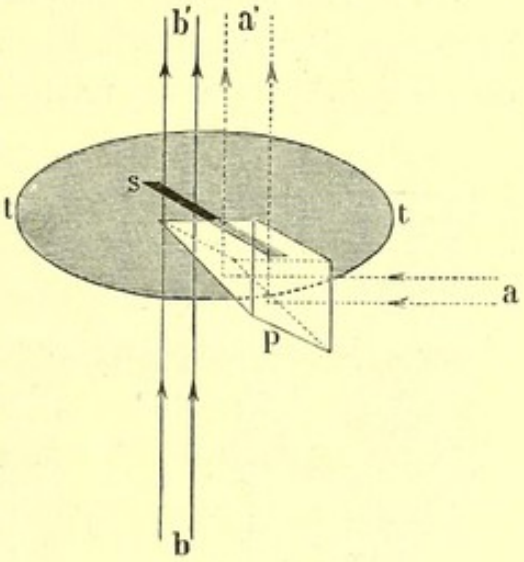
wird. Die Fraunhofer'schen Linien, die constant an denselben relativen Stellen des Spectrums auftreten, geben ein vortreffliches Mittel ab, die verschiedenen Regionen desselben zu bezeichnen. In Figur 76 sind die wichtigsten mit denjenigen Buchstaben bezeichnet, die man



76.

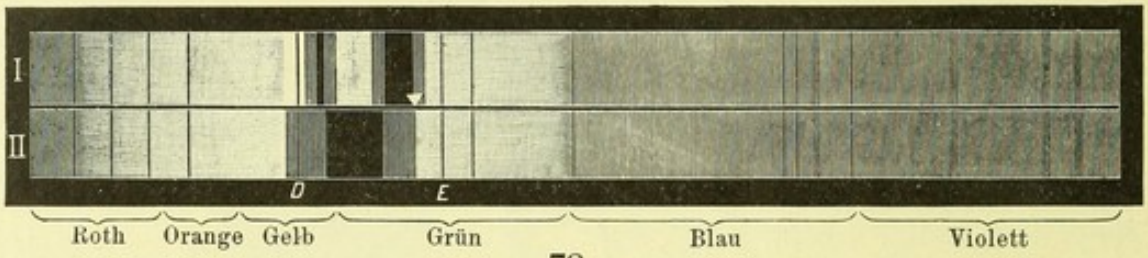
allgemein dafür eingeführt hat. Spricht man z. B. von der Länge der Lichtwelle λ_D (vgl. p. 2), so meint man damit das Licht jener Farbe des Spectrums, wo die Fraunhofer'sche Linie D (Linie des Natriumdampfes) gelegen ist, nämlich reines Gelb.

Will man das Spectrum eines zu untersuchenden Stoffes (z. B. einer Farblösung) mit dem Spectrum eines ähnlichen, bekannten Stoffes vergleichen, so würde dies schwierig sein, wenn man zuerst ein Spectrum des ersten Körpers erzeugte, diesen entfernte, und nun den bekannten Körper zur spectroskopischen Untersuchung zöge. In dem Kirchhoff-schen Vergleichsprisma haben wir ein Mittel, die Spectra beider Stoffe gleichzeitig neben einander als Doppelspectrum zu entwerfen. — In Figur 77 stellt tt die obere Trommelplatte von unten, s den Spalt dar. Ein durch das Mikroskop tretendes Strahlenbündel durchsetzt den Spalt in der Richtung bb' und tritt bei b' in das brechende Prisma. Der Spalt ist nun zur Hälfte verdeckt durch ein kleines, rechtwinklig - gleichschenkliges Glasprisma p, dessen Hypotenusenfläche in 45° zum Spalt geneigt ist. Trifft ein zu bb' rechtwinkliges Strahlenbündel a das Prisma p senkrecht an der einen Kathete, so setzt es unverändert seinen Weg fort, wird an der Hypotenusenfläche durch totale Reflexion in ein bb' paralleles Strahlenbündel a' verwandelt und tritt mit b' parallel in das brechende Prisma. Bringt man daher in b den zu untersuchenden Stoff, in a den Vergleichskörper, so erhält man zwei durch eine dunkle Längslinie getrennte Spectren (Doppelspectrum), von dem das eine dem zu unter-



77.

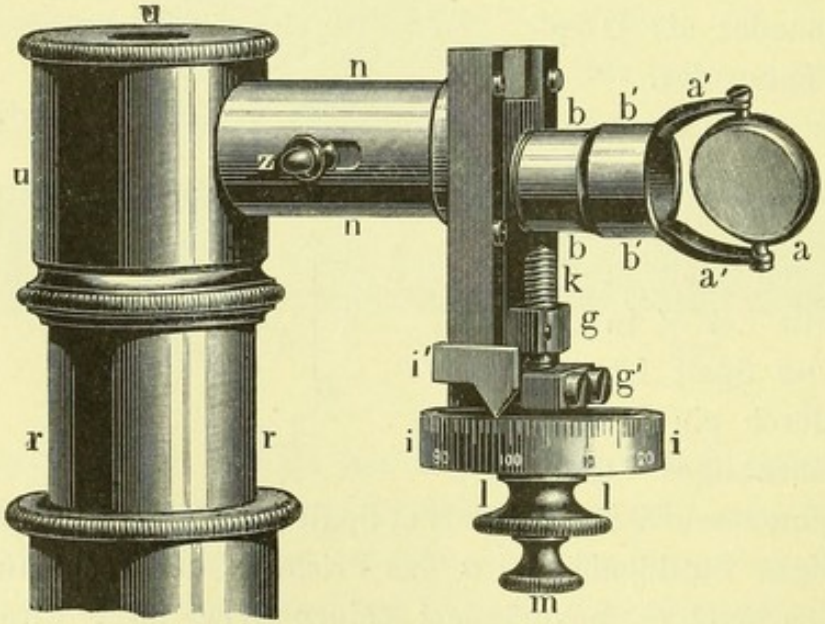
suchenden, das andere dem Vergleichskörper angehört (Figur 78; I Absorptionsspectrum des Oxyhämoglobins, II des Hämoglobins). Beide lassen sich nun bequem gleichzeitig studiren. — In Figur 71 ist die Vergleich-Vorrichtung äusserlich theilweise zu sehen. Der Knopf *v* ist



78.

mit dem Vergleichsprisma verbunden. Dieses liegt gewöhnlich seitlich und verdeckt den Spalt nicht. Schiebt man *v* nach vorn vor, so tritt das Prisma vor den Spalt, zugleich öffnet sich eine seitliche Durchbohrung der Trommel, die in der Mitte der Platte *p* befindlich ist, und durch den Spiegel *s* wird nun das Vergleichsprisma beleuchtet. Den Vergleichskörper befestigt man in seinem Glasbehälter mit Klammern auf *p* vor deren Oeffnung.

Hat man beispielsweise das Absorptionsspectrum eines Farbstoffes zu untersuchen, wie die in Figur 78 dargestellten Blutfarbstoffe, so wird es meist nöthig sein, die relative Lage und Breite der Absorptionsbänder zu bestimmen. Diesem Zwecke dient ein am Spectroskop angebrachter Messapparat.



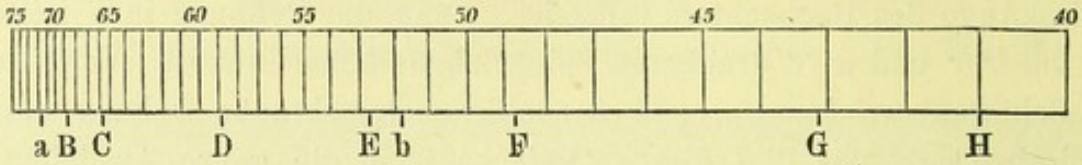
79.

Der Sorby-Browning'sche Messapparat ist folgendermaassen construirt (Figur 71, 79). Die Kapsel *u* mit Oeffnung zum Durchsehen wird der Spectralröhre *rr* aufgesetzt; letztere hat vor der oberen, im Winkel von 45° gegen die Horizontale geneigten Endfläche der Geradsichtsprismen eine seitliche Oeffnung, vor welcher die Röhre *nn* sich befindet. In *n* ist, durch die Handhabe *z* verstellbar,

eine biconvexe Linse angebracht. Diese entwirft auf der Endfläche des Prismas das reelle Bild einer kleinen, dreieckigen, centralen Oeffnung in *b*, und dieses kleine, helle Dreieck wird durch die Prismenendfläche in das Auge des Beobachters reflectirt, wenn die Oeffnung in *b* mittels des um *b′ b′* und *a′ a′* drehbaren Spiegelchens beleuchtet ist. Vermittels der Schlittenvorrichtung *g* und der Mikrometerschraube *k* kann durch Vordrehen an *l* das Bild dieses Dreiecks über die ganze Ausdehnung der Prismenendfläche, d. h. durch das ganze Spectrum der Länge nach continuirlich geschoben werden (vgl. Figur 78). An der Mikrometerschraube ist die Trommel *i* befestigt, welche in 100 Theile getheilt ist und auf den Index *i′* einspielt. Ausserdem ist die Höhe der Schraubenumgänge von *k* so bemessen, dass das zum Messen verwandte Dreieck in 10 Umdrehungen der Trommel das Spectrum der ganzen Länge nach durchwandert. Das Spectrum ist also in 1000 Theile getheilt. Zu Messzwecken hat man nun in eine Scala von 1000 gleichen Theilen (es genügen übrigens auch 100) zunächst die Lage der wichtigsten Fraunhofer'schen Linien mit Hilfe des Messapparates einzutragen und kann dann die Ausdehnung der zwischen den einzelnen liegenden Absorptionsbänder leicht bestimmen. Es soll z. B. die Fraunhofer'sche Linie *D* auf Strich 223, *E* auf 363 unserer Scala liegen. Ein zwischen beiden befindliches Absorptionsband ist zu messen. Man dreht das Messdreieck soweit vor, bis es auf Linie *D* einsteht. Nun lockert man die Schraube *m* Figur 79, wodurch die Trommel *i* für sich beweglich wird, stellt den Theilstrich 23 auf *i′* ein, fixirt die Trommel wieder, sieht in das Spectroskop und schraubt *l* soweit vor, bis das Dreieck mit dem der Linie *D* zunächst liegenden Ende des Absorptionsbandes zusammenfällt. Zeigt nun der Index *i′* beispielsweise auf 48, so ist der Beginn des Absorptionsbandes in der Scala auf 248 zu verzeichnen.

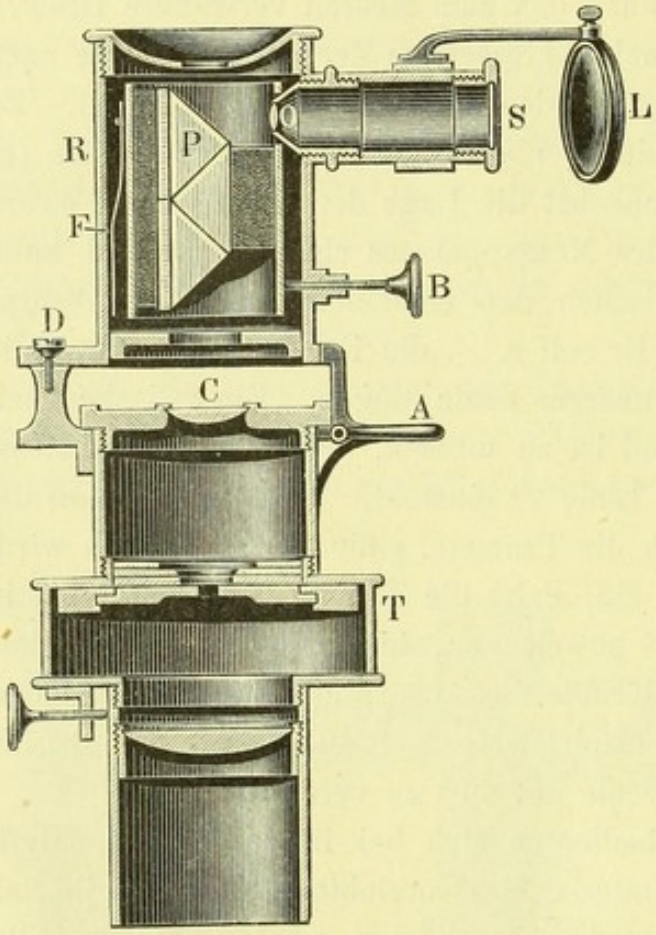
Bunsen und Kirchhoff bedienten sich bei ihren spectralanalytischen Untersuchungen einer anderen Messvorrichtung. Sie projicirten auf die Endfläche des brechenden Prismas eine photographirte Millimetertheilung, welche mit dem Spectrum gleichzeitig gesehen wird und die Lage der Fraunhofer'schen Linien, Absorptionsbänder etc. ohne weiteres abzulesen gestattet. Ångström ersetzte die Millimeterscala durch eine solche, welche in ihrer Theilung die Wellenlängen des Lichtes für jeden Theil des Spectrums angiebt (vgl. p. 2) und zwar in Hunderttausendstel Millimeter (Figur 80). Abbe hat diese Einrichtung auf das Mikrospectroskop übertragen. Bei der von ihm angegebenen, von Zeiss ausgeführten Construction (Figur 81) ist der eigentliche Spectralapparat *R* beweglich über dem Ocular *C* mit der Trommel *T*

angebracht. Nach Lösen der Sperrklinke *A* lässt er sich um *D* seitwärts drehen, eine Vorrichtung, welche gestattet, ein Object vor der



80.

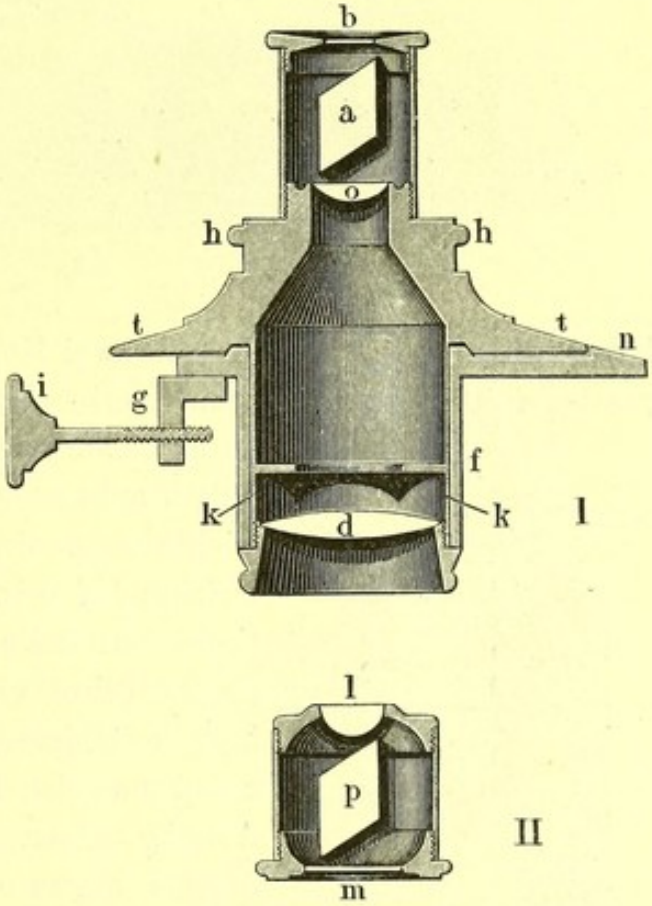
spectroskopischen Untersuchung einzustellen. Das Geradsichtsprisma *P* (von anderer Zusammensetzung wie das oben betrachtete) liegt mit seiner Endfläche dem Röhrchen *OS* gegenüber. Dieses trägt auf einem Glasplättchen *S* die Ångström-sche Scala, welche durch die Linse *O* nach Beleuchtung mittels des Spiegelchens *L* auf die Endfläche von *P* projicirt und durch diese gleichzeitig mit dem Spectrum ins Auge reflectirt wird. Die Scala ist auf die Fraunhofer'sche Linie *D* einzustellen, und zwar muss diese mit der Ziffer 589 zusammenfallen, da die Länge der Lichtwelle $\lambda_D = 0{\cdot}00058891$ ist (vgl. p. 2). Es geschieht dies durch Drehen an der Schraube *B*, welche das Geradsichtsprisma *P* unter Gegenwirkung der Feder *F* in die gewünschte Stellung zur Scala bringt. — Die Spaltregulirung ist im Principe die von Merz (Figur 73) eingeführte.



81.

VI. Polarisationsapparate.

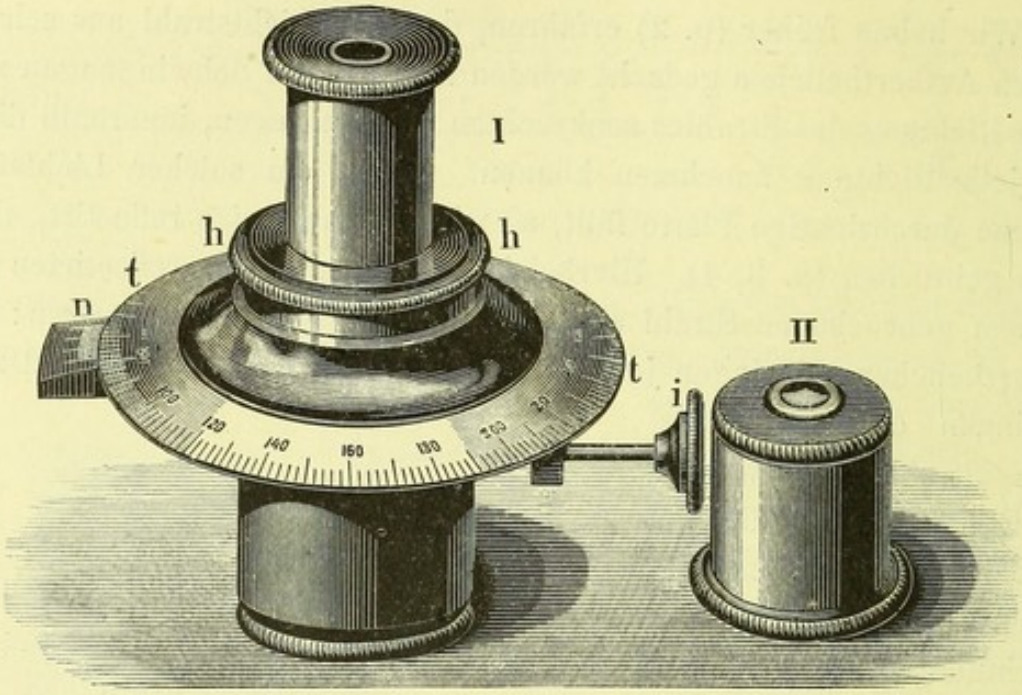
Wir haben früher (p. 2) erfahren, dass ein Lichtstrahl aus schwingenden Aethertheilchen gedacht werden muss, deren Schwingungen zwar in zur Richtung des Strahles senkrechten Ebenen liegen, innerhalb dieser aber jede Richtung annehmen können. Wenn ein solcher Lichtstrahl auf eine durchsichtige Platte fällt, so wird er theilweise reflectirt, theilweise gebrochen (p. 3, 4). Hierbei ist sowohl mit dem reflectirten wie mit dem gebrochenen Strahl eine Veränderung vor sich gegangen: ihre Aethertheilchen schwingen jetzt nur noch in einer Ebene, und zwar schwingen die des reflectirten Strahls rechtwinklig zur Einfallsebene, die des gebrochenen parallel zu derselben. Dieses durch seine Schwingungsverschiedenheit von dem gewöhnlichen abweichende Licht nennt man polarisirtes. Die Polarisation des Lichtes durch Spiegelung ist gewöhnlich eine nur theilweise; sie wird nur in dem Falle eine vollständige, wenn der Reflexionsstrahl mit dem gebrochenen einen rechten Winkel bildet, sie ist also von einem bestimmten Einfallswinkel (Polarisationswinkel) des Lichtstrahls abhängig.



82.

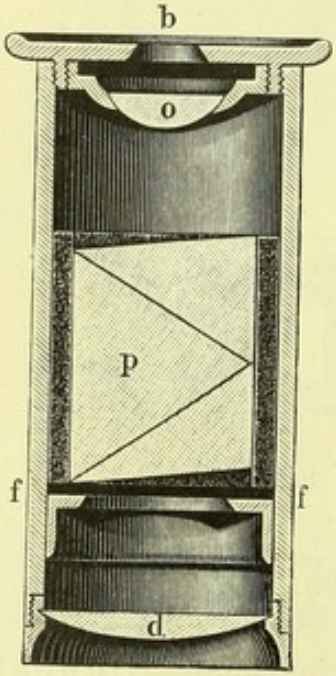
Eine Anzahl von Körpern, z. B. der krystallisirte Kalkspath, besitzt die Eigenschaft, einen Lichtstrahl, welcher den Körper in gewisser Richtung trifft, in zwei gebrochene Strahlen zu zerlegen, welche polarisirt sind und zwar rechtwinklig zu einander (Doppelbrechung). Der stärker gebrochene wird der ordentliche, der schwächer gebrochene der ausserordentliche Strahl genannt. Blendet man den durch ein für diesen Zweck eigens geschliffenes Kalkspathprisma erzeugten ordentlichen Strahl ab, so tritt an der anderen Seite des Pris-

mas nur der polarisirte ausserordentliche Strahl durch. Die Vernichtung des ordentlichen Strahls geschieht bei dem Nicol'schen Kalkspathprisma



83.

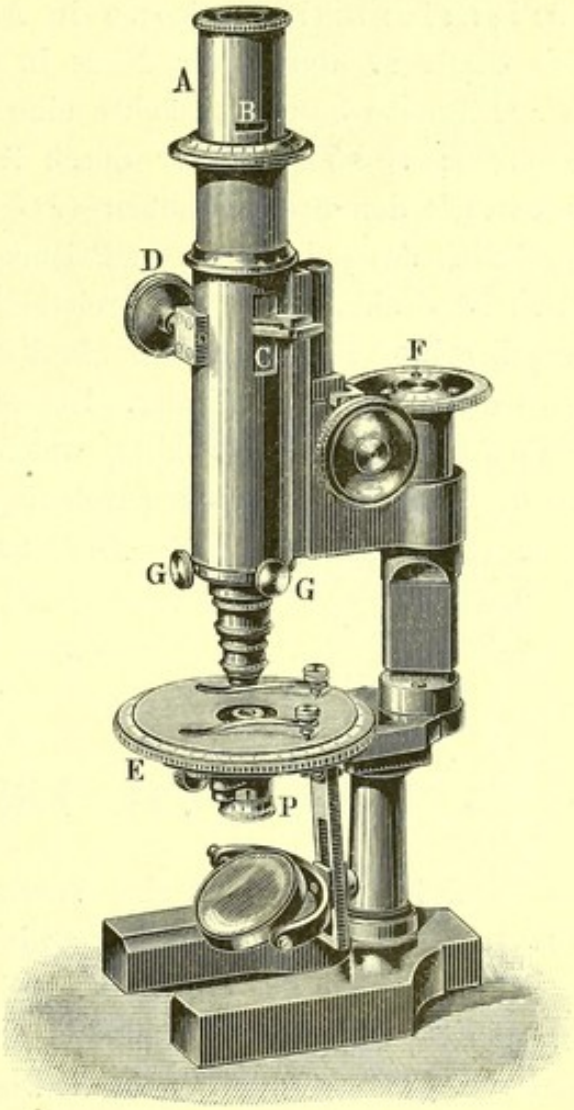
dadurch, dass man dasselbe aus zwei Keilen zusammensetzt, deren diagonale, mittels Canadabalsam verbundene Trennungsflächen denselben durch totale Reflexion ablenken. Um das Verhalten mikroskopischer Objecte im polarisirten Lichte zu studiren, bringt man ein solches polarisirendes Prisma (Nicol) unter dem Objecttische an Stelle des Blendcylinders an; ein zweites Nicol gleicher Construction wird oberhalb des Objectes angebracht. Das erste Prisma nennt man den Polarisator, das zweite den Analysator. Das Verhalten des polarisirten Strahls gegen den Analysator ist ein eigenthümliches; durch letzteren wird nämlich nur derjenige vom ersteren polarisirte Lichtstrahl durchgelassen, dessen Aethertheilchen parallel zu den Hauptschnitten der Prismen schwingen, und dies ist der Fall, wenn beide Prismen parallel zu einander stehen. Dreht man aber das analysirende Prisma um seine Längsachse, so verdunkelt sich das Gesichtsfeld allmählig, bis es, wenn die Prismen um 90° gegen einander gedreht sind (bei gekreuzter



84.

Prismenstellung) völlig dunkel erscheint, in welchem Falle also der vom Polarisator empfangene Lichtstrahl völlig ausgelöscht wird. In dieser Stellung ist der Apparat besonders geeignet, optische Eigenthümlichkeiten der Objecte aufzudecken. Dreht man den Analysator weiter, so erhellt sich das Gesichtsfeld alllmählig wieder, bis es bei 180° vollkommen hell ist; bei 270° tritt wieder Dunkelheit, bei 360° völlige Helle ein. Die Grösse der mit dem Analysator ausgeführten Drehung lässt sich an einer an ihm befindlichen Kreistheilung ablesen.

Die von Oberhäuser für das Mikroskop eingeführte Form des Polarisationsapparates ist in Figur 82 (p. 71) im Längsschnitt abgebildet, Der Polarisator (II) wird in den Schlitten des Mikroskoptisches geschoben. Bei *p* befindet sich in Korkfassung das polarisirende Nicol, *l* ist eine Condensorlinse (p. 39), *m* ein planparalleles Glasplättchen, das lediglich zum Schutze des Nicols dient. Der Analysator (I), der an Stelle des Oculars oben in den Mikroskoptubus geschoben wird, besteht aus dem Ocularglase *o* und dem Collectivglase *d*; über *o* befindet sich in Metallfassung und beschützt durch das Glasplättchen *b* das analysirende Nicol *a*. Unterhalb des Ocularglases erweitert sich die Metallfassung zunächst in den Kerbrand *h*, an dem Ocular nebst Analysator gedreht werden soll, und weiter nach unten in die versilberte Kreistheilung *tt*. Die Ocularhülse *k* steckt drehbar in einer Hülse *f*, die an der einen Seite die Noniusplatte *n* trägt, an welcher die Drehungsgrösse von *t* abgelesen wird, anderseits die Klemmschraube *i*, wodurch *f*, *n* am Tubus fixirt wird, während *d*, *k*, *t*, *h*, *b* drehbar bleibt. In Figur 83 ist derselbe Apparat, von Seibert ausgeführt, in der Ansicht dargestellt, die Buchstaben entsprechen denen in Figur 82.



85.

Das Analysator-Ocular von Abbe (Figur 84 a. p. 72) unterscheidet sich dadurch von dem soeben besprochenen, dass das analysirende Prisma *p* (ein Prazmowski'sches, bei dem die Vernichtung des ordentlichen Strahls auf andere Weise wie beim Nicol'schen bewirkt wird) sich zwischen dem Collectivglase *d* und dem Ocularglase *o* dicht über der Blende *ff* befindet. Das über dem Ocularglase *o* angebrachte Diaphragma *b* dient zur Abblendung des ordentlichen Strahls.

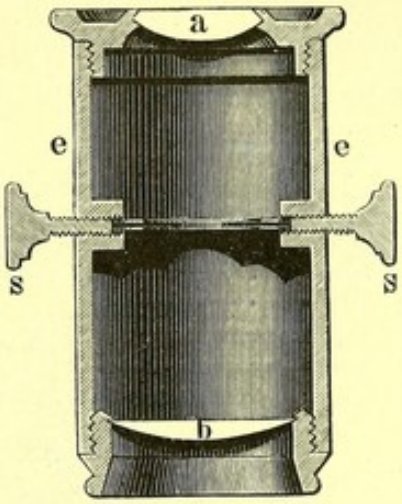
Den gewöhnlichen polariskopischen Studien an organisirten Objecten werden die beschriebenen Apparate vollauf genügen; wo es sich jedoch um genauere Untersuchungen handelt, z. B. um das Studium des Verhaltens von Krystallen im polarisirten Lichte, bringt man eigene Polarisationsmikroskope in Anwendung, von denen als Beispiel das Stativ IV der Firma Fues in Figur 85 ($^2/_3$ nat. Gr.) dargestellt ist. Dasselbe besitzt zunächst eine Mikrometerschraube mit getheiltem Kopf *F*; sodann ist der durch Zahn und Trieb bewegliche Tubus unten mit den Stellschrauben *GG* versehen, welche bezwecken, ihn bezüglich des polarisirenden Prismas genau zu centriren. Der Objecttisch ist drehbar und mit Kreistheilung *E* ausgerüstet; der unter ihm angebrachte Polarisator *P* besitzt gleichfalls eine, die Rotationsgrösse anzeigende Theilung. Der Analysator *A* trägt bei *B* und der Tubus bei *C* je einen Schlitz, welche zum Einschieben hier nicht näher zu besprechender, optischer Nebenapparate dienen, zu deren Einstellung überdies die Triebschraube *D* vorhanden ist.

VII. Mikrometer.

Das Mikrometer ist eine Vorrichtung, mit welcher man die wahre Grösse eines mikroskopischen Objectes bestimmen kann. Mikrometer, welche an Stelle des Objectes auf dem Objecttische angebracht werden, nennt man Objectivmikrometer, solche, mit welchen innerhalb des Oculars das Collectivbild gemessen wird, heissen Ocularmikrometer. Die Messung geschieht entweder mittels einer feingetheilten Diamantscala auf Glas, oder durch Vordrehen einer Schraube von bekannter Umgangshöhe, deren Trommel in 100 Theile getheilt ist. Erstere heissen Glasmikrometer, letztere Schraubenmikrometer.

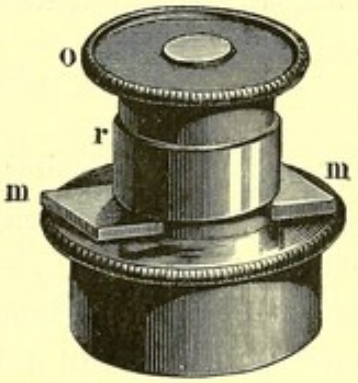
Das Objectivglasmikrometer ist ein Glasplättchen, welches eine sehr feine Diamanttheilung trägt, nämlich 1 mm in 100 Theile.

Man verwendet es mit dem Spitzenocular. Dieses ist ein Ocular (Figur 86), in dem sich an der Blende, also da, wo das reelle Bild entsteht, zwei durch Schrauben *ss* gegen einander verstellbare Nadelspitzen befinden. Will man die Grösse eines Objectes bestimmen, so schiebt man es in die Mitte des Gesichtsfeldes, dreht im Ocular die Schrauben so weit vor, bis die Nadelspitzen die gegenüberliegenden Grenzen der zu messenden Grösse berühren, entfernt das Object, legt an seine Stelle das Mikrometer und kann nun auf dessen Scala durch den Abstand der Nadelspitzen die wahre Grösse des Objectes direct ablesen.



86.

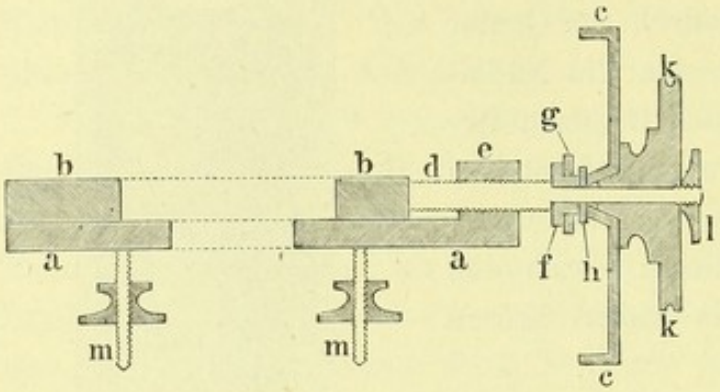
Weit bequemer ist das Ocularglasmikrometer, welches an Stelle der Blende ins Ocular gelegt, die Grösse des virtuellen Bildes direct misst. Es ist ein rundes Glasplättchen in Fassung, welches eine Diamantscala, einige Millimeter in je 10 oder 20 Theile getheilt, enthält. Bei den Mikroskopen von Seibert ist es in rechteckiger Metallfassung (*mm* Figur 87) und wird dem Ocular durch einen seitlichen Schlitz, der sonst durch den Ring *r* verschlossen ist, eingeschoben. Bei allen Ocularen mit Mikrometern muss das Augenglas *o* verstellbar sein, um die Mikrometerscala für die verschiedenen Augen einzustellen. Zu dem Behuf legt man das Mikrometer mit der Scala nach unten in das Ocular und verschiebt das Augenglas so lange, bis die Theilung in haarscharfen, schwarzen Linien erscheint. Ehe man mit dem Ocularmikrometer Messungen vornehmen kann, muss man für jedes Objectivsystem durch ein Objectivglasmikrometer die entsprechenden Werthe der Ocularmikrometertheilung bestimmen. Das führen gewöhnlich die Optiker aus und geben ihren Mikrometern eine Tabelle „Mikrometerwerthe“ bei.



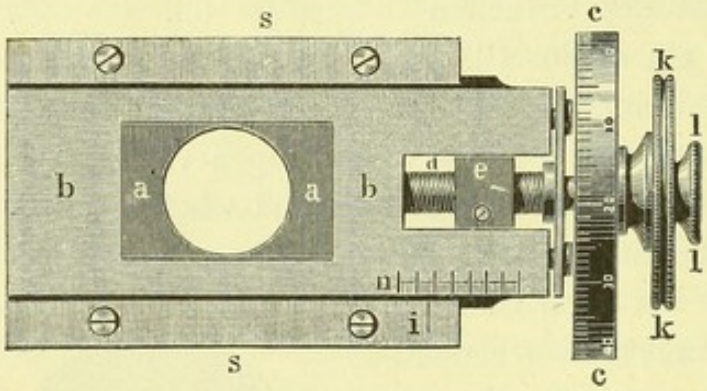
87.

Wenn z. B. für ein Objectivsystem vom Optiker der Mikrometerwerth 3·63 angegeben ist und das zu messende Object 13 Theilstriche unseres Ocularmikrometers deckt, so hat man 13 mit 3·63 zu multipliciren und erhält in dem Producte 47·2 die Grösse des Objects in Tausendstel Millimeter; das Object ist also 0·047 mm lang. Bei mikrosko-

pischen Messungen nimmt man nämlich als Einheit das Eintausendstel Millimeter (0·001 mm) an und nennt diese Einheit ein Mikromillimeter oder ein Mikron. Das Zeichen dafür ist ein kleines griechisches μ. Also das obige Object misst 47 μ = 0·047 mm[1].



88.



89.

Viel complicirter und theurer als die Glasmikrometer sind die Schraubenmikrometer, die man, entsprechend den ersteren, auch sowohl auf dem Objecttisch wie am Ocular anbringen kann.

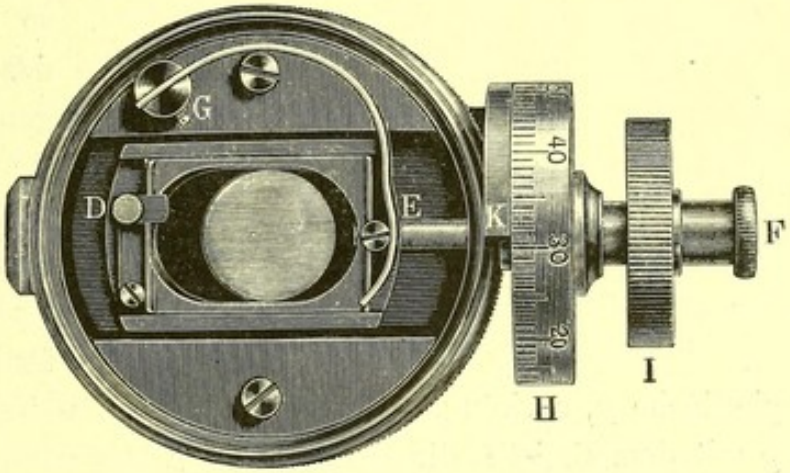
Das Objectivschraubenmikrometer (Figur 88 Längsschnitt, Figur 89 Ansicht; ausgeführt von Schieck) besteht aus der Grundplatte *a*, die mit den Schrauben *mm* dem Objecttisch fest aufgeschraubt wird, und der auf ihr in Schwalbenschwanzführung *ss* gleitenden Platte *bb*. In den rechteckigen Ausschnitt von *b* über die runde Oeffnung von *a* legt man ein Glasplättchen mit dem zu messenden Objecte. Die Mikrometerschraube *d* ist sehr sorgfältig geschnitten; ihre Umgänge sind von derselben bekannten Höhe. Ihre Trommel *c* ist in 100 gleiche Theile getheilt; ein Intervall des Index *n*, *i* entspricht einer Schraubenumdrehung. Vermittels *k* und *l* kann man die Trommel lösen (vgl. p. 69) und bei Beginn der Messung auf Null einstellen. Um mit diesem Mikrometer

---

[1]) Diese Bezeichnung ist jetzt allgemein angenommen, nur die Engländer rechnen gewöhnlich noch nach Bruchtheilen des Englischen Zolles (1 μ ungefähr = $^1/_{25000}$ engl. Zoll). In älteren Werken findet man häufig mikrometrische Werthe nach Pariser etc. Linien; zur Umrechnung dieser Werthe in metrische muss man wissen, dass 1 mm ist = 0·4433 Pariser Linie, = 0·4724 Englische Linie, = 0·4587 Rheinische Linie, = 0·4555 Wiener Linie (Pariser Linie = 2·2558 mm, Englische Linie = 2·1166 mm, Rheinische Linie = 2·1802 mm, Wiener Linie = 2·1952 mm).

messen zu können, muss in der Blende des Oculars ein Fadenkreuz von Spinnegewebfäden angebracht sein. Man stellt einen Rand des zu messenden Objectes auf einen solchen Kreuzfaden ein, bringt durch Lösen von *l* und *k* die Trommel auf den Nullpunkt, fixirt sie wieder und dreht die Schraube *d* so lange vor, bis der andere Objectrand den Kreuzfaden deckt. Aus der Ablesung von *i* und *c* ergiebt sich die Grösse des Objectes.

Ganz entsprechend ist das Ocularschraubenmikrometer eingerichtet (Figur 90, innere Ansicht, ausgeführt von Winkel). An der Stelle der Blende erweitert sich das Ocular in eine Trommel. In dieser ist durch die Mikrometerschraube *EF*, deren todter Gang durch die Feder *G* paralysirt wird, der Schlitten *D* beweglich. In seinem Ausschnitte liegt ein Glasplättchen, welches eine Kreuzmarke oder eine ganze Ocularmikrometertheilung trägt. Die Trommel *H* ist wie vorhin in 100 Theile getheilt. Man stellt die Kreuzmarke oder einen Strich des Mikrometers auf einen Rand des zu messenden Objects ein, und führt diese Marke bis zum anderen Rande desselben. Die Grösse der vollführten Drehung liest man auf *K* ab; die den Theilstrichen auf *K* entsprechende wahre Grösse muss für jedes System mit dem Objectivglasmikrometer bestimmt worden sein.

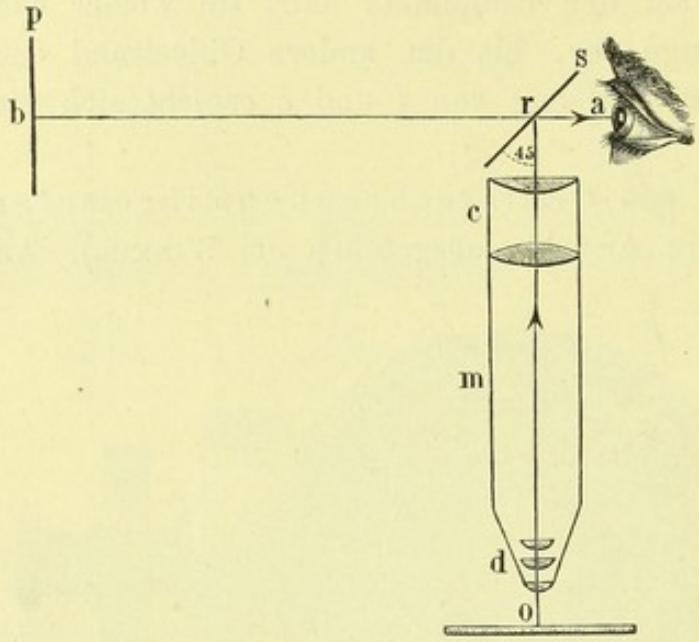


90.

VIII. Vorrichtungen zum Zeichnen mikroskopischer Bilder.

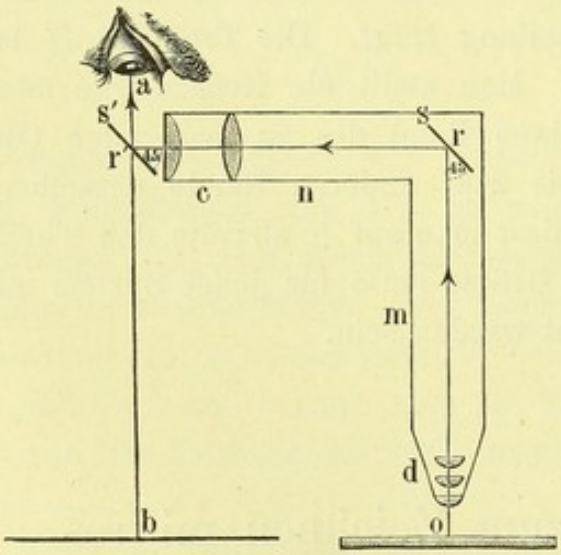
Um das Entwerfen von Zeichnungen mikroskopischer Bilder auch dem Ungeübten zu erleichtern, hat man Apparate ersonnen, durch welche vermittels einmalig oder doppelt reflectirter Lichtstrahlen das Bild des zeichnenden Stiftes und das mikroskopische Bild gemeinschaftlich in das beobachtende Auge gelangen, so dass alsdann die Wiedergabe des

Bildes durch einfaches Umziehen der Conturen stattfinden kann. Wie diese Vorrichtungen im Principe eingerichtet sind, wird uns nach dem auf p. 2 ff. Gesagten durch einige Schemata leicht klar werden.



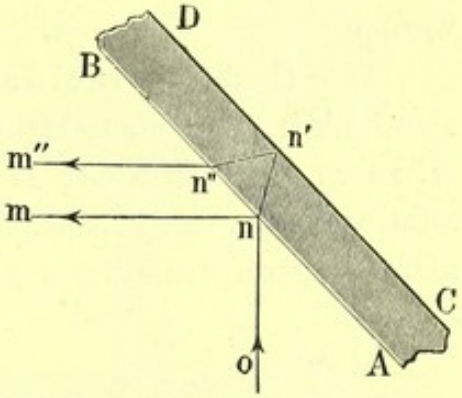
91.

Bringen wir über das Ocular *c* eines Mikroskopes *m* (Figur 91) ein durchsichtiges Glasplättchen *s*, etwa ein Deckglas, in einer Neigung von 45° an, und halten wir unser Auge in *a*, so erscheint uns das Bild des Objectes *o* als in *b* liegend, da die von *o* durch *d c* tretenden Lichtstrahlen in *r* unter 45° reflectirt, nunmehr in der Richtung *r a* ins Auge gelangen. Befestigen wir in *b* eine Papierfläche *p*, so können wir, da das Glasplättchen *s* durchsichtig ist, auf *p* mit dem Bleistift die Umrisse des Bildes nachzeichnen, gerade als ob es bereits auf *p* gezeichnet wäre. Geben wir unserer Mikroskopröhre unterhalb des Oculares *c* (Figur 92) ein rechtwinklig gebogenes Knie, in welchem wir unter 45° ein Spiegelchen *s* anbringen und schalten wir vor dem Ocular *c* wie oben ein Deckglas *s'* unter 45° ein, so ist es klar, dass das Bild von *o* auf dem Reflexionswege *o r r' a* ins Auge gelangt und gleichzeitig mit der auf horizontaler Unterlage ruhenden Zeichenfläche *b* gesehen wird. Die reflectirenden Spiegelchen müssen sehr dünn sein, und zwar aus folgendem Grunde. Wenn *A B C D* (Figur 93) der Durchschnitt eines derartigen dicken Spiegels wäre, so würde ein auf ihn unter 45° treffender Lichtstrahl *o n* theilweise reflectirt und darauf in der Richtung *n m* seinen Weg fortsetzen. Ein anderer Theil des Strahles dringt unter Brechung (p. 4) in den Spiegelkörper (*n n'*), erfährt an der Rückwand eine Reflexion *n' n''* und tritt als Strahl



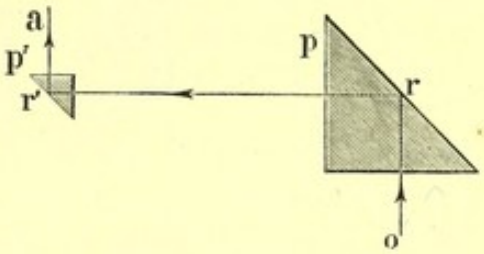
92.

$n''m''$ aus dem Spiegel wieder hervor. Der Strahl on wird durch den Spiegel in zwei parallele zerlegt, es entstehen also von dem Objecte durch den Spiegel zwei Bilder. Liegen dieselben (bei sehr dünnen Spiegeln) dicht neben einander, so beeinträchtigen sie die Deutlichkeit nicht, was hingegen der Fall ist, wenn der Spiegel eine gewisse Dicke überschreitet. Aus diesem Grunde wendet man an Stelle der Spiegel häufig reflectirende Prismen von rechtwinklig - gleichschenkligem Querschnitt an. Figur 94 stellt zwei solche, die beiden Spiegel in Figur 93 ersetzende Prismen dar. Der Strahl o trifft die eine Kathete von p unter 90°, geht also ungebrochen hindurch, erleidet an der Hypotenuse in r eine totale Reflexion unter 45°, tritt in der Richtung rr' in das Prisma p' und verändert hier auf gleiche Weise wie in p seine Richtung in $r'a$. —



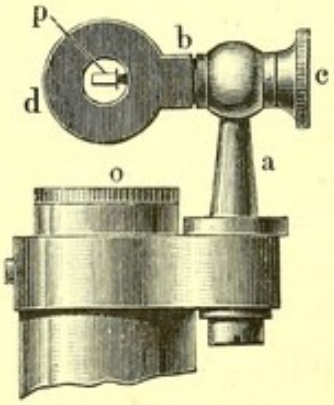
93.

Wir betrachten nun einige der gebräuchlichsten Formen des mikroskopischen Zeichenapparates oder der Camera lucida, wie er meist genannt wird.



94.

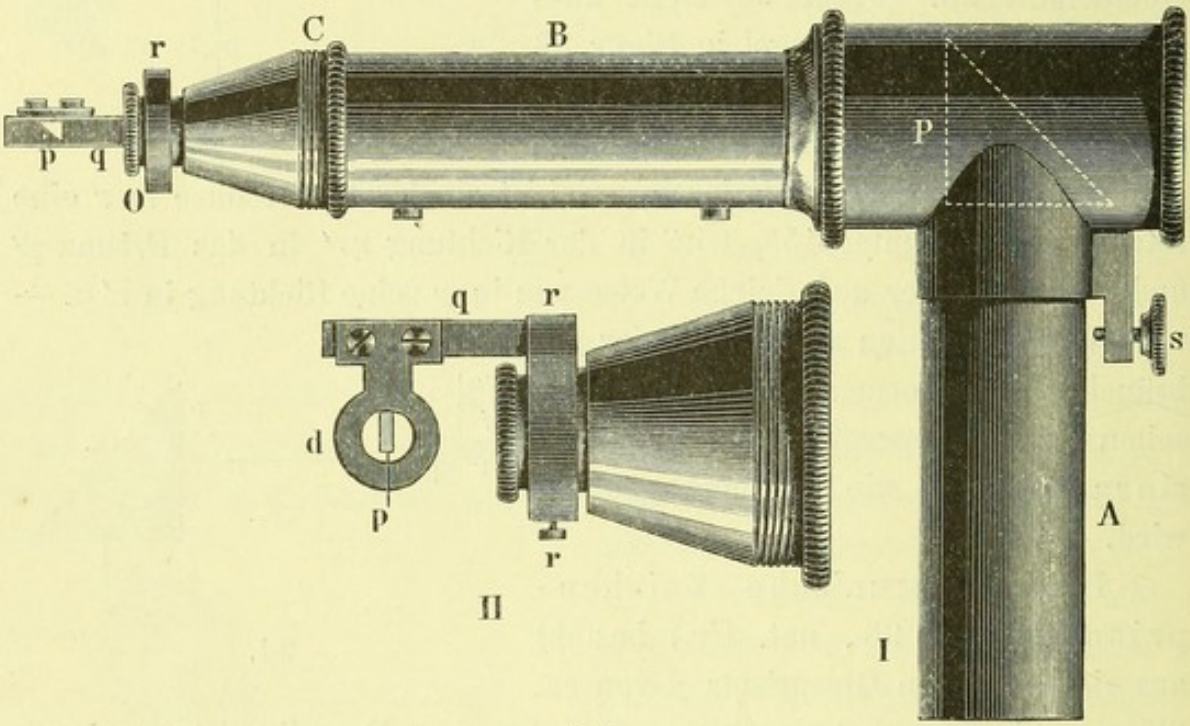
Das Winkel'sche Zeichenprisma (Figur 95, nat. Gr.) besteht aus einem kleinen Glasprisma p von ca. 2·5 mm Länge und 2 mm langer Hypotenuse. Dasselbe ist an einem, am Ocular befindlichen Winkelarme ab befestigt, vermittels dessen es in Centimeterhöhe über dem Augenglase o centrisch angebracht ist. Es ist von einem geschwärzten Metallringe d umgeben, durch den Schraubenkopf c ist es um seine Längsachse drehbar und kann ausserdem ganz zur Seite geklappt werden. Zur Benutzung sieht man zuerst in das Ocular, um das zu zeichnende Präparat scharf einzustellen, schiebt dann das Prisma soweit vor, bis eine seitlich angebrachte Einschnappvorrichtung die centrale Stellung angiebt, und dreht, indem man durch d sieht, an c so lange, bis auf einem vor dem Mikroskop in geneigter Richtung aufgestelltem Zeichenbrett (welches dem Prisma auf Wunsch beigegeben



95.

wird), das kreisförmige Gesichtsfeld mit dem Bilde klar erscheint. Auf dem Brette ist das Zeichenpapier festgeheftet; die Spitze des zeichnenden Bleistiftes muss deutlich zu sehen sein; ist das nicht der Fall, so ist das Bild zu lichtstark und muss auf geeignete Weise verdunkelt werden.

Die Camera lucida von Oberhäuser (Figur 96) besitzt eine dem Tubus aufzusetzende und durch die Schraube *s* fixirbare Röhre *A*, zu welcher die Röhre *B* rechtwinklig liegt. Bei *P* befindet sich ein total reflectirendes Prisma, bei *O C* das Ocular und bei *p* ein zweites, kleines, durch den Ring *q* geschütztes Prisma (in II von oben gesehen).



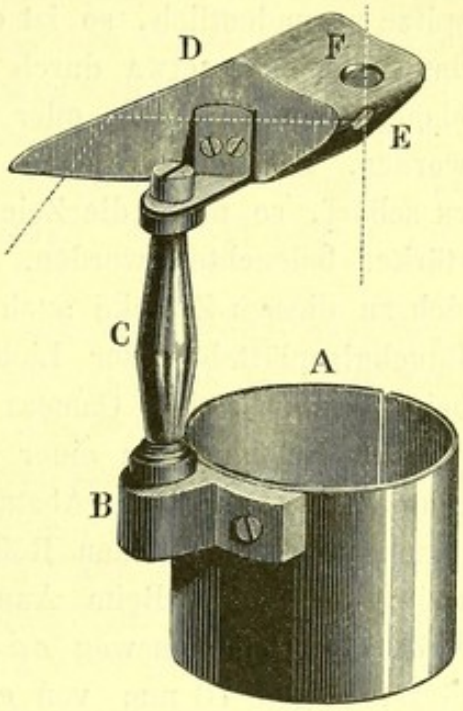
96.

Die Wirkung dieses Apparates ist aus Figur 94 ohne weiteres verständlich. Das mikroskopische Bild gelangt durch doppelte Reflexion ins Auge und wird gleichzeitig mit dem Zeichenstift gesehen, wenn man durch den geschwärzten Ring *d* senkrecht nach unten sieht.

Bei den beiden beschriebenen Zeichenapparaten wurde die Zeichenfläche direct gesehen und das mikroskopische Bild durch Spiegelung ins Auge geführt. Wir betrachten nun zwei weitere, bei denen die Zeichenfläche durch Spiegelung in das direct gesehene mikroskopische Bild projicirt wird.

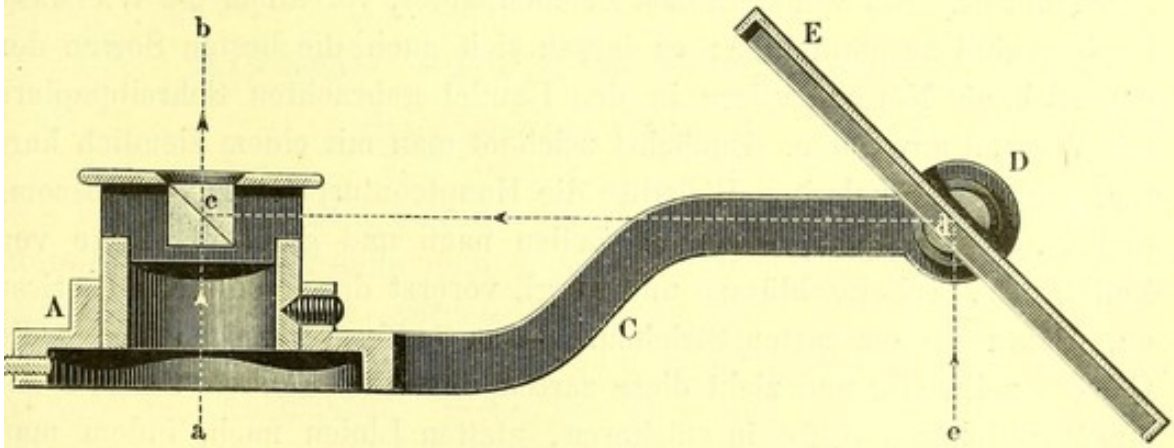
Der Doppelspiegel von Seibert (Figur 97) ist an dem, dem Tubus aufzusteckenden Ringe *A* und *B* drehbar auf dem Träger *C* befestigt. Bei *D* und *E* sind zwei mit Folie belegte Spiegel angebracht. *E* hat unterhalb *F* eine Oeffnung zum Durchsehen. Befindet

sich *F* mitten über dem Ocular, so sieht man das mikroskopische Bild direct, und das Bild einer seitlich auf dem Tische geneigt liegenden Zeichenfläche gelangt durch doppelte Reflexion gleichzeitig in das Auge. Der Weg der reflectirten Lichtstrahlen ist in der Abbildung durch punktirte Linien angegeben.



97.

Die Camera lucida von Abbe (Figur 98) besteht aus einer Metallkappe *A*, welche mit der Schraube *B* dem Ocularkopf aufgeklemmt wird und durch zwei weitere Schrauben centrirt werden kann. In der optischen Achse bei *c* befindet sich ein Glaswürfel, der aus zwei rechtwinklig-gleichseitigen Prismen zusammengekittet ist, wie es die Figur zeigt. Die Hypotenusenfläche des einen Prismas ist versilbert bis auf die Mitte, wo eine kreisrunde Oeffnung unversilbert, also durchsichtig geblieben ist. Durch diese kann daher das die Lichtstrahlen *a b* aussendende mikroskopische Bild gesehen werden. An dem Arme *C* und um *D* drehbar ist der Spiegel *E* angebracht. Legt man auf den Tisch neben das Mikroskop eine Zeichenfläche, so wird man nach einiger Drehung des Spiegels das



98.

Bild derselben gleichzeitig mit dem mikroskopischen Bilde sehen, da die von ihr ausgehenden Lichtstrahlen auf dem Reflexionswege *e d c b* ins Auge gelangen.

Bei der Anwendung des Zeichenapparates hat man folgende zwei Bedingungen zu erfüllen. Erstlich müssen das zu zeichnende Bild und die zeichnende Bleistiftspitze dem Auge gleich deutlich erscheinen. Das erreicht man durch Regulirung der Lichtzufuhr. Erscheint die Bleistiftspitze zu undeutlich, so ist das mikroskopische Bild zu lichtstark, und das Licht muss etwa durch Anwendung des Planspiegels, oder einer blauen Blende (p. 43), oder durch beides, oder sonstwie abgeblendet werden. Erscheint dagegen die Bleistiftspitze im Vergleich zum Bilde zu scharf, so muss die Zeichenfläche stärker beschattet oder das Bild stärker beleuchtet werden. Beim Abbe'scheu Zeichenapparate lassen sich zu diesem Zwecke auch zwischen Spiegel und Prisma sogenannte Rauchglasplättchen zur Lichtregulirung einschalten. — Zweitens ist beim Gebrauch einer Camera lucida noch Folgendes zu beachten. Will man die Zeichnung in einer der Vergrösserung entsprechenden Grösse erhalten, so muss der Abstand der Zeichenfläche von der dicht über dem Ocular befindlichen Reflexionsvorrichtung 250 mm (normale Sehweite) betragen. Beim Abbe'schen Zeichenapparate (Figur 98) muss z. B. der Reflexionsweg $edc = 250$ mm lang sein. Da c und d in diesem Falle 70 mm von einander entfernt sind, so muss man die Zeichenfläche 180 mm unter d anbringen.

Will man mit der Camera lucida eine Zeichnung herstellen, so wird man zunächst die zu zeichnende Stelle des Objectes in die Mitte des Gesichtsfeldes bringen und den Objectträger mit den Tischklammern festlegen, damit das Bild sich nicht verschieben kann. Auch das Papier, auf dem man zeichnen will, heftet man am besten auf ein festliegendes Zeichenbrett. Ein wenig rauhes Zeichenpapier, vor allem die Watman-Papiere sind zu empfehlen; es lassen sich auch die besten Sorten der neuerlich als Normalpapiere in den Handel gebrachten Schreibpapiere mit Vortheil anwenden. Zunächst zeichnet man mit einem ziemlich harten, spitzen Faber'schen Bleistifte die Hauptconturen von Gewebscomplexen, Zellgruppen, einzelnen Zellen nach und giebt die Lage von Zellkernen, Zelleinschlüssen und dergl. vorerst durch einfache Umrisse an, Alles mit ganz zarten Strichen. Dann entfernt man am besten die Camera zeitweilig und zieht diese zarten, bisweilen rauhen Umrisse mit einem weicheren Stifte in stärkeren, glatten Linien nach, indem man hier und da ins Mikroskop sieht. Sehr zarte Structuren, z. B. Granulirungen in Zellkernen, Körnelung von protoplasmatischen Substanzen lassen sich überhaupt nicht gut mit der Camera ausführen; man trägt sie besser mit freiem Auge in die mit der Camera skizzirten Umrisse ein. Dabei bedient man sich sehr weicher Bleistifte, wo wolkige Par-

thien darzustellen sind, mit Vortheil und Zeitgewinn auch des Lederwischers. Tingirte Präparate können natürlich auch in Farben wiedergegeben werden; doch geschieht die Colorirung der Zeichnung am besten ohne Camera. Die Aquarellfarben in Tuben, zumal die von Schönfeld in Düsseldorf, mit feinen, runden Marderpinselchen aufgetragen, sind im Gebrauch am bequemsten. Sollen die fertigen Zeichnungen recht haltbar gemacht werden, so fixirt man sie, indem man mit einem Zerstäubungsapparate käufliches Siccativ oder eine schwache Lösung von gebleichtem Schellack in Alkohol darüber bläst. Sie sind dann unverwischbar.

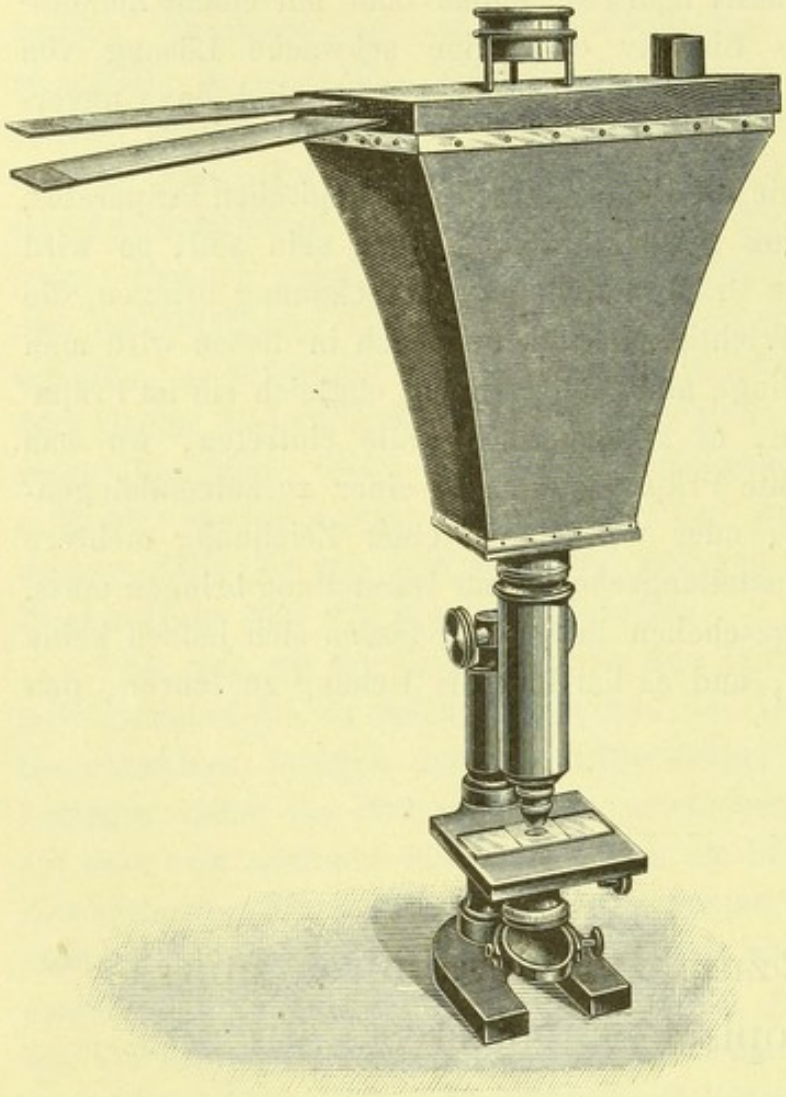
Da eine Zeichnung nie die Copie eines mikroskopischen Präparates, sondern ein Beleg für eine gemachte Beobachtung sein soll, so wird man in derselben nur jene Präparatstellen zur Anschauung bringen, die im gegebenen Falle von Wichtigkeit sind, und auch in diesen wird man vielleicht unnütze Nebendinge nicht mitzeichnen, obgleich sie im Präparate vorhanden sind. Ja, es können auch Fälle eintreten, wo man mehrere, räumlich getrennte Präparatstellen zu einer zusammenhängenden Zeichnung combinirt, oder wo man in einer Zeichnung mehrere über einander liegende Einstellungsebenen zur Darstellung bringen muss. Wann und wo dieses zu geschehen hat, dafür lassen sich jedoch keine allgemeine Regeln geben, und es hat hier die Uebung zu lehren, den richtigen Weg zu finden.

IX. Apparate zum Photographiren mikroskopischer Objecte.

Nachdem seit Erfindung der Trockenplatten (Bromsilber-Gelatine-Platten) die Photographie ohne irgend welche Vorübungen von Jedermann leicht betrieben werden kann, ist auch die photographische Wiedergabe mikroskopischer Bilder (die Mikrophotographie) sehr in Aufnahme gekommen. Wenn nun auch aus dem vorhin Gesagten hervorgeht, dass selbst das beste Photogramm häufig eine Zeichnung nie und nimmer ersetzen kann, so giebt es doch eine Reihe von mikroskopischen Objecten, die recht wohl für die Photographie geeignet sind, andere, die sich nur mittels der Photographie naturgetreu wiedergeben lassen (z. B. Figur 62 auf p. 59). Es ist hier nicht der Ort, die mikrophotographischen Methoden irgendwie erschöpfend zu besprechen, es

soll — unter Beschreibung von zwei ganz einfachen Apparaten — nur in grossen Umrissen dargelegt werden, wie man verfährt[1].

Das Hauptrequisit des mikrophotographischen Apparates ist die photographische Kammer (Camera obscura), die speciell dem Mikroskope angepasst ist. Ein Objectiv besitzt sie nicht, sondern das Mikroskop vertritt die Stelle desselben. An der Rückwand der Kammer befindet sich eine Glasplatte, auf die das Bild projicirt wird; an ihre Stelle kann man eine Kassette, die die lichtempfindliche Platte enthält, bringen. Oeffnet man dann den Schieber derselben, so fällt das Bild auf die Trockenplatte.



99.

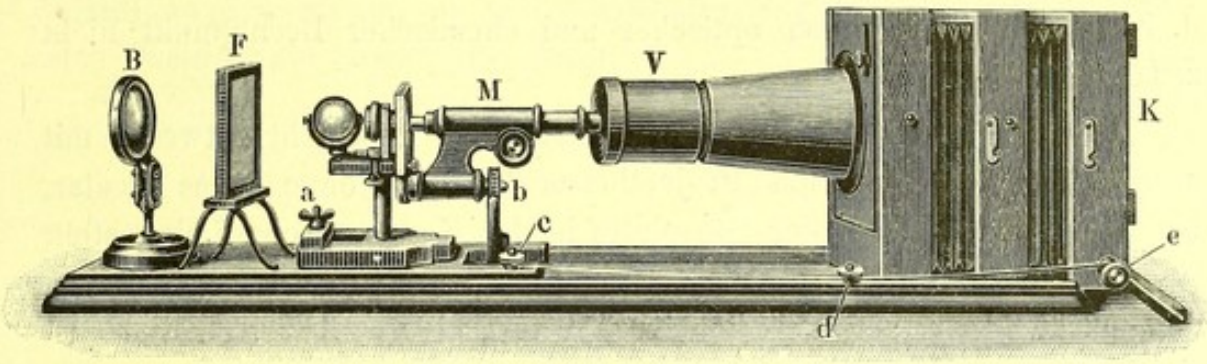
Figur 99 stellt die kleine photographische Kammer von H. Moeller dar. Unten besitzt sie eine runde, mit Diaphragmenplatte versehene Oeffnung, mit welcher sie dem Ocular des aufrecht stehenden Mikroskopes aufgesetzt wird; das Diaphragma bewerkstelligt den lichtdichten Verschluss. Oben links sind die beiden Kassettenschieber ausgezogen, dementsprechend ist ein Gegengewicht auf die andere Seite gestellt. Man sieht

---

[1]) Specielle Unterweisung erhält man aus folgenden Werken: Jeserich, P., Die Mikrophotographie auf Bromsilbergelatine etc. Berlin 1888. — Neuhauss, R., Anleitung zur Mikrophotographie für Aerzte, Botaniker etc. Berlin 1888. — Zeiss, R., Beschreibung und Gebrauchsanweisung des neuen Apparates für Mikrophotographie (Jena 1888).

ausserdem eine Lupe, welche dazu dient, das auf eine in die Kassette gelegte Glasplatte geworfene Bild genau einzustellen.

Die photographische Kammer von Neuhauss (Figur 100) setzt den Besitz eines umlegbaren Mikroskopes voraus. Dieselbe (*K*) lässt sich durch einen Doppelbalg bis auf 1·8 Meter anziehen; durch das Verlängerungsstück *V* wird die luftdichte Verbindung mit dem Mikroskop *M* hergestellt, welches durch den Klotz *a* fest auf der Unterlage ruht. Die Mikrometerschraube *b* kann durch eine Fadenübertragung *cde* von der Rückwand der Kammer aus behufs Einstellung des Bildes bewegt werden. *F* ist ein Lichtfilter, *B* eine Beleuchtungslinse. Zur Beleuchtung lässt sich z. B. verwenden Sonnenlicht, Petroleumlicht, Auer'sches Glühlicht (p. 43). Das Sonnenlicht lässt man vermittels eines Spiegels durch eine runde Oeffnung im Fensterladen eines ver-



100.

dunkelten Zimmers fallen und projicirt durch Verschieben von *B* ein Sonnenbild in das Object selbst (bei künstlichem Lichte das Bild der Flamme). Es ist nun das Object selbstleuchtend. Bei starken Vergrösserungen ist zur Beleuchtung noch der Abbe'sche Apparat (p. 40) anzuwenden, oder noch besser ein an seine Stelle gebrachtes Objectivsystem, das die Frontlinse (p. 20) dem Objecte zukehrt. Dann geschieht die Einstellung des Lichtbildes auf das Object auf folgende Weise. Eine in der Nähe von *F* senkrecht aufgestellte, grobkörnige mattgeschliffene Glasplatte wird so lange verschoben, bis ihre Körnung wahrgenommen werden kann, wenn man in das mit Objectiv und Ocular versehene Mikroskop blickt. Alsdann verschiebt man *B*, bis auf der Glasplatte das umgekehrte Bild der Lichtquelle erscheint; man entfernt die matte Platte und hat nun das Lichtbildchen im Object gelegen. Darauf wird das Lichtfilter *F* eingeschaltet. Es ist eine 1 bis 2 cm dicke Glascuvette, welche entweder mit Kupferoxydammoniaklösung (1 Th. gepulvertes Kupfervitriol gelöst in 4 Th. Ammoniak von 10

Procent), oder nach Zettnow mit einer Lösung von 175 g Kupfervitriol, 17 g Kaliumpyrochromat und 2 Tropfen Schwefelsäure in 500 cc Wasser gefüllt ist. Letztere wird zumal bei Verwendung von Erythrosinplatten und in verdünntem Zustande bei Benutzung von Petroleumlicht genommen. Das Lichtfilter hat folgenden Zweck. Erstlich werden durch dasselbe die Wärmestrahlen zurückgehalten, welche bei Sonnenbeleuchtung dem Object und Objectiv perniciös werden könnten. Sodann lassen jene Flüssigkeiten nur bestimmte Spectralfarben durch. Würde man mit weissem Sonnenlicht arbeiten, welches Strahlen sämmtlicher Wellenlängen (p. 2) enthält, so würde das durch das Auge scharf eingestellte Bild von der lichtempfindlichen Platte nicht scharf wiedergegeben werden, da auf ersteres rothe und gelbe Strahlen, auf letztere violette Strahlen am wirksamsten sind, und da die gewöhnlichen mikroskopischen Objective eine sogenannte Focusdifferenz aufweisen, d. h. es fallen bei ihnen optischer und chemischer Brennpunkt nicht zusammen. —

Die Erzeugung des Bildes in der Kammer geschieht entweder mit gewöhnlichem Ocular, mit Projectionsocular oder ohne jedes Ocular. Nachdem das Bild auf der Glasplatte in der Kammer scharf eingestellt ist, wird diese entfernt, die Kassette mit der Trockenplatte eingeschoben und durch Ausziehen des Schiebers exponirt. Die Expositionszeit richtet sich nach der Helligkeit des Bildes; sie beträgt bei Sonnenbeleuchtung einige Secunden bis 10 Minuten, bei Petroleumbeleuchtung bisweilen mehrere Stunden.

Ist die Exposition beendet, so wird das Bild entwickelt. Dazu stellt man drei Lösungen her:

A.	Kaliumoxalat, neutral	30 g
	Destillirtes Wasser	90 cc
B.	Eisenvitriol	10 g
	Destillirtes Wasser	30 cc
	Schwefelsäure	1 Tropfen.
C.	Bromkalium	1 g
	Destillirtes Wasser	10 cc

Man mischt 8 Th. A mit 1 Th. B und 2 Tropfen C, im ganzen etwa 100 cc. In flacher Schale bewegt man in dieser Flüssigkeit die Platte, das Bild nach oben, eine bis anderthalb Minute lang. Beginnen Einzelheiten zu erscheinen, so wird noch 1 Th. B zugesetzt und die Platte so lange darin belassen, bis das Bild auf der Rückseite zu sehen ist. Darauf wird die Platte in einer 12procentigen Lösung von unterschwefligsaurem Natrium fixirt, bis alles weisse Bromsilber ver-

schwunden ist. Endlich wässert man sie mindestens 6 Stunden lang in einem grossen Wasserbehälter, dessen Wasser mehrmals zu erneuern ist. Damit ist das Negativ fertig. Die Herstellung von Positivcopien desselben auf Papier übernimmt jeder Photograph. —

Für gewisse Zwecke, z. B. für die Reproduction von Schnittserien empfiehlt es sich bisweilen, Objecte in schwacher, etwa 10- bis 20facher Linearvergrösserung zu photographiren. Man kann dann nach dem Vorgange von His die photograhische Kammer ganz entbehren, indem man das schwach vergrösserte Bild vermittels eines Sonnenmikroskopes, eines Scioptikons oder eines anderen Projectionsapparates an eine Wand wirft, auf welcher man mit Heftzwecken einen Bogen des Eastman'schen lichtempfindlichen Bromsilberpapieres befestigt hat, und auf diesen 6 bis 8 Minuten exponirt. Man erhält dadurch nach Fixiren im Bade von unterschwefligsaurem Natrium und sorgfältigem, langdauernden Auswaschen ein völlig haltbares Negativ, von welchem sich auch Positivcopien herstellen lassen.

ZWEITER ABSCHNITT.

Das mikroskopische Präparat.

I. Einleitung.

In dem ersten Abschnitt dieses Buches sind die optischen Hilfsmittel und Apparate genauer beschrieben worden, welche Derjenige anwenden muss, der es sich zur Aufgabe macht, den Aufbau des menschlichen oder thierischen Organismus bis in die feinsten Details hinein zu studiren. Schon bei der einfachen Durchsicht jenes Abschnittes wird man zu der Erkenntniss kommen, dass es in den allermeisten Fällen unmöglich sein wird, mit diesen Apparaten den Körper des betreffenden Wesens im ganzen zu untersuchen. Nur bei sehr kleinen und einfach gebauten thierischen Wesen und nur bei einigen wenigen Körpertheilen der grösseren und zusammengesetzteren sind wir in der Lage, den lebenden und im ganzen zusammenhängenden Organismus zu betrachten. Es ist diese Schwierigkeit, den lebenden Körper mit unseren Hilfsmitteln zu erforschen, die hauptsächlichste, welche unserer Erkenntniss seines Aufbaues im Wege steht. Wir sind gezwungen, erst den Organismus zu tödten, ihn in kleine Theile zu zerlegen, diese physikalisch und chemisch zu verändern, um ihn überhaupt untersuchen zu können, und aus diesen, so entstandenen, traurigen Resten und Trümmern eines Lebewesens müssen wir dann versuchen, uns den Bau desselben im natürlichen Zustande geistig wieder aufzurichten. Es scheint widersinnig, dass man so handelt, und doch zwingt uns dazu die Sprödigkeit des Objectes wie Mangelhaftigkeit unserer Sinnesorgane, die unzureichend

sind in Bezug auf unsere geistigen Wünsche und Bedürfnisse. Möge der angehende Forscher es doch nie vergessen, dass alles das (mit wenigen Ausnahmen), was wir durch Mikroskop und Lupe sehen, im lebenden Organismus nicht so aussieht, dass alles Kunstproduct ist, und dass nur durch die strengste und schärfste Kritik des Gesehenen, durch unausgesetztes mühevolles Vergleichen verschieden behandelter Präparate desselben Organes nach unendlichen Irrthümern eine der Wahrheit sich nähernde Erkenntniss gewonnen werden kann. Es wird leider nur zu leicht ausser Acht gelassen, dass die mikroskopischen Präparate uns nicht die natürlichen Verhältnisse zeigen, nicht nur von Anfängern, auch mitunter von gewiegteren Forschern; es ist natürlich, das, was man direct vor sich sieht, auch auf den lebenden Körper zu übertragen, zumal man bei der Menge der Untersuchungsmethoden, der Verschiedenartigkeit der Technik manchmal in die Lage kommt, des lebenden Organismus und seiner Erforschung weniger zu gedenken, und sich zu freuen an den erlangten hübschen und zierlichen Bildern, und dem Erfolge, den dieses oder jenes neu verwandte Mittel hat. Da es wünschenswerth ist, ein jedes Organ in möglichst verschiedener Weise zu behandeln, um sich die Veränderungen, welche die einzelnen Behandlungsmethoden jede für sich gerade hervorbringen, vor Augen zu führen, und so das Charakteristische des Präparates besser zu erfassen, und da es lediglich auf subjectiver Anschauung beruht, welchem dieser verschiedenen Bilder man das meiste Vertrauen schenkt, so ist es natürlich, dass nicht nur die Anzahl der bereits angewandten Methoden eine sehr grosse ist, und dass jeden Augenblick neue dazukommen, sondern es wird auch leicht verständlich, dass die Anschauungen über die natürliche Beschaffenheit der Organe weit auseinandergehen. Unter diesen Umständen könnte es eigentlich als ein verzweifeltes Unternehmen angesehen werden, nicht nur ein Lehrbuch einer Wissenschaft zu schreiben, deren Fundament noch so schwankend ist, sondern sich überhaupt mit derselben zu befassen. Die Erfahrung hat indessen gelehrt, dass die bisher auf diesem Gebiete geleistete Arbeit doch nicht so ganz erfolglos geblieben ist; es sind in der That schon manche Thatsachen soweit sichergestellt worden, dass sie für unsere Erkenntniss von grundlegender Wichtigkeit bleiben, und so ist es zu hoffen, dass weitere solche Grundsteine und Grundlinien dem geistigen Aufbau ein festeres Gefüge geben werden. Ein Lehrbuch der mikroskopischen Technik wird dadurch von Nutzen sein können, dass es die hauptsächlichsten der bisher erlangten technischen Erfahrungen mittheilt, dem Anfänger so eine Uebersicht des bisher Bekannten giebt, und es ihm ermöglicht, sich überhaupt sachgemäss einzuarbeiten.

Bald wird jeder, der Talent für derartige Untersuchungen hat, und die Lust sich mit denselben eingehender zu befassen, dann auf eigenen Füssen weitergehen.

Die Hauptaufgaben der Technik werden die folgenden sein. Es ist aus dem ersten Abschnitte klar geworden, dass wir darauf angewiesen sind, sehr kleine Stückchen der Organe zu untersuchen. Dieselben müssen sehr dünn sein, damit soviel Licht von unten her durchfallen kann, dass die vermittelst des optischen Apparates in unser Auge gelangende Lichtmenge gross genug ist, um uns ein deutliches Sehen zu erlauben. Es kommt daher darauf an, das Organ in möglichst kleine und dünne Stücke zu zerlegen. Wir zerren die Theile zu diesem Zwecke auseinander oder schneiden sie in Scheiben. Da die Organe nun aber in frischem Zustande oft zu hart oder zu zäh sind, um mit Erfolg auseinandergezerrt zu werden, oder auch zu zart und zerstörbar sind, um eine so rohe Operation mit irgendwie günstigem Erfolge zu vertragen, so muss man sie auf physikalischem oder chemischem Wege in einen Zustand versetzen, der diese Manipulationen vorzunehmen erlaubt. Da ferner jeder frische Theil, abgetrennt vom Ganzen, abstirbt, sehr bald sich zersetzt, und so der völligen Vernichtung anheimfällt, so kommt es darauf an, Mittel zu finden, die Organtheile schnell zu tödten und dann dauernd zu conserviren. Es zeigt sich ferner bald, dass auch an conservirten und durchsichtig dünnen Objecten das Auge sehr oft nur äusserst wenig zu erkennen vermag, da die das Präparat zusammensetzenden verschiedenen morphologischen Elementarbestandtheile weder durch Farbe noch durch Lichtbrechung so stark von einander sich unterscheiden, dass das Auge die Grenzen wahrnehmen könnte. Es handelt sich dann darum, jene Unterschiede zu vergrössern, sei es die der Lichtbrechung, sei es die der Farbe. Ist hierin nun das uns Mögliche geleistet, so soll noch das Präparat dauernd in diesem günstigsten Zustande aufgehoben werden, um für weitere Betrachtungen zu dienen, es soll eventuell wiedergegeben werden, sei es flächenhaft oder plastisch. Schon aus dieser kurzen Uebersicht erkennt man, wie umfassend und vielseitig das Feld der Technik ist, und es kommt noch hinzu, dass, namentlich in neuester Zeit auch die einzelnen Abtheilungen desselben durch die rege Thätigkeit der Forscher eine sehr bedeutende Ausdehnung erlangt haben in Folge des Bestrebens immer besseres und zweckmässigeres zu finden. Es soll nun die Aufgabe dieses Buches sein, auf diesem so umfangreichen Gebiete als ein Leitfaden zu dienen. Es wird demgemäss in jeder Abtheilung eine allgemeine Uebersicht über das vorhandene Material gegeben werden

müssen, wobei dann zugleich das Wichtigere und häufiger Anzuwendende hervorzuheben sein wird gegenüber dem weniger Wichtigen und seltener Gebrauchten.

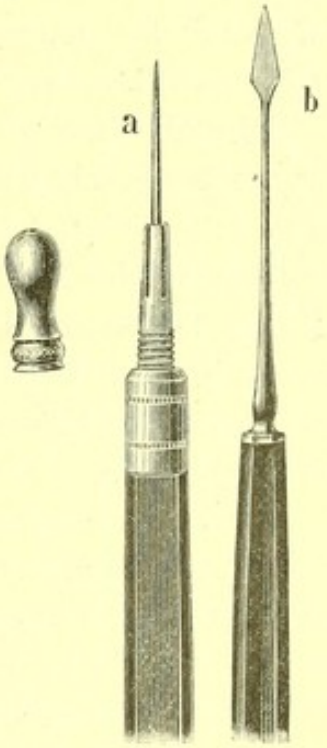
II. Instrumente und Utensilien im allgemeinen.

Es erscheint praktisch, die Instrumente und Utensilien, welche der Mikroskopiker verwendet, hier zum grössten Theile zusammenzufassen, um eine schnelle Uebersicht derselben zu geben.

Da die Theile, welche wir untersuchen wollen, von dem betreffenden Thiere abgetrennt, eventuell herauspräparirt werden müssen, so werden zunächst die gebräuchlichen anatomischen Instrumente nöthig sein: Scalpelle von verschiedener Grösse, anatomische Pincetten, Scheeren, Sägen, Meissel etc.

Um kleine Stückchen von Organen zu handhaben eventuell weiter zu bearbeiten, braucht man: Nadeln, Pinsel, Pincetten, Spatel, Glasstäbe, Pipetten.

Von **Nadeln** werden zwei Arten angewendet, solche mit conischer Spitze und solche mit flacher lanzenförmiger Spitze: Lanzettnadeln (Figur 101 b). Die letzteren wählt man derartig, dass die Nadel fest in einem Holzgriffe von genügender Länge, um bequem damit arbeiten zu können, eingelassen ist. Die Spitze hat am besten keine vorspringenden Ecken. Der Metallstiel ist fest und nur etwas elastisch.



101.

Für die Nadeln mit conischer Spitze verwendet man am einfachsten Nähnadeln. Man bekommt solche bekanntlich in allen möglichen Stärken und befestigt sie in einem Halter, der aus einem Holzgriffe (nicht Knochen, der zu zerbrechlich ist) mit einer aufgesetzten Klemmvorrichtung aus Metall besteht. Diese Klemmvorrichtung muss gut gearbeitet sein, damit Nadeln sehr verschiedener Dicke sicher gehalten werden. Am geeignetsten erscheint eine Klemme, bei der durch Aufschrauben einer innen kegelförmigen Hülse ein allseitiger Druck auf die

Nadel ausgeübt wird (siehe Figur 101a). Eine einfache einseitige Schraube ist unpraktisch.

Die Nadeln müssen stets sauber und rostfrei sein, die Oberfläche muss eine gute Politur zeigen. Sind die Nadeln auf der Oberfläche rauh, so werden sie schwer von Farbstoffen, in die man sie hineintaucht, zu reinigen sein und werden ausserdem die feinen Schnitte wie mit Widerhaken festhalten. Die Spitzen und Schneiden müssen selbstverständlich gleichfalls in bestem Zustande sein. Um die Nadeln immer brauchbar zu erhalten, schleift und polirt man sie öfter auf einem Streichriemen, oder noch besser auf einem feinen Abziehstein oder auf dem feinsten (französischen) Schmirgelpapier.

Die Nadeln gehören mit zu den am meisten benutzten Instrumenten der Mikroskopiker. Man verwendet dieselben, um kleine Gewebsstückchen, kleine Schnitte aufzuheben und sie in die Schälchen mit den verschiedenen Flüssigkeiten zu bringen, Schnitte vom Messer zu entfernen, kurz um die Präparate zu handhaben. Man braucht sie ferner, um die Präparate durch Zerzupfen in kleinere Stücke zu zerlegen, endlich um auf dem Objectträger Stücke von Schnitten abzuschneiden. Und zwar kann man zu diesem Zwecke sowohl die Lanzettnadeln verwenden, die direct als Messer wirken, wie auch die der Spitze nächsten Parthien der anderen. Am besten hält man sich zum augenblicklichen Gebrauche vier Nadeln bereit: zwei Lanzettnadeln und zwei Nähnadeln.

Pinsel. Der Pinsel kann häufig die Nadel ersetzen und wirkt mitunter besser als jene. Um Schnitte vom Messer zu entfernen, ist der Pinsel vorzuziehen, da sein Gebrauch einmal die Gefahr ausschliesst, die Schneide des Messers zu beschädigen und da das Präparat auf der breiteren Fläche des Pinsels besser vor Knickungen etc. bewahrt ist als auf der Nadel. Um Präparate aus einer Flüssigkeit in die andere zu übertragen, sind Pinsel nicht so zweckmässig als Nadeln, da sie schwer zu reinigen sind.

Pinsel werden ferner zur Zubereitung von Präparaten in der Weise verwendet, dass man durch fortgesetztes Auftupfen des Pinsels auf einen Schnitt gewisse Bestandtheile des Gewebes zu lockern und so zu entfernen sucht, ein Process, den man als „Auspinseln“ bezeichnet.

Ferner werden Pinsel gebraucht, um Flüssigkeit auf Messer oder Objectträger zu bringen. Für den letzeren Zweck würde ich sie nicht empfehlen. Um Alcohol auf ein Mikrotommesser zu bringen ist aber ein dicker Pinsel recht brauchbar.

Sie dienen weiter dazu, um Objective und Oculare der Mikroskope, ja auch die Messingtheile derselben von Staub zu reinigen, ebenso um

den Staub von Deckgläsern und Objectträgern mikroskopischer Präparate zu entfernen und sind für beide Zwecke weitaus den Tüchern vorzuziehen.

Endlich finden Pinsel Verwendung bei dem Ziehen der Lackrahmen, welche das Deckglas mit dem Objectträger verbinden und die Verdunstung der Flüssigkeit, die das Präparat einschliesst, verhindert.

Zu diesen verschiedenen Zwecken wird man sich natürlich Pinsel von verschiedener Beschaffenheit besorgen müssen. In allen Fällen müssen dieselben gut und elastisch sein, am besten von Marderhaar. Die Grösse wird natürlich sehr variiren und dem jedesmaligen Zweck entsprechen müssen. Für manche Fälle werden Pinsel an festem, langem Stiel mit Blechhülle zu wählen sein (Figur 102). Für den Lackpinsel würde ich Fassung in Federpose befürworten.

102.

Anschliessend an die Pinsel möchte ich hier ein kleines Instrument empfehlen, dass sich Jeder im Augenblicke selbst herstellen kann, und das zum Reinigen der Linsen der Mikroskope, namentlich derjenigen der Objective sehr gutes leistet. Dieser „Linsenwischer", wie ich das Ding nennen will, damit es einen Namen hat, besteht einfach aus einem Streichhölzchen, an dessen einem Ende mittels eines feinen Fadens ein kleines Köpfchen von alter feiner Leinwand aufgebunden ist. Man kann mit diesem Instrument überall hin und behandelt die Linsen sehr schonend. Es ist gut eine Anzahl solcher „Wischer" vorräthig zu haben. Ich habe dieselben bei einem unserer bedeutendsten Mikroskopverfertiger kennen gelernt.

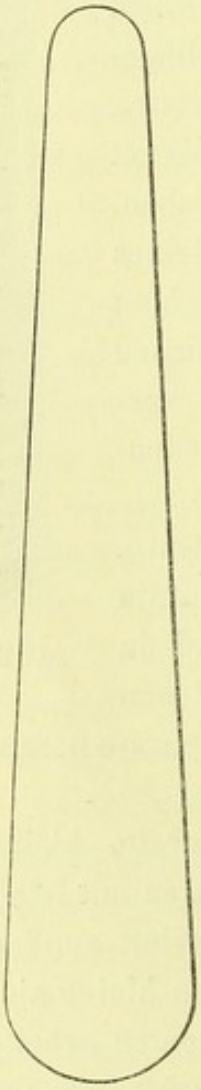
Pincetten. Zum Handhaben der grösseren Präparate, der Stücke von denen man Schnitte machen will, genügen die gewöhnlichen anatomischen Pincetten. Sehr praktisch sind da übrigens sehr lange und relativ dünne Pincetten, mit denen man auch aus hohen und nicht sehr weiten Gläsern die Präparate herausholen kann.

Zum Handhaben der feinen mikroskopischen Präparate, kleiner zerzupfter Stückchen, feiner Schnitte, gebraucht man Pincetten mit feinen Spitzen, bei denen die Innenseiten der Branchen nicht gerieft sondern glatt sind. Die ganze Pincette nimmt dazu am besten eine kleine zierliche Gestalt an, denn mit leichten und zierlichen Instrumenten arbeitet man durchschnittlich auch zarter und feiner als mit grösseren und schwereren. Die Riefung ist hier, wo es sich um das Festhalten so leichter Objecte handelt, nicht nöthig, und sie ist schädlich, da die Riefen das Präparat schädigen können und da die Farbstoffe resp.

die sonstigen gebrauchten Flüssigkeiten sich leicht in denselben festsetzen und so eine schnelle und gründliche Reinigung der Pincetten erschweren.

Eine besondere für bestimmte Zwecke sehr brauchbare Art ist an dem unteren Ende der Branchen der Fläche nach unter einem ziemlich starken, dem rechten sich nähernden Winkel umgebogen, und diese umgebogenen Stücke sind breit und platt. Diese Pincette dient dazu, bequem eine horizontalliegende Glasplatte zu ergreifen. Man kann sie zum Auflegen für Deckgläser brauchen (und diese Instrumente gehen auch gewöhnlich unter dem Namen „Deckglaspincetten"), noch besser aber, um Objectträger mit den auf ihnen fixirten Präparaten aus einer Flüssigkeit in eine andere zu übertragen.

Die Pincetten bestehen aus Stahl oder besser aus Neusilber oder Nickelin.

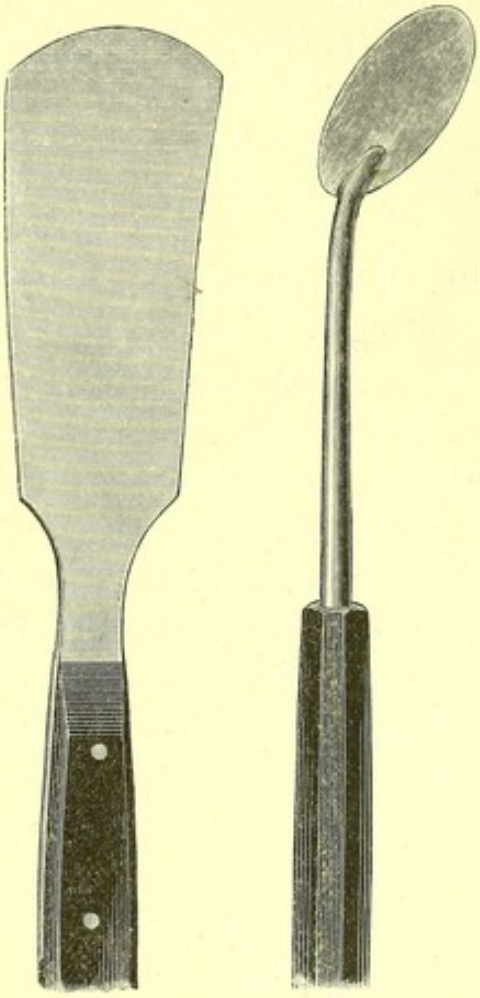


103.

Spatel. Unter Spatel versteht man flache schaufelförmige Instrumente, welche dazu dienen, die Schnitte aus einer Flüssigkeit in die andere zu transportiren, ohne dass dieselben dabei geknickt oder gezerrt werden. Man hat im wesentlichen drei verschiedene Formen, welche zu bestimmten Zwecken sehr brauchbar sind. Der kurze Spatel (Figur 103) ist der einfachste und derjenige, welcher für den gewöhnlichen Gebrauch am häufigsten in Frage kommen dürfte. Derselbe besteht aus einem Stücke Neusilberblech von der in der Figur angegebenen Form und Grösse, dessen Kanten, namentlich an den beiden abgerundeten Enden leicht zugeschärft sind. Man biegt sich diese beiden Enden nach vorn und hinten über unter einem gerade passenden Winkel und hat dann ein Instrument, das leicht zu handhaben ist, sich sehr leicht gründlich reinigen lässt und unzerbrechlich ist. Natürlich kann man je nach Bedürfniss den Spatel auch länger und breiter nehmen, in kurzer Zeit schneidet jeder Instrumentenmacher ja einen solchen zurecht. Merkel hat diesen Spatel angegeben.

Der zweite Spatel (Figur 104a) ist dem vorigen insoweit ähnlich, als er auch die Form einer vorn abgerundeten schmalen langgestreckten Platte besitzt. Er unterscheidet sich von ihm dadurch, dass diese Platte sehr viel dünner ist und daher sich leicht biegen lässt, um dann durch ihre

Elasticität wieder in ihre alte Lage zurückzukehren. Dieser Spatel wird am besten leicht der Fläche nach gebogen. Er ist sehr bequem, um sehr zarte Schnitte recht sanft auf den Objectträger abgleiten zu lassen, und auch, um einen Schnitt in wenig Flüssigkeit aufzuladen, da er sich leichter unter einen solchen herunterschieben lässt als der vorige. Der Stiel, an dem diese dünne biegsame Platte angebracht ist, erlaubt, dieselbe mit der nöthigen Sicherheit und Kraft zu gebrauchen.



a. b.

104.

Der dritte Spatel endlich (Figur 104b) besitzt eine ovale fast kreisförförmige oder stumpf herzförmige Platte, die an ihrem Rande wieder zugeschärft ist und an einem langen Metall-Holzstiele befestigt ist. Die Platte steht zu dem Stiele etwa in dem Winkel von 60 °. Dieser Spatel hat den Nachtheil, dass er schwer zu reinigen ist, und ich würde daher nicht empfehlen, denselben zu verwenden, um Schnitte einfach aus einem Schälchen mit Flüssigkeit in ein anderes mit anderer Flüssigkeit zu übertragen. Sehr brauchbar ist derselbe aber, wenn es sich darum handelt, Schnitte, die man als Vorrath in einem Pulverglase etc. aufgehoben hat, aus diesem Glase wieder herauszubekommen. Will man alle Schnitte entfernen, so ist es natürlich am einfachsten, den Inhalt des Glases in eine Schale zu entleeren, will man aber aus der Menge nur den einen oder anderen herausfischen, so ist ein solcher Spatel äusserst brauchbar und kaum durch etwas Anderes zu ersetzen.

Alle diese Spatel werden am besten aus Neusilber oder Nickelin verfertigt.

Will jemand sich nur einen anschaffen, so ist der unter 103 abgebildete zu empfehlen.

Glasstäbe. Zumeist werden dieselben zum Umrühren von Flüssigkeiten gebraucht, oder um kleine Mengen von solchen herauszuholen, so bei Reagentien, Farbstoffen, Lacken. Man verwendet sie aber oftmals auch zum Handhaben der Präparate, wenn diese in Flüssigkeiten

befindlich sind, die das Metall angreifen oder auf demselben Niederschläge bilden (Gold- und Silbersalze, Osmiumsäure etc.). Man hält sich daher am besten mehrere in verschiedenen Längen und Stärken vorräthig.

Pipetten. Auch diese sind dem Mikroskopiker oft von Nutzen. Einmal kann man jene voluminöseren brauchen, welche in ihrem Verlaufe eine ovale oder kugelige Ausbauchung besitzen, entweder indem man an ihrem Ende einen Gummiballon anbringt oder mit dem Munde saugt. Diese dienen dann zur Uebertragung grösserer Mengen von Flüssigkeit, deren Menge man bestimmen kann, wenn die Pipette eine Eintheilung besitzt: Maasspipette.

Weit häufiger kommt man aber in die Lage ganz kleine Pipetten zu benutzen, die man leicht dadurch herstellt, dass man über der Flamme ein Glasrohr an einem Ende spitz auszieht. Auf das andere Ende lässt sich nun wieder ein Saugapparat aufsetzen, indem man einfach ein Stück Gummischlauch aufzieht, das zum Theil frei über das Rohr hervorragt, und das freie Ende dieses wieder durch ein kleines Stückchen eines Glasstabes schliesst. Man kann so kleine Mengen Flüssigkeit aufsaugen, wie sie zur Behandlung eines mikroskopischen Präparates im Schälchen oder auf dem Objectträger genügen, und vermag auch kleine Gewebsstückchen zu übertragen, indem man sie mit aufsaugt, ebenso Blut, Lymphe oder Chylus, die man dem Körper des Thieres direct entnimmt.

Von Instrumenten, welche die Präparate zur mikroskopischen Untersuchung geeignet zerlegen, verwenden wir Messer, Scheeren, Sägen, Feilen, dazu als Hülfsinstrument den Schraubstock.

Von **Messern** würden wir Scalpelle, Rasirmesser, Doppelmesser und Mikrotommesser in den Mikrotome genannten Schneidemaschinen gebrauchen. Diese werden in Capitel III abgehandelt werden.

Die **Scheeren** haben am besten lange Handhaben, kurze Klingen, und sehr zierliche, fein auslaufende Spitzen. Man kommt mit geraden, wie mir scheint, aus. Sehr gut sind die sogenannten „Augenscheeren". Man nehme sie von Stahl oder von Nickelin.

Die **Säge.** Man wählt als solche jene dünnen Uhrfederblätter, welche auch zum Sägen von Metall verwendet werden. Das Sägeblatt muss natürlich fest und gerade eingespannt sein und darf sich nicht durchbiegen. Wird das betreffende Stück des Knochens oder des Zahns ordentlich in einem Schraubstocke befestigt, so kann man recht gleichmässige und dünne Scheiben erhalten.

Die **Feile.** Man kann Feilen verschiedener Art benutzen. Einmal dünne, platte, feine Feilen, welche in manchen Fällen, in denen es sich um sehr harte Gegenstände handelt, mit Vortheil die Säge ersetzen. Wenn man z. B. von der Krone eines Zahns Schnitte machen will, so kommt man mit der Feile weit eher zum Ziele als mit der Säge. Der Schmelz ist so hart, dass die letztere in kurzer Zeit stumpf wird und auch leicht bricht.

Ferner benutzt man die Feile, um Glasröhren und Glasstäbe zu ritzen. Hiezu verwendet man dann die gewöhnlichen Glasfeilen, die ja meist dreikantig sind. Man kann auch ein Glasmesser benutzen, doch sind mir die Feilen immer praktischer erschienen.

Der **Schraubstock** muss mässig gross sein, damit man auch grössere Knochenstücke einklemmen und eine bedeutendere Kraft entwickeln kann. Letzteres ist wünschenswerth, um frische Knochen und Zähne durch Druck sprengen zu können. Es ist diese Manipulation die beste und einfachste, um das Mark resp. die Pulpa zu erhalten. Der Schraubstock wird langsam enger gedreht bis die betreffenden Theile eben so weit zersprungen sind, dass man die Stücke ohne Mühe trennen kann. So wird mit der möglichst geringen Quetschung der Weichtheile im Innern der Zweck erreicht.

Zum Befestigen von Präparaten dienen: Stecknadeln, Igelstacheln, Korkplatten, Faden.

Stecknadeln. Man nimmt am besten einen Brief Karlsbader Insectennadeln. Will man dieselben kürzen, so kneift man das überflüssige Ende mit einer scharfen Zange ab. Man benutzt dieselben um Objecte aufzuspannen, entweder um sie in diesem Zustande trocknen zu lassen, oder um irgend welche Reagentien auf sie einwirken zu lassen. Da diese Reagentien nun aber das Metall der Stecknadeln oft angreifen, resp. dieses auf jene eine verändernde Einwirkung ausübt, so ist es sehr oft praktischer statt der Stecknadeln

Igelstacheln zu verwenden. Diese sind sehr spitz und hart und indifferent in Bezug auf die Reagentien.

Korkplatten oder **Wachsplatten** braucht man, um vermittelst der Nadeln oder Stacheln die Objecte auf ihnen zu befestigen. Man hält sich beide vorräthig. Kleine Korkplatten kann man sich auch in jedem Augenblicke herstellen, indem man einen Korkpfropfen durch Messer oder Säge in Scheiben zerlegt. Selbstverständlich muss die Korkplatte, die auf der Flüssigkeit schwimmt, so hereingebracht werden, dass die Objectseite nach unten sieht. Andererseits kann man auch die

Objectseite nach oben sehen lassen und dann das Object nur der Einwirkung des Dampfes der betreffenden Flüssigkeit aussetzen.

Faden. Fäden braucht der Mikroskopiker zu sehr verschiedenen Zwecken. — So benutzt man sie, um ein Präparat in der Flüssigkeit oder in dem Dampfe derselben aufzuhängen. Der Faden geht dann gewöhnlich zwischen Deckel und Gefäss hindurch nach aussen, wo dann eventuell noch ein Zettel befestigt werden kann. In solchem Falle empfiehlt es sich, das Stück des Fadens das vom Präparat aus nach aussen geht, tüchtig zu wächsen, damit die Flüssigkeit nicht an dem Faden entlang in die Höhe steigt und so eventuell aus dem Gefässe heraustritt.

Indem man an einem so aufgehängten Präparate noch einen zweiten Faden am unteren Ende befestigt, der wieder ein Gewicht (z. B. eine Glaskugel oder ein Stück eines Glasstabes) trägt, kann man dasselbe in gespanntem Zustande von allen Seiten frei der Einwirkung der betreffenden Flüssigkeit aussetzen, ein Vortheil vor der Korkplatte, den man bei dieser nur annähernd erreicht, wenn man statt der geraden Platte eine an der Stelle des Präparates ausgehöhlte oder einen Korkring benutzt.

Ferner benutzt man Fäden, um Organe, die man injicirt oder aufgeblasen hat, zu unterbinden, oder um die zum Injiciren oder Aufblasen dienenden Instrumente in den Organen zu befestigen. Hier braucht man recht feste Fäden, die sich nicht drehen. Zu diesem Zwecke empfiehlt Ranvier (1, p. 50)* „le meilleur fil à employer et un fil de chanvre non tordu qu'on trouve chez les fournisseurs des cordonniers. Ce fil résiste assez quand il es ciré, et la ligature est facile, parce qu'ill n'est pas tordu". Sonst kann man auch feine Seidenfäden verwenden, wie die Chirurgen sie zum Nähen brauchen, für gröbere Zwecke auch feinen Bindfaden.

Um seine Präparate den Einwirkungen der verschiedenen Flüssigkeiten auszusetzen, braucht der Mikroskopiker eine Anzahl von Flaschen, Gläsern, Schalen, Tellern, Näpfen aus Glas, Porcellan und Blech.

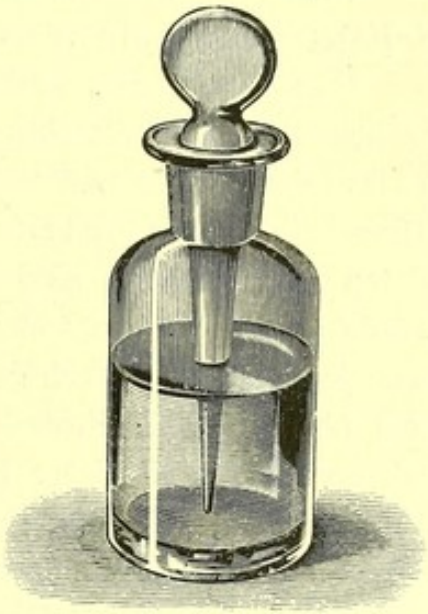
Die Flaschen werden in ihrem Kaliber natürlich sehr verschieden sein müssen je nach dem Quantum der Flüssigkeit, das man braucht. Für destillirtes Wasser, Alkohol, Härtungsflüssigkeiten, die man vorräthig hält, wird man grosse, ein oder mehrere Liter haltende Flaschen verwenden, für Farbstoffe, Reagentien solche von 100 bis 500 g Inhalt,

---

*) Bei den mit Zahlen bezeichneten Citaten beziehen sich jene auf das am Ende des Abschnittes befindliche Literaturenverzeichniss.

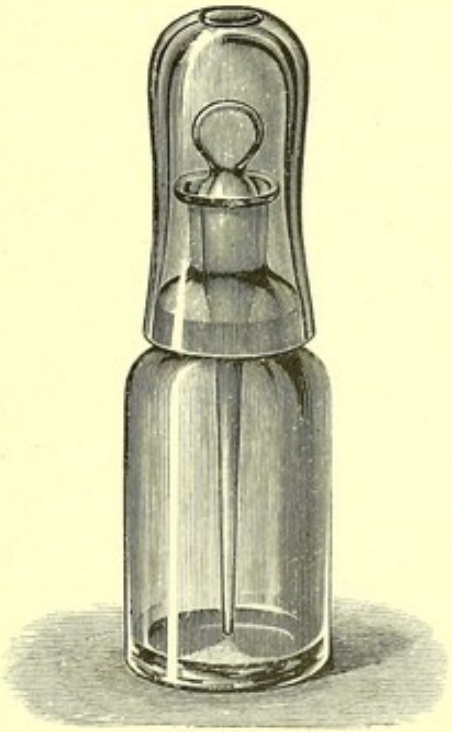
oder noch kleinere. Für manche Sachen werden sich Flaschen mit Glasstöpsel empfehlen (Säuren, Laugen, die meisten Farbstoffe), für andere werden Korkstöpsel genügen.

Im ganzen ist es sicher besser Flaschen mit Glasstöpsel zu benutzen auch für Farbstoffe, da die Korke leicht schimmeln. Doch wird man hier mit Medicingläsern und Korkstopfen in den meisten Fällen auch auskommen. Für lichtempfindliche Flüssigkeiten müssen gefärbte Gläser genommen werden.



105.

Für Reagentien die man stetig in kleinen Quantitäten zur Hand haben mag, um tropfenweise aus ihnen zu schöpfen, sind Fläschchen von Nutzen, wie das in Figur 105 dargestellte. Hier verlängert sich der eingeschliffene Glasstopfen direct in einen unten spitz zulaufenden Glasstab. Praktischer ist oft noch ein kleines weithalsiges Pulverglas (von etwa 30 g Inhalt), welches durch einen Kautschukstopfen geschlossen wird, in dessen Durchbohrung sich ein Glasstab befindet, der in die Flüssigkeit hineinragt. Ich halte nach meinen Erfahrungen einen Glasstab für besser als eine kleine Pipette, da man mit jenem die Flüssigkeitsmenge mehr in der Hand hat und da derselbe weit leichter zu reinigen ist.



106.

Für Reagentien, welche ganz besonders stark verdunsten, ist ein Gläschen mit Glassturz zu empfehlen, wie Figur 106 es zeigt.

Ueber Gläser für Lack, resp. deren Schutzhülsen werden wir weiter unten, in Capitel XI, noch näheres mittheilen.

Gläser mit weiter Oeffnung und Glasstopfen, anatomische Präparatencylinder, oder Pulvergläser mit Korkstopfen werden für die Aufbewahrung der Präparate nöthig sein. Man nehme dieselben nicht zu klein, da es gut ist, die Präparate in möglichst viel Flüssigkeit aufzubewahren.

Um die grösseren Präparatenstücke zu besehen resp. zu bearbeiten nimmt man am einfachsten gewöhnliche flache Teller oder Wachsteller: Blechgefässe oder irdene Schalen, deren Boden mit schwarzem Wachs ausgegossen ist. In diesen kann man die Objecte dann wieder mit Nadel oder Igelstacheln befestigen.

Um die Schnitte etc. hineinzuthun, wählt man verschiedene grosse **Schalen** und **Näpfe** von Glas und Porcellan.

Glasschalen, kreisförmig von 10 bis 15 cm Durchmesser mit flachem Boden, senkrechtem oben nicht abgeschliffenem sondern polirtem Rande und einer schweren, planen als Deckel dienenden Glasscheibe ohne matten Schliff sind sehr zu empfehlen. Dieselben bieten genug Raum, sind leicht zu reinigen und schliessen gut. Ich würde dieselben allen anderen Deckelschalen vorziehen. So namentlich auch jenen jetzt vielfach gebrauchten Glasdosen, welche entweder in dem oberen Theile ihres Randes winklig nach innen eingebogen sind und so einen auf dieser Einbiegung ruhenden übergreifenden Deckel tragen, oder auch eine grade Wand besitzen, deren oberer Rand matt geschliffen ist, auf welchem dann ein an der entsprechenden Stelle mit einer mattgeschliffenen Furche versehener Glasdeckel aufliegt, der am Rande etwas übergreift, so dass ein Herabrutschen und Verschieben vermieden wird. Ist dieses auch ein geringer Vortheil und mag der Glasdeckel auch recht gut schliessen, so entsteht doch bei beiden Arten dieser Glasdosen der erhebliche Nachtheil, dass man sie nur schlecht reinigen kann. Bei dem vielfachen Gebrauch stark färbender Substanzen aber, wie z. B. der Anilinfarben, die sich aus allen nicht sehr freiliegenden Ecken und namentlich von mattgeschliffenen Flächen nur schwer entfernen lassen, ist das eine sehr unangenehme Eigenschaft.

Recht praktisch und für manche Zwecke, so zum Färben und sonstigem Behandeln von Objecten, die auf Objectträgern fixirt sind, noch besser als die kreisförmigen sind die viereckigen Schalen von Glas mit schräg aufsteigendem Rande, welche die Handlung von Warmbrunn und Quilitz (Berlin) unter der Bezeichnung von „Schalen zum Reinigen chirurgischer Instrumente“ anbietet. Namentlich die kleinste Sorte dieser (15 cm : 18 cm, Preis 1 M.) ist recht brauchbar. Man muss sich dazu passende viereckige Glasdeckel schneiden lassen.

Ganz ähnlich diesen Schalen sind die viereckigen Porcellanschalen, wie die Photographen sie verwenden. Diese haben sogar noch den Vortheil an der einen Ecke eine Rinne zum Ausgiessen zu besitzen. Sie sind sehr billig und in verschiedenen Grössen zu kaufen. Zu empfehlen ist die Grösse 19 cm zu 21 cm. Auch zu diesen lasse man

sich Glasdeckel schneiden. Da Porcellan leicht Poren besitzt, sind für Farbstoffe besser die Glasschalen zu verwenden.

Für kleinere Objecte sind Uhrgläschen mit geschliffenem oder besser polirtem Rande und flacher polirter Bodenfacette sehr geeignet. Mit passendem Glasdeckel versehen, schliessen auch sie hinreichend gut und sind leicht zu reinigen. Gläschen von 5 bis 7 cm Durchmesser werden meist ausreichen.

Grosse Uhrgläschen von 9 bis 15 cm Durchmesser sind ausgezeichnet zu brauchen für das erste Behandeln von kleinen Embryonen und zu diesem Zweck jenen obigen kreisförmigen Glasschalen noch vorzuziehen. Noch günstiger indess als die Form dieser meist ziemlich flachen Gläschen ist die Form der in Anilinfabriken gebrauchten grossen Schalen, die den Uhrgläschen im allgemeinen ganz ähnlich gestaltet sich von ihnen im wesentlichen durch eine grössere Tiefe unterscheiden.

Ganz praktisch sind auch die Vogelnäpfchen aus Glas, namentlich diejenigen, welche einen flachen Boden haben. Dieselben. sind billig, stark im Glase, daher ziemlich dauerhaft, sind geräumig, stehen fest und schliessen mit aufgelegtem Glasdeckel für viele Fälle genügend gut. Allerdings sind sie etwas schwerer zu reinigen als die Uhrgläschen. Man wähle auch von diesen verschiedene Grössen.

Ausgezeichnet brauchbar sind ferner die bekannten kleinen Tuschnäpfchen von Porcellan mit einem Durchmesser von 6·5 cm. Man wähle solche, welche ringsum glasirt sind, nicht jene Sorte mit Kanten und Furchen, welche dazu bestimmt sind, ein sicheres Aufeinanderstellen der Gefässe zu ermöglichen. Diese würden wieder schwerer zu reinigen sein und man braucht für mikroskopische Präparationen die Schälchen nur einzeln. Man verwendet dieselben am besten für die weitere Präparation von gefärbten Objecten.

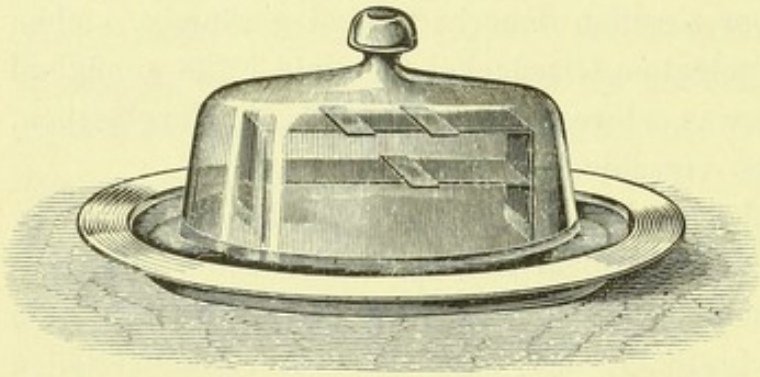
Ebenso praktisch sind für bestimmte Zwecke kleine Porcellangefässe, die durch einen Porcellandeckel geschlossen werden können. Man kann als solche sehr gut einzelne Gefässe der Kinderspielzeuge verwenden. Zur Herstellung von Präparaten unter Lichtabschluss also bei Gold, Silber, Osmium sind sie äusserst brauchbar.

Desgleichen kann man kleine Blechgefässe dem Kinderspielzeuge entnehmen: Pfannen, Kochtöpfe etc., um dieselben im Paraffinofen zu benutzen.

Bei diesen verschiedenen Gefässen ist schon öfter der **Glasdeckel** Erwähnung geschehen. Kreisförmige Glasscheiben, die am Rande abgeschliffen sind, damit der scharfe verletzende Rand vermieden wird, von verschiedenem Durchmesser, der den gewählten Schälchen etc.

entspricht, sind in der That ganz nothwendig für den Mikroskopiker. Kein Schälchen sollte man offen stehen lassen. Die Verdunstung und das Hineinfallen von Staub müssen durchaus vermieden werden.

Um Gläschen, Schälchen, Objectträger mit Präparaten, Oculare, das Mikroskop etc. zu bedecken, wenn man sie entweder vor sich auf dem Tische unter Augen und zur Hand haben, oder eine langsame Verdunstung gestatten will, bei der doch das Eindringen von Staub ausgeschlossen ist, benutzt man **Glasglocken.** Abgesehen von den grösseren, die man natürlich speciell für den Zweck kaufen muss, kann man für kleinere Gegenstände sehr gut umgestülpte Wassergläser oder Weingläser, denen der Fuss verloren gegangen ist, sowie hohle Deckel von Präparatencylindern gebrauchen. Von den käuflichen sind die breiten, niedrigen, Käseglocken ähnlichen Formen die brauchbarsten. Für das Mikroskop muss natürlich eine hohe, am besten schwere Glocke mit unterem breitem abgeschliffenem Rande gewählt werden.



107.

Man kann die breiten Glocken auf eine Glasplatte oder einen Teller stellen, wie Figur 107 es zeigt, und dann unter dieselbe noch ein niedriges Gestell von Holz oder Blech, um den verfügbaren Raum zu vergrössern.

Bei diesen Glasgeräthen darf man der **Reagenzgläschen** nicht vergessen. Manche Mühe wird sich der Mikroskopiker ersparen können, wenn er bei dem Forschen nach neuen Färbungsmethoden fleissig die Reagenzgläschen benutzt, um vorläufige Mischungen und Reactionen vorzunehmen.

Um für die Anwendung des Wasserdampfes kleine Quantitäten Wasser rasch zu erhitzen sind die Gläschen viel in Anwendung. Ebenso um kleine Objecte durch Hitze zu tödten.

Ein sehr einfaches Wasserbad stellt man sich für kleinere Quantitäten dadurch her, dass man ein Reagenzgläschen in ein zweites wenig breiteres aber längeres steckt, das ein gewisses Quantum Wasser enthält, und nun dieses Wasser erhitzt.

Zum Anfassen solcher erwärmter Gläschen sind die bekannten Holzzangen mit Gummiring oder federnde Drahtklemmen zu empfehlen. In Ermangelung einer solchen kann man auch einen Kork durchbohren

und entweder das Reagenzgläschen in das Loch hineinstecken, oder wenn dieses nicht gross genug ist, den durchbohrten Kork halbiren und die beiden Hälften zur Anlage an das Gläschen benutzen.

Sehr praktisch sind die Reagenzgläschen endlich zum Schütteln von Präparaten. Im Capitel VII werden wir auf diese Manipulation noch näher einzugehen haben.

Zu den Reagenzgläschen gehören natürlich die entsprechenden bekannten Holzgestelle.

An diese verschiedenen Geräthe schliessen sich unmittelbar an die **Platten für Serienschnitte.** Es sind dies dicke Porcellanplatten, in welchen sich eine Anzahl von Reihen gebildet durch Vertiefungen von bestimmter Grösse befinden. Eine solche Platte stellt gewissermaassen eine Anzahl von Näpfchen dar, die mit einander verschmolzen sind. Dieselben werden in verschiedenen Grössen hergestellt. Man deckt die Platte mit einer entsprechenden Glasplatte zu. Wie wir später sehen werden, verzichten wir bei unseren Schnittserien jetzt meistens auf dergleichen etwas kostbare und Raum einnehmende Hilfsmittel. Immerhin dürften auch jetzt noch diese Platten in manchen Fällen von Nutzen sein.

Wir haben schon so oft von **Korken** gesprochen, dass es naturgemäss erscheint, auch diesen einige Worte zu gönnen. Die Korke müssen vom besten Material sein und vor allem nicht krümeln. Korkkrümel sind in Flüssigkeiten für den mikroskopischen Gebrauch sehr störend schon durch ihre mechanische Einwirkung.

Zum Behandeln der Korke sind eine **Korkpresse** und ein **Korkbohrer** (am besten mit Stahleinsätzen) sehr zu empfehlen.

Kautschukstopfen hält man am besten nicht vorräthig, sondern kauft sie im Bedürfnissfalle, da sie leicht hart und bröckelig werden. Will man einige vorräthig halten, so lege man sie in Wasser und stelle sie an einen dunklen, kühlen Ort.

Glasstopfen, die nicht ordentlich passen, werden mit Schmirgel durch Drehen nachgeschliffen. Solche, die nicht aufgehen wollen, was ja leider oft genug vorkommt, werden am besten durch leichtes schnelles Anschlagen mit einem Stücke Holz gelockert. Gewalt richtet nichts aus. Hilft das Klopfen nicht, so bleibt noch das riskantere Mittel übrig, den Hals der Flasche möglichst gleichmässig zu erwärmen.

Der Mikroskopiker wird sich die Lösungen der Farbstoffe, die Härtungsflüssigkeiten etc., die er braucht, in vielen Fällen selbst zubereiten. Zu diesem Zwecke braucht derselbe dann: Bechergläser, Wassergläser, Kasserolen, Abdampfschalen, Kochfläschchen, Reib-

schalen, Trichter, Filtrirpapier, Maasscylinder, Waagen und Gewichte, Dreifüsse, Drahtnetze, Wasserbäder, Lackmuspapier.

Bechergläser. Dieselben können, wie ich glaube, in den meisten Fällen durch die gewöhnlichen billigen Wassergläser oder durch Präparatengläser ersetzt werden.

Kasserolen sind zum Kochen von Farbstoffen sehr nützlich. Am meisten zu empfehlen sind solche von gutem Porcellan mit hölzernem Handgriffe, allerdings aber sind diese auch die theuersten. Gute Dienste haben mir auch solche von grau emaillirtem Blechgeschirr geleistet (amerikanisches Patent). Vielleicht sind auch die jetzt im Handel leichter zu habenden nickelplattirten Geschirre gut zu verwenden.

Abdampfschalen braucht man im ganzen wenig, man kann statt ihrer auch die Kasserolen verwenden, immerhin sind sie in manchen Fällen angenehm.

Kochfläschchen werden nur selten benutzt.

Reibschalen sind durchaus nöthig. Man wählt am besten solche, die ganz glasirt sind.

Trichter. Man kaufe mehrere Glastrichter von verschiedenen Grössen.

Filtrirpapier. Es ist nicht nöthig das theuerste zu nehmen, für die Zwecke des Mikroskopikers genügen auch die geringeren Sorten. Man benutzt dasselbe einmal zum Filtriren, und dann in noch ausgedehnterem Maasse zum Absaugen von Flüssigkeiten von Präparaten, zum Reinigen von Instrumenten statt der Tücher und zu ähnlichen Zwecken.

Maasscylinder. Von diesen mit in das Glas geritzter Eintheilung versehenen Cylindern wählt man am besten einen kleinen bis zu 5 oder 10 cc gehenden, einen mittleren bis zu 100 cc, und wenn man mit diesen beiden noch nicht genug zu haben glaubt, obgleich sie für die meisten Zwecke ausreichen, noch einen grossen von 250 cc. Dann ist noch ein Litermaass erwünscht, an dem man auch Viertel- oder wenigstens Halbe-Liter ablesen kann. Zu vermeiden sind hierbei jene Maassgefässe, die bei völliger Füllung ein Liter halten, es muss zwischen dem Literstrich und dem Rande des Gefässes noch ein bequemer Zwischenraum bleiben. Man nimmt zu diesen Gefässen am besten solche von Porcellan oder Steingut.

Waagen und Gewichte. Der Mikroskopiker braucht keine feinen chemischen Waagen. Eine Tafelwaage für schwerere Objecte, eine Tarirwaage oder ein bis zwei Apothekerwaagen mit Hornschalen, die man in der Hand hält, genügen. Was feineres zu wägen ist, mag man sich ab-

wägen lassen. Dementsprechend genügt es, Gewichte zu haben, die bis zu 1 Decigr. heruntergehen. Gewöhnlich ist ein Fehler von 1 Decigr. schon gleichgültig.

Dreifüsse, Drahtnetze, Wasserbäder. Um die betreffenden Flüssigkeiten zu erwärmen, kann man freies Feuer anwenden (Gasflamme, Spiritusflamme, Petroleumkocher), da ist es dann gewöhnlich am bequemsten einen Dreifuss unterzustellen, falls nicht an dem betreffenden Brenner bereits besondere Vorrichtungen zum Heraufsetzen der Gefässe getroffen sind. Von Gasbrennern für grössere Gefässe sind da besonders diejenigen zu empfehlen, welche einen Kranz von kleinen Flämmchen besitzen, der von einem cylindrischen Blechmantel umgeben ist, dessen oberer Rand dann das Gefäss trägt. Um die Hitze unter dem Boden des Gefässes gleichmässig zu vertheilen, ist zu rathen, ein Stück feinen Drahtnetzes, das man zu solchen Zwecken zu kaufen bekommt, unter das Gefäss unterzulegen.

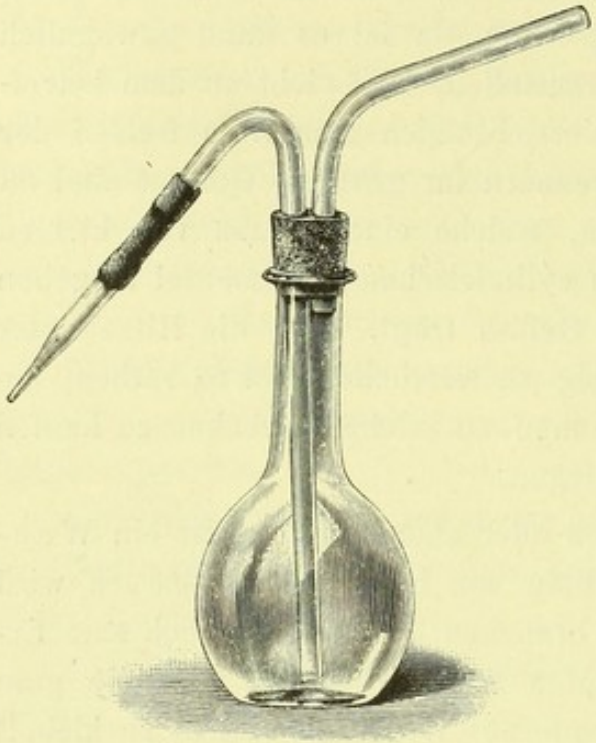
Will man vorsichtiger erwärmen oder abdampfen, so ist ein Wasserbad nothwendig. Zur Herstellung von Leiminjectionsmassen wird man nur diese Art der Erwärmung brauchen können und auch zum Erwärmen resp. Kochen und Abdampfen von Farbstoffen wird sie gute Dienste leisten. Man wähle ein kupfernes Wasserbad (nicht zu klein!) mit Einsatzringen. Ein Wasserbad aus Reagenzgläschen habe ich bereits p. 102 erwähnt, ein als Paraffinofen dienendes wird in Capitel IX genauer beschrieben werden.

Lackmus-Papier wird man öfter nöthig haben, selbiges ist in gut verschlossenen Glasgefässen vorräthig zu halten.

Endlich giebt es einige Utensilien, die der Mikroskopiker am besten auf seinem Tische gleich zur Hand hat. Dahin gehören: Spritzflasche, schwarze und weisse Platte, eventuell: Durchleuchter, Dickenmesser.

Spritzflasche. Eine solche stellt man sich am besten aus einer grösseren Kochflasche oder Filtrirflasche dar, letztere ist noch vortheilhafter, da sie eine dickere Wandung besitzt. Durch den durchbohrten Kork- oder Kautschukstopfen gehen zwei Glasröhren, die in der Weise gebogen sind, wie Figur 108 es darstellt. Man verwendet die Flasche in doppelter Weise. Einmal gebraucht man das stumpfwinklige Glasrohr als Druckrohr, indem man vermittelst desselben durch Blasen Luft in die Flasche treibt, worauf dann durch das spitzwinklige zugespitzte Glasrohr ein feiner Strahl von Wasser heraustritt. Man kann diesen Strahl dazu benützen, um Gegenstände abzuspülen, um Schnitte von

einem Spatel herunterzuwaschen etc. Die andere Art der Anwendung ist die, dass man aus dem stumpfwinkeligen Rohr Wasser herausfliessen lässt bei Schräghaltung oder Umkehr der Flasche, wobei dann das spitzwinkelige Rohr nur dazu dient, die Luft zuzuführen, die den Raum des herausfliessenden Wassers einnimmt.

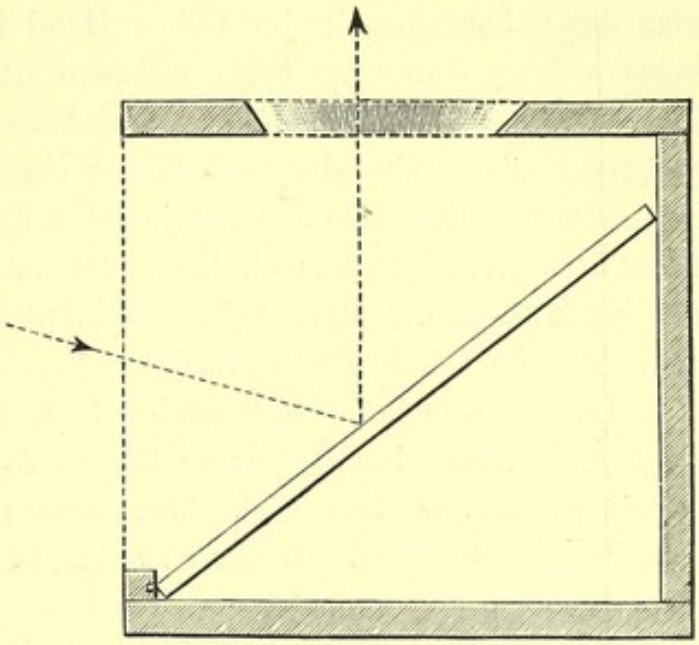


108.

Schwarze und weisse Platten kann man als Unterlage für Objectträger verwenden, auf denen man die Präparate ausbreiten oder zurechtlegen will, oder für die Glasschälchen, in denen man Präparate färbt oder sonstwie behandelt. Ist der Tisch des Mikroskopikers schwarz, wie ich es empfehlen möchte, dann braucht man nur eine weisse Unterlage, wenn man nicht die Farbe des Tisches schonen will. Ich verwende als weisse Unterlage auf dem schwarzen Tische einfach ein Stück Schreibpapier. Bei hellem Tische würde man dann noch ein Stück schwarzes Papier brauchen. Man hat aber auch im Handel weisse Porcellanplatten, oder auch Platten die zur Hälfte weiss und zur andern Hälfte schwarz sind. Es ist ja nicht zu leugnen, dass derartige Platten ihre Vorzüge vor der Benutzung des Tisches oder Papiers haben. Alkohol oder Oele oder Säuren und Alkalien, die auf das Papier oder den Tisch kommen, verändern jenes und event. die Farbe des Tisches. Das Papier kann man leicht erneuern, aber die Tischfarbe zu renoviren ist schon umständlicher. Andererseits ist die Anwendung derartiger Platten immer mit einigen Unbequemlichkeiten verbunden. Einmal ist ein Stück Papier leichter irgendwohin aus der Hand zu legen, wenn man den Raum frei haben will — und Raum hat der Mikroskopiker häufig nicht im Ueberfluss, und zweitens müsste man, wenn man Beschädigungen der Tischfarbe ganz vermeiden wollte, mehr als eine Platte anwenden, da man die nöthigen Schälchen und Näpfchen doch nicht auf einer Platte unterbringen und dabei noch Raum genug übrig behalten kann, um mit dem Objectträger zu manövriren. Ich meine, jeder Einzelne wird darin seiner Geschmacksrichtung folgen.

Die beiden weiteren Apparate: der Durchleuchter und der Dickenmesser sind nicht so nöthige, aber recht praktische Sachen.

Der **Durchleuchter** besteht einfach aus einem Holz- oder Metallkasten, dessen eine dem Lichte zugewandte Seite offen ist. Von der unteren Kante dieser steigt in der Diagonale des Kastens liegend eine Spiegelplatte auf, die in einem Winkel von 25° bis 45° zur Horizontalen steht (Figur 109). In der oberen Fläche des Kastens befindet sich eine kreisförmige Oeffnung (oder die ganze obere Fläche wird durch eine Glasplatte gebildet) und gegen diese wird durch den Spiegel das von dem Fenster aus auffallende Licht reflectirt. Dieser einfache Apparat ist mehrfach erfunden und beschrieben worden. Ranvier (1. p. 71) nimmt als Bedeckung eine Glasplatte, giebt als Dimensionen des Holzkastens an: Höhe 5 cm, Länge und Breite 10 bis 12 cm, Neigung des Spiegels 25 bis 30°. Garbini (2. p. 59) wählt für den sonst gleichen Apparat: Höhe 5 cm, Länge 10 cm, Breite 8 cm, und einen, um eine horizontale querliegende Axe drehbaren, gewöhnlich unter 45° gestellten Spiegel. Obersteiner (3. III. p. 55 bis 57), dessen Aufsatz die obige Abbildung entnommen ist, wählt: Höhe 12 cm, Länge 18 cm, Breite 12 cm, Spiegelwinkel 30 bis 40°. Er nennt den Apparat „Schnittsucher". Da dieser Name nun doch nicht der erste für den Apparat ist, und mir auch nur eine einzige Anwendungsweise desselben hervorzuheben scheint, so habe ich als allgemeinste Benennung „Durchleuchter" gewählt. Ranvier giebt die Gebrauchsweise am ausführlichsten an, man kann sich dieselbe ja auch sehr leicht zurecht legen. Je nachdem man helleres oder milderes Licht wünscht, gebraucht man den Spiegel oder ein auf diesen gelegtes Stück weissen Papiers. Beide Beleuchtungen sind für farbige Objecte geeignet. Den Spiegel wird man namentlich dann anwenden, wenn man kleine Objecte (z. B. Schnitte) in dunklen Farbstofflösungen wiederfinden will, das Papier, wenn man gefärbte Schnitte auf dem Objectträger zurechtzulegen oder gefärbte Stückchen zu zer-



109.

zupfen wünscht. Handelt es sich um ungefärbte Präparate, so lege man ein Stück schwarzen Papiers auf den Spiegel.

Besitzt man keinen Durchleuchter, so hilft man sich, wenn man einen Schnitt in einem Schälchen mit Farbstoff sucht, dadurch, dass man das Schälchen mit der linken Hand in geringer Entfernung über einer weissen Unterlage hält, während die rechte das Werkzeug zum Ergreifen des Schnittes führt. Die helle Unterlage kann ein Stück weissen Papiers sein oder noch besser ein Tuschnäpfchen, das als Hohlspiegel wirkt. Legt man einen Objectträger auf ein solches Tuschnäpfchen herauf, so dient letzteres direkt als Durchleuchter und indem man bald die hohle bald die plane Seite des Näpfchens benutzt, kann man verschiedene Helligkeitsgrade erzielen.

Dickenmesser. Ein solches Instrument ist dazu bestimmt, mit genügender Genauigkeit geringe Dicken festzustellen. Für den Mikroskopiker wird es wesentlich dazu dienen, um die Dicke der Deckgläschen festzustellen. Deckglastaster. (Man sehe betreffs dieses Instruments p. 25 Anm. 1.)

Objectträger. Es sind dieses Glasplatten, welche das zur mikroskopischen Beobachtung vorbereitete Object zu tragen bestimmt sind. Dieselben ruhen naturgemäss auf dem Objecttische des Mikroskops. Daraus ergiebt sich eine doppelte Beziehung derselben zu der Grösse und Form des Objectes und der des Objecttisches. Bei grossen Objecten wird man sie nur so viel grösser als dieses wählen als irgend nothwendig ist, um den Objecttisch, dessen Grösse eine beschränkte ist, noch möglichst zur Verschiebung benutzen zu können. In Deutschland sind hauptsächlich zwei Formen in Verwendung: das Giessener Format oder Vereinsformat 48 mm zu 28 mm und das Englische Format 76 mm zu 26 mm. Welches von diesen beiden man wählt, ist mehrentheils Geschmackssache. Ich ziehe das Englische entschieden vor, weil es geräumiger ist, und eine für mein Auge gefälligere Form besitzt. Das Vereinsformat ist billiger und nimmt weniger Platz ein, ist also im ganzen sparsamer. Ausser diesen beiden Formaten verwende ich schon seit längerer Zeit ein drittes, mit dem ich sehr zufrieden bin, und das auch für recht grosse Sachen schon ausreicht. Dasselbe hat 76 mm zu 45 mm. Man kann auf solchen Gläsern z. B. Schnitte durch die menschliche Medulla oblong. noch ganz bequem unterbringen. Was die Sorte des Glases anlangt; so kommt es vor allem darauf an, dass dasselbe möglichst frei von Farbe und von Luftblasen ist. Man kann daher entweder gutes Fensterglas wählen oder Salinglas oder als das Beste und Theuerste Spiegelglas. Ich gebrauche schon seit langer Zeit

Salinglas und bin damit ganz zufrieden, doch kann man, wenn man etwas weniger dafür anlegen will, auch sicher mit gutem Fensterglas auskommen. Das Glas darf nicht zu dick sein: 1 bis 1·5 mm ist die beste Dicke. Wird das Glas dicker, so kann es die optische Leistung, namentlich der starken und stärksten Objective beeinträchtigen. Die Objectträger werden mit ungeschliffenen, geschliffenen und polirten Kanten im Handel geliefert. Ich würde entschieden zu der zweiten Sorte rathen. Die ungeschliffenen Kanten sind so scharf, dass sie die Tücher stark angreifen und auch die Finger verwunden können. Polirte Kanten sind ein Luxus.

Die gewöhnlichen Objectträger sind planparallel. Es giebt indessen auch solche, bei denen in der Mitte der oberen Fläche eine Vertiefung eingeschliffen ist, um ein dickeres Object wie in einem Näpfchen mit dem Deckglas bedecken zu können. Ferner kommen Objectträger in den Handel, bei denen ein kreisförmiges Mittelfeld von einem ringförmigen in das Glas eingeschliffenen Graben umgeben ist. Sie dienen als feuchte Kammern.

Kurz erwähnt seien an dieser Stelle auch jene „Schalen in Würfelform“ für Embryonen, die aus schwarzem Glas gefertigt sind und mit Deckplatten aus 1 mm dickem Spiegelglas zugedeckt werden. Sie dienen ja mehr der Betrachtung mit der Lupe und mit dem blossen Auge.

Endlich hat man auch käuflich Glaszellen aus 0·5 bis 0·7 mm starkem Glas (oder nach Wunsch auch stärker) von quadratischer Form mit einem kreisförmigen Lumen in der Mitte. Man kittet diese auf die gewöhnlichen Objectträger auf, um sich so Zellen für dickere Objecte herzustellen, die man dann mit einem Deckglas schliessen kann.

Deckgläschen. Diese sind kleine Glasplättchen von sehr geringer Dicke, die dazu dienen, das Object zu bedecken. Es ist dieses einmal nöthig, um eine ebene Fläche herzustellen, welche ja nothwendig ist, um die Lichtstrahlen gleichmässig auf das Objectiv auffallen zu lassen, und zweitens, um die Flüssigkeit, in der das Object liegt, vor Verdunstung zu schützen, den Staub abzuhalten und endlich bei dem definitiven Einschluss des Objectes als Abschluss zu dienen. Die Dicke derselben beträgt für die im Handel befindlichen Sorten von 0·1 bis 0·2 mm. Die ersteren werden nur bei besonders starken Vergrösserungen angewendet. Wie in dem ersten Theile dieses Buches schon angegeben wurde (p. 24 u. 25), ist jedes Objectivsystem auf eine bestimmte Deckglasdicke corrigirt; sehr starke System eben auf 0·1 mm, die meisten anderen sind auf Deckglasdicken von 0·15 bis 0·2 mm corrigirt, und diese Dicke wird auch am meisten verwendet. Man darf nun aber nicht

glauben, dass, wenn man von dem betreffenden Händler ein Kästchen mit Deckgläschen bezieht, auf dem die Dicke derselben angegeben steht, auch wirklich die darin enthaltenen Gläschen diese Dicke besitzen. Es kommen da sehr bedeutende Schwankungen vor, und nur, wenn man ausgesuchte Deckgläser von der betreffenden Dicke bestellt, kann man Gleichmässigkeit der Gläschen erwarten. Solche ausgesuchte Gläschen sind auch bei weitem theurer als die anderen. Für den gewöhnlichen Gebrauch kommt es nun nicht so sehr auf die Dicke an. Bei mittleren Vergrösserungen sind die Nachtheile einer abweichenden Dicke für die optische Leistung an sich unbedeutende, und auch bei stärkeren Trockensystemen braucht man ja nicht immer die höchste optische Leistung. Kommt es aber auf eine solche im gegebenen Fall an, so muss man eben den oben besprochenen Deckglastaster oder die dort gleichfalls angegebene Tonprobe (p. 25 Anm. 1 und p. 108) in Anwendung bringen. Bei den Oelimmersionen spielt die Dicke des Deckglases ja nur insofern eine Rolle, als mitunter ein besonders dünnes Deckglas nothwendig wird, um das System dem Objecte genügend nähern zu können.

Was die Form betrifft, so sind die Gläschen entweder rechteckig (quadratisch oder oblong) oder kreisförmig zu haben. Die ersteren sind billiger, die zweiten sehr häufig bequemer und ausserdem hübscher. Selbstverständlich wird man von den kreisförmigen absehen müssen bei grösseren Objecten, welche nach einer Richtung überwiegend ausgedehnt sind, hier werden oblonge Gläschen nöthig sein. Man wird immer am besten thun, sich verschiedene Grössen und Formen vorräthig zu halten, die sich natürlich einigermaassen nach den häufigeren Präparatenformen und Grössen richten werden. Im allgemeinen wird man von quadratischen solche von 15 mm und von 18 mm Seite (namentlich viel die letzteren) brauchen, für die oben erwähnten grossen Objectträger sind quadratische Gläschen von 30 mm Seite sehr zu empfehlen. Die oblongen Formen werden sich allermeist nach den augenblicklichen Bedürfnissen richten. Die kreisförmigen wird man in den Grössen von 15, 18 und 20 mm Durchmesser am meisten verwenden.

Bei der Benutzung aller dieser erwähnten Gegenstände, wie überhaupt bei jeder Arbeit des Mikroskopikers muss nun vor allem darauf gesehen werden, dass alles und jedes möglichst sauber ist. Der Tisch und die darauf befindlichen Gegenstände müssen frei von Staub sein, wenigstens doch an der Stelle, an der speciell gearbeitet wird, ein jedes Schälchen muss vor dem Gebrauch durch Anwendung eines Pinsels oder Tuches und schliesslich durch Abblasen von Staub gereinigt

werden. Selbstverständlich dürfen keine Spuren von Farbstoffen oder Oelen an den Schälchen haften. Jede Nadel, Scheere etc. muss nach jedesmaligem Gebrauche sofort gereinigt werden. Man muss daher stets ein paar Tücher bei der Hand haben, ein gröberes und grösseres, z. B. ein altes Handtuch, zum Abwischen grösserer Gegenstände und ein kleines, feines (am besten ein altes Taschentuch) zum Putzen der Linsen, der Objectträger und Deckgläschen, der Instrumente etc. Objectträger und Deckgläschen putzt man am besten zwischen zwei Fingern, um keinen einseitigen Druck auszuüben; vor dem Gebrauche blase man sie ab, um die darauf haftenden Fäserchen des Tuches zu entfernen. Ueberträgt man Präparate mit einer Nadel oder Schaufel aus einem Schälchen in ein anderes, so wische man nach jeder Uebertragung ab, es muss dem Mikroskopiker dieses so zur Gewohnheit werden, dass er es unwillkürlich macht.

Praktisch ist es, auf dem Tische einen halb mit Wasser gefüllten Teller zu haben, in den man benutzte Objectträger etc. legt, um sie später auf einmal zu reinigen oder reinigen zu lassen. Auch ein Porcellaneimer neben dem Tische, um schnell etwas fortgiessen zu können, ist oft angenehm.

Wenn Jemand zu Hause nur ab und zu mit dem Mikroskope arbeiten will, so ist zu rathen, dass derselbe sich möglichst einfach einrichte, und namentlich Farbstoffe und Reagentien fertig kaufe. Einige Präparatencylinder, Uhrschälchen, Tuschnäpfchen, Reagenzgläschen, Glasstäbe, Glasdeckel werden dann neben den Instrumenten, Objectträgern und Deckgläsern genügen.

In jeder Universitätsstadt giebt es ja Handlungen, in denen man dergleichen Dinge zu kaufen bekommt. Von grösseren Geschäften seien erwähnt:

1) Für Utensilien im allgemeinen: Warmbrunn & Quilitz (Berlin), Dr. Hermann Rohrbeck [Firma: J. F. Luhme u. Comp.] (Berlin NW., Karlstrasse 24).

2) Für Objectträger, Deckgläschen, Schälchen: Heinrich Vogel (Giessen), W. P. Stender (Leipzig), es führen diese Dinge aber auch viele Mechaniker, z. B. R. Jung (Heidelberg), und Mikroskopverfertiger.

3) Für Nickelininstrumente: R. Jung (Heidelberg), doch werden auch diese noch von vielen anderen Handlungen geliefert.

III. Instrumente zum Comprimiren, Schneiden und Schleifen des Präparats.

Das Präparat muss zum Zwecke der mikroskopischen Untersuchung so durchsichtig sein, dass eine genügende Menge der durch den Spiegel auf seine untere Fläche gelenkten Lichtstrahlen hindurchtreten und dann weiter in unser Auge gelangen kann. Ausgenommen sind nur solche Präparate, welche von oben beleuchtet werden sollen, deren Oberfläche also das Licht, welches in unser Auge gelangt, reflectirt. Da in den allermeisten Fällen die Präparate von Natur nicht diese Durchsichtigkeit besitzen, so muss man sie durchsichtig zu machen suchen. Ein wesentliches Mittel dazu ist, dass man die zu betrachtenden Theile sehr dünn wählt resp. sie dünn macht. Zu diesem letzteren Zwecke kann man sie entweder so stark in einer Richtung zusammen pressen, dass sie sich sehr stark senkrecht zu dieser Richtung ausdehnen und so dünn und durchsichtig werden, oder man kann sie in dünne Scheiben zerlegen oder zu dünnen Scheiben machen, indem man einen Theil des Präparats in geeigneter Weise zerstört. Das Erste geschieht durch Anwendung von Compressorien, das Zweite durch Schneiden mit Messern, Scheeren, das Dritte durch Schleifen.

Das **Comprimiren** ist von allen diesen Verfahren bei weitem das roheste und findet demgemäss seine Anwendung auch nur in bestimmten, verhältnissmässig seltenen Fällen. Da bei dem Zusammenpressen eines Präparates in einer bestimmten Richtung die dasselbe zusammensetzenden Elemente senkrecht zu dieser Richtung auseinander gezerrt werden, so steht dieses Verfahren dem Zerzupfen nahe, das wir später noch gesondert behandeln werden. Es unterscheidet sich von diesem indessen durch zwei wesentliche Punkte: einmal werden nämlich bei der Compression auch die morphologischen Elementartheile selbst noch wieder auseinander gezerrt und so wesentlich in ihrer Form verändert, und zweitens werden die Präparate für die Compression nicht in einer Weise vorbereitet, dass sie leicht in ihre morphologischen Bestandtheile zerfallen, geschieht dieses, dann kann allerdings durch die Compression eine ganz ähnliche Isolirung der Elemente herbeigeführt werden, wie durch das Zerzupfen und Zerschütteln, wir werden auf diese Art ihrer Anwendung später bei den Methoden der Isolirung noch näher einzugehen haben. Man wendet die Compression meist nur in Fällen an, wo man sich schnell und ohne viele Mühe ein Uebersichtsbild verschaffen will,

namentlich bei frischen Präparaten. So comprimirt der Trichinenbeschauer die Stückchen Muskelfleisch, die ihm zur Untersuchung eingeliefert werden, denn für dieses relativ grobe Untersuchungsobject reicht das Verfahren aus und es muss mit der Zeit gespart werden, um den gestellten Anforderungen gerecht zu werden.

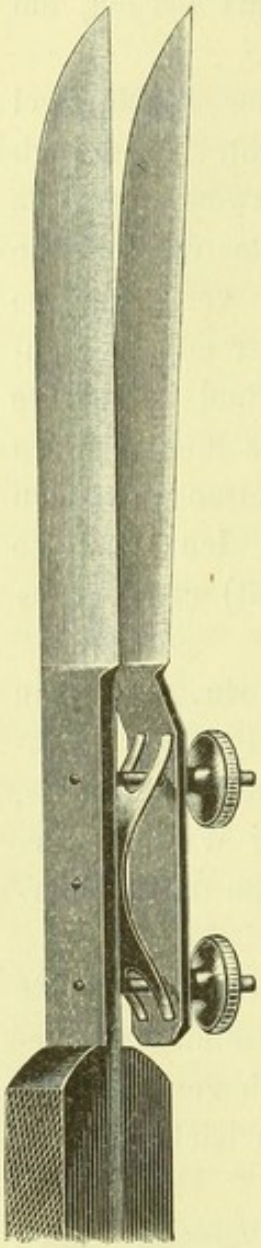
Ein einfachstes Compressorium stellt man sich her durch zwei Objectträger, zwischen denen man das Präparat quetscht. Da es sich bei dieser Untersuchungsmethode allermeist nur um Anwendung ganz schwacher Systeme handeln kann, so stört der das Deckglas darstellende Objectträger durch seine Dicke nicht. Will man feiner verfahren, so kann man auch auf das Deckglas einen Druck mit Finger oder passendem Instrument ausüben. Ferner hat man complicirte und kostbarere Apparate construirt, die sogenannten Compressorien. Dieselben existiren in mannigfachen Formen und zu sehr verschiedenen Preisen (etwa von 5 bis 30 Mark). Sie werden nur selten gebraucht. Ich verweise deshalb auf p. 53 und auf ein von H. Jung (Darmstadt) construirtes Compressorium (beschrieben 3. I. p. 248).

Die zweite Methode der Untersuchung besteht darin, dass man kleine durchsichtige Stückchen oder Scheibchen eines Präparates abträgt und diese betrachtet; man braucht dazu schneidende Instrumente, Scheeren, Messer. Will man ein ganzes Object in dieser Weise untersuchen, so zerlegt man dasselbe am besten in eine Reihe aufeinanderfolgender Schnitte: Serienschnitte.

Die **Scheere** erlaubt die schnellste, aber auch die unvollkommenste Behandlung. Ein Scheerenabschnitt wird niemals sehr dünn und niemals gleichmässig sein, aber man kann ihn schnell auch von weichen, dem Messer ausweichenden Präparaten anfertigen, dann leicht comprimiren oder zerzupfen.

Das **Messer** leistet weit mehr, aber das zu schneidende Stück muss eine gewisse Härte und Festigkeit besitzen, sonst dringt das Messer nicht ein. Man kann allerdings auch von weichen Geweben Schnitte erhalten, wenn man ein sogenanntes Doppelmesser anwendet. Es sind bei einem solchen an demselben Stiel statt einer Klinge zwei einander parallel laufende befestigt, die durch eine Schraube von einander entfernt oder einander genähert werden können. Es ist klar, dass, wenn man ein solches Messer durch ein Gewebe hindurchzieht, eine dünne Schicht des Präparates zwischen den beiden Klingen in dem engen Spalte sich befinden wird, und diese benutzt man dann zur Untersuchung. Das Doppelmesser ist ursprünglich angegeben von Valentin, hat seitdem aber mannigfache Modificationen erfahren.

Figur 110 giebt ein von Orth (4. p. 34) abgebildetes Doppelmesser wieder, bei dem die freie, nicht direct mit dem Stiel verbundene Klinge durch eine Doppelfeder und zwei Schrauben der anderen parallel gestellt werden kann. Nach der Entfernung der Klingen von einander richtet sich die Dicke des Schnittes. Es kommt darauf an, dass die Klingen einander ganz parallel stehen. Beim Schneiden spannt man das frische, weiche Object an, stösst das Messer leicht vor und zieht es dann zurück. Der Schnitt findet sich entweder zwischen den beiden Klingen oder in der Schnittfurche des Präparates.



110.

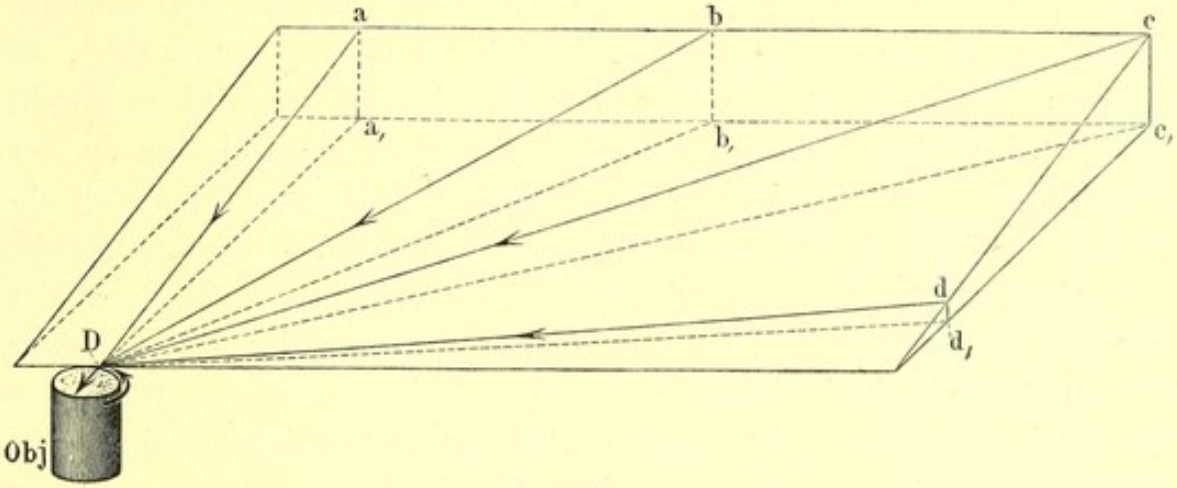
Von Messern werden in der mikroskopischen Technik einmal die auch in der makroskopischen Anatomie gebrauchten Scalpelle benutzt, dann aber vor allem das Rasirmesser und die von diesem abgeleiteten Mikrotommesser.

Da das Messer eine so hervorragende Bedeutung für den Mikroskopiker besitzt, so erscheint es nöthig, zunächst einiges Allgemeine über dasselbe zu sagen. Das Messer stellt einen parallel zu seiner Schneide stark ausgedehnten Keil dar. Es wirkt durch Andrücken dieser Schneide gegen das zu schneidende Object, indem der Keil allmählich dadurch in die Masse dieses eindringt, dass er die Theilchen von einander trennt. Das Messer wirkt in allen Fällen nur als Keil. Man hat auch die Theorie aufgestellt, dass das Messer als Säge wirke, indem man annahm, dass die Schneide stets eine leichte Zähnelung besitze, wenn diese auch dem blossen Auge nicht sichtbar sei. Diese Theorie ist schon aus dem Grunde nicht haltbar, weil bei einem gut geschliffenen Messer auch bei stärkerer Vergrösserung eine Zähnelung nicht nachzuweisen ist. Dann wäre sie aber auch rein theoretisch aus dem Grunde nicht haltbar, weil wir wissen, dass bei jedem Sägenzuge kleine Stückchen des Objectes herausgerissen werden und verloren gehen, die Sägespäne, während bei einem Messerschnitte das nicht vorkommt. Es wäre sehr schlimm um unsere Serienpräparate bestellt, wenn da Sägespäne verloren gingen. Der Durchschnitt eines Messers wird also ein spitzwinkliges Dreieck darstellen, wie Figur 111 es zeigt. Der Winkel bei *a* wird die Schärfe des Keils ausdrücken, je kleiner derselbe ist,

um so schärfer wird der Keil sein und um so leichter wird derselbe natürlich in das Object eindringen. Nun ist es eine bekannte und leicht zu machende Erfahrung, dass ein Messer, welches man einfach gegen ein Object andrückt, so also, dass die Druckrichtung senkrecht zu der Schneide steht, sehr viel schwerer eindringt, als wenn man dasselbe schräg durch das Object hindurchzieht, also so, dass die Druckrichtung einen spitzen Winkel mit der Schneide einschliesst. Ein Messer schneidet um so besser, je mehr man es zieht: je spitzer jener Winkel wird. Um diese Thatsache zu erklären, hat man eben seiner Zeit jene Theorie der Sägewirkung des Messers aufgestellt im Gegensatz zu der einfachen Keilwirkung bei Druck senkrecht zur Schneide. Wie erklärt sich nun dieser Unterschied, wenn beides Keilwirkung ist? Derselbe wird bedingt durch zwei Momente, von denen eines im Messer, das andere im Präparat liegt.

111.

Die nachstehende Figur 112 zeigt uns eine Messerklinge durchsichtig gedacht mit den eingezeichneten Keil-Drucklinien. Am Anfange des Messers befindet sich das zu schneidende beliebige Object, z. B. ein



112.

Stück Hollundermark. Der Punkt, in welchem die Messerschneide das Object berührt, soll D (Druckpunkt) heissen. Lasse ich nun das Messer so wirken, dass die Druckwirkung senkrecht zur Schneide steht, so wird aD die Drucklinie darstellen und das spitzwinklige Dreieck $aa'D$ wird den Durchschnitt des wirkenden Keils bilden. aDa' ist der Winkel des Keils, der gegenüberliegt der Strecke aa', welche die Dicke des Messerrückens bedeutet. Die Linien aD und $a'D$ geben einfach die Breite des Messers. Ziehe ich nun das Messer etwas, so wird die Drucklinie sofort einen nach dem Ende des Messers offenen spitzen Winkel

mit der Schneide bilden, damit wird der Keil sich ändern. Sei z. B. bD die Drucklinie, so ist der Keil jetzt $bb'D$. Die Entfernung bb' ist wieder gleich aa', nämlich die Dicke des Messerrückens, die Linien bD und $b'D$ sind aber länger als aD und $a'D$, folglich ist der Winkel bDb' kleiner als aDa', folglich ist der Keil schärfer. Ziehen wir das Messer noch mehr, so erhalten wir z. B. das Dreieck $cc'D$, oder noch mehr, so das Dreieck $dd'D$. In diesem letzteren ist die Entfernung dd' viel geringer als cc', d. h. als die Dicke des Messerrückens, die Linien dD und $d'D$ sind aber fast so lang als die ganze Schneide des Messers, wir erhalten also in diesem Falle einen ganz ausserordentlich kleinen Winkel bei dDd' und somit einen ungemein stark zugeschärften Keil. In der That würde es aber möglich sein in dieser Stellung des Messers das Object zu durchschneiden, denn die Entfernung von d resp. d' bis zur Schneide ist noch grösser als der Durchmesser des Objects. In dieser einfachen Construction liegt das ganze Geheimniss der Messerwirkung. Je mehr man das Messer beim Schneiden gegenüber dem Objecte zieht, um so schärfer wird der wirkende Keil, um so besser schneidet natürlich das Messer. Dieses ist das im Messer liegende Moment. Das im Objecte liegende ist das folgende: Kein Object, welches wir schneiden, können wir als absolut fest ansehen, jedes besitzt eine gewisse Fähigkeit sich zu biegen, zu drehen, zu dehnen. Wirkt das Messer in der Drucklinie aD, so wird es direkt biegend wirken. Einmal wird sich die Masse des Objectes an der Druckstelle D eindrücken, die kreisförmige Contour wird sich abplatten an dieser Stelle, dann wird das ganze Object von dem Messer abgebogen werden. Es wird also der Druck in der Richtung der Verlängerung der Drucklinie d. h. in der Richtung des Durchmessers des im Durchschnitt kreisförmig gedachten Objectes wirken. Wirkt das Messer in der Drucklinie dD, so wird die Druckwirkung eine ganz andere, mehr tangentiale, sein. Würde das Messer so an dem Object vorbei geführt, dass es gar nicht drückte, so würden wir das Maximum des Zuges haben, die Schneide würde als Tangente die Kreisperipherie des Objectes gerade berühren aber sie nicht verletzen. Weiche ich etwas von dieser Richtung ab, derartig, dass das Messer einen Druck auf das Präparat ausübt, so werden die von dem Messer berührten Theilchen weniger gedrückt als gezerrt, in der Richtung der Messerschneide fortgezogen. Diese Zerrung wird auf das ganze Object als Torsion um seine Längsachse wirken. Nun wird aber ein Object dem Messer viel weniger leicht ausweichen, wenn es eine Torsion, als wenn es einen Druck erleidet, der es um eine Querachse biegt. Folg-

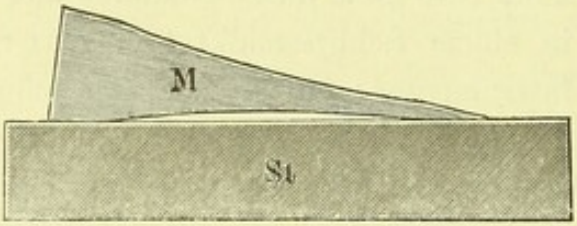
lich befindet sich auch das Object unter günstigeren Verhältnissen, wenn man das Messer mehr zieht als drückt. Nur einen Zustand des Objectes wird es geben, bei dem ein Schnitt in der Richtung aD besser wirkt als in der Richtung dD, wenn nämlich das Object so gut wie garnicht ausweicht und die einzelnen Theile des Objects nur lose zusammenhängen, also der Schnitt leicht bröckelt und bricht. Solcher Art sind unsere Paraffineinbettungsmassen, und in der That benutzen wir auch zum Schneiden eines Paraffinblocks mit Vorliebe ein Messer, das in der Richtung aD wirkt. Ein Messer, das in dieser Weise angewendet wird, kann eine ganz kurze Schneide und demgemäss Klinge haben, es wird in einem Schlittenmikrotom quergestellt, senkrecht zur Achse des Instrumentes; ein Messer, das möglichst stark gezogen werden soll, muss natürlich eine möglichst lange Schneide und demgemäss auch Klinge besitzen, es wird schräg gestellt in einem Schlittenmikrotom, unter einem möglichst spitzen Winkel zur Achse des Instrumentes. Eine unendlich lange Schneide würde ein kreisförmiges Messer ergeben, eine kreisförmige schneidende Scheibe, hier würde nur die Grösse des Durchmessers der Scheibe im Verhältnisse zur Dicke des Objectes die Grenze geben. Doch hat die Anwendung einer solchen Scheibe ihre besonderen Missstände.

Wir haben bisher den Messerquerschnitt als ein einfaches spitzwinkeliges Dreieck aufgefasst, das ist nun insofern nicht ganz richtig, als nur die eigentliche Schneide selbst eine derartige Form besitzt, während die Messerflächen in ihrer Hauptausdehnung davon abweichen. Die Modificationen sind indess derartig, dass an der Richtigkeit der vorhergehenden Betrachtungen nichts geändert wird. Der Grund, aus dem man die einfache Grundform des Messers verändert, ist einfach ein praktischer: man will die Dauer des Schleifens abkürzen. Wenn ein Messer stumpf geworden ist, so bedeutet das nichts anderes, als dass die Schärfe des Keils sich abgenutzt hat, d. h. aus der ursprünglichen Form (s. Figur 111) ist die Form Figur 113 entstanden. Will man das Messer wieder scharf haben, so muss man eine der Form Figur 111 ähnliche wieder herstellen. Man thut dieses, indem man das Messer schleift, d. h. indem man von beiden Seiten des Messers durch Reiben auf einem Steine oder auf einem Streichriemen so viele Theilchen fortnimmt, also z. B. bis zu den punktirten Linien der Figur 113, dass man die alte Form wieder erreicht. Bei dem einfachen Keil wird das mühsam sein, da man beide Flächen in ihrer ganzen Ausdehnung um

113.

ein Bestimmtes fortzunehmen hat. Die Arbeit wird erheblich geringer, wenn die Flächen mehr oder weniger hohl geschliffen, d. h. die mittleren Theile derselben herausgenommen werden, so dass nur der Rücken und die Schneide des Messers an beiden Seiten eine Facette bilden. In Figur 114 stellen die punktirten Linien die ursprüngliche Form des Messers, die vollen die des neuen doppelt hohlgeschliffenen dar. Man kann auch eine Seite hohl schleifen und die andere plan lassen, oder man schleift die eine Seite stark hohl, die andere nur schwach, so giebt es eine Menge von Modificationen, die man sich ja leicht vorstellen kann. Legt man nun ein doppelt hohlgeschliffenes Messer auf einen Streichriemen (Figur 115), so ist ersichtlich, dass nur die eben genannten Facetten aufliegen und daher abgeschliffen werden. Es ist daher viel weniger Masse fortzunehmen und in Folge dessen das Schleifen weniger mühsam. Beim Schneiden wird die Wirkung des Messers genau dieselbe sein, wie die der Form 111, da ja nur die eigentliche Schneide in Betracht kommt.

114.

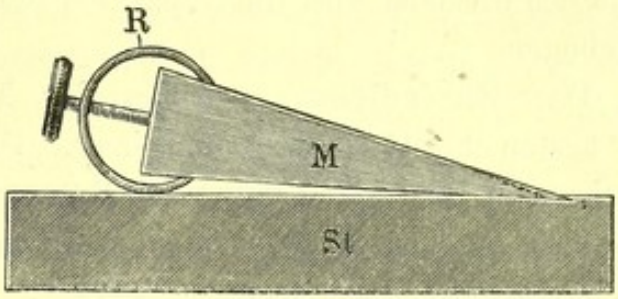


115.

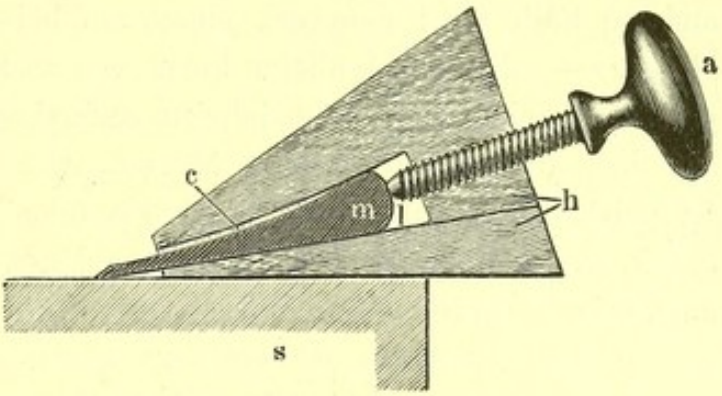
Man vermag nun jedes einfach keilförmige Messer mit Schneidenfacetten zu versehen. Legt man nämlich eine Klinge von der Form 111 nicht mit der ganzen Fläche, sondern nur mit den der Schneide benachbarten Theilen auf den Stein oder Streichriemen auf, so werden natürlich auch nur diese abgeschliffen. Man erhält dann eine Form, welche Figur 116 zeigt. Man sieht, dass bei dieser die Facetten der Schneide bei *a'* einen Winkel einschliessen, der stumpfer ist als der bei a in der Figur 111. Ein stumpferer Keil wird aber nicht so gut eindringen, in Folge dessen erscheint diese Methode des Schleifens zunächst nicht praktisch. Sie wird indessen in hohem Grade nutzbringend, wenn man die Form und die Dimensionen der Messer in Rücksicht auf sie von vorn herein derartig bestimmt, dass der Schneidenwinkel, den die Facetten einschliessen, genügend spitz bleibt. Der grosse Vortheil, den sie darbietet, ist nämlich der, dass sie erlaubt, die beiden Facetten ganz unabhängig von der übrigen Gestalt des Messers für sich darzustellen, was namentlich für Mikrotommesser, wie wir später noch sehen

116.

werden, von der grössten Wichtigkeit ist. Um ein Messer derartig zu schleifen, verbreitert man den Messerrücken durch einen Aufsatz: so z. B. ein aufgeschnittenes Metallrohr, welches durch eine Schraube, die gegen den Messerrücken drückt, angezogen wird (Wilh. Walb, Heidelberg), wie in Figur 117, oder durch eine ähnliche Vorrichtung aus hartem Holz (Brass, 3. II. p. 305), wie in Figur 118. Die letztere scheint mir, abgesehen vom Material, die bessere zu sein, da sie sicherer aufsitzt und sich mehr in ihrer Form modificiren lässt. Die Möglichkeit einer Modification ist aber sehr wichtig, da es eben von Bedeutung ist, die beiden Schneidenfacetten in Bezug auf ihre Stellung zum Messerrücken eventuell ganz verschieden anzuschleifen.

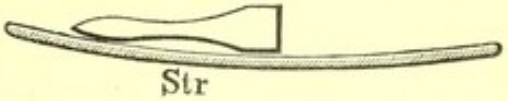


117.



118.

Aus dem eben Gesagten geht hervor, dass wir am besten Messer verwenden werden, die auf beiden Seiten mehr oder weniger stark hohlgeschliffen sind, und denen wir für den bestimmten Zweck des Facettenschliffs noch einen passenden Aufsatz beim Abziehen auf dem Stein oder dem Streichriemen geben werden. Der Streichriemen darf nur eine nicht nachgebende Fläche besitzen. Es muss das Leder daher stets fest auf einer hölzernen Unterlage aufgeklebt sein, nicht etwa nur über einen Bogen frei herüber gespannt. Der Druck, den man anwendet, darf nur sehr gering sein, um das Leder selbst nicht einzudrücken und die feine Schneide so zu beschädigen. Sobald der Streichriemen nachgiebt, erhält man eine Schneide von der Form, wie sie Figur 119 (nach Gottschau 3. I. 337) wiedergiebt.



119.

Die besten Streichriemen für Scalpelle, Rasirmesser und kleinere Mikrotommesser liefert meinen Erfahrungen nach G. Zimmer (Berlin, Taubenstrasse 39) in seinen vierkantigen, sogenannten Chinesischen Streichriemen. Für die grösseren Mikrotommesser geben die be-

treffenden Fabrikanten besondere Streichriemen bei. Bei jedem Abziehen auf einem Streichriemen geht der Messerrücken voran, und am Ende des Riemens wird die Klinge um den Rücken herum vom Riemen abgebogen.

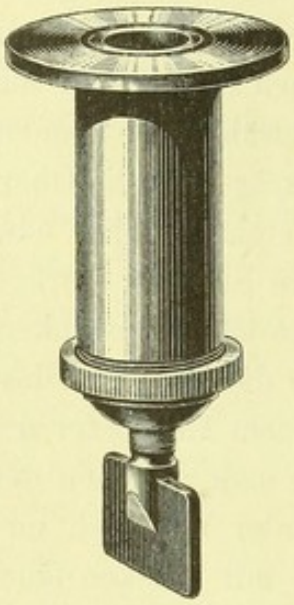
Das **Rasirmesser** welches der Mikroskopiker verwendet, ist am besten breit, schwer und lang. Die zierlichen leichten Messer, welche zum Rasiren so gerne gewählt werden, sind für unsere Zwecke durchaus ungünstig. Dass die Klinge lang und breit sein muss, geht schon aus dem oben gesagten hervor. Dadurch ist dann wieder ein starker Rücken bedingt und so wird das Messer schwer. Für die meisten Fälle wird man mit einem auf beiden Seiten hohlgeschliffenen Messer — die gewöhnliche Form — auskommen. Will man leicht grosse, gleichmässig dünne Schnitte anfertigen, so wählt man besser ein auf der unteren Seite planes Messer, wie es Carl Franck (Leipzig, Kurprinzstrasse 18) liefert (Rasirmesser nach Alb. Thierfelder, zwei Stück, grosses Format, 13 M.). Diese Messer können auch durch einen am Hefte befindlichen Schieber festgestellt werden. Mit dem Rasirmesser einigermaassen schneiden zu lernen, ist nicht schwer, wirklich gute und namentlich bei grösserem Umfange gleichmässig dicke Schnitte damit herzustellen, ist dagegen durchaus nicht leicht und erfordert immerhin einiges angeborene Geschick. Bei der Führung des Messers ist es wesentlich, dass die Klinge durchaus freihändig geführt wird, ohne jedes Anlehnen der Hand. Die Klinge wird ferner am besten durchaus horizontal gehalten. Ob man nun bei Erfüllung dieser beiden Bedingungen das Messer fester oder loser anfasst, ob man nach sich hin oder von sich fort schneidet, das ist gleichgiltig. Ich halte es im allgemeinen für besser das Messer möglichst von oben her zu fassen, man kann in Folge des feinen Gefühls der Finger so am leichtesten den Eigenthümlichkeiten des Objectes sich anpassen. Vor dem Schneiden muss die Klinge benetzt werden; die Objecte befinden sich meist in Alkohol, man benutzt daher auch meist diesen. Diese Benetzung der Klinge ist sehr wichtig. Da man das Messer im wesentlichen ziehend gebraucht, so wird allmählich die ganze Klinge durch das Präparat hindurchtreten. Sobald nun der Schnitt, wenn auch nur wenig, an der Klinge haftet, und das geschieht bei mangelhafter Benetzung oder gar trockner Klinge immer, so tritt die Gefahr ein, dass derselbe in Folge der Reibung zerreisst. Man stellt daher beim Schneiden am besten ein Wasserglas oder einen Präparatencylinder mit Alkohol vor sich auf den Tisch und taucht vor jedem Schnitte das Messer in diesen ein. Hält man die Klinge horizontal, so breitet sich der Alkohol gleichmässig auf

derselben aus und läuft nicht so leicht herab. Dann wird der Schnitt von Anfang an in dem Alkohol schwimmen und die Reibung wird möglichst klein werden. Den fertigen Schnitt streicht man mit Pinsel oder Finger von der Klinge herunter und legt ihn in ein bereitstehendes kleines Schälchen mit destillirtem Wasser oder Alkohol. Am besten fertigt man sich immer eine Anzahl Schnitte an, auch wenn man nur einen oder wenige braucht, um den oder die besten auswählen zu können. Man führe das Messer möglichst leicht und gleichmässig über die Oberfläche des Präparates hin. Lieber möge dasselbe einmal nichts oder nur ein Stückchen fassen, als dass man so massive Schnitte abträgt, dass das Object in Kürze aufgeschnitten ist. Man möge immer bedenken, dass ein Schnitt von $1/25$ bis $1/30$ mm schon ziemlich dick ist, und dass man also selbst von solchen schon 25 bis 30 aus einem Millimeter des Objectes herausbringen muss. Das Object selbst halte man zwischen den Fingerspitzen der linken Hand (für einen Linkshänder natürlich umgekehrt). In den meisten Fällen ist es gut, dasselbe mit Stücken einer anderen gleichgiltigen Substanz, die aber ziemlich fest ist und sich gut schneiden lässt, zu umgeben. Sehr brauchbar sind zu diesem Zwecke Hollundermark und die Leber. Man nehme eine Kalbsleber oder noch besser eine menschliche Leber mit amyloider Degeneration, härte dieselbe in Alkohol, wie das später beschrieben werden wird, und lege nun das Object zwischen zurechtgeschnittene Stücke dieser, so dass dasselbe bis obenhin umhüllt ist. Nun hat man die Vortheile, dass der haltende Finger nicht das Object direct drückt, dass dieses an der Leber einen Halt hat und daher vor dem Messer nicht ausweicht, und dass man das letztere zuerst auf der Leber auflegen und hier den Schnitt beginnen lassen kann, so dass es schon in der richtigen Lage das Präparat erreicht. Es sind auch noch andere Substanzen verwendbar, auf die später in dem Capitel über das Einbettungsverfahren noch weiter einzugehen sein wird.

Das Rasirmesser wird durch das Scalpel praktisch in solchen Fällen ersetzt, wo es sich darum handelt, sehr harte Objecte zu schneiden, also z. B. getrocknete Sehne, getrocknete Muskeln. Die dünne Schneide des Rasirmessers würde hier sofort umgebogen werden oder ausbrechen, die stärkere, allerdings auch in folge dessen stumpfere, Klinge des Scalpels hält die Einwirkung aus und ist genügend scharf für so widerstandsfähige Objecte.

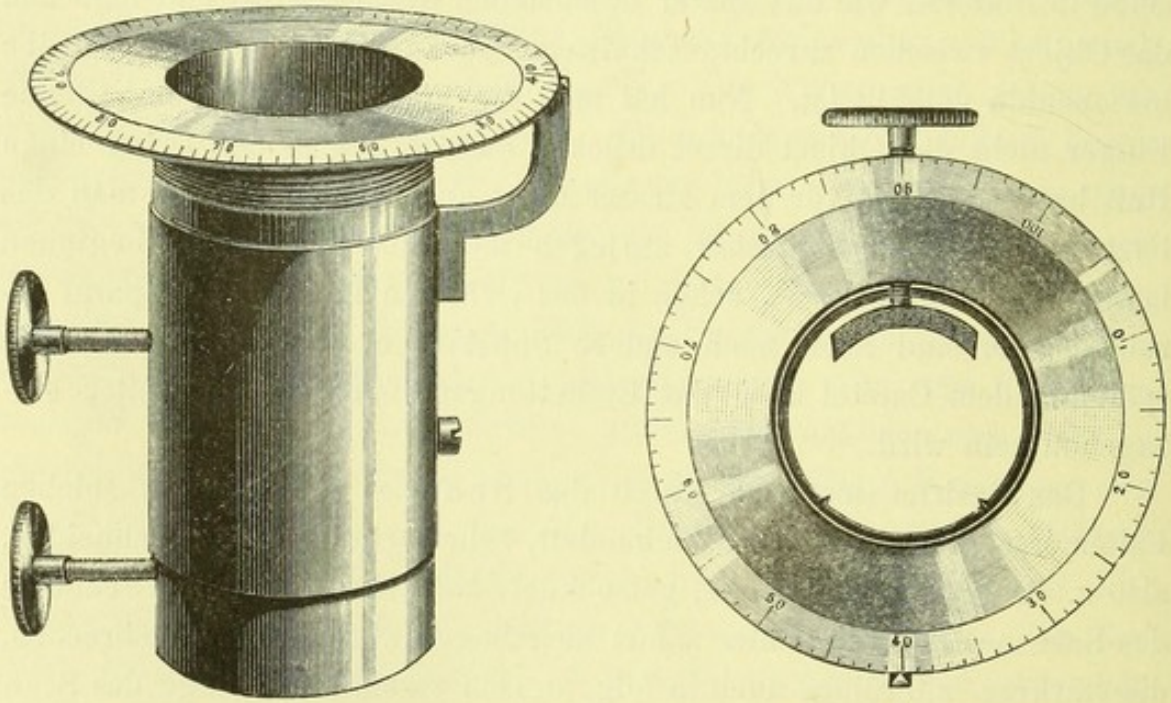
Mikrotom. Zur freihändigen Führung des Messers gehört, wie schon bemerkt, eine gewisse Uebung und ein gewisses angeborenes Geschick, wenn man brauchbares erreichen will, und für manche Anforderungen

unserer modernen Technik, z. B. lückenlose Serienschnitte und sehr umfangreiche, gleichmässig dicke Schnitte, reicht alle Uebung und alles Geschick doch nicht aus. Dabei handelt es sich jetzt in der Mikroskopie, wie auf allen Gebieten des menschlichen Schaffens und Strebens, darum, Zeit zu ersparen und das rein Mechanische auch möglichst mechanisch zu überwinden, d. h. eine Maschine einzustellen. So kam man auf die Schneidemaschine, das Mikrotom.



120.

Zwei sehr einfache derartige Instrumente, welche in der Hand gehalten werden, und bei denen mit einem gewöhnlichen Rasirmesser geschnitten wird, sind in den Figuren 120 sowie 121 a und b dargestellt. Bei beiden wird das Rasirmesser mit der Hand auf der oben befindlichen Metallplatte hingeführt, doch ist bei jedem ein anderes Princip der Höhenverschiebung angewendet. Bei dem in Figur 120 wiedergegebenen Mikrotom, welches auch Ranvier (1) und Orth (4) abbilden, wird das Präparat in die Höhlung des Cylinders eingegossen, und durch die unten befindliche Schraube gehoben, man kann an dieser noch eine



a b

121.

getheilte Scheibe anbringen, um die Grösse der Verschiebung abzulesen (Preis 18 M. Carl Zeiss, Jena). Bei dem in den Figuren 121 a und 121 b abgebildeten Instrumente wird das Präparat in dem Cylinder be-

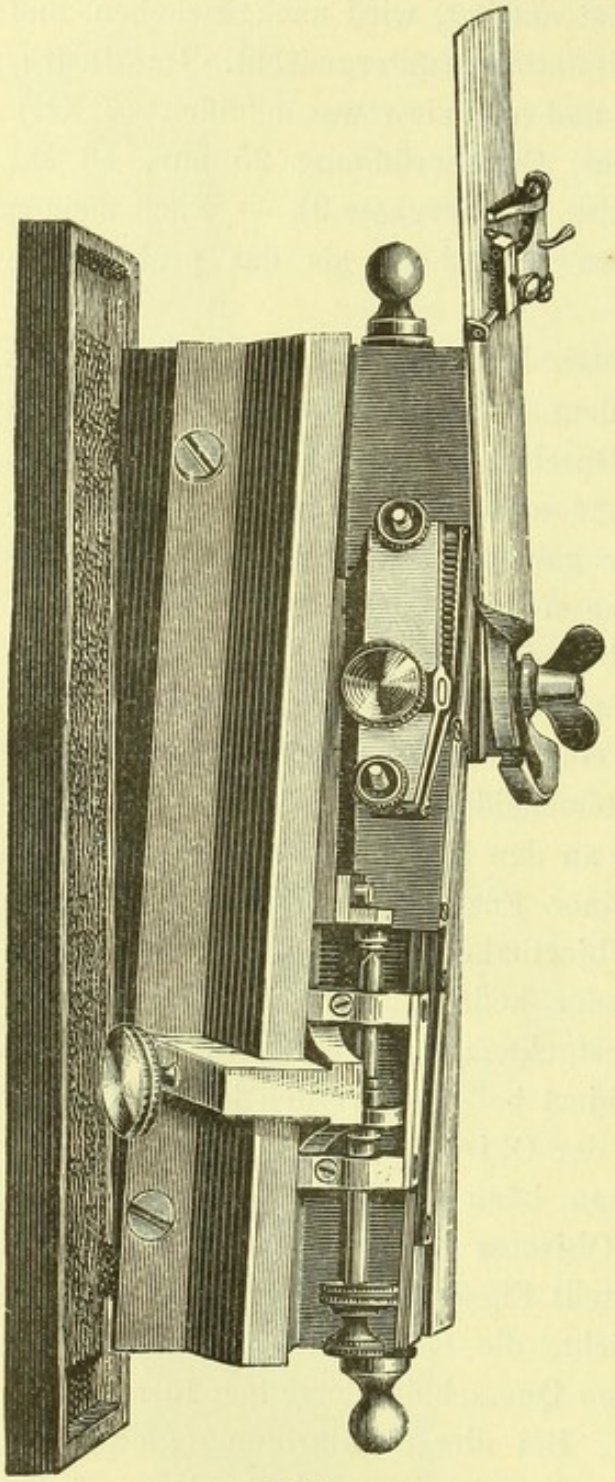
liebig festgeklemmt vermittelst einer durch zwei Schrauben verschiebbaren Platte, es wird dann die oben befindliche eingetheilte Platte bis zum Niveau heraufgedreht, der Zeiger, welcher mittels einer federnden cylindrischen Hülse auf dem Cylinder aufsitzt, wird nachgeschoben, und nach jedem Schnitte wird die Theilplatte heruntergedreht. Das Instrument ist construirt von James Smith und von mir etwas modificirt (7. XII). (Preis des vernickelten Instrumentes, Cylinderöffnung 25 mm, 18 M., Mechaniker Maier, Strassburg i/Els., Krämergasse 9). — Nach meinen Erfahrungen kann ich das letztere Instrument als das praktischere empfehlen.

Nach dem Principe jenes ersten Instrumentes hat Gudden ganz grosse Mikrotome construirt (in dem grössten kann man ein ganzes menschliches Gehirn schneiden, Durchmesser des Cylinders 16·5 cm, Preis 275 M.), welche von H. Katsch (München) angefertigt werden. Diese Instrumente würden nur für ganz specielle Zwecke bei der Gehirnuntersuchung noch zu empfehlen sein.

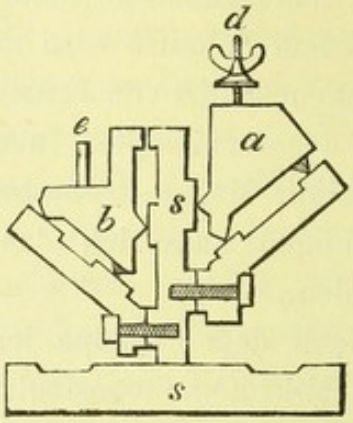
Bei den jetzt im Gebrauch befindlichen besten grösseren Mikrotomen wird stets Messer und Präparat mechanisch bewegt und zwar durch Schlittenverschiebung. Es sind hier wiederum zwei principiell verschiedene Constructionen zu unterscheiden:

1) bei der einen befindet sich an den beiden Seiten einer senkrecht stehenden Mittelplatte, die auf einer Fussplatte ruht, je eine lange Schlittenbahn. Die eine Bahn (Objectbahn) steigt gegen die andere (Messerbahn) langsam an. Auf jeder befindet sich ein Schlitten: der eine trägt durch eine Schraube festgeklemmt das Messer, der andere eine Klammer, in welcher das Object befestigt werden kann. Bei der allmählichen Verschiebung steigt der Objectschlitten mehr und mehr gegen den Messerschlitten an, man kann in Folge dessen mit dem Messer immer tiefere Theile des Objectes erreichen und abschneiden. Als Beispiel dieser Construction stellt Figur 122 das Thoma-Jung'sche Mikrotom dar in der Längenansicht, die Objectseite dem Beschauer zugewendet, Figur 123 zeigt einen Querschnitt desselben Instruments, der beide Schlitten getroffen hat. Bei diesem Mikrotome gleiten die schweren Schlitten mit je fünf Metall- oder Elfenbeinfüsschen auf den eisernen Schienen. Man sieht das festgeklemmte lange, schräg gestellte Messer. An den Objectschlitten stösst rechts eine lange, mit Theilplatte eventuell Einschnappvorrichtung (siehe unten) versehene Mikrometerschraube, durch deren Drehung man den Schlitten vorschieben kann. Die Objectklammer kann bei den neueren Instrumenten durch Schrauben ohne Ende nach zwei Richtungen fein bewegt werden: feine Ein-

stellung des Objects. Das Mikrotom wird auf Wunsch aus Bronze hergestellt, um das Rosten zu verhüten. (Geliefert von R. Jung, Heidelberg). Dieses Instrument ist weit verbreitet und arbeitet gut.



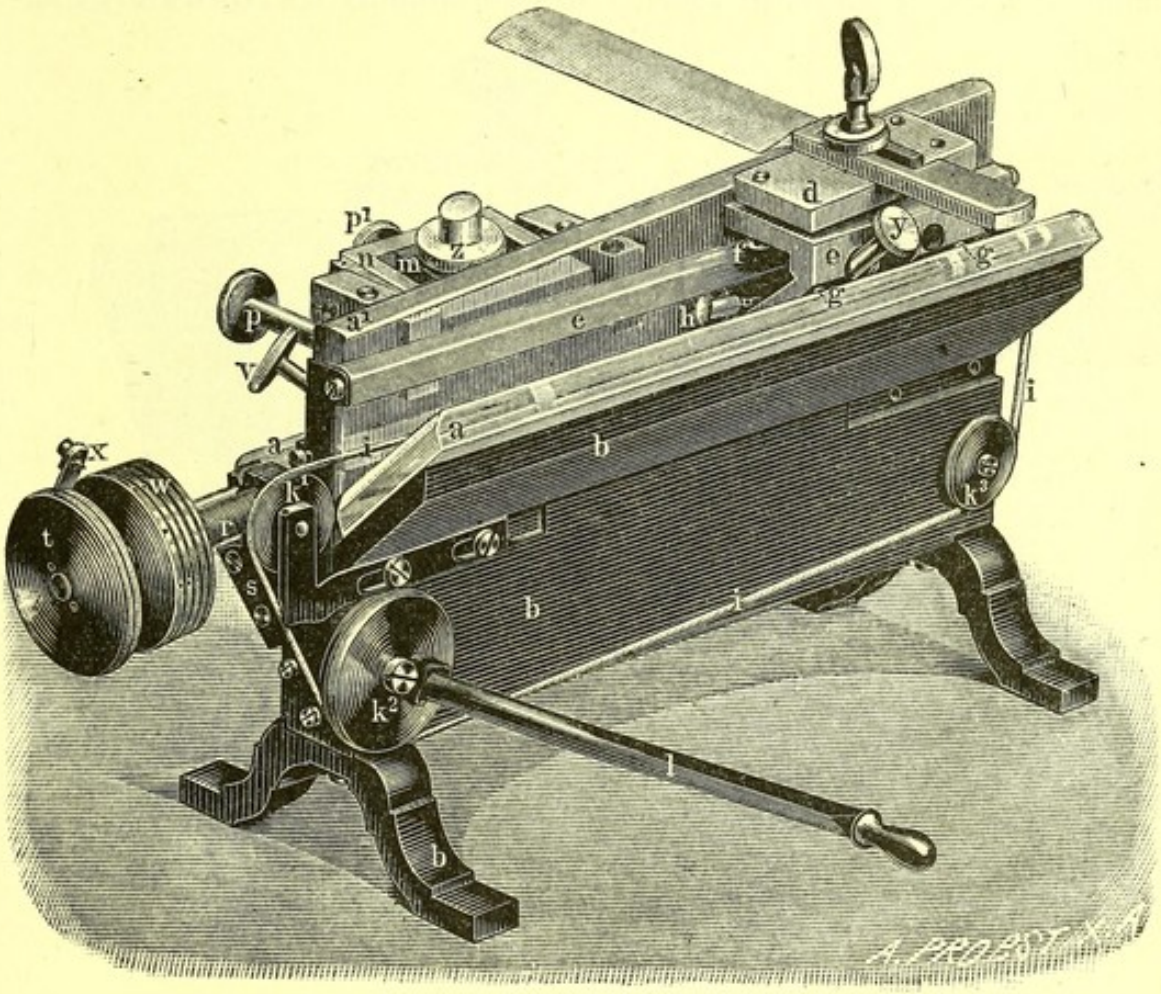
122.



123.

Nach demselben Princip ist das Spengel-Becker'sche Mikrotom gebaut (3. II. p. 453). Figur 124 stellt dieses schräg von der Messerseite aus gesehen dar. Man sieht bei *z* das Object in seiner Klammer (mit feiner Einstellung versehen) herüberragen. Die vorn befindliche Trommel *w* sitzt an dem Anfange der Mikrometerschraube, die den Objectschlitten vorschiebt, und trägt eine Eintheilung, in welche eine Feder *x* einschnappt: Einschnappvorrichtung. Das Messer liegt auf einer Metallplatte *d* auf: Correcturplatte, welche gegen die eigentliche Schlittenoberfläche geneigt werden kann, wodurch eine Neigung des Messers bewirkt wird. Der Messerschlitten wird hier nicht mit der Hand direct verschoben, wie bei dem vorigen, sondern durch eine Kurbel k^2 mit langem Hebel *l*, über welche eine Darmsaite *i* zu dem Schlitten hinläuft. Die Schlitten gleiten mit je acht Elfenbeinfüsschen auf Platten von Spiegelglas (man braucht daher kein Schmiermittel, wie bei dem vorigen), das ganze In-

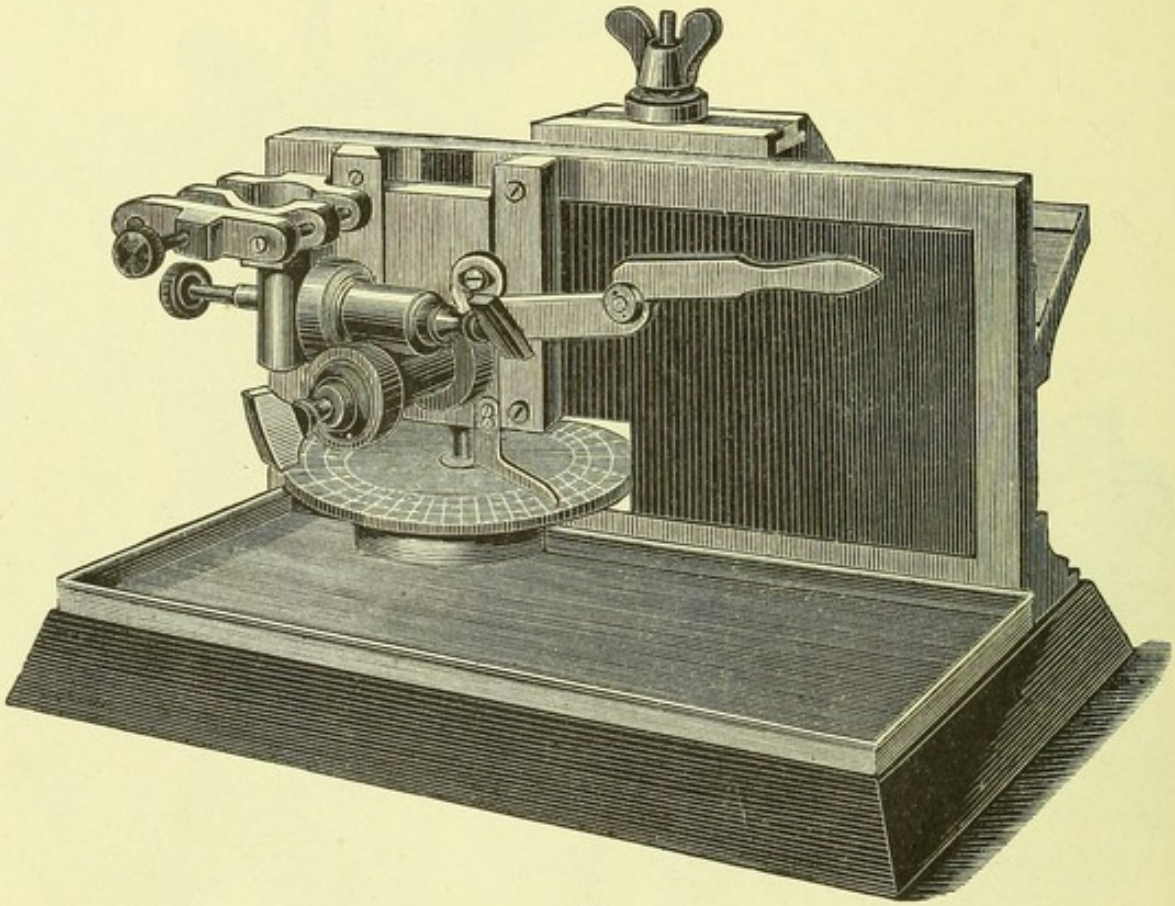
strument ist vernickelt. Ich halte dieses Mikrotom für vollkommener als das vorige, und würde es daher mehr empfehlen. Die Hauptvorzüge sind: das Gleiten von Elfenbein auf Glas ohne Schmiermittel (daher eine sehr leichte, gleichmässige Bewegung ohne eine Zwischenschicht, die Staub fängt) und die Kurbelführung des Messerschlittens (daher die Vermeidung jeglichen Druckes auf den Schlitten und sehr gleichmässige, kraftvolle Führung). (Geliefert durch Aug. Becker, Göttingen.)



124.

2) Die andere Construction besitzt eine horizontale Schlittenbahn, auf welcher der Messerschlitten gleitet, und eine senkrechte, auf der die Objectklammer befestigt ist. Als Beispiel für diese möge das in Figur 125 abgebildete Weigert-Schanze'sche Mikrotom dienen. Man erblickt dieses wieder von der Objectseite, bemerkt den über die Mittelplatte herüberragenden Messerschlitten mit einer Rinne, um das Messer an verschiedenen Stellen festklemmen zu können; vor diesem, diesseits der Platte, die Objectklemme, welche durch zwei darunter befindliche in Schrauben endigende Achsen verstellt werden kann (eine gröbere Art der Einstellung als bei den vorigen beiden Instrumenten); unter diesen

dann die Mikrometerschraube mit ihrer grossen Theilplatte und dem Index. Diese Schraube wirkt auf einen senkrecht stehenden Schlitten, an welchem die Objectklammer mit Zubehör befestigt ist. Bei diesem Mikrotome befindet sich also das Object stets an derselben Stelle ganz am Anfange der Schlittenbahn des Messers, und es ist diese Construction daher die einzige, bei der das Messer seiner ganzen Länge nach genügend ausgenutzt werden kann resp. die Schlittenbahn des Mikrotoms durchaus nutz-

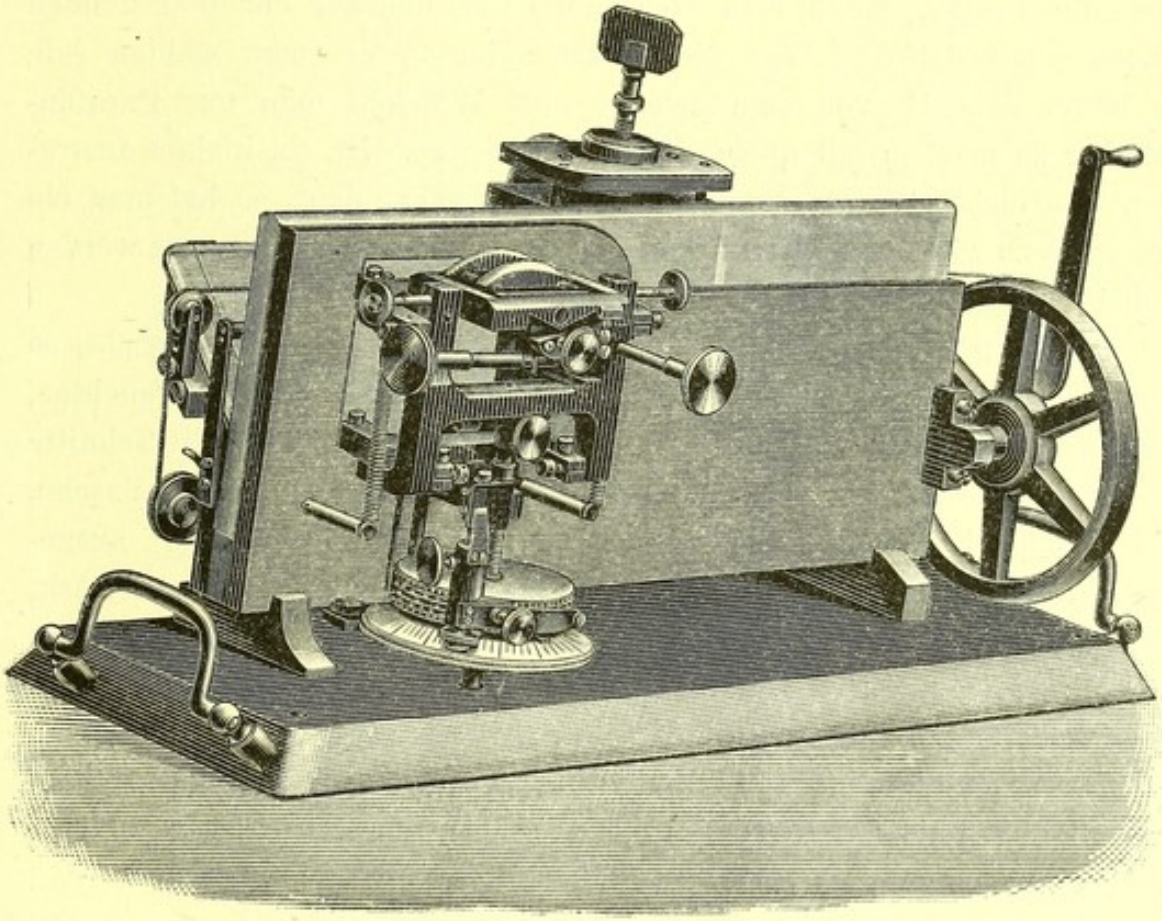


125.

bringend verwendet wird. Nach der Länge der Schlittenbahn richtet sich aber die Grösse des ganzen Instrumentes und damit der Preis. Ich gebe somit diesem Constructionsprincip unbedingt den Vorzug vor jenem ersten. Dieses Mikrotom wird geliefert von M. Schanze (Leipzig) und in ähnlicher Form von Gustav Miehe (Hildesheim). Es gleitet der Schlitten mit Metallschienen auf den entsprechenden Schienen der Bahn, daher ist Oel als Schmiermittel nothwendig. Gewöhnlich wird der Schlitten direct mit der Hand bewegt. Einschnappvorrichtung auf Wunsch. Dieses relativ billige Instrument ist sehr verbreitet und sehr handlich und bequem.

Nach diesem Principe ist auch das Mikrotom von Schiefferdecker-

Becker (3. III. p. 151) construirt, das Figur 126 wiedergiebt. Man sieht dasselbe schräg von der Objectseite und dem linken Ende her, ohne Messer. Die Correcturplatte und die Klemmschraube des Messers ragen deutlich über die Mittelplatte herüber, rechts befindet sich die Kurbel, welche einen rechten Winkel mit der Achse des Instrumentes bildet. Der Schlitten schleift wieder mit acht Elfenbeinfüsschen auf Glas und wird durch eine Darmsaite mit der Kurbel verbunden. Die Objectklammer ist nicht an einem senkrecht stehenden Schlitten be-



126.

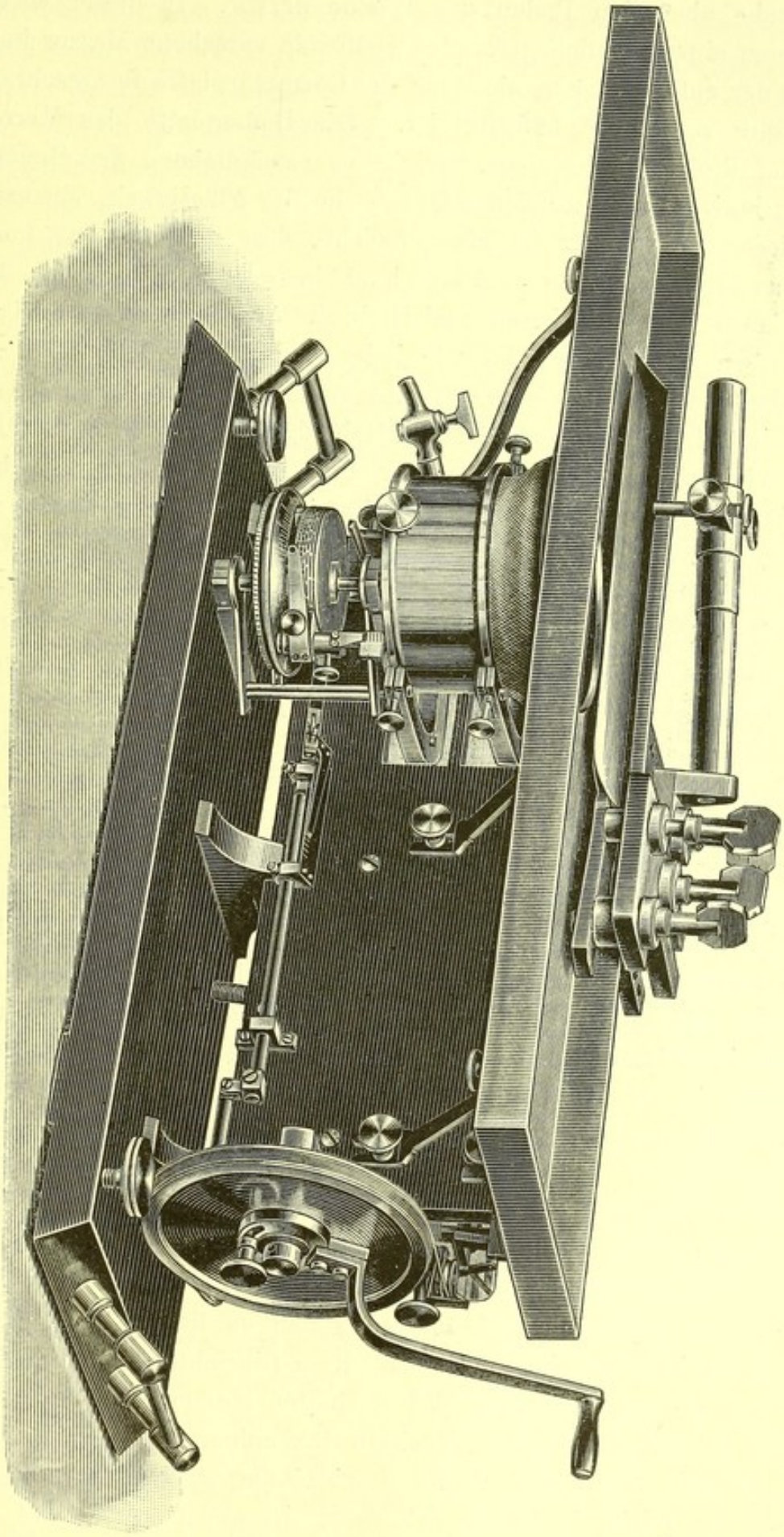
festigt, sondern an einer Parallelogrammverschiebung, gebildet durch Metallrahmen, die durch Spitzschrauben mit einander und mit der Mittelplatte verbunden sind. Dadurch ist die Verschiebung eine sehr leichte und sichere. Von unten her wirkt auf diesen Apparat die senkrecht stehende Mikrometerschraube mit der eine Einschnappvorrichtung tragenden Trommel und der Theilplatte. Die Objectklammer ist durch Schrauben ohne Ende nach zwei Richtungen sehr fein verstellbar. Das Instrument kann auch so eingerichtet werden, dass eine automatische Hebung der Objectklammer um eine bestimmte gewünschte Grösse mit jeder Drehung der Kurbel verbunden ist. Dieses Mikrotom halte ich wegen der Elfenbein-Glasverschiebung, der mechanischen Messerführung

durch Kurbel, der Parallelogrammverschiebung, der feinen Objecteinstellung, der Correcturplatte nach meinen Erfahrungen für das zur Zeit beste. (Geliefert von Aug. Becker, Göttingen.)

Die von Altmann-Schanze angewandte Messerführung durch Schraube ohne Ende und die Hebelführung von Miehe scheinen mir nicht empfehlenswerth zu sein.

Alle diese hier beschriebenen grösseren Mikrotome werden in verschiedenen Grössen geliefert, am besten orientirt man sich über diese und die Preise, wenn man sich einen Preiscourant der betreffenden Firma kommen lässt. Was die Grösse anlangt, die man wählen soll, so hängt dieselbe von dem Zwecke ab. Wünscht man nur Paraffinschnitte zu machen mit quergestelltem Messer, so ist ein kleines Instrument ausreichend, wünscht man feucht zu schneiden, so hat man ein grösseres zu wählen, um so grösser, je umfangreicher die Schnitte werden sollen.

Wenn man von feuchten Objecten Schnitte zu machen wünscht, so muss man das Mikrotommesser natürlich ebenso mit Alkohol befeuchten, wie das oben von dem Rasirmesser angegeben wurde. Sind die Schnitte umfangreich oder sehr zart, so reicht eine derartige mit Spritzflasche, Pinsel oder besonderem Tropfapparate (R. Jung, Heidelberg) ausgeführte Benetzung indessen doch nicht aus, die Reibung wird zu stark, die Schnitte reissen, und alle Mühe ist umsonst. Da ist es dann sehr nützlich eine Tauchvorrichtung anzuwenden. Das hat man auch schon seit langer Zeit anerkannt. R. Jung setzt sein ganzes Mikrotom einfach in eine Wanne. M. Schanze (ebenso Miehe) hat das seinige zum Umklappen eingerichtet und legt es mit dem schneidenden Theile in eine vorn angebrachte Wanne hinüber. Beide Vorrichtungen werden weit übertroffen von der Tauchvorrichtung von Ost-Becker (3. IV. p. 340). Ein mit derselben versehenes Schiefferdecker-Becker'sches Instrument zeigt Figur 127. Wie man sieht, besteht die Tauchvorrichtung aus einer langen, flachen Wanne, welche in der Gegend des Objectes im Boden ein rundes Loch besitzt, das von einem nach unten vorragenden Rande umgeben ist. An diesem ist ein entsprechend weiter Gummischlauch befestigt, der zu einem cylindrischen, mit einem Boden versehenen Gefässe herabsteigt, welches in der Parallelogrammverschiebung hängt und mit dieser durch die Mikrometerschraube gehoben werden kann. In diesem Gefässe befindet sich die Objectklammer mit ihren Schrauben. Wanne und Gefäss werden mit Alkohol gefüllt, der durch einen Hahn eventuell abgelassen werden kann. Bei der Hebung des Gefässes legt sich der Schlauch in Falten und das Object tritt mehr



127.

und mehr über den Boden der Wanne hervor. In dieser wird das mit einem eigenthümlich geformten Griffende versehene Messer bewegt, das an der unteren Fläche einer auf der Correcturplatte festgeschraubten Hilfsplatte verstellbar befestigt ist. Die Bodenplatte des Mikrotoms ruht auf drei Stellschrauben, welche es ermöglichen, den Boden der Wanne horizontal, parallel der Oberfläche der Flüssigkeit, einzustellen. Bei diesem Instrumente ist also erreicht, dass das Messer und das Präparat sich unter Alkohol befinden. Ein jeder Schnitt schwimmt von vorn herein und ist in der flachen Wanne leicht zu finden. Das Messer ist wie jedes andere Mikrotommesser ganz gerade, ohne Knickung. Alle anderen Theile liegen ausserhalb der Flüssigkeit und kommen mit derselben nicht in Berührung. Das Object liegt mit seiner Oberfläche klar sichtbar vor Augen und jeder Schnitt ist in seiner Entstehung zu verfolgen. Die Tauchvorrichtung kann leicht entfernt und eine gewöhnliche Klammer eingefügt werden.

Ich halte dieses Mikrotom, was feuchtes Schneiden anlangt, für das vollkommenste von den augenblicklich existirenden. Dasselbe wird geliefert von Aug. Becker (Göttingen).

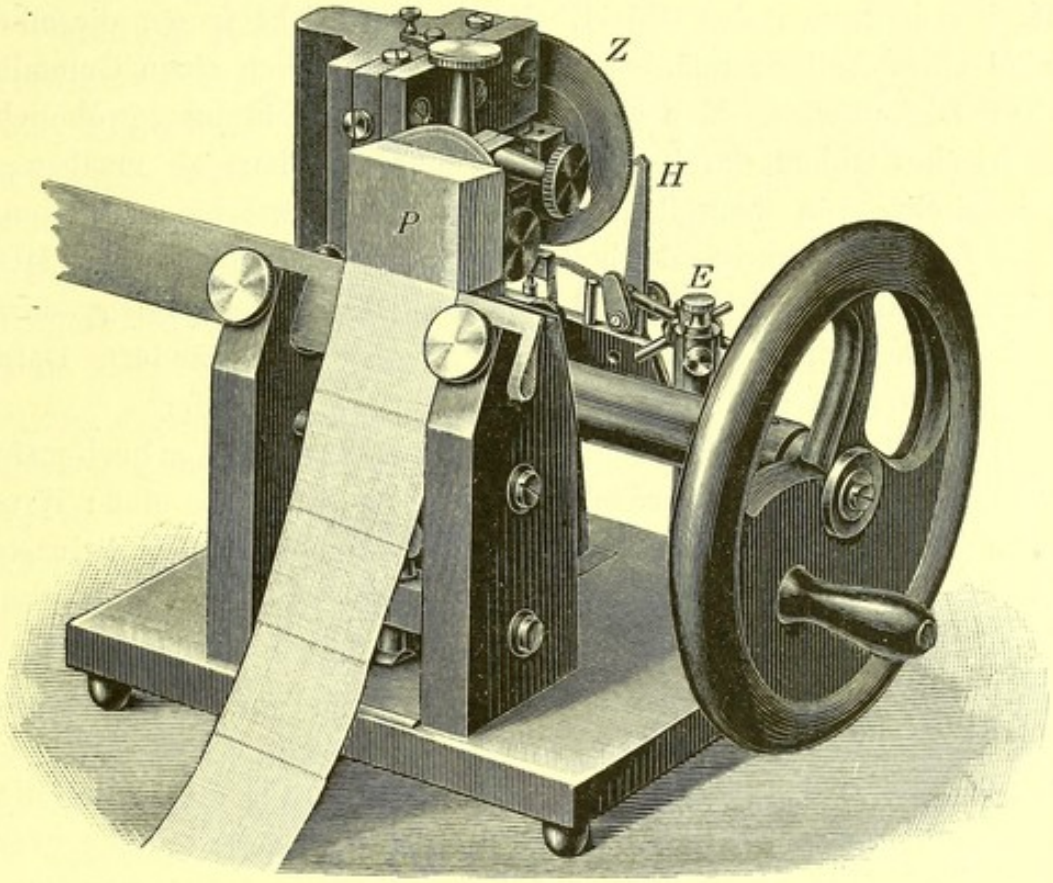
Bei dem hier abgebildeten Instrumente sind noch ein paar Nebeneinrichtungen vorhanden, die nicht ohne Werth sind, und in etwas anderer Construction anch bei den Instrumenten von R. Jung (Heidelberg) auf Verlangen geliefert werden.

Einmal sieht man vom unteren Rande der Mittelplatte ein Gestänge hinziehen von der Mikrometerschraube zur Kurbel. Dasselbe dient dazu, durch die Bewegung der letzteren eine Verschiebung der Mikrometerschraube und so eine automatische Höhenverschiebung des Objects herbeizuführen. Diese Einrichtung ist äusserst bequem. Das Täfelchen in der Mitte mit dem Index erlaubt die gewünschte Grösse der Verschiebung einzustellen.

Die zweite, hier nicht sichtbare, Vorrichtung dient dazu den Messerschlitten bei seinem Rückgange zu heben. Es ist dieselbe deshalb von Werth, weil man nur so sicher sein kann, dass das Object durch das Herüberstreifen des Messers bei dem Rückgange des Schlittens keine Aenderung erfahren hat, und genau so liegt wie am Ende des eben gemachten Schnittes. Es hat diese Einrichtung fast noch mehr Werth, wenn man mit dem quer gestellten Messer einen Paraffinblock trocken abträgt, als bei dem feuchten Schneiden.

Ich habe hier nun noch die Beschreibung zweier Mikrotome anzuschliessen, welche in letzter Zeit construirt worden sind, und speciell

zu dem Schneiden von trockenen, Paraffinpräparaten, mit quergestelltem Messer dienen. Beide sind rein automatisch und dazu eingerichtet lange Schnittbänder zu liefern, welche dadurch entstehen, dass ein Schnitt an dem anderen mit der Kante festhaftet. Bei beiden werden wie bei irgend einer in Thätigkeit zu setzenden Maschine, z. B. einer Leier, einer Nähmaschine, Kurbeln dauernd in derselben Richtung gedreht und es gelingt auf diese Weise in der That fabelhaft schnell bedeutende Mengen von Serienschnitten anzufertigen.



128.

Das eine dieser Instrumente ist von de Groot in Utrecht (Preis 150 M.) construirt (3. IV. p. 147), das andere von Minot in Cambridge (Amerika) und wird angefertigt von E. Zimmermann (Leipzig, Albertstrasse 10, Preis 175 M.). Letzteres ist in Figur 128 dargestellt. Wie man sieht, ist das Messer an zwei Stellen fest eingeklemmt, vor demselben befindet sich auf einer Scheibe aufgeschmolzen der Paraffinblock *P*, von dem ein Schnittband herunterhängt. Die Scheibe, Präparat-Kittplatte genannt, wird mit dem Blocke bewegt durch den senkrechten, hinter ihr befindlichen Schlitten, auf den die rechts sichtbare Kurbel wirkt. Die drehbare Scheibe mit den vorspringenden Drähten bei *E* dient zur Einstellung der automatischen Höhenverschie-

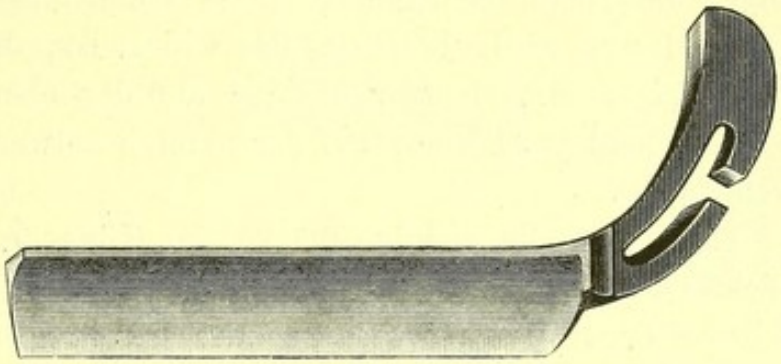
bung, welche durch den Hebel *H* auf das Zahnrad *Z* übertragen wird. Nach dem, was mir bekannt geworden ist, erscheint das Instrument empfehlenswerth.

Eine specielle Art des Mikrotoms ist weiter das Gefriermikrotom. Man kann zu einem solchen jedes der oben beschriebenen grösseren Instrumente machen, indem man statt der Objectklammer einen Gefrierapparat einfügt. Derselbe besteht aus einem hohlen Metallkästchen mit seitlichen Oeffnungen, das zur besseren Isolirung auf einer Filzplatte aufruht. Die obere Platte desselben ist plan und leicht gerieft, auf diese legt man das Object. Von unten wirkt gegen dieselbe der Kegel eines Aetherzerstäubungsapparats, der durch einen Gummiblasebalg getrieben wird. Man verwendet diese Vorrichtung gewöhnlich, um ein frisches Object durch Gefrieren schnell so hart zu machen, dass man Schnitte von demselben anfertigen kann, welche man dann entweder frisch untersucht oder beliebig härtet. So brauchbar diese Methode in vielen Fällen auch ist, so darf man doch nie vergessen, dass der Frost durch Bildung von Eiskrystallen die Gewebe verändert. Derartige Apparate werden von allen Mikrotomverfertigern geliefert.

Die **Mikrotommesser** sind ebenso wie das Mikrotom auch mehr und mehr vervollkommenet worden. Gute Firmen für solche sind: Wilhelm Walb (Heidelberg, Hauptstr. 5), Carl Franck (Leipzig, Kurprinzstr. 18) und Gustav Miehe (Hildesheim). Bei den Mikrotommessern muss man nun zunächst unterscheiden zwischen denen, welche quer gestellt für Paraffinblöcke verwandt werden sollen und denjenigen, welche schräg gestellt zu feuchten Schnitten gebraucht werden sollen. Die ersten können ganz kurz sein (die beste Form für diese Messer ist die von Henking angegebene. [3. II. p. 509]), die zweiten erreichen eventuell eine sehr bedeutende Länge. Die Form der Mikrotommesser muss viel genauer hergestellt werden als die des Rasirmessers und ein wirklich gutes Mikrotommesser muss direct ein Präcisionsinstrument sein. Davon sind nun die jetzt existirenden immer noch ziemlich weit entfernt, es ist leider immer noch ein Zufall, wenn man ein gutes Messer erhält. Bei dem Mikrotommesser kommt es zunächst auf die Form des ganzen Messers und dann auf die Lage der Schneidenfacetten an.

Die Form des ganzen Messers muss derartig sein, dass sie möglichst widerstandsfähig ist. Das kann sie nun nach zwei Richtungen sein, nach der Längs- und Querrichtung. Das Messer ist, wie aus den verschiedenen Abbildungen hervorgeht, bei den Schlittenmikrotomen an einer Seite, am Griffe, befestigt. Die beistehende Figur 129

zeigt ein Messer mit geschweiftem Griff (kleiner als in Natur) aus dem Catalog von Wilh. Walb. Der Griff ist lang, damit man dem Messer eine möglichst verschieden schräge Stellung geben und es verschieden weit nach dem Object zu vorschieben kann. Der geschweifte Griff ist hierzu sehr praktisch. In dem letzteren befindet sich ein Schlitz, durch welchen die Schraube hindurchgeht, die den Griff auf dem Messerschlitten befestigen soll. Durchaus abweichend hiervon sind nur die Messer beschaffen, welche zu der Ost-Becker'schen Tauchvorrichtung gehören, diese werden am Griffe durch zwei Schrauben befestigt, welche durch die dazu angebrachten Löcher gehen. Das so an einer Seite festgeklemmte Messer wird nun über das Object hingeführt. Dieses übt naturgemäss einen Druck von unten her auf dasselbe aus. Das Messer ist biegsam und elastisch. Es wird bis zu einem gewissen Grade diesem Drucke nachgeben und nach oben ausweichen, und wenn es über das Object herüber gelangt ist, wird es vermöge seiner Elasticität nach unten zurückschnellen, mit einem Worte es wird federn. Ein Messer wird um so leichter federn, je länger es ist und je geringer seine Dicke ist. Es wird daher vortheilhaft sein, lange Messer auch mit einem sehr dicken Rücken zu versehen. Nun geht das aber nur bis zu einem gewissen Grade: es wird das Messer zu schwer und zu breit, denn mit der Zunahme der Dicke muss auch die Breite wachsen, um denselben Winkel des Keils zu erhalten. So hat man denn zu der Aushilfe gegriffen sogenannte Messerbügel zu construiren, die von dem Messerschlitten, an dem sie mit einem Ende festgeschraubt sind, ausgehen bis gegen das Ende des Messers und hier an irgend einer Stelle auf dasselbe aufdrücken. Ein solcher ist sichtbar an dem Tauchmikrotom Figur 127. Der Messerbügel ist also ein Ersatz des Messerrückens. Er muss solide gearbeitet sein und darf das Messer nur berühren, aber nicht wirklich auf dasselbe drücken, denn sonst würde sofort eine Durchbiegung desselben nach unten eintreten. Es giebt übrigens auch Mikrotome, bei denen das Messer an beiden Enden befestigt ist, so das von Vinassa zum Schneiden harter Pflanzentheile, ferner die oben angeführten Mikrotome von Minot und de Groot. Vermag man dieser



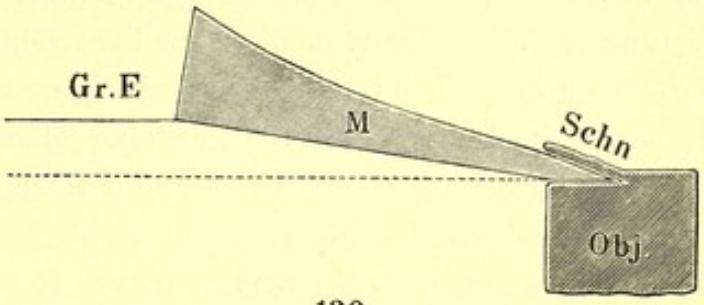
129.

Durchbiegung des ganzen Messers noch einigermaassen entgegenzuwirken, so kann man das nicht mehr bei der Durchbiegung der Schneide. Diese tritt natürlich um so eher ein, je dünner die Schneidenpartie des Messers ist, also am leichtesten bei doppelthohlgeschliffenen Klingen, am schwersten bei einfach keilförmigen. Daraus folgt, dass man die Klinge, um so mehr dieser letzteren Form sich nähern lassen wird, je härter das Object ist, das man schneiden will. Die jetzigen Mikrotommesser sind auf der oberen Fläche mehr oder weniger hohl geschliffen, auf der unteren entweder plan oder nur ganz wenig hohl.

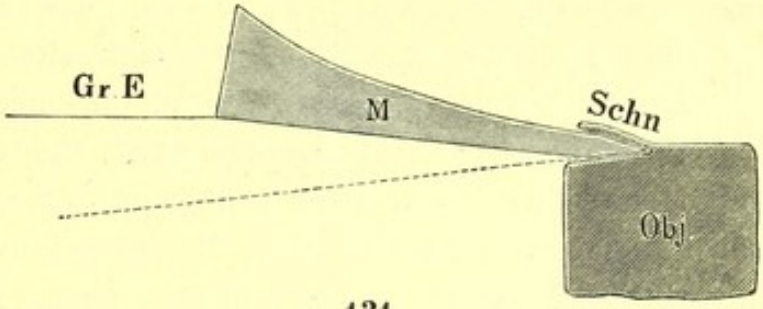
Hat man die richtige Stärke der Klinge erreicht, so kommt als nächste Forderung die, dass die ganze Schneide genau in einer Ebene liegen muss, denn sonst wird bei dem Durchziehen des Messers durch das Object niemals ein guter planer Schnitt entstehen können. Dieser Forderung ist eigentlich nur dann zu genügen, wenn die Messer auf rotirenden Scheiben geschliffen werden, und es wird jedenfalls vielfach dagegen gefehlt.

Ist diesen Forderungen Genüge gethan, dann kommt noch eine weitere sehr wichtige: es müssen die Schneidenfacetten richtig stehen. Wir haben bereits oben gesehen, dass jedes Messer, dessen Klinge hohl geschliffen war, oder das mit einem Aufsatz beim Schleifen versehen wurde, eine obere und untere Schneidenfacette besitzt, die sich scharf gegen die übrigen Theile der Klinge abgrenzen. Die Mikrotommesser werden nun immer derartig gearbeitet, dass die untere plane oder leicht concave Fläche mit der Ebene des Griffes einen Winkel bildet, derartig dass die untere Messerfläche gegen den Rücken zu aufsteigt. Es geschieht das deshalb, um bei dem Herüberführen des Messers über das Object jeden Druck und jede Reibung zu vermeiden. Mit dem Object sollen nur die Schneidenfacetten in directe Berührung kommen, die ja sehr schmal sind. Hierbei ist im wesentlichen die untere Schneidenfacette von Wichtigkeit. Die Ebene derselben muss genau parallel der Gleitebene des Messerschlittens stehen, also, wenn man annimmt, dass, wie es zunächst sein soll, die obere Schlittenfläche dieser Ebene wieder parallel läuft, dass die Correcturplatte parallel dieser eingestellt ist, und dass der Messergriff planparallel hergestellt wurde, so muss die untere Schneidenfacette parallel der Ebene des Messergriffs sein. Es müsste also, wenn man diese Dinge schematisch darstellt, ein Bild herauskommen wie es Figur 130 zeigt. In diesem Falle wird die untere Schneidenfacette das Object berühren, aber sie wird ohne Druck darüber hingleiten. Durchaus

unbrauchbar wird das Messer, wenn die untere Schneidenfacette nach dem Rücken zu absteigt, wie Figur 131 es zeigt. Es ist hierbei unvermeidlich, dass die Facette einen directen Druck auf das Object ausübt, was unter allen Umständen vermieden werden muss, denn einmal wird in Folge dessen das Object misshandelt und zweitens wird auf das Messer ein Druck von unten nach oben ausgeübt, welcher dasselbe vermittelst der durch die Facette gegebenen schiefen Ebene direct aus dem Objecte heraustreibt. Der Erfolg ist: das Messer giebt keinen vollständigen Schnitt, sondern tritt an irgend einer Stelle aus dem Objecte heraus, indem es den übrigen Theil desselben bei Seite drückt und darüber hingleitet. Dieses geht, wenn man weiter schneidet, so lange fort, bis endlich das vor der Schneide liegende Objectstück so dick wird, dass das Messer nicht mehr herübergleiten kann, dann fasst es auf einmal wieder und man bekommt einen mächtig dicken Schnitt. Es ist dieses eine Erfahrung, die der Mikrotomist leider sehr häufig machen kann, da die Mikrotommesser auch von den besten Firmen nicht genau genug gearbeitet werden, obgleich man für den hohen Preis, den diese Messer haben, eigentlich eine genaue Arbeit verlangen könnte.



130.



131.

Weniger schlimm ist die Wirkung, wenn die untere Facette etwas nach dem Rücken zu aufsteigt. Doch ist auch dieses nicht gut, da das Messer dann das Bestreben hat, sich etwas in das Object zu versenken, was allerdings bei dem geringen Widerstande des Schnittes im Verhältnisse zur Masse des Messers weniger in Betracht kommt.

Steht die untere Schneidenfacette nun nicht richtig, so kann man das Messer doch gebrauchen, wenn man in der Lage ist, dasselbe um seine Längsachse zu drehen. Dazu dient die schon oft erwähnte Correcturplatte. Vermittelst dieser kann man das Messer so einstellen, dass die untere Schneidenfacette in die richtige Lage kommt. Allerdings hat das seine Grenzen. Steht die Facette zu schlecht, so muss

man eventuell das Messer so steil stellen, dass es überhaupt nicht mehr schneidet, sondern reisst. Dann ist mit dem Messer nichts anzufangen. Da die Schneidenfacetten zu schmal sind, als dass man durch directes Beschauen derselben sich von ihrer richtigen Lage überzeugen könnte, so muss man gewöhnlich sich auf die Schneideprobe verlassen und durch die Correcturplatte das Messer so stellen, dass es die beste Schnittleistung ergiebt. Hat man die Abziehvorrichtung da, mit der das Messer abgezogen worden ist, dann braucht man allerdings nur diese auf das Messer aufzuziehen, dasselbe auf eine ebene Platte zu legen und nun zu sehen ob der Messergriff horizontal liegt. Thut er das nicht, oder sind die Ebenen des Messergriffs nicht genau gearbeitet, so ist das Messer nicht gut, und das kommt recht oft vor. Im Interesse jedes Käufers liegt es, das Messer vor dem Kauf zu prüfen und es zurückzuweisen, wenn es nicht gut ist. Ein ganz grober Fehler, der aber auch nicht selten vorkommt, ist es, wenn die Längsachse des Messers einen Winkel mit dem Griffe derart bildet, dass, wenn der Griff horizontal steht, das freie Ende des Messers tiefer liegt. Dann tritt immer eine Quetschung des Objectes ein. Führt man ein derartiges Messer möglichst schräge gestellt über das Object herüber, so bemerkt man einmal eine Art von Haften desselben an dem Objecte gegen das Ende zu und hört auch mitunter einen leichten Ton, der von der starken Reibung des Messers an dem Objecte herrührt.

Was die Imstandehaltung des Messers anlangt, so muss dabei mit grösster Sorgfalt verfahren werden. Hat man ein wirklich gut gearbeitetes Messer zufällig erlangt, so schone man dasselbe als einen kostbaren Gegenstand nach Kräften. Man muss es erstens natürlich wie jedes Messer sofort nach dem Gebrauch sorgfältig abtrocknen. Man halte sich ausserdem einen unnachgiebigen (siehe p. 119) Streichriemen (bei grossen Messern wird derselbe am besten am Tische angeschroben, um das Messer mit beiden Händen sicher führen zu können), und ziehe das Messer auf diesem nach jedesmaligem Gebrauche vorsichtig, gleichmässig aufliegend, ohne Druck, den Messerrücken voran, ab. Auf diese Weise kann man ohne fremde Hilfe ein Messer jahrelang in gutem Zustande erhalten. Muss es einmal auf den Stein, dann sendet man es am besten zu der Bezugsfirma zurück, ist aber niemals sicher, dass man es so gut wieder zurückerhält als es ursprünglich war.

Da es öfter vorkommt, dass die Schnitte während des Schneidens sich aufrollen und dadurch an Brauchbarkeit einbüssen, so hat man kleine Apparate construirt, die auf das Messer aufgesetzt werden, und

das Aufrollen verhindern: Schnittstrecker. Dieselben haben sehr verschiedene Construction.

Was die Leistungen der Mikrotome anlangt, so sind diese bei demselben Instrumente verschieden je nach der Beschaffenheit des Messers und Objectes. Ist das Messer gut und das Object ein guter Paraffinblock, so kann man Serienschnitte von 0·005 mm ohne weiteres erlangen, ebenso einzelne besonders gelungene Schnitte von 0·0025 mm Dicke. Ganz genau gleich dick werden die Schnitte indess niemals, was schliesslich auch nicht wunderbar ist, wenn man bedenkt, dass bei dieser Schnittdicke Differenzen von 0·002 mm schon sehr deutlich merkbar sind. Das ist aber eine so unbedeutende, mikroskopisch kleine Abweichung, dass sie bei dem complicirten mechanischen Verfahren, und namentlich bei der immer etwas wechselnden Messerschärfe, die auch durch anklebendes Paraffin beeinflusst wird, sowie bei dem immer etwas veränderlichen Objecte ganz natürlich sind. Bei feuchten Schnitten vermag man bei gut eingebetteten kleinen Stücken wohl bis 0·007 mm zu kommen, durchschnittlich kann man mit 0·01 mm ganz zufrieden sein. Sehr umfangreiche Schnitte, vom Centralnervensystem z. B., haben dann wohl 0·015 bis 0·03 mm Dicke.

Die dritte Methode, das Präparat dünn und durchsichtig zu machen, das Schleifen, kann natürlich nur eine relativ seltene Anwendung finden. Es beschränkt sich in der Reihe der höheren Thiere auf verkalkte Gebilde, wie Knochen, Zähne. Man nimmt in diesem Falle Objecte, welche man vorher von den Weichtheilen, die sie umgeben, oder die in ihnen sich befinden, befreit hat, also macerirte Knochen und Zähne. Von diesen fertigt man sich zunächst mit einer feinen Säge (siehe Capitel II) dünne Schnitte an und schleift diese nun allmählich dünner und dünner bis die nöthige Durchsichtigkeit erreicht ist. Der Schleifmittel hat man mehrere. Man kann rotirende Stahl- oder Schmirgelscheiben verwenden, verschieden feine Schleifsteine, Schmirgelpulver auf Glas oder endlich Schmirgelpapier. Rotirende Stahlscheiben, wie sie auch zur Herstellung von Mineralschliffen angewandt werden, sind sehr bequem, aber selten zur Hand. Für den gewöhnlichen Gebrauch empfehlen sich am meisten Schleifsteine oder Schmirgelpapier. Bei Anwendung der ersteren schleife man den Schnitt zunächst auf einem groben mit Kurbel versehenen Steine, bringe ihn auf einen feineren und schliesslich auf einen feinen Oelstein. Dann schüttele man den Schliff in einem Reagenzgläschen mit Xylol, um Oel und Staub zu entfernen, reibe ihn auf Fliesspapier (immer beide Seiten) trocken, wobei ebenfalls noch ein Theil des Staubes herausgeht, und polire den trocknen Schliff

endlich auf Conceptpapier (wieder beide Seiten) bis er glänzt. Von Schmirgelpapier kaufe man sich zwei bis drei verschieden feine Sorten, darunter die feinste, und schleife nun auf diesem Papier den Sägenschnitt ab. Man darf bei demselben nicht zu lange das grobe Papier anwenden, da sonst die tiefen Schleifspuren nicht mehr ganz herausgehen. Nachdem der Schnitt endlich auf dem feinsten Papier so weit bearbeitet ist, dass er glatt erscheint, reibe man beide Flächen auf Filtrirpapier gründlich ab. Hierdurch wird die Oberfläche noch mehr polirt, vor allen Dingen aber der Schmirgelstaub von dem Schliffe entfernt. Dann wird derselbe endlich auf Conceptpapier beiderseitig polirt.

Man kann den Sägenschnitt zum Zwecke des Schleifens entweder mit Schellack auf einen Holzcylinder aufkleben und so erst die eine, dann, nach Umkleben des Schnittes, die andere Fläche bearbeiten, oder, was für kleinere Präparate schon ausreicht, den Schnitt mit dem blossen Finger oder unter dem Schutze eines übergezogenen Gummifingers hin- und herführen. Sehr wesentlich ist es, darauf zu achten, dass die Scheibe gleichmässig abgeschliffen wird, und dass die Randpartien, die am leichtesten verloren gehen, erhalten bleiben. Zähne kann man in der Krone, wo die Schmelzschicht aufsitzt, meist nicht sägen, sondern muss sie mit einer Glasfeile abfeilen. Um Längsschliffe durch ganze Zähne zu erhalten, befestigt man den Zahn am besten auf einem Holzcylinder und schleift ihn nun von beiden Seiten im ganzen ab, bis die gewünschte Mittelplatte allein übrig bleibt. Zu diesem Abschleifen bedient man sich dann eines drehbaren Schleifsteins oder einer rotirenden Schmirgel- oder Stahlscheibe; Querschliffe durch Zahnwurzeln kann man mit Säge und Schleifsteinen oder Schmirgelpapier, wie oben angegeben, leicht herstellen. Die so von Knochen oder Zähnen erhaltenen Schliffe bewahrt man entweder trocken in Luft auf oder in sehr dickem Canadabalsam. Man sehe deshalb Capitel XI.

IV. Das frische, lebende Object.

Nachdem wir jetzt eine Anzahl von Instrumenten und Utensilien kennen gelernt haben, erscheint es praktisch, dass wir uns zu dem Präparate selbst wenden.

Wir wünschen zu erfahren, wie die lebenden morphologischen Elemente des Thieres beschaffen sind. Daraus folgt, dass man zunächst ver-

suchen muss, dieselben am lebenden Thier selbst anzusehen, oder, wenn das nicht angeht, sie dem getödteten Thier so schnell zu entnehmen, dass sie noch lebend sind, oder drittens sie in einen Zustand zu versetzen, der die während des Lebens bestehende Form möglichst genau und dauernd wiedergiebt. Ich will in diesem Capitel zunächst die beiden ersten Fälle, d. h. Untersuchung des frischen Präparates besprechen.

Mikroskopisch kleine selbständige Lebewesen kann man leicht unter dem Mikroskop beobachten. Handelt es sich um relativ schwache Vergrösserungen, so kann man dieselben sogar direct in einem Aquarium ansehen, indem man ein horizontalstehendes Mikroskop benutzt. Besonders eingerichtet dazu ist das Aquarium-Mikroskop nach Fr. Eilh. Schulze, gefertigt von Klönne u. Müller in Berlin (siehe p. 34, event. 3. IV. p. 318 bis 320). Will man das gewöhnliche Mikroskop und die gewöhnlichen Utensilien verwenden, so benutzt man als eine Art von kleinem Aquarium eine sogenannte feuchte Kammer (siehe p. 51 u. 52), oder, wenn es sich nicht darum handelt, längere Zeit die betreffende Beobachtung fortzusetzen, so stellt man sich ein noch einfacheres Aquarium dadurch her, dass man das Object mit der Flüssigkeit auf einen gewöhnlichen Objectträger bringt, und dann ein Deckgläschen darauflegt, das man durch irgendwelche Gegenstände die man zwischen Objectträger und Deckglas einschiebt, verhindert, auf das eventuell sehr zarte Object einen Druck auszuüben: man stützt das Deckglas. Als Deckglasstütze kann man verwenden:

a) Stücke von einem anderen zerbrochenen Deckglase.

b) Ein Kopfhaar, das man in Stücke schneidet (mit Vorsicht! da die Stücke leicht fortspringen).

c) Wachströpfchen, die man erhält, indem man einen Wachsstock anzündet und dann ausbläst, oder auch nur genügend erwärmt, und dann mit der Spitze des Dochtes das flüssige Wachs auf den Objectträger bringt.

d) Einen Lackring, den man mit Hilfe von Pinsel und Drehtisch (s. Capitel XI) auf einem Objectträger anbringt, und welchem man leicht die im einzelnen Falle nöthige Dicke geben kann.

Da die Flüssigkeit unter dem Deckglase vom Rande her allmählich verdunstet, so muss man entweder entsprechende Mengen von destillirtem Wasser zusetzen oder den Rand mit einem Rahmen von Vaseline umgeben, um so die Verdunstung zu hindern. In einer feuchten Kammer wähle man die Menge der Reserveflüssigkeit so gross, dass, falls das Object sich nicht in reinem Wasser, sondern in einer Salzlösung befindet, diese durch den die Kammer erfüllenden Wasserdampf

nicht zu sehr verdünnt wird, wodurch eine Schädigung des Objectes herbeigeführt werden würde. — Wünscht man das Object der Einwirkung bestimmter Gase, Temperaturen, auszusetzen, so bietet eine gut eingerichtete feuchte Kammer (siehe p. 50 bis 52) zu allem diesem die Mittel. Da man das Object unmittelbar an der unteren Fläche des Deckglases haften lässt, so kann man die stärksten Vergrösserungen zur Beobachtung verwenden. — In dieser Weise vermag man ausser selbständigen Lebewesen (die ja meist im Wasser leben werden) oder Eiern und Spermatosomen, die in Wasser abgelegt wurden, auch lebende Zellen zu untersuchen, die man dem Körper eines lebenden oder eben getödteten Thieres entnommen hat. Handelt es sich hierbei um Kaltblüter, deren Körper die Temperatur der Aussenluft besitzt, so ist die Untersuchung erheblich einfacher als bei Warmblütern, bei denen einmal die feuchte Kammer auf die Körpertemperatur des Thieres zu erwärmen und bei welchen auch während der Uebertragung der Körpertheilchen auf den Objectträger möglichst eine Abkühlung zu vermeiden ist. Dass man in jedem Falle bei der Uebertragung eine Austrocknung möglichst zu verhüten hat, klingt leider, wenn es gesagt wird, viel natürlicher, als es vom Anfänger in praxi befolgt wird. So lassen sich Zellen des Epithels, des Blutes, der Lymphe, Fetzen von Bindegewebe, Stückchen von Muskeln, feine Nervenbündel, Eier, Spermatosomen etc. frisch der Untersuchung unterziehen. Man wird allerdings bald erkennen, dass es mit der Unversehrtheit solcher Theile häufig etwas zweifelhaft aussieht. So sehr man sich auch bemüht, dieselben in natürlichen Umgebungsverhältnissen zu bewahren, so wenig ist dieses doch vollständig möglich. Immerhin erlauben derartige Untersuchungen einen wichtigen Einblick in die Verhältnisse des lebenden Objectes, die leichten Veränderungen, welche auftreten, richten unsere Aufmerksamkeit sogar oft erst auf die wirklich normalen Verhältnisse, sodass ich nur rathen kann, bei keiner Untersuchung die Betrachtung des möglichst günstig situirten lebenden Objectes zu unterlassen.

Das dem Körper entnommene Theilchen muss in einer Flüssigkeit untersucht werden, die der, in welcher es sich befand, möglichst ähnlich ist. Die Körperflüssigkeiten enthalten alle in einer grossen Menge von Wasser zwei Arten von Stoffen: Krystalloïd- und Colloïdsubstanzen. Die ersteren, Salze, krystallisiren und haben ein bedeutendes Diffusionsvermögen, die letzteren krystallisiren nicht und haben ein sehr geringes Diffusionsvermögen, zu ihnen gehören die Eiweissstoffe. Am besten wird man nun sicher die zu der Untersuchung nöthige Flüssigkeit dem Körper des Thieres entnehmen, in Fällen, in denen das nicht möglich

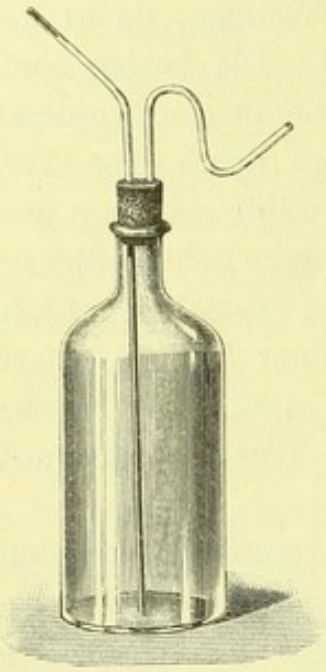
ist, wird man aber versuchen müssen, eine sogenannte indifferente Zusatz- oder Conservirungsflüssigkeit zu wählen resp. herzustellen. Aus dem eben gesagten geht schon hervor, dass destillirtes Wasser durchaus ungeeignet sein wird, denn es enthält weder Krystalloïd- noch Colloïdsubstanzen, wird demgemäss die in den Objecten vorhandenen Stoffe denselben entziehen und so die Objecte schädigen. Brunnenwasser ist schon etwas günstiger, da es gewöhnlich geringe Mengen von Krystalloïden enthält. Die besten sind:

1) **Humor aqueus, Kammerwasser.** Die in der vorderen Augenkammer enthaltene Flüssigkeit, welche man durch eine Verletzung der Cornea heraustreten lassen kann. Man wähle ein Auge desselben Thieres, doch kann man auch das eines grösseren Schlachtthieres verwenden. Zusammensetzung: in 1000 Theilen: 7·8 krystalloïder (d. h. Kochsalz), 4·6 colloïder Substanzen, 987 Wasser (Frey 5 p. 79), nach Lohmeyer (Zeitschr. f. ration. Medic. V, p. 56): 1·223 ‰ Eiweiss (colloïd), 4·210 ‰ Extractivstoffe (zum grösseren Theile krystalloïd), 7·697 ‰ anorganische Salze (krystalloïd).

2) **Blutserum.** Sondert sich bei der Blutgerinnung von dem festen Blutkuchen ab. Am besten von demselben Thiere. Zusammensetzung (vom Schwein, nach Bunge) in 1000 Theilen: 67·7 ‰ Albumin (colloïd), 5·0 Extractivstoffe (krystalloïd), 7·7 anorganische Salze (krystalloïd). Der Gehalt an colloïden Stoffen ist hier also bedeutend grösser wie bei dem vorigen.

3) **Jodserum.** Eine sehr zu empfehlende Flüssigkeit, welche man lange vorräthig halten kann (zuerst von Max Schultze angewandt). Herstellung: Man lasse sich von einem grossen schwangeren Schlachtthiere (am besten einer Kuh) den uneröffneten, frischen Uterus kommen, öffne diesen und die Eihäute, fange die herausströmende Flüssigkeit, das Amnion- oder Fruchtwasser, auf und versetze dieselbe mit Jod. Man mache das entweder so, dass man direct etwas Jodtinctur zutröpfelt oder in einem kleinen Theile der Flüssigkeit Jod löst und von dieser concentrirten Jod-Fruchtwassermischung etwas zufügt (letzteres besser). Es entsteht ein Niederschlag, man filtrire. Das Amnionwasser enthält auf 1000 Theile: 3·8 Colloïdsubstanz (Eiweiss), 5·8 Salze, 3·4 Harnstoff (5 p. 79). Das Jod soll Fäulniss und Pilzbildung verhindern. Diesen Zweck erfüllt es aber in nur geringem Grade. Es ist eine alte nützliche Vorschrift, dass man niemals mit einem Glasstabe in die Flasche fahren, sondern zum Gebrauche etwas Jodserum in ein Schälchen giessen, dann die Flasche schliessen und die in dem Schälchen übrig bleibende Flüssigkeit fortgiessen solle. Ganz gute Dienste hat mir die

in Figur 132 dargestellte Flasche geleistet, aus welcher man durch das kurze Rohr das Jodserum ausgiesst, während die durch das lange eintretende Luft vermittelst des in diesem befindlichen Pfropfes aus Glaswolle filtrirt wird. Vor der Füllung mit dem frisch hergestellten Jodserum müssen die Flasche, die Röhren, der Kautschukpfropf durch längeres Kochen, das Rohrende mit der Glaswolle durch kurzes Glühen (das auch während des späteren Gebrauches ab und zu wiederholt wird), von Pilzen befreit werden. Bleibt in dieser Flasche das Jodserum auch nicht dauernd pilzfrei, so währt es doch längere Zeit, bis Pilzbildung auftritt. — Ein Jodserum, bei dem das Fruchtwasser künstlich zusammengesetzt wird, kann man sich nach Frey (5. p. 80) herstellen, indem man 30 g Hühnereiweiss, 270 g Wasser und 2·5 g Chlornatrium mischt und dann die entsprechende Menge Jodtinctur zusetzt.



132.

4) Oft verwendet wegen ihrer bequemen Herstellungsweise wird auch die **physiologische Kochsalzlösung** (0·5 bis 0·75 % in Aq. dest.). Dieselbe ist, da die colloiden Substanzen fehlen, nicht so brauchbar, als die vorige Flüssigkeit, immerhin zu gröberen Beobachtungen verwendbar. Um sie zu verbessern, kann man ihr auch das nöthige Quantum Hühnereiweiss zufügen.

Unter Beobachtung der bisher angegebenen Maassnahmen vermag man unter Umständen lebende Zellen getrennt von dem Körper des Thieres Tage lang unter dem Mikroskope zu studiren.

Lässt man kleine Gewebsstückchen in Jodserum Tage lang liegen, am besten in der Kälte, z. B. in einem Eisschrank (um Fäulniss zu verhüten), so kann man auf eine relativ wenig eingreifende Art eine Maceration des Gewebes und so eine Isolirung der Elemente erreichen. Die Zellen sind dann allerdings nicht mehr lebend frisch, aber doch noch wenig verändert. Bezüglich dieser Methode siehe Cap. VII.

Beobachtung im unverletzten Körper. An besonders günstigen Objecten gelingt es, das Leben einzelner Theile im unverletzten Körper des Thieres zu beobachten, eine Art der Untersuchung, die natürlich die grösstmögliche Sicherheit in der Beobachtung frischen Gewebes giebt. So kann man z. B. mit schwachen Vergrösserungen, bei Anwendung eines horizontalen Mikroskops, wie oben bei dem Aquarium-Mikroskop, die Cornea des lebenden Menschen oder Thieres

untersuchen. So kann man den Blutlauf und die Blutkörperchen des lebenden Frosches studiren, wenn man denselben, mit Curare vergiftet (Lösung von 0·1 %, zwei und mehr Tropfen, je nach der Wirksamkeit, durch einen kleinen Einschnitt in den Rückenlymphsack gebracht. Der Frosch wird unter einer Glasglocke gelassen, bis Lähmung eintritt. Die Frösche können sich in einigen Tagen wieder erholen), auf eine hinreichend grosse oblonge Korkplatte legt, welche an dem Objecttische durch Klemmen befestigt wird, und entsprechend der Oeffnung des Objecttisches durchbohrt ist. Mit Nadeln wird über dieser Oeffnung ein Hinterfuss des Frosches so ausgespannt, dass die Schwimmhaut gut ausgebreitet ist. Statt der Korkplatte kann man auch eine Glasplatte nehmen, auf der ein Korkring festgekittet ist. Dieselbe schützt mehr den Objecttisch. Mit schwachen Vergrösserungen lassen sich nun sehr gut die in der Schwimmhaut befindlichen Blutgefässe und die in ihnen enthaltenen Blutkörperchen erkennen, ferner die Pigmentzellen der Froschhaut, von denen die dunkel-schwarzbraunen beweglich sind, insofern sie Fortsätze ausstrecken können. Zu ähnlichen Studien ist die Zunge des Frosches zu benutzen, ferner das Mesenterium. Methode: Bei einem curaririsirten (männlichen!) Frosche, der auf einer Kork- oder Glasplatte liegt, mache man seitlich in der Bauchwand einen Schnitt, ziehe eine Darmschlinge hervor, und spanne diese mit Nadeln auf dem Korkringe aus (hat man eine Korkplatte gewählt, so befestige man auf dieser einen entsprechend hohen Ring, damit die Darmschlinge nicht unnöthig weit aus dem Leibe gezogen und gezerrt werde). Wünscht man jede Blutung zu verhindern, so öffne man den Bauch mittels eines zur Rothgluth erhitzten Eisenstäbchens (Ranvier, Technisches Lehrbuch der Histologie, übersetzt von Nicati und Wyss. Leipzig, Vogel).

Ein anderes, sehr günstiges Organ zur Beobachtung von Blut und namentlich auch Nerven ist die Lunge des Frosches. Man benutzt hierzu einen von Holmgren angegebenen Apparat (Beiträge zur Anatomie und Physiologie als Festgabe Karl Ludwig von seinen Schülern gewidmet. Leipzig 1874, und Ranvier, Technisches Lehrbuch etc. übers. von Nicati und Wyss, p. 561 ff. Leipzig, Vogel). Ferner die Blase des Frosches, für welche wiederum der Holmgren'sche Apparat nach einer von Johnsson angegebenen Methode benutzt wird (3. IV. p. 477 und 478). Endlich kann man auch bei männlichen Tritonen den Blutlauf in der Vorniere während des Lebens nach einer von M. Nussbaum (Pflüger's Arch. XVII, p. 592) beschriebenen Methode beobachten.

Recht brauchbar zu dergleichen Beobachtungen sind auch kleine Kaulquappen, deren Schwänze hinreichend durchsichtig sind. Man bringe dieselben in ein Uhrgläschen mit einer Curarelösung (1:1000), und verletze leicht ihre Haut, sofort tritt die Giftwirkung ein (Ranvier); oder man wickle ihren Kopf in Fliesspapier, sie liegen dann auf dem Objectträger ziemlich ruhig. Ferner sind Fischembryonen sehr geeignet, welche man in feuchtes Fliesspapier wickelt, so dass der Schwanz frei bleibt; auch kann man dieselben einfach in einem Uhrgläschen mit Wasser betrachten.

Wie wir später noch genauer sehen werden, treten bestimmte Theile der Gewebe, so namentlich auch die Zellkerne, bei Einwirkung bestimmter Farbstoffe sehr deutlich hervor. Will man frische, lebende Präparate färben, so ist zu empfehlen, dass man die Farbstoffe in Kochsalzlösung oder (besser) Jodserum löst. Man verwendet am besten in Wasser lösliches Fuchsin, Dahlia, Methylviolett, Gentianaviolett (alles Anilinfarbstoffe), welche man mit den Lösungsflüssigkeiten in einer Reibschale verreibt und dann filtrirt. Wünscht man einen Tropfen dieser Farblösung oder irgend ein anderes Reagenz, z. B. Essigsäure, Kalilauge, dem in einer indifferenten Flüssigkeit unter dem Deckglase befindlichen Objecte zuzusetzen, so bringe man denselben zunächst an den rechten Rand des Deckglases auf den Objectträger, lege gegen den linken Rand ein Stückchen Fliesspapier, und lasse so langsam den Tropfen ansaugen. Man vermag hierbei die allmählich eintretende Reagenzwirkung unter dem Mikroskope zu beobachten. Eine andere Methode ist die, dass man mit Hülfe von zwei Nadeln, von denen man die linke mehr der Länge nach gegen den Deckglasrand andrückt, während man die Spitze der rechten unter das Gläschen herunterschiebt, dieses lüftet und so den Tropfen heruntertreten lässt. Dadurch dass das Deckgläschen hierbei mehrmals leicht gehoben und gesenkt wird, lässt sich eine gute Mischung der beiden Flüssigkeiten erzielen. Die erste Methode ist schonender für das Object.

Sehr interessant ist die in letzter Zeit mehrfach gemachte Beobachtung, dass lebende Gewebe eine besondere Neigung besitzen, bestimmte Anilinfarbstoffe in sich aufzunehmen, die dem Thiere einverleibt werden. So ist das, namentlich durch die Untersuchungen von Ehrlich, für das reine Methylenblau in Bezug auf die Nerven festgestellt worden.

V. Die Abtödtung und Fixirung des Objectes.

Ist die Untersuchung des frischen Gewebes auch in jedem Falle so wichtig, dass man sie nie unterlassen sollte, so ist doch nicht zu verkennen, dass sie allein zum Studium nicht ausreicht. Es ist nothwendig, die Objecte in einen Zustand zu versetzen, in welchem sie, bei möglichster Erhaltung von Form und Structur, längere Zeit unverändert verbleiben. So allein gelingt es, die Wirkung verschiedener Untersuchungsmethoden kennen zu lernen, deren Resultate wir vergleichen und das Wesentliche von dem Unwesentlichen trennen können. Zu diesem Zwecke muss das lebende Gewebe zunächst getödtet werden; die Methodik dieser rationellen Abtödtung und gleichzeitigen Conservirung der Gewebe will ich in diesem Capitel besprechen.

Es ist für den Forscher von der allergrössten Bedeutung, dass er frisches, lebendes Gewebe abtödtet, nicht todtes conservirt. Wir wünschen an den conservirten Präparaten möglichst viel von dem wiederzufinden, was im Leben vorhanden war, und es ist a priori einzusehen, dass bei dem Absterben eines Gewebstheiles Veränderungen eintreten werden, auch morphologischer Natur. Es ist ferner sehr wahrscheinlich, dass morphologische Veränderungen am leichtesten und umfassendsten auftreten werden bei einem langsamen Absterben: man wird daher versuchen müssen, die noch möglichst im vollen Leben befindliche Zelle, den morphologischen Elementartheil, in möglichst kurzer Zeit zu tödten, wo möglich blitzartig schnell, um so keine Zeit zum Eintreten morphologischer Aenderungen zu lassen. Dass dieser Gedankengang ein richtiger ist, hat die Erfahrung gelehrt. Wir werden ja nun nicht immer in der Lage sein, in vollstem Leben befindliche Gewebe zu tödten, das sind dann eben unvermeidbare Mängel in den Vorbereitungen der Untersuchung, deren Einfluss man bei den Ergebnissen berücksichtigen muss. In vielen Fällen wird es aber auch möglich sein, und da möge man sich stets vergegenwärtigen, dass es sich um Minuten handelt, wo das Absterben der Gewebe in Betracht kommt.

Die Methoden, welche man zu diesem schnellen Abtödten mit gleichzeitiger Conservirung braucht, nennt man die Fixirungsmethoden, da ihr Zweck ja ist, den Zustand der lebenden Gewebe zu fixiren. Alle

hierzu verwendeten Substanzen wirken dadurch, dass sie eine Gerinnung des aus Eiweissstoffen bestehenden Protoplasmas, der lebenden Grundsubstanz der Bestandtheile des thierischen Körpers, herbeiführen. Hierdurch wird natürlich das Aussehen jener Substanz verändert und man muss mit dieser Fehlerquelle rechnen, immerhin ist die Methode noch die beste, welche wir zur Zeit kennen.

Nur eines dieser Mittel ist rein physikalischer Natur und daher von den anderen wohl zu trennen:

Die **Wärme**. Wenn man dieselbe in richtiger Weise anwendet, scheint sie recht brauchbar zur Fixirung auch gerade sehr feiner Details zu sein. Es kommt bei dieser Methode darauf an, dass man nicht zu hohe Hitzegrade nimmt, dass man die Wärme nur sehr kurze Zeit einwirken lässt, und dass man die Gewebe in geeigneter Weise mit der heissen Substanz resp. mit einer geeigneten heissen Substanz in Berührung bringt. Platner (3. IV. p. 352) empfiehlt, kleine Objecte in einem dünnwandigen Reagenzglase für 20 bis 40 Sekunden in Wasser von 60° Cels. zu tauchen bei fortwährendem Umschütteln. v. la Valette St. George hat bei Hoden ein einmaliges kurzes Erwärmen bis zum Aufsteigen von Blasen im Reagenzglase in Jodserum sehr günstig gefunden. Ich habe Fischembryonen in einem Reagenzglase mit wenig Wasser unter stetem Schütteln in kochendes Wasser für 18 bis 25 Sekunden gehalten, dann schnell in kalten Alkohol von 70 bis 80 % gethan und sehr gute Bilder erhalten. Nach dem Fixiren würden die Objecte, je nachdem man sie schneiden oder zerzupfen will, in stärkeren oder schwächeren Alkohol gelegt werden, später mit Farbstoffen behandelt werden können u. s. w. Die Hitze hat als Fixirungsmittel vor allen anderen den grossen Vorzug, dass nichts neues in die Gewebe hineingebracht wird, ausserdem geht die Procedur sehr schnell, übt keinen schädlichen Einfluss auf eine künftige Färbung aus und erlaubt das Object sowohl zu zerzupfen wie zu schneiden. Es würden daher jedenfalls weitere Versuche zu empfehlen sein.

Die übrigen Fixationsmittel sind sämmtlich chemischer Natur. Es sind folgende:

1) **Ueberosmiumsäure** (Ueberosmiumsäureanhydrid, Osmiumtetroxyd, OsO_4). Sie krystallisirt in grossen farblosen Prismen. Man kauft sie am besten grammweise, jedes Gramm eingeschlossen in ein zugeschmolzenes Glasröhrchen (Heraeus in Hanau, Platinschmelze, à g 3·50 M.). Um die Osmiumsäure zu lösen, werfe man das Röhrchen in eine Glasflasche mit gut schliessendem Glasstöpsel, in welcher das nöthige Quantum von Aq. destill. enthalten ist. Dann schüttele man die Flasche bis das Röhrchen entzwei geht. Die Osmiumsäure verdampft

sehr leicht, hat einen unangenehmen, stechenden Geruch, und die Dämpfe wirken so reizend auf die Schleimhäute ein, dass man bei dem Arbeiten sich möglichst vor ihnen in Acht nehmen muss. Bringt man die Ueberosmiumsäure mit irgend welchen reducirenden, so auch organischen, Substanzen zusammen, so fällt Osmium in Form eines schwarzen Pulvers aus. Vor der Einwirkung des Lichtes muss man sie schützen. Sie tödtet lebende thierische Theile sehr schnell, dringt aber sehr wenig tief in dieselben ein, man darf daher nur Stücke von 2 bis 3 mm Dicke in die Lösung hineinlegen. Man verwendet je nach dem Objecte sehr verschieden starke Lösungen, etwa von 0·1 bis 2·0 auf 100 Aq. dest. Man hält sich daher am besten eine zweiprocentige Lösung vorräthig. Die Dauer der Einwirkung muss man möglichst kurz nehmen: je nach der Dicke des Stückes, je nach dem Grade der Härtung, den man erreichen will, und je nach der Tiefe, bis in welche man wirken will, von einigen Sekunden bis zu 24 Stunden. Die Menge der Flüssigkeit muss im Verhältniss zu der Grösse des Objectes sehr bedeutend sein. Die Objecte müssen, nachdem sie aus der Osmiumsäure herausgenommen sind, gründlich in Wasser, am besten in fliessendem Wasser, ausgewaschen werden (Stunden und Tage lang). Dann bringt man sie in Alkohol steigenden Grades (siehe Capitel VI), oder in das Merkel'sche Gemisch (Alkohol 96°, Glycerin, Aq. dest. zu gleichen Theilen) oder in den Ranvier'schen Drittelalkohol (Capitel VII), je nachdem man schneiden oder zerzupfen will. Recht praktisch ist es, das Object nach dem Auswässern für 24 Stunden und länger in Müller'sche Flüssigkeit (siehe Capitel VI) zu legen, wonach eine Färbung leichter gelingt. Die von Osmiumsäure-Objecten angefertigten Präparate kann man in Glycerin, Farrant'scher Lösung oder Balsam aufheben.

Vielfach benutzt man auch nicht die Osmiumsäurelösung, sondern die Dämpfe als Fixirungsmittel. Man legt zu dem Zwecke entweder das sehr kleine Object auf einen Objectträger und diesen umgekehrt auf die Oeffnung einer Osmiumflasche oder man kann häutige Objecte auf einem Kork ausgespannt in die Oeffnung der Flasche bringen, oder man giesst in eine Glasschale mit Deckel oder in ein niedriges weites Präparatenglas mit Deckel etwas Osmiumsäurelösung hinein und setzt das in einem Uhrgläschen befindliche oder auf einem Kork ausgespannte Object mit hinein. Auf diese Weise angewandt dringt die Osmiumsäure etwas besser ein. Man kann so auch die Dämpfe von Eisessig oder von Ameisensäure mit der der Osmiumsäure kombiniren (6. p. 21). Die Osmiumsäure hat die unangenehme Eigenschaft, in den Objecten starke Gerinnungsprodukte in den zwischen den

morphologischen Elementen befindlichen Flüssigkeiten zu erzeugen, durch welche leicht Irrthümer in der Deutung der Bilder veranlasst werden können. Die Gerinnungsprodukte haben membranösen Typus.

2) **Chromsäure,** im Handel in langen, rothen, rhombischen Nadeln, die an der Luft zerfliessen, löst sich leicht in Wasser; kann nicht durch Papier filtrirt werden, da es dieses zerstört. Man hält sich am besten eine Lösung von 10 % in Aq. dest. in einem mit Glasstöpsel verschlossenen Glase vorräthig. Man verwendet sie in Lösungen von 1 zu 200 bis 600, und lässt sie möglichst kurze Zeit einwirken, wie die Ueberosmiumsäure; sie dringt auch wie diese nur wenig ein, daher kleine Objecte. Später gutes Auswaschen in fliessendem Wasser. Chromsäurepräparate färben sich schlecht. Auch die Chromsäure giebt Gerinnungsprodukte von faserig, netzförmigem Typus. Man wendet die Chromsäure für sich allein wenig an, hauptsächlich mit der vorigen zusammen in der

3) **Chromosmiumessigsäure** („Flemming'sche Flüssigkeit"), welche nach Flemming's Angabe (3. I. 349) folgende Zusammensetzung besitzt:

Chromsäure von 1 %	15 Maassth.	
Osmiumsäure von 2 %	4 „	
Eisessig	1 „	oder weniger.

Die einzulegenden Objecte sind am besten nur 2 bis 3 mm dick und bleiben nur recht kurze Zeit (höchstens 2 bis 3 bis 5 Stunden) in der Flüssigkeit (abweichend von den Angaben von Flemming). Man wäscht sie dann ein bis zwei Tage lang in fliessendem Wasser, dann in destillirtem Wasser aus, und legt sie in ansteigenden Alkohol, verarbeitet sie am besten bald, da die Färbungsfähigkeit allmählich abzunehmen scheint. Betreffs der Färbung siehe Hämatoxylin, Safranin und Methylviolett (Capitel X). Diese Fixirungsflüssigkeit ist eine der besten, welche wir besitzen, und hat für die verschiedensten Gewebe Anwendung gefunden. Sie eignet sich nicht für Zerzupfungspräparate.

4) **Salpetersäure.** Man wendet dieselbe in verschiedenen Verdünnungen an, welche sich am besten nach dem specif. Gew. bezeichnen lassen. Altmann empfiehlt eine solche von 1·02 specif. Gew. Man lässt die sehr kleinen oder wenigstens dünnen Objecte nur sehr kurze Zeit, wenige Minuten, bis zehn Minuten vielleicht höchstens, darin, dann Auswaschen in steigendem Alkohol (nicht in Wasser!) Besonders geeignet ist die Methode für ganz junge Embryonen. Man kann mit

sehr verschiedenen Mitteln nachher färben, vorausgesetzt, dass die Säure durch das Auswaschen entfernt ist.

5) **Pikrinsäure.** Schöne hellgelbe Krystalle. Man verwendet eine kalt concentrirte wässerige Lösung, die man sich am einfachsten dadurch ständig vorräthig hält, dass man in eine grössere mit Glasstöpsel versehene Flasche mit destillirtem Wasser Pikrinsäure im Ueberschusse hineinschüttet und jedesmal, wenn man eine grössere Menge der Lösung verbraucht hat, Pikrinsäure und Wasser hinzuthut. Dieses Fixirungsmittel ist sehr zu empfehlen. Es dringt auch besser ein als die bisher genannten, es ist daher möglich, grössere Gewebsstücke hineinzuthun und bis zu 24 Stunden darin zu lassen. Die Pikrinsäure hat den sehr grossen Vorzug vor den meisten anderen Fixirungsmitteln, dass man sie durch Auswaschen in Alkohol (niemals in Wasser!) vollkommen wieder aus dem Gewebe entfernen kann. Man nimmt wieder steigenden Alkohol, und erwärmt am besten auf 40° C. (z. B. auf einem Paraffinofen), da der Alkohol bei dieser Temperatur viel mehr Pikrinsäure löst. Trotzdem dauert das Auswaschen doch Tage und Wochen lang. Es lassen sich die meisten gebräuchlichen Färbungsmittel verwenden.

6) **Pikrinschwefelsäure.** Diese Mischung ist zuerst von Kleinenberg angegeben und unter seinem Namen am meisten bekannt. Da sie das Bindegewebe aufquellen lässt, findet sie in der mikroskopischen Anatomie wenig Anwendung, ausgezeichnetes leistet sie aber in der Entwicklungsgeschichte, namentlich bei jungen Embryonen. Die einfachste Darstellungsweise ist die folgende (6. p. 41):

Concentr. englische Schwefelsäure . . .	2 Vol.
Aq. dest.	100 „

Zu dieser Mischung soviel Pikrinsäure als sich kalt löst, filtriren. Ein Theil der Mischung wird verdünnt mit drei Theilen destillirten Wassers. Nur für Arthropoden wendet man die unverdünnte Mischung an. Die Präparate bleiben in viel Flüssigkeit bis zu 24 Stunden, dann Auswaschen mit steigendem Alkohol. Färbung beliebig.

7) **Alkohol absolutus.** Der absolute Alkohol ist ein sehr bequemes Fixirungsmittel, da er gut eindringt und die Färbung in keiner Weise stört. Er giebt nicht allen Organen eine gute Schnittconsistenz, so z. B. nicht dem Centralnervensystem, ich werde bei den einzelnen Organen noch darauf zurückkommen. Es tritt auch häufig eine Schrumpfung des Protoplasmas ein. Am besten nimmt man, um eine solche zu vermeiden, nur kleine Gewebsstücke und lässt sie nur kurze Zeit in

dem absol. Alkohol, später in solchem von 96 %. In den meisten Fällen wird man übrigens mit dem letzteren, der weit billiger ist, auskommen. Die obersten Schichten der Objecte werden häufig durch Schrumpfung so stark verändert, dass man sie zur Untersuchung nicht verwenden kann. Sehr praktisch ist es, in das Glas Watte in der Höhe von mehreren Centimetern hineinzuthun und auf diese erst das Object zu legen. Der Alkohol, welcher aus dem Präparat Wasser aufgenommen hat, wird als der schwerere zu Boden sinken und das Object so immer in starkem Alkohol sich befinden. Wünscht man ein besonders schnelles und tiefes Eindringen, so kann man auch siedenden Alkohol verwenden.

8) **Sublimat** (Quecksilberchlorid, $HgCl_2$). In 15 Th. Wasser bei mittlerer Temperatur löslich, in Alkohol stärker löslich. Man verwendet am besten eine kalt gesättigte wässerige Lösung, die man sich in gleicher Weise vorräthig hält wie die der Pikrinsäure. Man lässt die sehr kleinen Objecte nur sehr kurze Zeit in dieser Lösung. Die Durchdringung geht sehr schnell vor sich, man kann nach Minuten rechnen. Man wäscht in steigendem Alkohol bei oftmaligem Wechsel rasch und gründlich aus, und verarbeitet die Objecte möglichst in den ersten Tagen. Färbung beliebig. Für Zellenstudien kann man dem Sublimat noch 1 % Essigsäure zusetzen. Zur Fixirung des Darms empfiehlt Heidenhain (Arch. f. d. ges. Physiologie Bd. 43. Supplement.) eine gesättigte Sublimatlösung in ½procentiger Kochsalzlösung, die 24 Stunden einwirkt. Darauf kommen die Präparate auf je 24 Stunden in Alkohol von 80 %, 90 %, 97 %, schliesslich in Alkohol absol. Färbung in der Biondi'schen Mischung (siehe Anilinfarben).

9) **Chrom-Essigsäure** (Flemming: Zellsubstanz, Kern und Zelltheilung p. 382) Formel:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Chromsäure } 0{\cdot}2 \text{ bis } 0{\cdot}25\,\% \\ \text{Essigsäure etwa } 0{\cdot}1\,\%\end{array}\right\} \text{ in Wasser.}$$

Nach der Fixirung Auswaschen in Wasser, steigender Alkohol. Färbung mit Hämatoxylin oder Boraxcarmin.

10) **Chrom-Ameisensäure.** (Rabl, Morphol. Jahrb. X p. 215 u. 216). Man bereitet dieselbe, indem man zu etwa 200 g einer ⅓procentigen Chromsäurelösung 4 bis 5 Tropfen concentrirter Ameisensäure setzt. Die Flüssigkeit muss jedesmal vor dem Gebrauche frisch bereitet werden. Die ganz frisch in kleinen Stücken hineingebrachten Objecte bleiben darin 12 bis 24 Stunden, werden gut in Wasser ausgewaschen und dann in steigendem Alkohol gehärtet. Doppelfärbung mit Hämatoxylin-Safranin (siehe Capitel X).

11) **Platinchlorid.** (Rabl, Morphol. Jahrb. X p. 215 u. 216). Man nimmt eine $\frac{1}{3}$procentige Lösung (ganze Mitose) oder auch eine $\frac{1}{8}$- bis $\frac{1}{10}$procentige (achromatische Kernspindel, siehe Histologie), die Objecte bleiben 24 Stunden darin, dann Auswaschen und Einlegen in steigenden Alkohol wie bei dem vorigen, Färbung ebenso.

Hieran würden sich noch mehrere Metalle schliessen: Silber, Gold, Palladium, Molybdän, Eisen (als Eisenchlorid), die wir später noch in Capitel IX kennen lernen werden, Molybdän auch in Capitel VII.

Endlich hätte ich noch zu bemerken, dass zwei Fixirungsmittel für Kerne: die Essigsäure und die Ameisensäure weniger für sich als in Mischung mit anderen verwendet werden, wie das ja auch schon aus dem obigen hervorgeht.

Mit den hier angegebenen Mitteln wird man in den meisten Fällen auskommen, wünscht man noch mehr darüber zu erfahren, so verweise ich auf das unter 6 angeführte Werk. — Zu bemerken ist noch, dass man sich bei der Anwendung des Sublimats keiner Metallinstrumente bedienen darf, und auch bei Osmium, Salpetersäure, Chromsäure, Flemming'scher Lösung lieber Hölzchen, Glasstäbe oder, wenn metallene, so Nickelin-Instrumente verwendet.

Wie aus dem oben gesagten hervorgeht, dient als Conservirungsmittel der Objecte, nachdem sie fixirt sind, ganz allgemein zunächst steigender Alkohol, dann der Alkohol von 96 % oder auch absoluter, wenn man nicht zwecks Herstellung von Zerzupfungspräparaten Drittelalkohol (1 Vol. Alkohol 90 % und 2 Vol. Aq. dest.) oder die Merkel'sche Mischung (Glycerin, Alkohol 96 %, Aq. dest. zu gleichen Vol.-Theilen) vorzieht. Die weitere Behandlung der Objecte erfolgt am besten immer möglichst schnell.

VI. Die Härtung des Objectes.

Die Härtung ist von der Fixirung wohl zu unterscheiden: die erstere verfolgt nur den Zweck, dem Präparate eine für den Zweck der Untersuchung günstige Consistenz zu verleihen, die Fixirung kann gleichzeitig eine Härtung sein, verfolgt aber zunächst die in dem vorigen Capitel besprochenen Zwecke. Es wird daher oft nöthig sein, ein fixirtes Object mit Härtungsmitteln zu behandeln, wie als solches der Alkohol ja auch schon vielfach angeführt worden ist. Wir werden

auch oft in die Lage kommen, ein Object nur zu härten, einmal nämlich wenn es längere Zeit nach dem Tode des Thieres erst in unsere Hände kommt, und dann wenn es umfangreich ist und als Ganzes aufgehoben werden soll. — Von Härtungsmethoden will ich die folgenden hervorheben:

1) **Trocknen.** Eine einfach physikalische Härtung, bei deren Ausführung es darauf ankommt, das Object so schnell zu trocknen, dass es nicht fault. Bei nicht zu fetten und nicht zu dicken Objecten gelingt das leicht. Man steckt das betreffende Präparat mit Nadeln auf einer Korkplatte fest, damit es sich nicht krümmt, und legt es an einen luftigen Ort, im Winter auch vielleicht in die Nähe des Ofens. Die Methode ist im ganzen eine rohe und dient hauptsächlich dazu, um Objecte zu längerer Aufbewahrung tauglich zu machen, von denen man feine Schnitte herzustellen und an denen man bestimmte Reactionen auszuführen wünscht, die nur an Präparaten möglich sind, welche nicht durch chemische Einflüsse verändert worden sind. So kann man auf diese Weise von Haut, Darm (namentlich Darmmuskulatur), Sehnen, quergestreiften Muskeln recht brauchbare Präparate gewinnen.

2) **Alkohol.** Dieser ist wohl dasjenige Härtungsmittel, das am meisten angewendet wird, einmal allein, dann vor allem nach anderen Mitteln. In beiden Fällen benutzt man am besten den steigenden Alkohol, d. h. man legt das Object in immer neue Mengen Alkohols von jedesmal grösserem Procentgehalt. Man beginnt mit 70procentigem, geht dann zu 80-, dann zu 96procentigem über und bleibt bei diesem entweder stehen (was in den meisten Fällen genügt) oder geht weiter zu absolutem. Wie ich oben schon hervorhob, legt man Watte unter das Präparat, damit dieses sich immer in starkem Alkohol befindet.

3) **Doppelt-chromsaures Kali.** Die Chromsäure allein bietet als Härtungsmittel keine vortheilhaften Eigenschaften dar, umsomehr zwei ihrer Salze: das doppelt-chromsaure Kali und Ammoniak. Was zunächst das erste betrifft, so ist es wohl als selbständiges Härtungsmittel das verbreitetste und werthvollste. Man wendet es an in einer 2 bis 3-procentigen Lösung oder als Müller'sche Flüssigkeit (Liquor Mülleri) in folgender Zusammensetzung:

Doppelt-chromsaures Kali	2	Gewth.
Schwefelsaures Natron	1	„
Destill. Wasser	100	„

Es ist nicht leicht zu sagen, ob der geringe Zusatz von schwefelsaurem Natron wirklich von bemerkbarem Einfluss ist, von manchen Seiten wird

ein solcher direkt geleugnet, von anderen behauptet, jedenfalls ist die Formel altbewährt. Man nehme von dieser Flüssigkeit stets eine relativ sehr grosse Menge, hänge das Präparat, wenn es geht, darin auf, oder lege es auf Watte, damit die Flüssigkeit möglichst allseitig einwirken kann. Gut ist es schon, wenn die eingelegten Stücke nicht zu gross sind, also vielleicht eine Dicke von 2 cm nicht übersteigen, doch kann man auch dickere Objecte mit Einschnitten versehen, oder auch zur Noth ohne Einschnitte hineinbringen, praktisch ist es in solchem Falle, das Object vorher von den Blutgefässen aus mit der Flüssigkeit zu injiciren. Die Härtung dauert, je nach der Dicke des Objectes, wochen- bis monatelang. Am Anfange wechsele man die Flüssigkeit häufiger, zuerst nach 24 Stunden, dann vielleicht nach 2 bis 3 Tagen, ebenso noch zwei- bis dreimal, dann nach einer Woche u. s. w. Man thut dabei gut, auf die Oberfläche der Flüssigkeit ein Stück Thymol oder Campher zu legen, um die Schimmelbildung zu verhüten, die leicht eintritt. Die Objecte können ohne Schaden etwas zu lange in der Flüssigkeit bleiben, ja man kann sie manchmal Jahre lang in derselben aufheben, ohne dass sie brüchig werden, doch ist im Allgemeinen zu rathen, sie herauszunehmen, wenn sie dem Drucke des Fingers schön elastisch erscheinen. Man bringt sie sodann unter einen Wasserhahn und lässt tagelang auswässern, um die überschüssigen Mengen des Salzes möglichst zu entfernen, dann steigender Alkohol und dabei Aufbewahren im Dunklen. In diesem Falle bleiben die Präparate nämlich gelb, während sie sonst grün werden und sich nicht mehr ganz so gut färben lassen. Färbung beliebig.

4) **Doppelt-chromsaures Ammoniak** wird in Lösungen von 2 bis 5 % angewendet, bietet keine Vortheile vor dem vorigen, Behandlung ebenso.

5) **Erlicki'sche Flüssigkeit.** Die Formel dieser ist:

Doppelt-chromsaures Kali	2·5	Gewth.
Schwefelsaures Kupfer	1·0	„
Wasser	100	„

Dieses Härtungsmittel wird viel angewendet. Es wirkt viel schneller erhärtend als die Müller'sche Flüssigkeit (etwa im dritten Theile der Zeit), doch scheint mir diese gleichmässiger und besser zu wirken, ich würde sie daher vorzuziehen rathen. Die Anwendung der Flüssigkeit ist wie die der Müller'schen. Im Centralnervensystem bilden sich oft dunkle Niederschläge, die verschwinden, wenn man das Präparat vor dem Einlegen in Alkohol in eine ½procentige Lösung von Chromsäure bringt.

6) **Ueberosmiumsäure.** Wenngleich diese am besten als Fixirungsmittel angewendet wird, leistet sie doch auch als Härtungsmittel noch gutes, namentlich für Sinnesorgane und Nerven. Man wähle eine ½- bis ⅕procentige Lösung. Behandlung wie oben (p. 147). Bei Fett und markhaltigen Nervenfasern wirkt dieselbe zugleich als Färbemittel, indem sie die Fetttröpfchen und das Nervenmark schwarz färbt.

7) **Merkel's Platin-Chromsäure.** Formel:

$$\left.\begin{array}{l}\text{Chromsäure}\\ \text{Platinchlorid}\end{array}\right\}\ 1:400\ \text{Aq. dest., zu gleichen Theilen.}$$

Nur für bestimmte Zwecke mit Vortheil verwendbar, so namentlich für das Stützgewebe der Sinnesorgane. Einlegen für 1 bis 4 Tage, Auswaschen, steigender Alkohol.

8) **Pikrinsäure** in derselben Weise wie oben (p. 149).

Wie man sieht, ist auch bei den Härtungsflüssigkeiten der Alkohol schliesslich immer dasjenige Medium, in welches die Präparate gelangen.

VII. Macerationsmittel, Isolationspräparate.

Haben wir bisher versucht, den Objecten eine genügende Consistenz zu geben, um sie in feine Schnitte zu zerlegen, deren Durchmusterung unter dem Mikroskope Auskunft über die neben einander befindlichen morphologischen Elemente geben konnte, so wollen wir in diesem Capitel die Methoden anführen, welche dazu dienen, diese Elementartheile von einander zu trennen, sie zu isoliren, um sie so für sich in ihrer Form studiren zu können. Es kommt hierbei darauf an, diesen Theilen selbst einen gewissen Grad von Festigkeit zu verleihen, sie zu härten, während die zwischen denselben befindlichen Massen, die amorphen Intercellularsubstanzen, gelöst oder doch wenigstens weniger gehärtet werden.

Man kann zu diesem Zwecke die Objecte in die folgenden Flüssigkeiten bringen:

1) **Jodserum** (siehe p. 141). Diese oben schon als Zusatzmittel zu frischen Präparaten besprochene Flüssigkeit kann auch als ein sehr schonendes Macerationsmittel verwendet werden. Ranvier (1. p. 77) giebt dazu die folgende Vorschrift: Das zu untersuchende Object soll kleiner als eine Erbse sein. Man bringe es in einer gut verkorkten Flasche in 4 bis 5 cc eines schwach jodirten Serums. Im Allgemeinen

kann man es am nächsten Tage zerlegen. Ist das Gewebe noch nicht weich genug, so muss man es länger in Jodserum lassen. Indessen bemerkt man, dass dieses am zweiten Tage sich völlig entfärbt hat, da das Gewebe alles Jod aufgenommen hat. Um der jetzt leicht eintretenden Fäulniss vorzubeugen, setzt man einige Tropfen eines stark jodirten Serums zu, bis die Flüssigkeit eine hellbraune Farbe angenommen hat. So kann man das Object Wochen hindurch in dem Jodserum liegen lassen, ohne dass eine Fäulniss eintritt.

Hieran mögen sich zwei alkoholische Flüssigkeiten schliessen, die ebenfalls sehr schonend wirken:

2) **Drittelalkohol** (Ranvier'scher Alkohol) (1. p. 77). Diese von Ranvier zuerst angegebene Flüssigkeit wird hergestellt, indem man einen Alkohol von 90 % mit 2 Vol. destillirten Wassers verdünnt. Man legt hier hinein Stückchen frischen Gewebes für einen bis mehrere Tage. Am besten eignet sich dieses Mittel zur Isolirung von Epithelzellen, namentlich der Schleimhäute, und der Nervenzellen in den Centralorganen, sowie des hier befindlichen Stützgewebes. Betreffs der Färbung etc. siehe die nächste Nummer.

3) **Methylmixtur** (Schiefferdecker 7. XXVIII. p. 318). Formel:

Methylalkohol	1	Vol. Theil.
Glycerin	10	„ „
Aq. dest.	20	„ „

am besten vor dem Gebrauche frisch herzustellen, sonst in einem gut geschlossenen Glase aufzubewahren, da der Methylalkohol leicht verdunstet. Diese Flüssigkeit hat mir namentlich für die Zellen des Nerven- und Stützgewebes im Centralnervensystem und der Retina sehr gute Dienste geleistet. Die frisch eingelegten Stücke bleiben darin mehrere Tage oder Wochen.

Zur Nachbehandlung schlage ich für 2 und 3 die folgende Methode vor, die mir sehr brauchbare Präparate ergeben hat: Man schüttelt ein Stückchen des macerirten Objectes in wenig Wasser (soviel, dass ein Uhrgläschen von 5 cm Durchmesser etwa zur Hälfte oder bis zu zwei Dritteln gefüllt wird) in einem Reagenzgläschen. Ist das Object gut zerfallen, so schüttet man den ganzen Inhalt in ein Uhrgläschen, thut etwas Glycerin (6 bis 10 Tropfen) und etwa ebensoviel von einer concentrirten wässerigen Lösung von Pikrokarminsaurem Natron (siehe Capitel IX) hinzu, rührt mit einer Nadel ordentlich um, damit die Flüssigkeiten sich mischen, und stellt das Uhrgläschen nun in einen Schwefelsäure-Trockenapparat. Um einen solchen sich herzustellen, nimmt man eine Spiegelglasplatte, auf welche man eine weite

und niedrige, unten abgeschliffene Glasglocke setzt. Unter diese bringt man ein Glasgefäss mit weiter Oeffnung, das zur Hälfte mit englischer Schwefelsäure gefüllt ist (vielleicht 150 bis 200 g) und setzt neben dieses das oder die Uhrgläschen. Die Schwefelsäure zieht das Wasser aus der Luft an, diese trocknet wiederum durch Aufnahme des Wasserdampfes die Uhrgläschen aus, und so erhält man nach einigen Tagen in diesen ein dickflüssiges wasserfreies Glycerin, welches durch den Farbstoff roth gefärbt ist, und in dem die ebenfalls gefärbten Gewebstheile suspendirt sind. Das so hergestellte Präparat kann man entweder in dem Schwefelsäureapparat oder in einem gut geschlossenen Gläschen viele Jahre unverändert aufbewahren. Zur Untersuchung entnimmt man ein Tröpfchen mit Glasstab oder Nadel, legt auf dieses Tröpfchen ein Deckglas und das Präparat ist fertig. Hat man keine Spiegelplatte und keine Glocke zur Hand, so kann man auch einen recht weiten und niedrigen Präparatencylinder benutzen.

4) **Kaustisches Kali, Kalilauge.** Als Macerationsmittel verwendet man diese in einer Stärke von 32·5 % (Moleschott: 32·5 Gew.-Th. Kali causticum in baculis werden in 67·5 Th. destillirten Wassers gelöst), in welcher sie eine Anzahl von Gewebselementen unter leichter Schrumpfung conservirt, während die Zwischensubstanz gelöst wird. Damit die Lauge die richtige Concentration habe, ist es am besten sie frisch darzustellen, jedenfalls soll man nicht solche benutzen, die schon lange gestanden hat. Man verwendet sie für quergestreifte und glatte Muskeln (Einlegen von 20 Minuten), Haare (Kalilauge von 4·6 %, Einlegen für 3 bis 4 Tage), Nägel (Kalilauge von 32·5 bis 35 %, Einlegen für 3 bis 5 Stunden). Die isolirten Theile müssen in Kalilauge derselben Concentration weiter untersucht werden, da Zusatz von Wasser sofortige Zerstörung derselben (bei Haaren und Nägeln eine starke Quellung der Zellen) herbeiführen würde. Gewöhnlich wird angegeben, dass man Muskelpräparate, die auf diese Weise hergestellt sind, nicht aufbewahren kann, das ist indessen nicht richtig. Man kann ganz brauchbare Dauerpräparate gewinnen. Zu diesem Zwecke bringt man ein kleines Stückchen des macerirten Gewebes aus der Kalilauge direct in eine Essigsäure von etwa 50 % oder auch etwas weniger und bewegt dasselbe mit einer Nadel in dieser hin und her, damit die Säure möglichst vielfach mit dem Objecte in Berührung kommt. Nach kurzer Zeit nimmt man dasselbe heraus, wäscht es in mehrfach gewechseltem destillirtem Wasser aus, bringt es dann in Alauncarmin, und kann die so gefärbten Elemente in einem Tropfen Glycerin oder Farrant'scher Lösung auseinander zupfen und aufbewahren. Das Gelingen des Präparates wird

wesentlich dadurch bedingt, dass die Neutralisirung der Kalilauge durch die Essigsäure sehr schnell und gründlich erfolgt.

5) **Natronlauge.** Dieselbe hat keine Vorzüge vor der Kalilauge.

6) **Ammoniak** (Liquor Ammonii caustici). Dieses wirkt schonender als die Kalilauge. Zur Isolirung der Nagelelemente verwende man eine Mischung von 1 Vol.-Theil Ammoniak auf etwa 3 Vol.-Theile Aq. dest. und lasse in dieser die Präparate mehrere Monate verweilen. Man kann dieselben Jahre lang darin aufbewahren.

7) **Kalkwasser** dient zur Isolirung der Fibrillen des Bindegewebes; man lässt zu diesem Zwecke Stücke von Sehnen 6 bis 8 Tage darin liegen. Das Kalkwasser muss immer ganz frisch sein. Vor dem Einlegen ist das Object mit destillirtem Wasser oder solchem, dem ein Minimum Essigsäure zugesetzt ist, abzuspülen (5. p. 89).

8) **10procentige Kochsalzlösung.** In dieser Stärke wirkt die Kochsalzlösung als Isolationsmittel, z. B. für glatte Muskeln, welche man 24 Stunden darin liegen lassen kann.

9) **Chromsäure** kann in sehr geringer Concentration (1 : 1000 bis 10000) ebenfalls als Macerationsmittel verwendet werden. Die eiweisshaltigen Elementartheile werden durch die Säure fixirt, während die zwischen ihnen befindliche Intercellularsubstanz gelockert wird. Anwendbar z. B. für Centralnervensystem, für glatte Muskeln.

10) **Doppelt-chromsaures Kali.** Eine 2procentige Lösung von diesem oder die Müller'sche Flüssigkeit (p. 152) dient nicht nur als Härtungs- sondern auch als Macerationsmittel, wenn man die Objecte nur kurze Zeit, etwa 2 bis 4 Tage, vielleicht auch noch etwas länger, darin liegen lässt. Namentlich für Epithelien der Schleimhäute brauchbar.

11) **Einfach-chromsaures Ammoniak** wird in 5procentiger Lösung zur Isolirung der Epithelien der Niere angewandt. Man lässt das Präparat 24 Stunden darin (Heidenhain).

12) **Holzessig.** Dieses jetzt im ganzen mehr verlassene Reagenz ist für manche Fälle recht brauchbar. Man verwendet es in Verdünnungen mit Aq. dest. im Verhältnisse von 1 : 2 bis 4 und lässt die Objecte längere Zeit: Tage, Wochen, Monate darin liegen. Die Präparate werden allerdings braun gefärbt, doch schadet das nichts, sondern nützt eher als Färbung. Namentlich brauchbar ist es für quergestreifte Muskeln und deren Sehnen, für marklose Nervenfasern, für die Maceration des Darms, um die sympathischen Geflechte desselben darzustellen.

13) **Schwefelsäure.** Man kann die englische Schwefelsäure dazu benutzen, um die Zellen des Haares schnell zu isoliren, indem man Haare in ihr erwärmt bis dieselben anfangen aufzuquellen. Dann muss man sie schleunigst mit einem Glasstabe herausheben und in viel destillirtem Wasser abspülen. Man kann in Wasser oder Glycerin zerzupfen.

14) **Salpetersäure** wird in verschiedener Anwendung zur Isolirung von quergestreiften und glatten Muskeln, von Zahn- und Knochenkanälchen verwendet.

Quergestreifte Muskeln. Methode nach Kühne: Man schütte auf den Boden eines Becherglases Chlorsaures Kali, so dass derselbe von einer mässig dicken Schicht bedeckt ist, feuchte mit Aq. dest. an, setze das vierfache Volumen reiner, concentrirter Salpetersäure zu, rühre tüchtig um. Man vergrabe nun mit Hülfe eines Glasstabes einen frischen Froschmuskel in dem Salze, nehme ihn nach etwa ½ Stunde wieder heraus, schüttele ihn in einem Reagenzglase in Wasser. Zerfällt der Muskel jetzt noch nicht in seine Fäden, so muss man ihn wieder eingraben und von 5 zu 5 Minuten wieder nachsehen (5. p. 228).

Methode nach v. Wittich: In einer Mischung von

Aq. dest.	200	cc
Salpetersäure	1	cc
Clorsaures Kali	0·06	g

koche man den frischen Muskel kurze Zeit.

Methode von Felix (Festschrift für Kölliker): Der Muskel kommt für ½ bis 2 Stunden in eine Mischung von Salpetersäure und Chlorsaurem Kali, dann für 8 Stunden und mehr in reine concentrirte Salpetersäure.

Glatte Muskeln. Man lege die frischen Muskelstückchen in Salpetersäure von 20 % für etwa 3 Tage. Man kann sie dann in einem Reagenzgläschen mit Wasser zerschütteln.

Zahnkanälchen und Knochenkörperchen. Man lege Schnitte von trocknen Zähnen oder Knochen in concentrirte Salpetersäure, der man etwas Glycerin zugesetzt hat. Nach 24 Stunden oder mehr kann man dann die zerfallenden Zahn- und Knochenstückchen in Wasser zerzupfen. Aufheben in Glycerin.

15) **Salzsäure.** Die reine Salzsäure der Pharmakopoe dient zur Isolirung der Nierenkanälchen. Man lege bei Nieren von Embryonen oder von ganz jungen Thieren das (je nach der Grösse) halbirte oder in mehrere Stücke zerlegte Organ für etwa 10 Stunden, bei älteren Thieren kleine Stückchen für 20 bis 24 Stunden ein; dann in Aq. dest. für 10 bis 24 Stunden; dann zerdrücke oder zerschüttele man in Wasser

kleine Stückchen des Präparates oder, bei Embryonen namentlich, auch grössere Theile. Färbung mit Vesuvin. Aufbewahren in Glycerin.

16) **Salicylsäure.** Dieselbe leistet gute Dienste für die Isolirung der quergestreiften Muskelfasern. Methode nach Froriep: Der frische Muskel kommt für einige Tage in 2½ procentige alkoholische Salicylsäurelösung, wird dann 2 Stunden lang in einer einprocentigen wässerigen Salicylsäurelösung gekocht, und bleibt endlich noch mehrere Tage in einer kalt gesättigten, wässerigen Salicylsäurelösung.

17) **Oxalsäure.** Zuerst von M. Schultze (Untersuchungen über d. Bau d. Nasenschleimhaut etc. Halle 1862) empfohlen: es wird eine kalt gesättigte Lösung verwendet, in der die Gewebe Stunden oder auch Tage bleiben. Das Bindegewebe quillt und wird hell und die in ihm eingebetteten sonstigen Gewebe treten dann, fixirt, scharf hervor und lassen sich gut isoliren. Mit Vortheil angewendet für: Geruchsschleimhaut, Retina, Hoden, Ovarium.

18) **Sublimat.** Dasselbe kann zur Isolirung von quergestreiften Muskelfasern benutzt werden. Methode nach Felix: Man lege den gespannten Muskel (am besten ein Froschmuskel im Zusammenhang mit dem Skelet) in eine concentrirte wässerige Sublimatlösung (1 : 16) bei 45° bis 60° C. Nach 5 Minuten nehme man den Muskel heraus und zerzupfe ihn in Wasser etc. Nach längerer Einwirkung findet eine Auffaserung in Fibrillen an den Enden statt. Froschmuskeln geben bessere Resultate als die der Säugethiere.

19) **Molybdänsaures Ammoniak.** Wird in 5procentiger Lösung als schonendes Macerationsmittel angewandt, so für Retina, Hoden. Fixirt zugleich. Man sehe auch Capitel X: Metallimprägnationen.

20) **Mischung von Landois** (Gierke 7. XXV p. 445 u. 446). Formel:

Neutrales chromsaures Ammoniak . . .	aa 5 g.
Kali phosphoricum	
Natron sulphuricum	
Aq. dest.	100 „

Die zu zerzupfenden Stückchen kommen für 1 bis 5 Tage in eine genügend grosse (reichliche) Quantität dieser Mischung, dann noch für 24 Stunden in Carmin-Ammoniak-Lösung, die zur Hälfte mit obiger Flüssigkeit versetzt ist. Dann Auswaschen in Aq. dest., Zerzupfen in Glycerin. Diese Mischung ist speciell für die Stützsubstanz des centralen Nervensystems empfohlen worden.

21) **Pancreatinum siccum** (Schiefferdecker 3. p. 483 u. 484). Dieser Stoff wird von Dr. Witte in Rostock in Gestalt eines bräun-

lichen Pulvers aus dem Pankreas dargestellt und enthält dieselben Enzyme wie sie in der lebenden Drüse vorhanden sind. Es wirkt also als Verdauungsflüssigkeit. Man löst in einigen ccm destillirten Wasser soviel auf als in der Kälte möglich ist und filtrirt. In die so erhaltene Lösung bringt man ein Stückchen frische Haut und stellt das zugedeckte Schälchen in einen Brütapparat mit Körpertemperatur (37 bis 38° C.) für 3 bis 4 Stunden. Dann spült man in Aq. dest. ab, und legt in eine Mischung von Glycerin, Alkohol 96 %, Aq. dest. zu gleichen Vol.-Theilen ein. Hierin bleibt das Präparat zur Aufbewahrung beliebig lange. Durch die Maceration sind die Epithelzellen aller Schichten in ausgezeichneter Weise gelockert. Man braucht nur mit einer Nadel herüberzuschaben, um Zellen aller Arten in einem Tropfen Glycerin ansehen zu können.

Auch andere verdauende Stoffe, wie Trypsin, Pepsin werden unter Umständen verwendet.

22) **Grenacher's Alauncarmin** (siehe Farbstoffe). Ist von Dogiel empfohlen worden für die Maceration und gleichzeitige Färbung von dünnen Sehnen z. B. denen des Rattenschwanzes. Man legt die Sehnen ein für mehrere Stunden oder Tage und kann sie Jahre lang darin lassen. Man thut dann gut, ein Stückchen Thymol hineinzuwerfen, um Pilzbildung zu verhüten. Die Sehnenfibrillen werden hell, die Zellen treten schön hervor. Man spült in Aq. dest. ab und zerzupft in Glycerin, worin (oder in Balsam) man auch conserviren kann. In der gleichen Weise behandelt man auch marklose Nerven.

Zerzupfen kann man auch Präparate, welche durch Fixirung mittels Wärme oder Ueberosmiumsäure hergestellt worden sind. Man sehe dieserhalb p. 146 und p. 147. Es kommt dabei allerdings auf die Art der Gewebe an, und wird das hierauf Bezügliche in den betreffenden Capiteln der Gewebelehre angegeben werden.

Es möge hiermit genug der Macerationsflüssigkeiten sein, ich habe dieselben genauer behandelt, da die Isolirung der morphologischen Elemente für die Erforschung aller Gewebe von grosser Bedeutung ist.

Die **Entkalkungsflüssigkeiten** fügen sich hier am besten an, durch welche ja wenigstens ein Theil der Substanz der Knochen und Zähne zerstört wird. Um diese Hartgebilde zu erweichen, kommt es darauf an, die Kalksalze aus der organischen Grundsubstanz zu entfernen. Man benutzt dazu Säuren, welche mit Kalk leicht in Wasser lösliche Verbindungen geben. Die vorhandenen Weichtheile müssen, falls man sie erhalten will, gehärtet werden bevor die Entziehung der Kalksalze beginnt. So härtet man in Müller'scher Flüssig-

keit oder Alkohol oder benutzt eine der Fixirungsflüssigkeiten, wenn es sich um feinere Details handelt und bringt das Object dann in die Säuremischung. Als solche benutzt man entweder Salzsäure 5 Vol.-Th. auf 95 Vol.-Th. Aq. dest. oder Salpetersäure 5 bis 10 Vol.-Th. auf 95 bis 90 Vol.-Th. Aq. dest. Von beiden nehme man recht reichliche Mengen, schüttele öfters um und lasse das Präparat darin liegen (unter Umständen mit Erneuerung der Flüssigkeit) bis ein Probeschnitt die vollständige Entkalkung an der Schnittfähigkeit nachweist. Nach meinen Erfahrungen ist die Salpetersäure von günstigerer Wirkung. Ist die Entkalkung vollendet, so wäscht man unter fliessendem Wasser die Säure gründlich aus und legt dann in steigenden Alkohol ein.

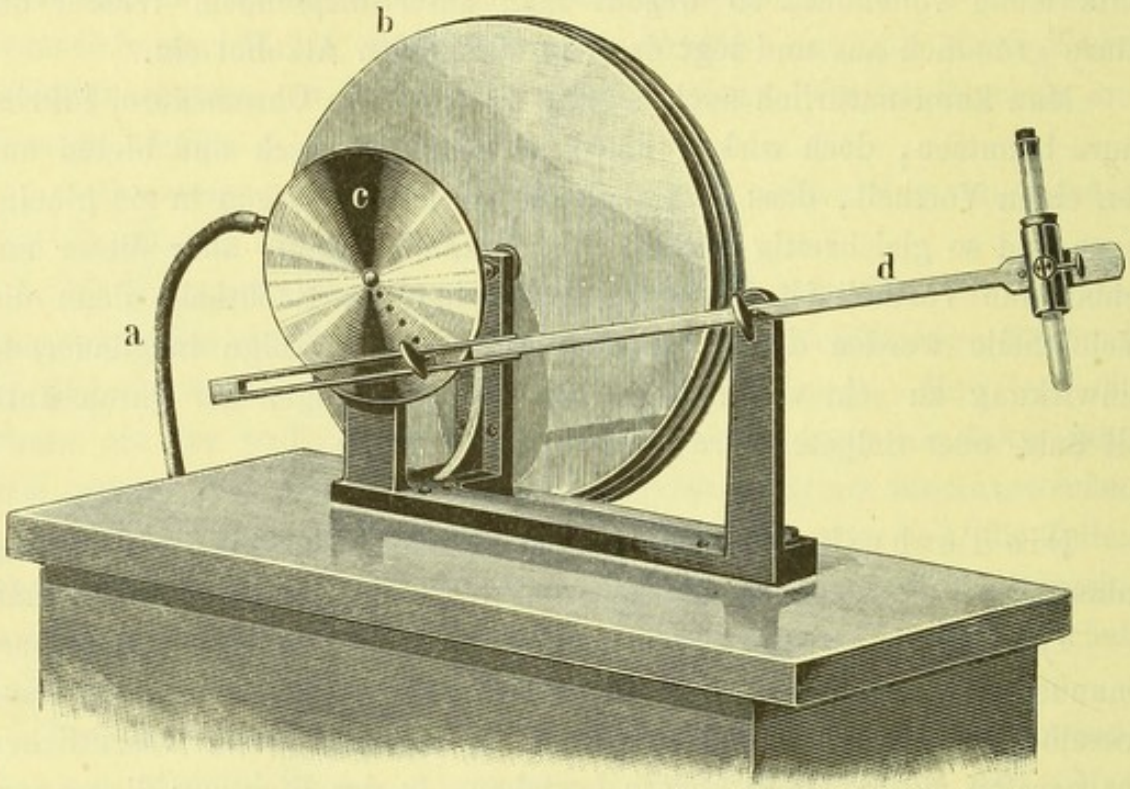
Man kann natürlich auch andere Säuren, wie Chromsäure, Pikrinsäure benutzen, doch wirken diese viel weniger rasch und bieten nur den einen Vortheil, dass man sogleich das frische Organ in sie hineinlegen und so gleichzeitig härten und entkalken kann, aber dieser anscheinende Vortheil ist in Wirklichkeit eher ein Nachtheil, denn die Weichtheile werden durch die zum Entkalken nöthige langdauernde Einwirkung zu sehr verändert. Auch die Mischungen der Chromsäure mit Salz- oder Salpetersäure bieten keine Vorzüge.

Die Technik der Isolirung. Was die Technik der Isolirung anlangt, so ist es zunächst am natürlichsten und einfachsten, dass man

1) zwei Präparirnadeln nimmt und das erweichte Object auseinanderzerrt. Man wird sich hierbei einigermaassen nach dem Baue desselben richten müssen. Man wird z. B. Objecte, die im wesentlichen aus parallel verlaufenden Fasern bestehen, in der Richtung dieser zerzupfen, um die Elementartheile möglichst in ihrer Form zu erhalten. Je mehr Mühe man auf das Zerzupfen verwendet, um so mehr wird sich diese Mühe auch lohnen.

2) Man schüttelt das erweichte Object in einem Reagenzgläschen in etwas Wasser, resp. anderer Flüssigkeit, indem man die Oeffnung des Gläschens mit dem Daumen der schüttelnden Hand schliesst. Je weniger Wasser man in das Gläschen hineinthut, um so intensiver ist die Wirkung des Schüttelns. Wie viel Wasser man nehmen muss, und wie lange und heftig man zu schütteln hat, ist in jedem Falle natürlich erst auszuprobiren. Da das Schütteln mit der Hand, falls es lange fortgesetzt werden muss, ermüdend wirkt und ausserdem viel Zeit kostet, ist es, wenn man viel schütteln will, nicht unpraktisch, sich des beistehend abgebildeten Apparates (Figur 133) zu bedienen, welcher von dem Mechaniker Westien in Rostock zuerst auf den Vorschlag von

Merkel construirt worden ist. Der kreisförmige Blechkasten (*b*) des auf einem besonderen Tische befestigten Schüttelapparates enthält ein Wasserrad, dem ein Schlauch (*a*) von der Wasserleitung das treibende Wasser zuführt, das dann durch einen anderen (hier nicht sichtbaren) Schlauch in den Abfluss geleitet wird. Das Wasserrad treibt eine kreisförmige Metallscheibe (*c*), welche in einem Radius eine Reihe von Löchern besitzt. In diesen kann eine Schraube befestigt werden, die durch den gegabelten Theil eines Hebels (*d*) hindurchtritt, der an seinem freien Ende eine durch Schraube verstellbare Klemmhülse trägt,



133.

in welcher man ein Reagenzglas mit umgelegter Korkhülle befestigen kann. Das Reagenzglas enthält das Object und ist mit einem Kork geschlossen. Wird die Scheibe durch das Wasserrad gedreht, so hebt und senkt sie den Hebel; die Grösse der Excursion hängt davon ab, wie weit die Schraube nach der Peripherie der Scheibe zu eingefügt ist. So wird dann das Präparat mehr oder weniger heftig geschüttelt werden. — Sehr praktisch ist das Schütteln namentlich auch dann, wenn man ein maschiges Object z. B. einen Schnitt durch eine Lymphdrüse von den in den Maschen enthaltenen Theilen, in diesem Falle den Lymphkörperchen, befreien will. Man kann zu diesem Zweck allerdings das Präparat auch

3) auspinseln, indem man den auf einem Objectträger ausgebreiteten Schnitt durch Auftupfen mit der Spitze eines feinen Pinsels

bearbeitet. Auch diese Methode liefert unter Umständen recht gute Resultate, doch halte ich die vorige für schonender.

4) Endlich kann man ein Object auch zerdrücken, entweder, indem man einfach ein Compressorium anwendet (s. p. 53) oder ein Deckglas auflegt und dieses drückt, oder, und das ist die feinere und unter Umständen sehr gut wirkende Methode, das Deckgläschen auf vier Wachstropfen legt, und nun das in der Mitte gelegene Object dadurch ganz allmählich zerdrückt, dass man die Deckglasmitte mit einer Nadel leicht andrückt und dann wieder zurückschnellen lässt. Man kann auf diese Weise Objecte sehr allmählich in ihre Bestandtheile zerlegen, dazwischen immer wieder mit dem Mikroskope beobachten oder auch die ganze Procedur unter mikroskopischer Beobachtung vornehmen.

VIII. Darstellung von Hohlräumen durch Imprägnation, Injection, Corrosion.

Die im Körper des Menschen oder der höheren Thiere enthaltenen Hohlräume stellen sich theils als verschieden gestaltete Lücken dar, die durch feine Kanälchen mit einander verbunden oder auch mehr von einander isolirt sind (Saftlücken und Saftkanälchen, Knochenhöhlen, Knorpelhöhlen), theils sind es Röhren, welche durch fortgesetzte Verästelung baum- oder netzförmige Systeme bilden (Drüsengänge, Blutgefässe, Lymphgefässe). Diese Hohlräume sind erfüllt entweder nur von Flüssigkeiten (Drüsengänge), oder von Flüssigkeiten, welche Formelemente in geringer Menge enthalten (Lymphbahnen), oder von Flüssigkeiten, in denen so viele Formelemente sich befinden, dass diese in den Vordergrund treten (Blutbahnen), oder endlich sind die kleinen Lücken, mehr oder weniger ausgefüllt durch je ein Formelement (Knorpelhöhlen, Knochenhöhlen, Saftlücken). Die Grösse dieser verschiedenen Hohlräume zeigt bedeutende Differenzen und ebenso die Stärke und Beschaffenheit der begrenzenden Wandung. An dem nicht vorbereiteten Objecte entziehen sich dieselben zu einem grossen Theile der Beobachtung. Die Art und Weise ihrer Darstellung wird sich gemäss den eben angegebenen Differenzen nach der Beschaffenheit richten müssen. Man kann danach die folgenden Hauptmethoden unterscheiden:

A. Die natürliche Injection.

Diese Methode ist nur anwendbar bei dem Blutgefässystem, und benutzt hier die natürliche Füllung der Gefässe durch die Blutkörperchen. Um eine starke Füllung zu erhalten, bindet man das betreffende Organ am narkotisirten Thiere bei noch andauernder Herzthätigkeit ab; um die Theile des Kopfes gut gefüllt zu erhalten, kann man das Thier auch nach dem Tode durch Chloroform mehrere Stunden mit dem Kopfe nach unten hängen lassen. Ist die Füllung der Gefässe durch Blutkörperchen an dem von dem gehärteten Präparate gemachten Schnitte auch ohne weitere Behandlung dem Auge deutlich wahrnehmbar, so vermag man doch die Schönheit und Deutlichkeit des Bildes wesentlich dadurch zu erhöhen, dass man Farbstoffe anwendet, welche die Blutkörperchen specifisch färben. Sehr zu empfehlen ist hierzu das Eosin (alkohl. Lösung), am besten im Verein mit einem Kernfärbemittel: Dahlia, Methylviolett, Hämatoxylin (Capitel X). Diese Methode hat den Vortheil, dass sicher keine Kunstproducte entstehen.

B. Die Imprägnation.

Diese Methode besteht darin, dass man einen dem Gewebe fremden Stoff entweder in die Lücken treten lässt, diese so erfüllt und dadurch deutlich macht: positives Bild, oder denselben dem die Lücken umgebenden Grundgewebe einverleibt und so die Lücken ausspart: negatives Bild.

a) Imprägnation der Lücken mit Luft. Diese Methode lässt sich bei Hartgebilden (Knochen, Zähnen) anwenden. Durch Fäulniss zerstört man in diesen die in den Lücken enthaltenen Weichtheile, an deren Stelle beim Trocknen Luft oder andere Gase treten. Fertigt man jetzt Schliffe an und hebt diese trocken auf (in Luft oder sehr dickem Balsam, Capitel XI), so treten die Lücken vermöge der Reflexion des Lichtes an der eingeschlossenen Luft bei durchfallendem Lichte als dunkle, bei auffallendem als hellglänzende Gebilde deutlich hervor.

Entfernt man unter einer Luftpumpe die in den Lücken enthaltene Luft, nachdem man den Schliff in eine Flüssigkeit gebracht hat, so kann man diese die Lücken erfüllen lassen.

b) Imprägnation durch Fett-Osmiumbehandlung-Corrosion. In feuchten, weichen Geweben ist eine Imprägnation der Lücken durch Fett zu empfehlen, welches man durch Behandlung mit

Ueberosmiumsäure färbt und härtet. Nach den Angaben von Altmann (7. XVI. p. 488 ff.) verfährt man folgendermaassen: Man verwendet einmal Olivenöl in beistehender Mischung:

Olivenöl	50	Vol.-Theile
Alkohol absol.	25	„ „
Aether	25	„ „

Diese Mischung kann geringe Mengen von Wasser in sich aufnehmen, ohne dass eine Trübung entsteht.

Ferner Ricinusöl, welches man mit der Hälfte seines Volumens Alkohol absol. mischt. Diese Mischung kann noch mehr Wasser aufnehmen als die erstere.

In eine reichliche Menge einer dieser Mischungen legt man ein frisches Object (das am besten recht klein oder dünn ist) für 5 bis 8 Tage, dann wird dasselbe sofort in Wasser übertragen, in diesem gut abgespült, damit das oberflächlich anhaftende Fett entfernt wird, und dann einige Zeit darin gelassen, damit das Oel sich niederschlägt, was sich dadurch zu erkennen giebt, dass das Object, welches vorher durchsichtig war, weiss wird. Darauf kommt dasselbe auf 24 Stunden in eine einprocentige Lösung der Ueberosmiumsäure. Dünne, membranöse Präparate werden von dieser ohne weiteres durchzogen, dickere Stücke muss man aber gefrieren lassen und in Scheiben schneiden, damit das Durchdringen erfolgt. Dann bringt man das Object, in welchem das Fett jetzt durch die Behandlung mit der Ueberosmiumsäure gehärtet und gefärbt ist, in Eau de Javelle (Aqua Javelli), eine etwas überschüssiges Chlor enthaltende Lösung von unterchlorigsaurem Natron, welche die Eigenschaft besitzt, alle Arten thierischer Gewebe in kurzer Zeit zu zerstören, Fett, und besonders durch Ueberosmiumsäure gehärtetes Fett widerstehen länger. Man kann auf diese Weise das mit Fett imprägnirte Lückensystem durch Corrosion für sich isolirt erhalten. Um nun das richtige Stadium der Zerstörung abzupassen, bringt man das zu corrodirende Object mit dem Eau de Javelle in ein kleines Schälchen, welches eine Beobachtung mit schwacher Vergrösserung bei durchfallendem Lichte erlaubt. Die Corrosion dauert je nach dem Objecte von Minuten bis Stunden. Man beobachtet ihren Fortgang, prüft hin und wieder mit Nadeln die Widerstandsfähigkeit des Gewebes und sucht die brauchbaren Gewebsfetzen heraus, um sie auf einem Spatel aufzufangen, hier das überschüssige Eau de Javelle mit Fliesspapier abzusaugen und dann schliesslich in reinem Glycerin aufzuheben. — Diese Methode ist besonders zu empfehlen für Lymphbahnen und Gewebslücken, die ja an sich schon sehr zart sind, und sich namentlich an manchen Stellen des

Körpers wie in der Chorioidea, Retina, zwischen den Epithelien, schwer auf andere Art darstellen lassen. Das Ricinusöl wirkt dabei noch günstiger als das Olivenöl. Da bei der Methode der Imprägnation gar keine Gewalt angewendet wird, ist man vor der Herstellung künstlicher Lücken und Bahnen gesichert.

c) Imprägnation der Grundsubstanz. Diese Methode wird angewandt zur Darstellung der Saftlücken und Saftkanälchen in Bindesubstanzen. Als Imprägnationsstoffe benutzt man Metallsalze oder Methylenblau (einen Anilinfarbstoff), die Bilder sind negativ.

Am meisten wird salpetersaures Silber (v. Recklinghausen, His) gebraucht. In eine Lösung dieses von etwa 0·25, oder weniger, auf 100 Aq. dest. legt man das frische Gewebe: Sehne, Fascie etc., lässt es darin bis eine Durchtränkung eingetreten ist im Dunklen (Minuten bis Stunden), spült in Wasser ab, überträgt dann in ein Schälchen mit Wasser, dem man auch eine Spur Essigsäure zusetzen kann, und wartet ab, bis durch Einwirkung des Lichtes eine Reduction des Metalls, und damit eine braune Färbung des Objectes eingetreten ist. Dann Ansehen und Aufheben in Glycerin, Farrant'scher Lösung, oder Lack (Capitel XI). Die Hohlräume heben sich auf einem solchen Präparat hell von dem dunklen Untergrunde ab: negatives Bild. Will man die Hornhaut in dieser Weise behandeln, so muss man dieselbe zunächst von ihrem Epithel befreien, dadurch, dass man dasselbe mit einem Messer abkratzt, oder, was schonender ist, dass man das uneröffnete Auge mit der Corneaseite einen Augenblick in heissen Wasserdampf hält und dann vermittelst eines in Jodserum getauchten Pinsels das Epithel entfernt. Bei den Augen kleiner Thiere (Frosch, Maus) bringt man nun das ganze Organ in die Silberlösung, bei denen grösserer (Rind, Schwein etc.) trennt man noch in der Sklera die Cornea ab und legt sie ein. Bei jenen ist die Cornea durchsichtig genug, um sie als Ganzes zu betrachten, bei diesen muss man Flächenschnitte anfertigen.

In ähnlicher Weise verwendet man nach Leber (Gräfe's Archiv XIV, 1868) das Schwefelsaure Eisenoxydul zur Behandlung der Cornea. Man nehme eine 0·5- bis 1procentige Lösung, lege in diese für 2 bis 3 Minuten eine frische, abgetrennte Hornhaut des Frosches, pinsele dann vorsichtig das hintere und das vordere Epithel ab, bringe die Hornhaut noch für 2 Minuten in die Lösung, spüle durch momentanes Eintauchen in Aq. dest. ab, schwenke die Hornhaut darauf mit einer Pincette in einer einprocentigen Lösung des rothen Blutlaugensalzes hin und her, bis sie eine gleichmässig blaue Färbung angenommen hat, wasche mit destillirtem Wasser kurze Zeit aus und schliesse

durch Alkohol, Oel, in Lack ein (Capitel XI). Es färbt sich die Grundsubstanz schön blau, die Lücken bleiben hell.

Das Methylenblau (siehe auch Capitel X) ist von Dogiel (7. XXXIII. p. 438 ff.) mit ganz ähnlichem Erfolge angewandt worden, wie die ebengenannten Metallsalze. Die Methode ist die folgende: Man lege das dem frisch getödteten Thiere entnommene Object in eine 4 procentige Lösung des Methylenblaus in physiologischer Kochsalzlösung (s. p. 142) für 15 bis 30 Minuten, übertrage dasselbe dann in eine gesättigte Lösung von pikrinsaurem Ammoniak, in welcher es während einer halben Stunde oder länger sorgfältig ausgewaschen wird; wasche dann in einem zweiten Schälchen mit solcher Lösung noch einmal aus, übertrage endlich das Object auf einen Objectträger in einen Tropfen mit Wasser verdünnten Glycerins. Will man das Präparat aufheben, so lege man es in einen Tropfen Glycerins, das mit pikrinsaurem Ammoniak gesättigt ist. — Es heben sich hell ab auf violettem Grunde die Saftlücken und Saftkanälchen, die Lymphgefäss- und Blutgefässnetze und die Nervenstämmchen. — Es können dieser Behandlung unterworfen werden dünnere Bindegewebshäutchen, so: das centrum tendineum des Diaphragmas kleinerer Thiere, das Mesenterium und die Nierenkapsel (von Mäusen, Ratten, Kaninchen etc.), die Testikelhäute, das Omentum und das Parietalblatt des Pericardiums (von Mäusen, Ratten, Kaninchen, Katzen), die Hornhaut (von Fröschen, Mäusen, Ratten), die Iris von weissen Mäusen und Ratten, die Hülle der Sehnenbündel aus dem Schwanze von Ratten, die Hautlamellen der Ohrmuschel (von weissen Mäusen und Ratten) etc. Das Epithel der Cornea ist vorher zu entfernen.

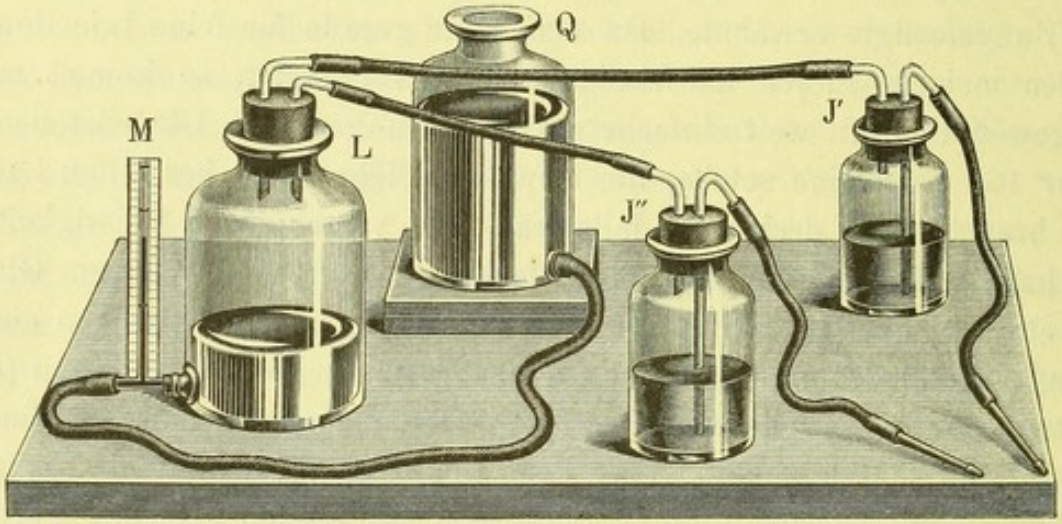
C. Die künstliche Injection.

Die am häufigsten geübte Methode der Füllung von Hohlraumsystemen ist die der künstlichen Injection. Man versteht darunter im wesentlichen, dass man eine flüssige Masse durch ein in das Gefässsystem hineingebrachtes Rohr, die Kanüle, unter der Einwirkung eines Druckes hineintreibt. Als Instrumente kann man zu diesem Zwecke Spritzen verwenden, die mit der Hand getrieben werden, oder auch besondere Apparate, welche die Anwendung eines constanten Druckes erlauben. Die letztere Methode ist die feinere und wird in allen solchen Fällen allein anzuwenden sein, wo es darauf ankommt, sehr feine und mit sehr zarten Wandungen versehene Gefässe zu injiciren, so Lymphbahnen, Gallencapillaren, Blutcapillaren in manchen Bezirken des Körpers.

a) Spritzen. Was erstens die Spritzen anlangt, so nimmt man dieselben von verschiedener Grösse, je nach der Menge der zu injicirenden Flüssigkeit, die wiederum abhängt von der Grösse des zu injicirenden Gebietes. Die grösseren Injectionsspritzen sind gewöhnlich von Messing, die kleineren bestehen meist aus einem Glasrohr, welches mit Hartgummi oder Neusilber montirt ist. Man kann als solche kleinen Spritzen auch verwenden: Ohrenspritzen, Pravaz'sche Spritzen, wenn man sich die nöthigen Kanülen dazu machen lässt. Das Rohr der Spritze muss in allen Theilen genau gleich weit sein, in ihm gleitet der Kolben. Dieser muss sich in dem Rohr gleichmässig leicht verschieben lassen und doch luftdicht schliessen. Wenn man die Oeffnung der Spritze mit einem Finger zuhält und dann den Stempel auszieht, so muss derselbe losgelassen wieder zurückschnellen, getrieben durch den Luftdruck, ebenso muss der Stempel, wenn man ihn, nachdem man denselben bei offener Spritzenöffnung ausgezogen hat, bei der geschlossenen eindrückt, wieder zurückfahren. Die Kolben werden meist von Leder angefertigt und eingeölt. Ein solcher Kolben wirkt gut, wenn man wässerige kalte oder höchstens lauwarme Flüssigkeit zu injiciren hat; er schrumpft, wird hart und unbrauchbar, wenn man Alkohol oder Aether oder ähnliche fettlösende Medien enthaltende Flüssigkeiten oder heisse Massen mit ihm in Berührung bringt. Man muss ihn dann sofort erneuern lassen. Um diesem Uebelstande zu begegnen, fertigt der Mechaniker Hermann Katsch (München, Bayerstr. 25) Spritzen mit federnden Metallkolben an, die allerdings theurer sind wie die andern, aber doch vorzuziehen sein dürften. Bei ganz kleinen Spritzen lässt sich ein solcher Kolben allerdings nicht anbringen, und würden da vielleicht die von Ludwig Dröll (Frankfurt a/M., Friedensstr. 10) in Form der Pravaz'schen Spritze angefertigten Regulatorspritzen nach Dr. Overlach gute Dienste leisten, da dieselben einen Asbestkolben haben, der, der Beschreibung nach, einmal durch kurzes Eintauchen in Wasser (¼ Minute) sehr rasch sich in brauchbaren Zustand versetzen lässt, dann aber vor allem durch eine Schraube, die auf ihn drückt, sich ohne Mühe so einstellen lassen soll, dass der Kolben immer leicht und gut schliessend gleitet, und zwar ohne Schmierflüssigkeit. Ich habe noch keine eigenen Erfahrungen über diese Spritzen sammeln können. Um sehr kleine Quantitäten von Flüssigkeiten zu injiciren, ist von Unna und Flesch (3. V. 1888 p. 43) die Mikrosyringe von Dr. G. Beck empfohlen worden (zu beziehen von dem Mechaniker J. H. Pfister in Bern zu 20 Francs). Gute, kleine Injectionsspritzen liefern auch Charrière oder Lüer in Paris, und Holzhauer in Marburg.

b) Die Injectionsapparate mit constantem Druck beruhen alle darauf, dass in einem Gefässe die Luft durch Wasser oder Quecksilber, welches aus einem anderen Gefässe zufliesst, comprimirt wird und selbst wieder auf eine in einem dritten Gefässe befindliche Injectionsmasse drückt, die dadurch vermittelst eines mit einer Kanüle endigenden Schlauches in das Object eingetrieben wird. Man hat zu diesem Zwecke eine Anzahl grösserer und kostspieliger Apparate construirt, die theils durch das Wasser der Wasserleitung, theils durch eine Luftpumpe, theils durch Quecksilber getrieben werden, und so eingerichtet sind, dass man auch warmflüssige Massen verwenden kann, die man dann natürlich während der Injection warm erhalten muss, gerade wie das Object. Von diesen Apparaten sei der von R. Jung (Heidelberg) angefertigte erwähnt. Da man aber gerade für feine Injectionen in den meisten Fällen kaltflüssige Massen verwendet, so kommt man für gewöhnlich mit weit einfacheren Vorrichtungen aus. Die beistehende Figur 134 zeigt eine solche, die man sich leicht selbst herstellen kann. Man braucht dazu drei, oder falls man zwei verschiedene Flüssigkeiten gleichzeitig einspritzen will, vier Flaschen von starkem weissem Glase und etwa $^1/_4$ bis $^1/_2$ Liter Inhalt, von denen die Injectionsflaschen einen geringeren Inhalt haben, als die Druckflaschen. Zwei von diesen (die grösseren) müssen ausser der oberen Oeffnung noch eine an einem kurzen, horizontalen, dicht über dem Boden abgehenden Rohr befindliche besitzen. Die letzteren Oeffnungen dieser beiden Flaschen werden durch einen dickwandigen Kautschukschlauch verbunden, der an den beiden Rohren durch umgelegten Draht gut befestigt ist. Bei der einen Flasche (Q) lässt man die obere Oeffnung offen oder schliesst sie nur mit einem Wattepfropf, um das Eindringen von Staub zu hindern, die obere Oeffnung der zweiten Flasche (L) schliesst man durch einen Kautschukstopfen, der ein oder zweimal durchbohrt ist, je nachdem man ein oder zwei Injectionsflaschen anbringen will. Der Stopfen wird ebenfalls fest eingebunden. Die Flasche Q füllt man mit Quecksilber, die Flasche L bleibt leer, in sie dringt, je nach der Stellung der Flasche Q, Quecksilber aus dieser ein und comprimirt die in ihr enthaltene Luft. Nicht nothwendig, aber recht praktisch ist es, an der Einmündungsstelle des Kautschukschlauches in die Flasche L ein Manometer anzubringen. Man macht das am einfachsten so, dass man die untere Oeffnung von L mit einem einmal durchbohrten Kautschukstopfen schliesst und in diesen ein gläsernes T-Rohr bringt, dessen kurze Schenkel zur Fortleitung des Quecksilbers dienen, dessen langer Schenkel senkrecht nach oben ragt. Auf diesem kann dann noch verschiebbar eine eingetheilte Platte be-

festigt werden. Gummischlauch, T-Rohr, Kautschukstopfen, Flasche, müssen alle fest und sorgsam verbunden werden. Zum Anschluss der Injectionsflaschen (*J'*, *J''*) braucht man je ein rechtwinklig gebogenes Glasrohr, das den oberen Stopfen von *L* gerade durchbohrt, und je einen von diesem abgehenden Kautschukschlauch, der zu einem zweiten derartigen Glasrohr führt, welches den doppelt durchbohrten Stopfen der Injectionsflasche ebenfalls gerade durchsetzt, zum Anschluss der Kanülen je ein langes leicht spitzwinklig gebogenes Glasrohr, das bis auf den Boden der Injectionsflasche reicht, und aussen den zur Kanüle führenden Schlauch trägt. Alle diese Verbindungen müssen sorgfältig gedichtet sein. Auf jedem Kanülenschlauche befinde sich eine Klemme



134.

oder Serre fine. Will man injiciren, so fülle man zuerst die Injectionsflaschen. Man macht das, um alle Dichtungen ein für alle Male fest zu lassen, am besten so, dass man die Flüssigkeit einsaugt. Zu diesem Zwecke entfernt man die Kanülen, öffnet den Kanülenschlauch und lässt nun zunächst Quecksilber aus *Q* in *L* hineinlaufen, die verdrängte Luft entweicht hierbei durch die Kanülenschläuche. Dann bringt man diese in die Flüssigkeiten, stellt *Q* tiefer als *L* und lässt nun durch das ablaufende Quecksilber einsaugen. Dann hebt man *Q* bis das Quecksilberniveau in *Q* und *L* gleich steht und bringt die Kanülen in die Schläuche; hebt jetzt *Q* etwas mehr, so dass erst Luft, dann Injectionsmasse aus den in die Höhe gehaltenen Kanülen tritt. Dann schliesst man die Schläuche vermittelst der Klemmen oder Serres fines, bindet die Kanülen in das Object ein, hebt *Q* auf die Höhe, dass das Manometer den gewünschten Druck anzeigt (wobei man die Theilplatte so verschiebt, dass der Nullstrich im Niveau des in *L* enthaltenen Queck-

silbers steht), öffnet die Schläuche und injicirt. Man muss nun natürlich *Q* allmählich mehr und mehr heben, um den gewünschten Druck constant zu erhalten und die Theilplatte auf dem Manometer entsprechend nachschieben oder auch die Differenz ablesen. Zu diesem Zwecke setzt man *Q* am besten auf ein Tischchen, das durch eine Schraube ohne Ende gehoben und gesenkt wird, doch kann man in Ermangelung dessen sich auch dadurch helfen, dass man eine allmählich steigende Anzahl von dünnen Holzplatten unter *Q* unterlegt, wie es der einfacheren Darstellung halber auf Figur 134 gezeichnet ist. Will man mit einem derartigen Apparate warmflüssige Massen injiciren, so muss man die Injectionsflaschen in ein besonderes Wasserbad bringen.

c) Die Kanülen, welche man zur Injection benutzt, sind cylindrische Metallröhren mit einem Ansatzstück, welches auf die Spritze passt, und einem freien, cylindrischen oder sich konisch zuspitzenden Ende, welches in das betreffende Gefäss eingebunden wird. Dieses Ende muss dem Durchmesser des Gefässes entsprechen, unter Umständen also sehr fein sein, und zeigt etwas zurückliegend, entweder einen steilen Abfall des Konus oder ein paar Riefen, beide Einrichtungen dienen dazu, den Faden, mit welchem man die Kanüle in das Gefäss einbindet, vor dem Abgleiten zu bewahren. Zu empfehlen ist es, diesen Faden ausserdem auch noch straff angespannt um das Ansatzstück herumzulegen, um so das eingebundene Gefäss noch mehr an die Kanüle zu befestigen. Bindet man die letztere zunächst für sich ein (wie das bei der Anwendung einer Spritze immer geschieht), so fülle man sie mit Wasser oder einer anderen entsprechenden Flüssigkeit, um die Luft völlig zu verdrängen; und bevor man die gefüllte Spritze in die Kanüle hineinbringt, halte man auch sie nach oben und lasse bei gelindem Stempeldruck erst die Luft entweichen. — Sind die Gefässe zu klein, um eine, wenn auch feine, Kanüle hineinzubringen, so kann man auch durch Einstich injiciren. Man nimmt dazu eine schräg abgeschnittene und zugespitzte Kanüle (wie die der Pravaz'schen Spritzen), sticht diese in das betreffende Object möglichst schräg ein und injicirt sehr langsam und vorsichtig. Handelt es sich um ein engmaschiges Gefässnetz, so ist immer anzunehmen, dass man durch die Operation des Einstechens ein oder mehrere feine Gefässe eröffnet hat, die Masse wird in diese eindringen und sich ausbreiten, die Elasticität des Gewebes, welche dieses sich fest der Kanüle anlegen lässt, dient statt des abbindenden Fadens. Einstichinjectionen benutzt man namentlich, um Lymphbahnen zu füllen. — Nach jedesmaligem Gebrauche sind die Kanülen sofort

zu reinigen und sind in die feineren dünne Silberdrähte einzuführen, um sie offen zu erhalten.

d) Injectionsmassen. Man theilt die zu injicirenden Stoffe gewöhnlich in zwei grosse Unterabtheilungen nach ihrer physikalischen Beschaffenheit: in die warmflüssigen und kaltflüssigen. Beide haben ihre besonderen Vortheile.

α) *Die warmflüssigen Massen.*

Als Grundlage dieser benutzt man die käufliche Gelatine (beste weisse). Fol empfiehlt die Gelatine der Photographen zu wählen. Man taucht die zusammengebogenen Gelatineblätter in destillirtes Wasser und legt sie nass in ein zugedecktes Gefäss, am besten gleich in den Kessel oder die Kasserole, in welchem man die Gelatinelösung bereiten will. So lässt man Nacht über stehen. Dann setzt man die Masse auf ein Wasserbad und lässt sie zergehen. So erhält man eine ziemlich dickflüssige Gelatinelösung, zu der man nun verschiedene Farbstoffe hinzusetzen kann. — Als Gefäss wähle man einen kleinen verzinnten Kessel oder eine Kasserole mit der grauen amerikanischen Email oder ein nickelplattirtes Gefäss. Was nach der vollendeten Injection von der Masse übrig bleibt, wird in demselben Gefäss zugedeckt aufbewahrt, nachdem man ein Stück Thymol auf die Oberfläche gelegt hat. Es pflegt dann keine Schimmelbildung einzutreten. — Soll die in dem Gefäss eingetrocknete Masse wieder benutzt werden, so giesst man etwas Wasser zu und erwärmt von neuem auf dem Wasserbade. Sollte etwas Schimmelbildung vorhanden gewesen sein, so muss man durch Flanell coliren.

1) **Rothe Leim-(Gelatine-)Masse,** durchsichtig. Man schütte besten Carmin in eine Porzellanreibschale, setze soviel Ammoniak zu, dass sich derselbe löst, und zerreibe ihn; dann schütte man die so gewonnene starke Lösung unter stetem Rühren mit einem Glasstabe in die vorher bereitete, auf einem Wasserbade stehende Gelatinelösung, spüle den Rest mit destillirtem Wasser nach und lasse nun zunächst unter dauerndem Rühren die beiden Substanzen sich mischen. Ist dieses geschehen, so handelt es sich darum, die stark nach Ammoniak riechende (man nimmt das Kochen daher am besten in einem Abzugsschranke vor) alkalische Masse zu neutralisiren. Zu diesem Behufe setze man tropfenweise unter stetem Rühren Essigsäure zu, zuerst etwa 50procentige, gegen das Ende 5- bis 3procentige. Dazwischen überzeuge man sich

immer wieder durch den Geruch, ob die Masse noch Ammoniak enthält. Es kommt darauf an, sie gerade zu neutralisiren. Ist sie bei dem Injiciren alkalisch, so färbt sie durch die Gefässwände hindurch das umliegende Gewebe, ist sie sauer, so bilden sich eine Unmenge kleiner Krümel in ihr, zugleich wird sie ziegelroth. Hierbei möchte ich gleich bemerken, dass nach meinen Erfahrungen jetzt auch die besten Sorten Carmin eine Menge von sehr feinen körnigen Massen enthalten, welche durch Ammoniak nicht löslich sind, durch das beste Filtrum hindurchgehen, und unter dem Mikroskope unangenehm störend in's Auge fallen. Man muss diesen mikroskopischen Staub nicht für Niederschläge durch Säure halten. Derselbe schadet wegen seiner Feinheit der Injection an sich nicht, aber er sieht im mikroskopischen Bilde hässlich aus. Ist die Carmin-Gelatinelösung sauer geworden, so ist sie deshalb, wenigstens wenn es sich nur um Spuren von Säure handelt, noch nicht zu verwerfen, man kann ganz gut damit injiciren, erhält aber allerdings wenig gut aussehende, körnige, rothe Massen in den Gefässen. — Ist die Neutralisation beendet, so presse man die heisse Masse durch Flanell (neuen oder gut ausgewaschenen), um etwaige Klümpchen zu entfernen, und hat die Masse nun zur Injection fertig. Ob genug Carmin dem Leim zugesetzt ist, prüft man dadurch, dass man mit einem Glasstabe etwas Carminleim herausnimmt und durch rasches Hinziehen über einen Objectträger oder eine Glasplatte einen möglichst feinen Faden auf dieser bildet, den man darauf mit schwacher Vergrösserung unter dem Mikroskope betrachtet. Der Faden muss hinreichend intensiv gefärbt sein.

2) **Blaue Leim-Masse,** durchsichtig. Man bereite die Gelatine vor, wie oben angegeben. Dann erwärme man eine gesättigte Lösung von Berlinerblau (siehe unten), nach Ranvier (1. p. 121) 25 Gewichtstheile auf einen Gewichtstheil trockner Gelatine, im Wasserbade auf dieselbe Temperatur, welche die Gelatinelösung hat, und setze dieselbe unter stetem Umrühren langsam zu. Ein zuerst sich bildender Niederschlag löst sich allmählich. Kommt es vor, dass ein Niederschlag bleibt, so muss man eine andere Sorte Gelatine nehmen. Schliesslich presse man wieder durch Flanell.

Hoyer (Biol. Centralbl. 1882 p. 21) hebt hervor, dass man zunächst eine kleine Quantität stark verdünnter und erwärmter Lösung von Berlinerblau mit einer gleichfalls geringen Menge einer mässig verdünnten Gelatinelösung mischen solle, man erhalte dann eine klare Lösung, die nun weiter mit grössern Quantitäten concentrirter warmer Gelatinelösung versetzt bei allmählichem Zusatz von nunmehr nur noch mässig verdünnter, erwärmter Lösung von Berlinerblau eine völlig

homogene, transparente, saturirte Masse liefert. Um dieselbe zu conserviren, setzt er Chloral und Glycerin hinzu.

3) **Gelbe Leim-Masse,** durchsichtig. Hoyer (Biol. Centralbl. 1882 p. 21) empfiehlt die folgende Silber-Leimmasse: Eine concentrirte Gelatinelösung wird mit dem gleichen Volumen einer 4procentigen Lösung von Argentum nitricum versetzt und erwärmt. Darauf wird eine ganz geringe Quantität einer wässerigen Pyrogallussäurelösung zugesetzt, welche binnen wenigen Secunden das Silber reducirt. Die Masse nimmt dabei eine intensive graubraune Färbung an; in dünner Schicht auf einer Glasplatte ausgebreitet erscheint dieselbe jedoch in durchfallendem Lichte schön gelb und transparent. Dieselbe kann, mit Glycerin (5 bis 10 Vol. procent) und Chloral (mindestens 2 Gew. procent in concentrirter Lösung) versetzt und colirt, aufbewahrt werden. Da die letztern Zusätze nur zur Conservirung dienen, kann man auch ohne dieselben coliren und mit Thymol aufbewahren.

Mit diesen drei durchsichtigen Massen wird man auskommen. Bei allen dreien nehme man dieselbe so dickflüssig als sie sich noch injiciren lässt, denn wenn auch eine dünnere Masse viel leichter durchdringt, so schrumpft sie doch später auch sehr, und bei den Leimmassen kommt es gerade darauf an, das Lumen der Gefässe möglichst gut auszufüllen.

4) **Undurchsichtige Leim-Massen** benutzt man in der mikroskopischen Anatomie der Neuzeit weniger wie früher, immerhin liefern auch diese für schwache Vergrösserungen bei auffallendem Lichte mitunter recht instructive Bilder. Man verwende als rothen Farbstoff Zinnober, als blauen Ultramarin, als gelben Chromblei, alle möglichst fein gepulvert. Man setze die Stoffe mit Wasser angerührt der Gelatinelösung zu, und kann diese hierbei dünnflüssiger nehmen, da die zugesetzten Stoffe schon Masse liefern.

β) *Die kaltflüssigen Massen.*

Diese haben den Vortheil, dass man sie ohne vorherige Erwärmung des Objectes einspritzen kann, und dass sie dünnflüssiger sind als die Leimmassen, daher mehr geeignet in sehr feine Gefässse eingespritzt zu werden, sie haben den Nachtheil, dass sie die Gefässe nicht ausfüllen.

1) **Das lösliche Berlinerblau** ist von den wässerigen Massen bei weitem die beste. Es wird auf folgende Weise dargestellt. Man mache sich eine starke Lösung von gelbem Blutlaugensalz in destillirtem

Wasser und tröpfele in diese langsam und unter stetem Umrühren Liquor ferri sesquichlor., mit Wasser etwas verdünnt. Man darf nur soviel zusetzen, dass das Blutlaugensalz immer noch im Ueberschuss bleibt. Man bringe die blaue Flüssigkeit auf ein Filter, durch welches eine gelbe Flüssigkeit abtröpfeln muss. Zu dieser kann man wieder Liq. ferri setzen, und wiederum filtriren, bis schliesslich nur noch eine schwach gelbe Flüssigkeit abläuft. Dann wasche man den blauen Niederschlag auf dem Filter mit destillirtem Wasser so lange aus, bis dieses anfängt, deutlich blau durchzulaufen. Darauf breite man das Filter auf einem Teller aus, lasse die blaue Masse trocknen, und bewahre sie in Stücken zu weiterem Gebrauche auf. Zur Verwendung löst man diese einfach in destillirtem Wasser; auch kann man sich eine concentrirte Lösung vorräthig halten. — Diese Masse dringt sehr leicht ein, auch in feine Lymphbahnen und in Gallencapillaren. — Wenn man die etwas umständliche Herstellung scheut, kann man auch Berlinerblau in sehr guter Qualität kaufen bei Dr. G. Grübler (Leipzig, Dufourstrasse 17) und Jordan und Faust (Göttingen).

2) **Salpetersaures Silber** und **Salpetersaures Silberammoniak.** Diese beiden Substanzen dienen zur Metallimprägnation (siehe oben und Capitel X) bestimmter Gewebe, so auch der Kittsubstanz zwischen den Endothelien, welche die Blutgefässe innen auskleiden. Sie eignen sich daher sehr wohl zur Injection von Blutbahnen. Da das Silber bei der Anwendung metallener Instrumente zum Theil ausfällt, kann man sich in diesem Falle auch gläserner Kanülen (aus einem Glasrohr durch Ausziehen in der Flamme herzustellen) und eines weiten senkrechten Glasrohrs, das mit der Kanüle durch einen Schlauch verbunden ist und von einem Träger gehalten wird, als Druckapparates bedienen. Doch geben auch metallene Spritzen ganz gute Resultate, es bleibt genug Silber in der Lösung zurück, um die Imprägnation zu ermöglichen. Was die Concentration der Lösungen anlangt, so nehme man eine $\frac{1}{4}$procentige Lösung des salpetersauren Silbers und eine Lösung des salpetersauren Silberammoniaks, welche 0·75 bis 0·8 % Höllenstein entspricht (Hoyer 7. XIII. p. 649). Der Silberinjection kann man dann eine concentrirte Gelatinelösung nachschicken, um die Gefässe zu füllen. Man härtet in Alkohol.

3) **Methylenblau.** Ganz denselben Effect erzielt eine Injection der Gefässe mit Methylenblau (s. „Methylenblau“ Capitel X).

4) **Benzol-Asphalt.** (A. Budge 7. XIV. p. 70.) So leichtflüssig auch die eben angeführten wässerigen Lösungen sind, so kann man doch zur Injection sehr zarter Lymphgefässe und von Saftlücken mit ihren

Fortsätzen (meist Einstichinjectionen) noch flüssigere und leichter eindringende nöthig haben. Da ist das Budge'sche Benzol-Asphaltgemisch dann sehr zu empfehlen. Herstellung: Man giesse Benzol auf eine grosse Menge Asphalt und lasse das Gefäss gut verschlossen mehrere Tage stehen, um eine concentrirte Lösung zu erhalten, die man dann aufbewahren kann. Vor der Anwendung setze man, je nachdem die Masse leicht flüssig sein soll, $1/3$ bis $1/2$ Benzol zu und filtrire. Bei der Injection darf man natürlich keine Spritze mit Hartgummifassung und keinen Kautschukschlauch verwenden. Die Masse ist so sehr dünnflüssig, dass man Spritzen mit sehr gut schliessendem Stempel anwenden muss; eine Spritze, die für Berliner Blau vollständig genügt, kann Benzol-Asphalt in Menge durchtreten lassen. Terpentin-Asphalt hat den Vortheil, dass es nicht so schnell verdunstet, den Nachtheil der sehr hellen Färbung, Chloroform-Asphalt ist zu flüchtig. Man darf die so injicirten Präparate nicht in Alkohol bringen, da dieses die Injectionsmasse löst. Für derartige Objecte eignet sich daher ein Gefriermikrotom.

5) **Olivenöl.** Dieses hat Altmann (7. XVI. p. 475) ebenso wie zur Imprägnation so auch zur Injection verwandt mit darauf folgender Corrosion mittels Eau de Javelle nach Osmiumbehandlung (siehe p. 165). Das Oel wird rein eingespritzt, es verlangt einen ziemlich hohen Druck, erzeugt aber trotzdem nur selten Extravasate. Man wird dieses Mittel im Wesentlichen für Blutcapillaren in manchen complicirteren Gebieten z. B. der Niere verwenden.

e) Technik des Injicirens. Wünscht man ein ganzes Thier oder einen Theil eines solchen vom Blutgefässsystem aus zu injiciren, so lässt man dasselbe am besten verbluten. Man kann dann entweder gleich nach dem Tode injiciren, oder auch erst nach 24 Stunden, im letzteren Falle sind die Gefässe nicht mehr reizbar und die Injection gelingt leichter, im ersteren Falle hat man den Vortheil, dass die Gewebe frischer zur Erhärtung kommen. Sollen warmflüssige Massen angewendet werden, so muss man das Object auf etwa 40° C. erwärmen (gleich nach dem Tode genügt die Körperwärme), dieselbe Temperatur muss ungefähr die Injectionsmasse haben. Um ein ganz abgekühltes Object durch warmes Wasser bis in's Innerste gleichmässig zu durchwärmen, braucht man, je nach der Grösse, längere Zeit, bis zu mehreren Stunden. Injicirt man ein ausgedehntes Gebiet des Blutgefässsystems, so kann man zuerst ziemlich schnell einspritzen, je mehr der Gegendruck aber steigt, um so langsamer und vorsichtiger muss man

vorgehen, um Zerreissungen der feinen Gefässe und damit den Austritt der Injectionsmasse in die umgebenden Gewebe, Extravasat, zu verhüten. Wünscht man an einem Präparate zwei verschieden schwierig zu injicirende Systeme zu füllen, so nehme man stets das schwierigere zuerst vor, so injicire man z. B. an der Leber zunächst die Gallencapillaren (mit constantem Druck), dann die Blutgefässe (beliebig). Ob die Injection vollständig ist, bemerkt man daran, dass an der Oberfläche des Thieres oder des Organes die feinen Gefässe alle gefüllt erscheinen, und dass der Gegendruck stark wird. Man kann dann auch wohl kurze Zeit pausiren, um der Injectionsmasse Zeit zu lassen, sich in den feinen Gefässen auszubreiten, und dann noch einmal mit stärkerem Drucke einen Versuch machen. Sobald Extravasate kommen, muss man sofort aufhören. Ist die Injection beendigt, so schliesse man den Hahn der Kanüle oder binde das Gefäss ab und bringe warme Objecte sofort in kaltes Wasser, um die Injectionsmasse schnell erstarren zu lassen, dann in Alkohol eventuell auch Chromsäure oder deren Salze. Bei kaltflüssigen Massen binde man ab und verfahre je nach der Injectionsmasse. Berlinerblau verträgt die verschiedensten Härtungsflüssigkeiten, Oel verlangt Osmium, Benzol-Asphalt darf nicht in Alkohol kommen.

D. Die physiologische Injection.

Als eine besondere Unterabtheilung möchte ich endlich noch die, unter Umständen überaus wichtige physiologische Injection erwähnen, die durch das lebende Thier selbst besorgt wird. Zuerst angewandt von Chrzonszczewski (Virchow's Arch. XXXI p. 187 u. XXXV p. 158) ist diese Methode weiter vervollkommnet worden von Heidenhain (7. X. p. 31 ff. Daselbst auch die Darstellung des indigschwefelsauren Natrons pag. 32), der sie speciell für die Injection bestimmter Drüsentheile (Niere, Leber) verwandte. Seine Technik ist die folgende: Man nehme reines indigschwefelsaures Natron (zu beziehen von Apotheker Otto Bloch, Breslau, Neumarkt 20, dem Nachfolger des Apothekers Maschke, der den Stoff seinerzeit darstellte, oder auch von Dr. G. Grübler, Leipzig. Das gewöhnlich im Handel befindliche ist verunreinigt durch indigblauunterschwefelsaures Natron und phönicinschwefelsaures Natron und unbrauchbar für den vorliegenden Zweck), bereite davon eine kaltgesättigte wässerige Lösung und injicire von dieser in eine Vene des lebenden Thieres bis die Conjunctiva sich merklich gebläut hat. Man braucht für ein mittleres Kaninchen 25 bis 50 cc, für

einen mittleren Hund 50 bis 75 cc der Lösung. Das indigschwefelsaure Natron wird durch die Nieren ausgeschieden. Nachdem eine Zeitlang blauer Harn secernirt worden ist, tödte man das Thier durch Verbluten. Zur Fixirung des Farbstoffs, welche zur Verhütung postmortaler Diffusion möglichst schnell geschehen muss, injicirte man die Nierengefässe mit einer kaltgesättigten Lösung von Chlorkalium. Dann härte man in absolutem Alkohol (der den Farbstoff nur minimal löst) und untersuche die Schnitte in Glycerin, welches mit Chlorkalium gesättigt ist, oder in Terpentinöl, Damarfirniss.

Wie man aus diesen Angaben ersieht, ist diese Methode der Injection in der That eine rein physiologische, da sie durch einen Sekretionsvorgang bedingt wird. In ähnlicher Weise kann man nach Heidenhain (7. X. pag. 34 Anmerkung) die Gallencapillaren des Frosches injiciren: Man bringe durch einen kleinen Hautschnitt ein erbsengrosses Stückchen von indigschwefelsaurem Natron in einen Oberschenkel-Lymphsack und schliesse die Wunde durch Umschnürung so fest, dass ein Ausfliessen der allmählich sich wieder sammelnden Lymphe unmöglich gemacht wird. Nach 24 Stunden sind dann die Gallencapillaren auf das prachtvollste blau injicirt.

Thoma (Medicin. Centralbl. No. 2. p. 17 u. 18. 1875. Virchow's Archiv Bd. 64. Arnold, Thoma) fand, dass, wenn man den Farbstoff in die Vena abdominalis mediana des Frosches injicirt, sich nach einiger Zeit die Kittleisten des Epithels blau färben. (Wegen des genaueren sehe man das Original ein).

Vollkommen giftfreies Anilinblau ist von Cohnheim empfohlen (Anilinblau 1, einhalbprocentige Kochsalzlösung 600 bis 800). Man injicirt in das periphere Ende der Art. femoralis langsam und in Absätzen. Für ein grosses Kaninchen braucht man etwa 150 cc. Man erhält so eine gute Injection fast aller Blutgefässe des Körpers. Hier wirkt also nur das Herz als Injector.

IX. Einbetten und Schneiden.

Ist das Object durch Fixiren, Härten, event. Injiciren soweit vorbereitet, dass es das Zerlegen in Schnitte verträgt resp. erlaubt, so kann man entweder das Stück zuerst noch im Ganzen färben, oder es ungefärbt schneiden und dann die Schnitte event. färben. Die Methoden der

Färbung werden im nächsten Capitel besprochen werden, hier wollen wir dieselben zunächst bei Seite lassen und die Technik des Schneidens behandeln. In Capitel III habe ich bereits die zum Schneiden nöthigen Instrumente angegeben und einiges über diese Manipulation selbst gesagt, ich werde daran jetzt anknüpfen.

Schneidet man ein Object aus freier Hand, so muss man es festhalten, schneidet man es im Mikrotom, so muss es festgeklemmt werden, in jedem Falle wird ein Druck auf dasselbe ausgeübt. Es ist wünschenswerth diesen möglichst gleichmässig zu vertheilen, um das Object möglichst wenig zu beschädigen. Dieses letztere ist ferner oft so klein oder so dünn und biegsam, oder so zart und empfindlich, dass man es durch einfachen Druck garnicht zu fixiren vermag. Für alle diese Fälle wendet man nun bestimmte dem Objecte fremde Substanzen an, um dasselbe zu umschliessen. Es wird hierbei das Einklemmen von dem Einbetten unterschieden.

A. Einklemmen.

Man benutzt hierzu Substanzen festerer Consistenz, die sich selbst gut schneiden lassen und zerlegt diese in passende Stücke, mit denen das Object umgeben wird.

1) **Leber.** Das beste Material liefert eine amyloid degenerirte Leber, jedoch ist auch eine normale Leber (Schwein) ganz brauchbar. Man wäscht dieselbe in Wasser aus (event. Durchspülen der Blutgefässe) und härtet sie in Alkohol oder besser zuerst in Müller'scher Flüssigkeit und dann in Alkohol. Ein Stück dieser spaltet man entweder zum Theil und klemmt das Object so ein, oder, was ich vorziehe, man schneidet es ganz durch und legt die beiden zurechtgeschnittenen eventuell der Form des Objectes angepassten Stücke um dieses herum.

2) **Hollundermark.** Das getrocknete Mark aus den dickeren Aesten von Sambucus nigra. L. Dasselbe ist auch käuflich zu haben, die Uhrmacher verwenden es. Es ist weniger gut als Leber, da es härter ist und das Messer angreift.

B. Einbetten.

Hierzu wählt man flüssige Substanzen, welche das Object durchdringen und dann in irgend einer Weise durch Härten oder Erkalten eine schnittfähige Consistenz annehmen. Es giebt deren eine ziemlich grosse Anzahl, ich will hier nur diejenigen anführen, welche jetzt die meiste Anwendung finden und in der That fast immer ausreichen dürften.

1. **Collodium-Celloidin.** Collodium ist zuerst von Duval als Einbettungsmittel empfohlen worden, später wurde von Merkel und mir das Celloidin praktisch gefunden und die Methode im Ganzen gebrauchsfähiger gemacht. Celloidin ist eine Art von festem Collodium, die in Tafeln von dem Aussehen und der Härte etwa eines Kalbsknorpels hergestellt wird. Dasselbe ist zu beziehen von den am Ende des Abschnittes genannten Handlungen (Preis à Platte 3 M., eine Platte reicht für kleine Objecte schon ziemlich weit). Die Methode ist die folgende: Man löse das Celloidin in Alkohol und Aether zu gleichen Theilen, und stelle sich so zwei Lösungen her: eine, die etwa die Consistenz des Collodium duplex hat (eine etwa 5procentige Lösung), und eine von der Consistenz eines dickeren Oels. Statt der ersteren kann man auch Collodium duplex anwenden. Man lege das Object zuerst in absol. Alkohol, dann in absol. Alkohol und Aether zu gleichen Theilen, dann in die dünnere Celloidinlösung. In jeder Flüssigkeit muss dasselbe so lange verweilen, dass man sicher annehmen kann, dass es ganz durchzogen ist, also je nach Grösse und Beschaffenheit: Stunden, Tage, Wochen (z. B. Medulla oblongata des Menschen). Namentlich auch die Celloidinlösung muss recht gründlich alle Theile durchdringen. Damit letzteres geschehe, lege man dickere Objecte in recht gut schliessende Gefässe, in denen sie Wochen lang bleiben können, ohne dass ein Merkbares der Flüssigkeit verdunstet. Kleinere Objecte, deren Durchtränkung in wenigen Tagen vor sich geht, bringe man in ein Glasgefäss mit steilen, glatten Wänden (Vogelfutternäpfchen, kreisförmige Schale mit verticalem Rande, etc.), und lege eine Glasplatte darüber. Schliesst diese sehr gut, so schiebe man sie nach einigen Tagen, wenn die Durchtränkung als beendigt angenommen werden kann, etwas vom Rande zurück, so dass ein feiner Spalt entsteht, oder man bringe an einer Stelle ein Stückchen Papier zwischen Schalenrand und Deckel. Schliesst der letztere nicht sehr gut, so braucht man garnichts zu thun, es ist genug Spaltraum von selbst vorhanden. Es tritt bei dieser Anordnung eine ganz langsame Verdunstung der Celloidinlösung ein, und letztere wird dadurch immer dickflüssiger. Man ersetze den durch Verdunstung entstandenen Verlust nun durch die zweite oben erwähnte concentrirtere Lösung. Tritt ein festeres Anhaften der obersten Schicht am Rande ein, so löse man mit einem Messer diese festere Schicht vom Glase ab, damit immer eine ungehinderte Verdunstung auch der tieferen Theile der Celloidinmasse statthaben kann, sonst bilden sich Blasen. Sind solche entstanden, so schneide man von oben her auf sie ein und fülle sie mit Celloidinlösung aus. Der entstehende Block muss durchaus blasenfrei sein. So lasse

man die Eindickung fortschreiten bis eine Festigkeit der Masse erreicht ist dass man mit der Fingerkuppe (nicht mit dem Nagel) garnicht oder kaum mehr eindrücken kann. Um diese im ganzen Blocke gleichmässig zu erzielen, ist es bei grösseren Massen nothwendig, dieselben in dem Gefäss ganz loszulösen und öfter umzukehren, damit bald die eine bald die andere Fläche nach oben gekehrt liegt und besser abdunsten kann. Dieses Eindicken geht je nach der Grösse der Masse sehr verschieden schnell, von Tagen zu Wochen und Monaten. Es muss immer sehr allmählich ausgeführt werden. Hat die Masse endlich die gewünschte Härte erreicht, so bringt man sie in Alkohol von 50 bis 70% und lässt sie in diesem beliebig lange liegen. Dieselbe wird darin mit der Zeit immer härter und besser; doch ist bei kleinen Stücken schon nach 1 bis 2 Tagen eine gute Schnittfähigkeit erreicht. Die Masse hat jetzt ungefähr wieder das Aussehen und die Consistenz von Kalbsknorpel, und ist durchsichtig genug, um die eingebetteten Objecte erkennen zu können, sodass man die Lage derselben gut zu beurtheilen vermag. Man schneidet die aus den rohen Blöcken zurechtgeschnittenen Stücke mit schräggestelltem Messer bei Befeuchtung mit 50- bis 70procentigem Alkohol. Um die Blöcke in der Mikrotomklammer zu befestigen, kann man dieselben entweder direct oder mit zwischen gelegten Stücken von Leber oder Hollundermark einklemmen oder man befestigt sie auf einem Kork- oder noch besser Holzblock, den man dann einklemmt, während der Block frei und ungequetscht hervorragt. Die Befestigung führt man in der Weise aus, dass man auf die Oberfläche des Korkes oder Holzes eine Schicht Celloidin bringt und diese eintrocknen lässt, dann die untere Fläche des Celloidinblockes abtrocknet, durch Heraufbringen von Aether mit einem Pinsel erweicht, darauf die Celloidinschicht auf der Unterlage ebenso erweicht, die beiden Theile aufeinanderdrückt, dicke Celloidinlösung herumgiesst, und das Ganze zum Erhärten in den verdünnten Alkohol bringt. Die Schnitte legt man in destillirtes Wasser oder in verdünnten Alkohol und kann dann färben etc., ohne dass die Celloidinumhüllung irgendwie hinderlich wäre. Dieses ist einer der bedeutenden Vortheile der Methode. Man erreicht so, dass alle Theile in der richtigen Lage zu einander bleiben, und dass die Schnitte eine bedeutende Festigkeit besitzen, denn das Celloidin ist biegsam und zäh. In Bezug auf das weitere Aufhellen und Einkitten der Präparate ist zu bemerken, dass man die Schnitte niemals in absoluten Alkohol und in Nelkenöl bringen darf, dagegen Alkohol von 96% und Ol. Origani cretici (das beste Mittel) oder Cedernholzöl, Bergamottöl, Xylol verwenden darf. Man soll die Schnitte indessen in allen diesen Flüssigkeiten

nur kurze Zeit lassen, bei längerem (mehrere Stunden oder Tage dauerndem) Aufenthalte schrumpfen sie leicht. In Xylol schrumpfen sie sehr schnell. Man bewahrt in Canadabalsam oder Damarlack auf. Man kann aber auch ebenso einen feuchten Einschluss in Glycerin, Levulose, Farrantscher Lösung wählen (siehe Capitel XI), in allen diesen Medien bleibt das Celloidin durchsichtig wie Glas. Wird es bei Lackeinschluss undurchsichtig, milchig, dann ist das Wasser durch den Alkohol nicht genügend entfernt worden, und man muss den Schnitt von neuem in Alkohol bringen. Es passirt dieses besonders leicht bei Cedernholzöl, dessen Anwendung bei Celloidinpräparaten daher weniger zu empfehlen ist.

Es ist vorgeschlagen worden, die Celloidinblöcke nicht in verdünnten Alkohol, sondern in Chloroform zu bringen, in welchem sie härter und durchsichtiger werden sollten. Nach meinen Erfahrungen muss ich dem Alkohol entschieden den Vorzug geben.

Will man die Schnitte als Serienschnitte auf dem Objectträger geordnet in Balsam oder Glycerin aufbewahren, so überzieht man entweder einen gut gereinigten [1] Objectträger mit einer dünnen Collodiumschicht (durch Aufpinseln oder Uebergiessen [2]), lässt diese trocknen und ordnet dann auf ihr die aus 96procentigem Alkohol kommenden Schnitte in diesem Alkohol, oder man legt dieselben auch einfach auf den Objectträger ohne vorherigen Collodiumüberzug. In beiden Fällen lässt man den Alkohol soweit abdunsten, dass die Schnitte nur noch feucht sind, und setzt den Objectträger dann Aetherdämpfen aus. Man macht dieses in der Weise, dass man entweder die Partie des Objectträgers, auf der die Schnitte sich befinden, mit diesen nach unten auf die breite Oeffnung eines Aetherglases oder eines Schälchens mit Aether legt, oder, was noch besser ist, indem man einen weiten Präparatencylinder nimmt, in diesen ein Tischchen stellt, dessen Platte aus einem durchbrochenen Blech oder einem feinen Drahtnetze besteht, auf den Boden des Cylinders Aether giesst, und nun die Objectträger mit der Objectseite nach oben auf das Tischchen legt. Dann schliesst man den Cylinder und kann nun die Präparate beliebig lange in den Aetherdämpfen verweilen

---

[1]) Um Objectträger gut zu reinigen, genügt es nicht, dieselben mit einem Tuche abzuputzen, sondern man lege eine Anzahl derselben in ein Gefäss mit rauchender Salpetersäure (gut zudecken), oder, was weit bequemer ist, in gewöhnliche concentrirte Salpetersäure, die meist ausreicht, giesse nach kurzer Zeit diese ab, spüle mit Aq. dest. ab, giesse Alkohol absol. auf, spüle wieder in Aq. dest. ab und trockne mit einem reinen Tuche.

[2]) Angegeben von Summers Americ. Monthly Microsc. Journ. vol. VII, 1887, no. 4 p. 73. Vergl. auch 3. IV. 1887, p. 482 bis 483.

lassen. Was die Frage anlangt, ob es besser ist, zunächst ein Collodiumhäutchen auf den Objectträger zu bringen oder die Präparate direct auf das Glas zu legen, so ist das erste Verfahren sicherer, das zweite bequemer. Ich möchte das Collodiumhäutchen empfehlen, wenn es sich darum handelt, die Schnitte auf dem Objectträger erst zu färben, denn hierbei dürfte es doch vorkommen können, dass der eine oder andere Schnitt sich ablöste, wenn kein zusammenhängendes Häutchen dieselben zu einem Ganzen vereint. Schnitte, die man aufgeklebt auf dem Objectträger behandelt, müssen alle Manipulationen langsamer durchmachen als freie. Die Flüssigkeiten können eben nur von einer Seite her einwirken. Ich habe in der angegebenen Weise schon Doppelfärbungen ausgeführt, die doch viel Manipulationen voraussetzen, z. B. Färbung der Serienschnitte mit Boraxcarmin, Salzsäure-Alkohol, dann Pikrinsäure-Alkohol, und die Schnitte sind durchaus in der richtigen Lage geblieben. Wenn auch wirklich an der einen oder anderen Stelle das Collodiumhäutchen von dem Glase sich ablöst, so schadet das doch nichts. Der grössere Theil des Häutchens haftet, und der abgelöste Theil legt sich bei dem Heraufbringen der Einschlussflüssigkeit und des Deckgläschens wieder so gut an, dass man später nichts von der Ablösung bemerkt.

Wenn man eine grössere Anzahl von Serienschnitten macht, ist es oft erwünscht, dieselben zunächst, geordnet, irgendwie aufzubewahren, um sie später zu verarbeiten, oder es erscheint auch genügend, zunächst eine bestimmte Anzahl derselben, z. B. jeden fünften oder zehnten Schnitt herauszunehmen, um sie gleich weiter zu behandeln, während die übrigen als Vorrath aufgehoben werden müssen. Um hierbei Ordnung zu halten, und in jedem Augenblicke jeden gewünschten Schnitt aus dem Vorrathe herausholen zu können, ist es nothwendig, die Schnitte zu numeriren und geordnet aufzubewahren. Eine nach meinen Erfahrungen hierfür ausgezeichnete Methode habe ich von Herrn Dr. Nordenson (Stockholm) kennen gelernt. Man schneide sich eine Anzahl von viereckigen Stücken von weissem Seidenpapier in der Grösse zurecht, dass man jeden Schnitt zwischen die beiden Blätter eines einfach gefalteten derartigen Stückes bringen kann. Man numerire die Papierstücke mit Bleifeder, bringe in einem mit Alkohol von 50 bis 70% gefüllten flachen Schälchen die eine Papierhälfte unter den Schnitt, lege die andere darüber, und hat so den Schnitt wie in einer Mappe. Diese Mappen thürme man in einem entsprechend grossen mit demselben Alkohol gefüllten Präparatencylinder aufeinander. Sie lassen sich so beliebig lange aufbewahren. Will man sich das Aufsuchen der Nummern noch

erleichtern, so lege man hinter 5 oder 10 Mappen ein Stück weissen Papiers mit den Nummern. Auch würde es sich empfehlen, an Stelle jedes herausgenommenen Schnittes eine Marke (auch einfach ein Stück Papier mit Nummer) einzufügen.

Eine besondere Methode, um Celloidin-Serienschnitte zwischen zwei Collodiumlagen in Bändern zu fixiren, hat Weigert (3. II. p. 490) angegeben.

2) **Gummi arabicum** und **Gummi arabicum-Glycerin.** Eine andere kaltflüssige Einbettungsmasse stellt man sich dadurch her, dass man Gummi arabicum in Aq. dest. kalt gesättigt löst, in dieser Lösung das gehärtete Präparat (das vorher von seinem Alkohol in Wasser befreit ist) durchtränken lässt, und dann dasselbe mit einer genügenden Menge der Lösung in einem Papierkästchen, das man sich leicht mit Gummi oder Wachs zusammenkleben kann, in steigenden Alkohol bringt (70%, 80%, 96%). Die Masse wird sehr hart, dabei undurchsichtig weiss. Man kann sie verwenden zum Schneiden sehr harter Objecte z. B. von Nägeln.

Soll die Masse weicher sein, so setze man zu der Gummilösung Glycerin, bis die Mischung die Consistenz von gutem Honig besitzt (Rindfleisch-Orth, 4 p. 39). In diese kommen die Präparate aus Wasser, bleiben darin, bis sie zu Boden sinken, dann wie oben.

Man schneide mit schrägem Messer, das mit Alkohol von 96% befeuchtet ist, lege die Schnitte in Aq. dest., wo sie schnell von der Gummimasse befreit werden, und behandele dann beliebig weiter.

3) **Paraffin.** Als warmflüssige Masse ist Paraffin jetzt am meisten im Gebrauch, und ersetzt auch wohl genügend alle anderen. Die käuflichen Paraffine besitzen verschieden hohe Schmelzpunkte. Die Höhe der letzteren ist von Wichtigkeit, einmal weil eine hohe Temperatur auch für gehärtete Objecte nicht gleichgültig ist, und dann weil der Schmelzpunkt in bestimmter Beziehung zu der Temperatur der Zimmerluft stehen muss, bei welcher man die Objecte später schneidet. Je höher der Schmelzpunkt, um so wärmer kann und muss die Luft sein. Man wird also im Sommer ein Paraffin mit höherem Schmelzpunkte wählen als im Winter. Die bei Dr. G. Grübler (Leipzig, Dufourstrasse 17) käuflichen Sorten (à Kilo 4 bis 5 Mark) haben recht verschiedene Schmelzpunkte, etwa von 45° bis 58° C. Es erscheint zweckmässig, diese zu mischen, um ein Paraffin von 50° bis 55° Schmelzpunkt zu erhalten. So kann man mischen: Paraffin von 45° mit einem von 52°, um einen Schmelzpunkt von 50° zu erzielen (Stöhr, Lehrb. d. Histologie 1889), oder solches von 52° mit solchem von 58° für einen höheren Schmelzpunkt.

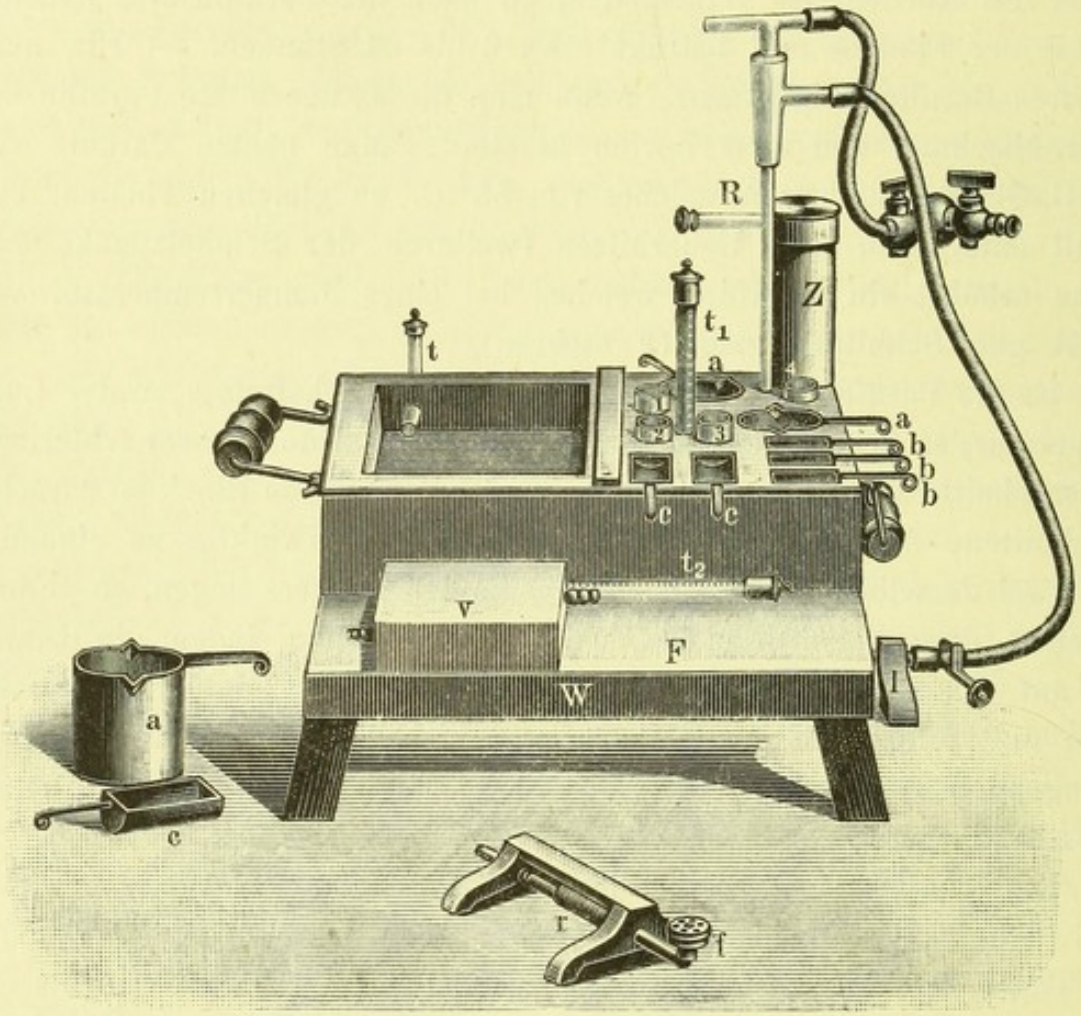
Eine hiervon ganz abweichende Methode hat Graf Spee (3. III. p. 7) seiner Zeit zuerst angegeben. Das Wesentliche derselben besteht darin, dass man irgend eine Sorte Paraffin (am besten von einem mittleren Schmelzpunkte) in einem Gefässe über freiem Feuer (Flamme nicht sehr gross) so lange kocht, bis es eine honiggelbe Farbe annimmt und sich eigenthümlich fettig anfühlt (überhitztes Paraffin). Man nehme dieses Kochen in einem Abzugsschranke vor, da sich sehr unangenehme Dämpfe während desselben entwickeln. Die Dauer des Kochens ist verschieden, je nach der Paraffinsorte und der Grösse der Flamme und beträgt etwa 6 bis 24 Stunden. — Ein noch besseres Resultat erhält man, wenn man dieses überhitzte Paraffin aus einer Mischung von zwei Sorten herstellt. Man nehme Paraffin von 45° C. Schmelzpunkt und solches von 55° C. zu gleichen Theilen, und erhält dann nach dem Ueberhitzen (wodurch der Schmelzpunkt sich etwas erhöht) ein Paraffin, welches bei einer Zimmertemperatur von 14° R. gute Schnitte ergiebt (Flemming).

Ist die Paraffinsorte passend gewählt im Verhältnisse zu der Lufttemperatur, so erhält man mit querstehendem Mikrotommesser fehlerfreie Serienschnitte von 10 bis 5 μ Dicke, und hat man den Block so zurechtgeschnitten, dass seine Begrenzungsflächen rechtwinklig zu einander und zwei derselben parallel der Schneide des Messers liegen, so gelingt es leicht, diese Schnitte zu Bändern zu vereinigen, indem die Kanten der auf einander folgenden Schnitte bei schnellerer Messerführung infolge des Aufeinanderstossens zusammenkleben. Von der in das Auge springenden Aehnlichkeit heissen diese Bänder auch Bandwurmschnitte.

Die Einbettung der Objecte wird in folgender Weise bewirkt: Man lege das irgendwie gehärtete Object bis zur Durchdringung (Stunden bis Tage) in Alkohol absol., von hier in Chloroform (bis das Object untersinkt), dann in eine Lösung von Paraffin in Chloroform (ebenso), endlich in das flüssige Paraffin (je nach der Grösse: 30 Minuten bis 24 Stunden und länger). — Oder (wie es scheint, besser, jedenfalls kürzer): aus Alkohol absol. in eingedicktes Cedernholzöl (Schimmel u. Comp., Leipzig, à Kilo 12 M.) bis zum Untersinken, dann in flüssiges Paraffin (Platner, 7. XXXIII, p. 127).

Das Paraffin verflüssigt man in einem besonderen Wasserbade: Paraffinofen. Ganz praktisch, nur etwas theuer, ist das von P. Mayer (Neapel) construirte (Internat. Monatsschr. f. Anat. u. Physiol. Bd. IV, 1887, p. 76), von R. Jung (Heidelberg) angefertigte Neapler Wasserbad (50 M., ausserdem noch Gasregulator von E. Reichert

8 M., und 3 Thermometer, 7·50 M.), beistehende Figur 135 giebt dasselbe wieder. Man erkennt das aus Messing gearbeitete, terrassenförmige Wasserbad bei *W*. Durch *Z* wird dasselbe mit Wasser (Aq. dest.!) gefüllt. In Vertiefungen der oberen Fläche sind Gefässe verschiedener Form und Grösse hineingestellt, welche das flüssige Paraffin aufzunehmen bestimmt sind: 1, 2, 3, 4 sind Glasröhrchen, *a* tiefe Schmelzgefässe (innen verzinnt), *b* und *c* Halbcylinder mit Stiel. In

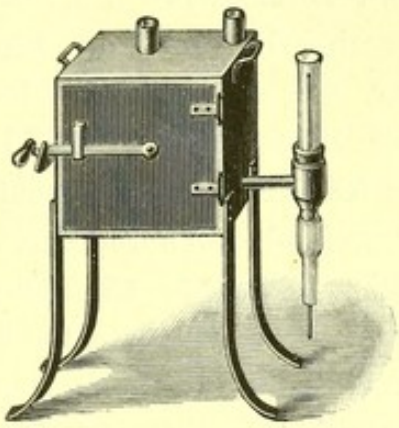


135.

dem mit einer Glasplatte verschliessbaren Luftbade links (zur Verdunstung von Chloroform etc.) steckt das knieförmige Thermometer *t*. Temperatur in demselben offen: ca. 10° C. niedriger als im Wasserbade. In dem letzteren selbst befinden sich das Thermometer t_1, daneben der Gasregulator *R*, zu dessen oberem Theile von dem Gashahne der Wand ein Schlauch hinläuft, während von dem mittleren Theile ein anderer Schlauch zu dem untergeschobenen Bunsen'schen Brenner geht, der vorne freistehend dargestellt ist (in dem Rohr *r* Mengung von Gas und Luft, *f* Brenner mit ev. Schornstein aus Glimmer). Das Kästchen *v*

mit seinem Thermometer dient speciellem Gebrauch (Orientirung des Objectes unter der Lupe etc.).

Statt dieses, doch immerhin recht kostbaren, Apparates kann man sich auch einen weit billigeren herstellen, wenn man einen Trocken-apparat nach Liebig (Figur 136), von Kupfer, mit doppelten Wänden, zum Gebrauch für Wasser, nimmt. Ein solcher mit Vorrichtung zur Erhaltung eines constanten Niveaus, der Innenraum breit 13½ cm, hoch 13½ cm, tief 15½ cm, kostet 19 M., dazu ein Reichert'scher Regulator 8 M., ein Thermometer 2,50 bis 3 M., macht zusammen 30 M. Dazu schafft man sich dann von Kinderspielzeug noch einige Blechkessel oder Töpfe mit Deckel, irdene Näpfe und Kännchen an (kein Messing!), und hat so für billiges Geld einen Apparat, mit dem man auskommen kann. Hat man kein Gas, so braucht man auch keinen Regulator, sondern nimmt ein Glas mit ein oder zwei gewöhnlichen Nachtlichtern und Rüböl, und kann durch Regulirung dieser eine sehr constante Temperatur erreichen. Zur Füllung verwendet man auch hier Aq. dest., bei Anwendung der Nachtlichter am besten schon vorher auf die richtige Temperatur angewärmt.



136.

In einem derartigen Ofen wird das Paraffin flüssig erhalten, und das, wie oben angegeben, vorbehandelte Präparat zwecks Durchtränkung verschieden lange, bis zu 24 Stunden etwa, gelassen. Dann klebe man sich ein viereckiges Papierkästchen, übertrage in dieses das Object (mittels angewärmter Instrumente), giesse Paraffin herüber und lasse dieses schnell erstarren. R. Jung (Heidelberg) liefert auch vorzügliche Metallrahmen, welche ein Kästchen unnöthig machen. Dieselben bestehen aus zwei Theilen, deren jeder eine kurze und eine lange Seite trägt, die in rechtem Winkel aufeinanderstossen. Sie werden zusammengehalten durch federnde Klammern. Als Unterlage nehme man eine Glasplatte (einen Glasdeckel), lege diese auf den Ofen, um sie anzuwärmen, stelle den Rahmen darauf, übertrage nun zunächst mit angewärmtem Instrumente das Object, das man auf der Glasplatte gleich in die richtige Lage bringt, „orientirt", giesse dann die nöthige Menge von Paraffin darauf, und kann nun das Ganze unter einen Wasserhahn bringen zwecks schneller Abkühlung. Ist dieses geschehen, so klebe man den Block auf eine Kittplatte (Metallplatte mit Stiel, zum

Mikrotom gehörig), oder auf einen Kork (zugeschnittene Korke bei R. Jung, Heidelberg), oder auf einen Holzblock (besser als Kork). Man überziehe zu diesem Zwecke durch Eintauchen die Oberfläche mit einer Paraffinschicht, erwärme dann diese und den Paraffinblock, drücke beide aneinander, gleiche mit einem erwärmten Glasstabe die etwa vorhandenen Furchen und Ecken aus, und kühle endlich wieder ab. Hat man den Block in dem Mikrotom befestigt, so schneide man ihn so zu, dass der zu schneidende Theil möglichst klein ist (der Block wird so die Form einer Pyramide annehmen), und dass die Kanten möglichst rechtwinklig auf einander und zum Theil parallel der Schneide des quergestellten, kurzen (Henking'schen) Messers stehen (siehe auch p. 117, 131 und 132). Man schneide mit kurzem, raschem Zuge, und kann dann entweder die Schnitte einzeln von dem Messer mit einer Lanzettnadel oder einem kleinen Spatel abheben oder, indem man ohne abzunehmen weiter schneidet, eine Reihe von Schnitten, deren Ränder miteinander verklebt sind, als Schnittband. Ein solches klebe man immer sofort auf dem Objectträger fest, die einzelnen Schnitte behandele man entweder ebenso oder lege sie in ein Schälchen mit Xylol, in welchem das Paraffin sich löst, dann für kurze Zeit (5 bis 10 Minuten) in Chloroform, und nun in: starken Alkohol (96 % oder absolut), Oel, Lack (Balsam), oder starken Alkohol (96 % oder absolut), alkoholischen Farbstoff etc., oder Alkohol von 80 %, Aq. dest., Glycerin (Farrant'sche Lösung, Levulose), oder Alkohol von 80 %, Aq. dest., wässerigen Farbstoff etc.

Um die Schnitte auf den Objectträger aufzukleben, halte ich die von Schällibaum angegebene Masse (1 Vol. Theil Collodium, oder, wie mir scheint, besser Collodium duplex, und 2 Vol. Theile Nelkenöl), für die beste. Man halte dieselbe in einem Fläschchen, in dessen Kork ein Pinsel steckt, vorräthig. Man überziehe den Präparatentheil des gut gereinigten [1] Objectträgers mit einer dünnen Schicht dieser Mischung und lege die Schnitte gleich in der richtigen Lage auf, denn da sie sogleich festkleben, lässt sich ein Verschieben nicht ausführen. Sind sämmtliche Schnitte in einer oder mehreren Reihen geordnet (bei kleinen Objecten kann die Zahl eine sehr grosse sein), so lege man den Objectträger für 10 bis 30 Minuten auf den Paraffinofen, nachdem man ihn (bei grösseren Serien) sofort mit einem Schreibediamanten numerirt hat. Darauf übertrage man die Objectträger in eine viereckige, längliche Glas- oder Porcellanschale mit Glasdeckel (siehe p. 100), in

[1]) Für diesen Zweck genügt gewöhnlich Abwaschen in Alkoh. absol. und dann in Aq. dest.

welcher sich Xylol befindet. Diese Form der Schale erlaubt es, die Objectträger in Reihen zu ordnen. Das Xylol löst das Paraffin schnell, doch kann man es auch mit Vortheil längere Zeit (Nacht über) einwirken lassen. Dann übertrage man in Chloroform, welches man seiner grösseren Flüchtigkeit wegen in einem weiten Präparatencylinder mit Glasstopfen hält, für 5 bis 15 Minuten, worauf man die oben angegebenen vier Wege der weiteren Behandlung einschlagen kann, nur darf man niemals Alkoh. absol. dabei anwenden. — Statt des Xylols kann man auch sofort Chloroform verwenden, welches noch schneller wirkt. — Heidenhain empfiehlt (für Darmschnitte nach Sublimat zwecks Anilinfärbung) die dünnen, 0·005 bis 0·01 mm dicken, Schnitte mit 50procentigem Alkohol in der Wärme auf dem Objectträger zu fixiren, wobei die Temperatur des Wärmekastens nicht über 35° C. hinausgehen darf.

Auch Paraffinschnitte lassen sich mit schrägem trockenem oder mit schrägem feuchtem Messer herstellen, doch scheint mir das querstehende Messer die besten Resultate zu liefern, Bänderschnitte sind nur mit dem letzteren herzustellen.

X. Färbungen, Metallimprägnationen.

Man färbt Objecte, um bestimmte Theile derselben, welche mehr Farbstoff aufnehmen als andere, von diesen zu unterscheiden. Es wird dieser Zweck in vielen Fällen in ausgezeichneter Weise erreicht und so bilden die Färbungen eines der hervorragendsten Hülfsmittel der Erforschung der Structur der organisirten Wesen. Die Zahl der Färbemittel und ihrer verschiedenartigen Anwendungen ist ungemein gross, ich werde mich hier auf eine Auswahl beschränken, welche für sehr viele Fälle ausreichen wird. Als besondere Abtheilungen werde ich abscheiden: die Anilinfarbstoffe, die Metallimprägnationen und die Doppelfärbungen.

Allgemeines über die Technik des Färbens.

1) Frische, lebende Präparate färben sich mit den meisten Farbstoffen nicht.

2) Fixirte und gehärtete Präparate müssen vor dem Färben gründlich von den Fixirungs- resp. Härtungsmitteln befreit sein, eine Ausnahme bildet bei alkoholischen Färbeflüssigkeiten der Alkohol.

3) Die Färbeflüssigkeiten geben vielfach Niederschläge und verpilzen leicht. Beide Verunreinigungen muss man vor der Anwendung durch Filtriren entfernen. Die Pilzbildung kann man durch Hineinwerfen eines Stückchens Thymols oder Kamphers, durch Zusatz von Carbolsäure oder Sublimat verhindern.

4) Zum Durchfärben grösserer Objecte wendet man lieber alkoholische Färbeflüssigkeiten an, doch leisten in vielen Fällen auch wässerige befriedigendes.

5) Es giebt zwei wesentlich verschiedene Arten der Färbung:

a) die einfache distincte Färbung: die volle Menge des eingedrungenen Farbstoffes ist zur guten ‚distincten' Färbung der Theile nothwendig.

b) die diffuse Ueberfärbung mit nachfolgender Entfärbung (Differenzirung), es färben sich zunächst alle Theile: ‚diffuse' Färbung, durch Auswaschen mit Reagentien wird der Farbstoff so lange dem Gewebe entzogen, bis nur bestimmte Elemente gefärbt übrig bleiben, so wird aus der ‚diffusen' eine ‚distincte' Färbung.

Zum Durchfärben grösserer Objecte benutzt man im Allgemeinen die Farbstoffe der ersten Gruppe, doch geben auch einige der zweiten gute Resultate.

Die zur ersten Gruppe gehörenden Farbstoffe verwendet man am besten in grösserer Verdünnung und lässt sie längere Zeit einwirken.

Ich werde im Folgenden die Färbeflüssigkeiten mit a- und b-Gruppe bezeichnen.

6) Die auf dem Präparate erhaltene Färbung kann constant oder inconstant sein, je nach dem Farbstoffe, der Aufbewahrungsflüssigkeit und der Lichteinwirkung. Ich werde auch dieses zu bemerken haben.

7) Die eigentliche Ursache der Färbung kennt man noch nicht, doch scheinen im Ganzen mehr physikalische als chemische Processe dabei die Hauptrolle zu spielen. Jedenfalls wird das Eindringen der Farbe durch Diffusionsströme bewirkt und da die Intensität dieser mit der Höhe der Temperatur wächst, so erklärt sich hieraus der günstige Einfluss der Erwärmung auf die Schnelligkeit und Intensität der Färbungen der Gewebe. (Siehe deshalb auch Gierke 3. II, p. 187 ff.). Man stelle zu diesem Zwecke das Schälchen in einen Brütofen, oder auf einen Paraffinofen, oder (offen) auf einem Drathnetze über ein Wasserbad mit kochendem Wasser (letzteres von Obersteiner [1] für Färbung von

---

[1]) Obersteiner: Anleitung beim Studium des Baues der nervösen Centralorgane im gesunden und kranken Zustande (Deuticke, Wien 1888).

Schnitten des Centralnervensystems mit carminsaurem Ammoniak in 3 bis 5 Minuten empfohlen).

Es giebt bestimmte Stoffe, welche ein dauerndes Haften der Farbstoffe an dem Gewebe erleichtern event. allein ermöglichen: die Beizen. Solche sind z. B. Alaun, kohlensaures Ammoniak, kohlensaures Lithium, Kupfersalze, Eisensalze etc.

Erste Abtheilung: Carmin, Hämatoxylin, Purpurin, Indigcarmin.

1) **Carmin.** Derselbe wird aus der Cochenille, einer Schildlaus, gewonnen, und stellt eine Mischung von mehreren und je nach der Herstellung verschiedenen Stoffen dar. Aus dieser kann man die reine Carminsäure darstellen, die indessen kaum verwandt wird. Die im Handel vorkommenden Sorten sind sehr verschieden gut, man darf nur die beste benutzen: Carmin Nakarete (Preis à Kilo 60 M. und mehr). Ich kann mit Gierke (3. I. p. 74), Frey (5. p. 90) und anderen nur übereinstimmen, wenn sie finden, dass neuerdings in der Bereitungsweise des Carmins sich etwas geändert haben müsse, was ihn für mikroskopische Zwecke weniger geeignet mache, ich habe diese Beobachtung, so viel ich mich erinnere, seit Ende der siebziger Jahre gemacht.

a) Carminsaures Ammoniak. Das älteste 1858 von Gerlach publicirte Färbemittel. Gruppe a, sehr constant. Darstellung: zunächst einfache Auflösung des zerriebenen Carmins in Ammoniak, dann Neutralisirung durch Verdunsten des überflüssigen Ammoniaks. Diese sehr einfache Darstellungsweise wird nun aber dadurch complicirt, dass die Erfahrung die eigenthümliche Thatsache festgestellt hat, dass erst noch ein länger dauernder Fäulnissprocess hinzu kommen muss, um der Lösung ihre volle Leistungsfähigkeit zu verleihen. Gierke empfiehlt zu diesem Zwecke dieselbe wenigstens zwei Jahre lang gut verkorkt stehen zu lassen. Schneller geht es nach der Methode von Betz (7. IX. p. 113): man verreibe den Carmin mit einem Quantum Wasser, bis sich eine syrupartige Masse bildet, auf diese giesse man unter stetem Rühren Ammoniak, die so erhaltene Carminammoniaklösung verdünne man mit einem grossen Quantum Wasser und filtrire sie. Die filtrirte Lösung lasse man in einem unverkorkten Gefässe aus grünem Glase in der Sonne stehen, bis ein schmutzig rother flockiger Niederschlag erscheint (stinkt die Lösung dabei, so schadet das durchaus nichts), dann filtrire man wieder und wiederhole dieses noch ein- bis zweimal, dann hört die

Bildung des Niederschlages auf, der Geruch schwindet, und die Lösung ist jetzt gebrauchsfähig. Man verwendet sie sehr verdünnt (hellrosa) und lässt sie 24 Stunden und mehr einwirken.

In neuerer Zeit hat man diesen Farbstoff auch als trocknes, haltbares Pulver in den Handel gebracht: carminsaures Ammoniak nach Hoyer und carminsaures Natron nach Maschke. Darstellung des ersteren (Hoyer: Biol. Centralbl. II. p. 18): Je 1 g Carmin wird gelöst in einer Mischung von ca. 1 bis 2 cc starken Ammoniaks und 6 bis 8 cc Aq. dest. und in einem Glaskolben im Sandbade so lange erwärmt, bis das überschüssige Ammoniak sich verflüchtigt hat. So lange noch freies Ammoniak vorhanden ist, bilden sich beim Sieden grosse Blasen in der Flüssigkeit und letztere zeigt die gewöhnliche dunkelpurpurrothe Färbung des carminsauren Ammoniaks; ist dagegen das ungebundene Ammoniak verflüchtigt, so zeigen sich kleine Bläschen und die ammoniakalische Verbindung beginnt sich zu zersetzen, in Folge dessen nimmt die Lösung einen helleren Ton an. Man lässt nun erkalten, absetzen, und trennt schliesslich mittels Filtration den später zu neuer Lösung zu verwerthenden hellrothen Absatz von der ziemlich vollständig neutralen dunklen Flüssigkeit. Letztere kann man durch Zusatz von ein bis mehr Procent von Chloralhydrat durch längere Zeit unverändert erhalten und in gewöhnlicher Weise verwerthen, unter anderem auch zur Darstellung von rother Leiminjectionsmasse. Das Chloral zersetzt sich nicht in neutraler Carminlösung; bei Ueberschuss von Ammoniak entwickelt sich dagegen sofort Chloroform, das sich durch seinen Geruch alsbald zu erkennen giebt. Versetzt man nun die neutrale Carminlösung mit dem 4 bis 6fachen Volumen von starkem Alkohol, so bildet sich ein umfangreicher hellrother Niederschlag. Derselbe wird durch Filtration von der rothen, nur geringe Mengen von Carmin gelöst enthaltenden Flüssigkeit getrennt, gewaschen und getrocknet oder durch Uebergiessen mit Alkohol, in welchem etwas Glycerin und Chloral gelöst ist, in eine Paste verwandelt. Beide Producte, das Pulver sowohl wie die Paste, können Monate bis Jahre lang unverändert aufbewahrt werden; sie lösen sich leicht, insbesondere die weiche Paste, und vollkommen klar in destillirtem Wasser, zumal beim Erwärmen. Die Lösung hält sich lange Zeit unverändert, zumal bei Zusatz von geringen Mengen Chloral (1 bis 2 %), und zeigt ein intensives Färbungsvermögen, welches das der gewöhnlichen Carminlösung bedeutend übertrifft. Die mittleren Carminsorten scheinen sich für dieses Präparat besser zu eignen als die theureren, welche aus der ammoniakalischen Lösung entweder garnicht oder nur sehr unvollständig niedergeschlagen werden. Ueberhaupt kommt

es sehr auf die Carminsorte an. — Das carminsaure Natron scheint, wenigstens, was die käuflichen Präparate anlangt, noch sicherer zu wirken (zu beziehen von Apotheker Otto Bloch, Breslau, Neumarkt 20, 10 g à 3 M.). Nach Gierke (3. I. p. 543) kann man carminsaures Natron allein oder mit Pikrinsäure (siehe Doppelfärbungen) verwenden. Man benutze eine recht schwache Lösung, ganz leicht rosaroth, und setze zu dieser etwas kohlensaures Ammoniak (auf 20 cc Farblösung 2 bis 4 Tropfen einer concentrirten wässerigen Lösung), das als Beize wirkt, und auch bei den ausgefaulten Lösungen sich bildet. Dauer der Einwirkung etwa 24 Stunden und mehr. — Man vermag die Färbung durch Erwärmen sehr zu beschleunigen.

Das carminsaure Ammoniak ist verwendbar für alle möglichen Gewebe nach Alkohol und Chroms. Salzen, am vorzüglichsten für Centralnervensystem (und hier wieder am besten, wenn nach den Chroms. Salzen absolut kein Alkohol mit dem Präparat in Berührung gekommen ist). Nach der Färbung wasche man in Aq. dest. aus und hebe beliebig auf. — Es färben sich nicht nur die Kerne, sondern in verschiedenen Nuancen auch andere Gewebstheile, beim Centralnervensystem Axencylinder und Nervenzellen.

Einfacher herzustellen sind die folgenden viel angewandten Flüssigkeiten, von denen indessen keine die Eigenthümlichkeiten der vorigen besitzt.

b) Alaun-Carmin. (Grenacher 7. XVI. 1879. p. 463 ff.) Gruppe a, sehr constant. Darstellung: Man koche eine 1- bis 5procentige Lösung von Alaun (Kalialaun) mit 0,5 bis 1% gepulverten Carmins ca. 10 bis 20 Minuten lang, und filtrire nach dem Erkalten. Man kann den Farbstoff auch in concentrirterer Lösung oder trocken darstellen. Dauer der Einwirkung für Präparate aus Alkohol, Chroms. Salzen, Pikrinsäure, 10 Minuten bis beliebig lange, Ueberfärbung tritt nicht ein, für solche aus Osmium, Flemming'scher Chrom-Osmium-Essigsäure 1 bis 2 Tage, dann Auswaschen in Aq. dest. für 10 Minuten bis 24 Stunden, letzteres besser. Zum Durchfärben zu brauchen. Zu diesem Zwecke wird auch als besser wirkend der Zusatz von Osmium empfohlen: zu 50 bis 60 g Aq. dest. setze man Alauncarmin bis die Mischung dunkelrosa, fast roth, geworden ist, hierzu füge man 10 Tropfen einer Lösung der Ueberosmiumsäure von 2 zu 1000. Die Objecte bleiben hierin 36 Stunden, im Dunkeln (6. p. 88). — Ausgezeichnetes Kernfärbungsmittel, doch färben sich auch manche andere Theile leicht, so z. B. Muskeln. Farbe bläulichroth. Einschluss beliebig.

c) Borax-Carmin (Grenacher 7. XVI. 1879. p. 463 ff.) Gruppe b, sehr constant. Darstellung: Eine 1- bis 2procentige Lösung von Borax wird mit 0,5 bis 0,75% Carmin gekocht; die so erhaltene Lösung wird mit verdünnter Essigsäure versetzt bis sie die Färbung der gewöhnlichen ammoniakalischen Carminlösung angenommen hat. Dann lässt man 24 Stunden stehen, dekantirt oder filtrirt. Dauer der Einwirkung: für Präparate aus Alkohol, Chroms. Salzen, Pikrinsäure 5 bis 10 bis 30 Minuten, Färbung diffus, dann direct zum Auswaschen in Salzsäure-Alkohol (Alkohol von 50 bis 70%, auf je 5 cc 1 Tropfen Salzsäure, ungefähr 1 : 100) für einige Minuten, dann Auswaschen und Entwässern in Alkohol 96%, Oel, Lack, oder in Wasser, Glycerin oder Farrant'sche Mischung. — Reines Kernfärbungsmittel, hellcarminroth, sehr zu empfehlen.

d) Lithion-Carmin (Orth Berlin. klin. Wochenschr. 1883 p. 421) Gruppe b, sehr constant. Darstellung: Man löse 2·5% Carmin in einer gesättigten Lösung von Lithium carbonicum, filtrire dann. Im Uebrigen ganz wie c. — Sehr zu empfehlen.

e) Alkoholischer Borax-Carmin (Grenacher 7. XVI. 1879. p. 468) Gruppe b, sehr constant. Man löse 2 bis 3% Carmin in einer 4procentigen wässerigen Boraxlösung, setze 70procentigen Alkohol in gleichem Volumen zu, und filtrire nach einiger Zeit. Hierin lasse man die Objecte verweilen, bis man eine Durchfärbung annehmen kann, übertrage sie dann direct in Salzsäure-Alkohol (4 bis 6 Tropfen auf je 100 cc), lasse sie in diesem längere Zeit verweilen, dann Auswaschen in salzsäurefreiem Alkohol. — Es wird empfohlen (6 p. 95) den Alkoholgrad dieser Mischung bis auf 70% zu erhöhen, da dann die Zellen sich besser conserviren. Dieser Borax-Carmin färbt auch die mit Flemming'scher Chrom-Osmium-Essigsäure behandelten Präparate, falls diese eben gut ausgewaschen sind (6 p. 96). — Helle carminrothe Kernfärbung; sehr zu empfehlen. Einschluss beliebig.

f) Alkoholischer Salzsäure-Carmin (Grenacher (7. XVI, 1879. p. 468 ff.) Gruppe b, sehr constant. Man koche in Salzsäure-Alkohol (3 bis 4 Tropfen auf 50 cc eines 60- bis 80procentigen Alkohols) gepulverten Carmin (auf 50 cc eine Messerspitze) 10 Minuten lang, und filtrire nach dem Erkalten. Man probire diese Lösung an einem Schnitt: färbt sich dieser in 5 bis 10 Minuten diffus, findet namentlich eine auffallende Mehrablagerung des Farbstoffes an den Rändern, an den Unebenheiten etc. des Präparates statt, so muss man vorsichtig und tropfenweise Salzsäure zusetzen und wieder probiren. Tritt dagegen gleich oder nach einigen Tagen eine prononcirte gelbröthliche Färbung

der Lösung auf, so muss man das Uebermaass der Salzsäure durch Ammoniak, ebenfalls sehr vorsichtig, neutralisiren, wobei die Färbung sich wieder mehr purpurn nüancirt. Zeigen sich die Schnitte des durchgefärbten Objectes doch schliesslich noch etwas diffus gefärbt, so wäscht man mit Alkohol aus, der nur sehr wenig Säure enthält. — Helle carminrothe Kernfärbung. Ebenfalls recht empfehlenswerth. Einschluss beliebig.

Diese beiden letzten Lösungen würden also zum Durchfärben von Objecten vor dem Schneiden zu verwenden sein.

g) Saurer Carmin nach Cuccati (3. IV. p. 50 u. 51) Gruppe b, constant. Darstellung: Man löse 20 g kohlensauren Natrons in 100 cc erwärmten Wassers, setze die Lösung aufs Feuer und füge nun 5 g besten, pulverisirten Carmins zu, rühre um und decke zu. Sobald die Flüssigkeit kocht, nehme man sie vom Feuer ab und setze 30 cc absoluten Alkohols zu. Dann lasse man in dem halbgeschlossenen Gefässe erkalten, filtrire am folgenden Tage, und füge dem Filtrat allmählich 300 cc Aq. dest. zu, die mit 8 cc einer 20procentigen wässerigen Lösung von Essigsäure angesäuert sind. Dann setze man noch 2 g Chloralhydrat zu. Schnitte oder auch ganze Stücke, die mit Alkohol, Sublimat, Kleinenberg'scher Pikrin-Schwefelsäure gehärtet sind, färben sich darin in einer Zeit von einigen (bis 12) Stunden. Man nehme die Färbung in einem gut geschlossenen Gefässe vor; spüle dann die Schnitte oder Stücke für einige Sekunden in Aq. dest. ab und wasche darauf in Salzsäure-Alkohol (1 Vol. Procent) aus. — Distincte Kernfärbung (Chromatin) und dabei die Eigenthümlichkeit, dass die Augenpigmente in derselben Zeit entfärbt werden, in welcher die Kernfärbung vor sich geht. — Einschluss beliebig. Am sichersten in Lack.

h) Alaun-Cochenille. (Czokor, 7. XVIII. p. 413). Gruppe a, constant. Statt des Carmins kann man auch die Cochenille selbst verwenden. Darstellung: Man verreibe 7 g Cochenille und 7 g gebrannten Alaun (Kalialaun) fein in einer Reibschale, setze dazu 700 cc Aq. dest., bringe das Ganze zum Sieden, und koche auf 400 cc ein. Nach dem Abkühlen setze man eine Spur Carbolsäure zu (zur besseren Conservirung) und filtrire einigemale. Später muss die Flüssigkeit ab und zu wieder filtrirt und mit Carbolsäure versetzt werden. Am besten filtrire man vor jedesmaligem Gebrauch. — Für Präparate nach beliebiger Härtung. Dauer der Einwirkung: für Alkoholpräparate genügen wenige (3 bis 5) Minuten, für Präparate, auf welche Chromsäure oder Chromsaure Salze eingewirkt haben, braucht man 3 bis 5 und mehr Stunden. — Distincte, bläuliche Färbung des Chromatins der Kerne, andere Ge-

webselemente nehmen verschiedene rothe Töne an. Das Zwischengewebe färbt sich mehr, wenn der Farbstoff aus der feineren Cochenille (kleinere Thiere von dunkelrother Farbe, welche an der Oberfläche wie mit Asche übersäet erscheinen) dargestellt ist, weniger bei Anwendung der „Blut-Cochenille". — Einschluss am besten in Balsam oder Damarlack, event. auch in neutralem Glycerin, Säuren sind zu vermeiden.

2) **Hämatoxylin.** Krystallinisch, aus dem Blau- oder Campecheholz (Logwood), Hämatoxylon campechianum gewonnen. Es wird nur in Verbindung mit Beizen angewendet, als welche verschiedene Alaune, chromsaure Salze und Metallsalze dienen.

a) Alaun-Hämatoxylin (Delafield 3. II, p. 288) Gruppe a, constant für: Lack, Farrant'sche Lösung, nicht constant für: Glycerin, Levulose. Darstellung (für 600 cc): Zu 400 cc einer gesättigten Lösung von Ammoniak-Alaun setze man 4 g krystallisirten Hämatoxylins gelöst in 25 cc starken Alkohols. Es tritt zunächst eine hell violette oder schmutzig rothe Farbe auf, setzt man dann die Flüssigkeit in einer nicht verschlossenen Flasche für 3 bis 4 Tage der Luft und dem Lichte aus, so wird die Farbe dunkler und es bildet sich ein Niederschlag. Man filtrire, und setze je 100 cc Glycerin und Methylalkohol (CH_4O) zu. Dann lasse man die Flüssigkeit stehen, bis die Farbe dunkel geworden ist, filtrire, und bewahre in einer gut geschlossenen Flasche auf. Man verwende die Lösung erst nach frühestens zwei Monaten (6. p. 107). — Man wendet diese ganz vorzügliche Färbeflüssigkeit am besten so stark mit Wasser verdünnt an, dass sie ganz hellviolett aussieht, und lässt die Schnitte ein bis zwei Tage liegen (so namentlich auch für Präparate aus Chrom-Osmium-Essigsäure und ähnl.), indessen kann man auch mit weniger stark verdünnter Lösung schnell färben (3 bis 30 Minuten), dann in jedem Falle Auswaschen in Aq. dest., am besten für 24 Stunden, doch genügen auch schon für nicht sehr hohe Ansprüche wenige Minuten. — Dunkel blau-violette Kernfärbung.

b) Alaun-Blauholzextract. Gruppe a, constant für Lack, ob auch für Farrant'sche Lösung, kann ich nicht angeben, nicht constant für Glycerin, Levulose. Darstellung: Man übergiesse das käufliche Blauholz mit Aq. dest. und lasse längere Zeit (Tage, Wochen) stehen. Den so gewonnenen Extract versetze man mit einer kalt gesättigten wässerigen Alaunlösung (Kalialaun) unter stetem Umrühren, bis eine schön burgunderrothe Färbung entsteht, dann lasse man 24 Stunden stehen und filtrire. — Die so gewonnene Lösung färbt Präparate aus Alkohol, Chromsauren Salzen schnell (in wenigen Minuten) und gut,

namentlich bei längerem Auswaschen in Aq. dest. Distincte Kernfärbung, leichte Töne auf anderen Gewebstheilen — Ist die Färbung zu intensiv geworden, so bringe man die Präparate für ganz kurze Zeit in Salzsäure-Alkohol, wie bei Borax-Carmin, doch ist der Farbstoff gegen diesen sehr empfindlich, und man thut gut, das Wasser, in welchem man nach dem Salzsäure-Alkohol auswäscht, ganz leicht alkalisch zu machen, es wird dann der Farbenton auch wieder schön blau. — Da der Farbstoff leicht absetzt, so filtrire man vor jedesmaligem Gebrauch, am besten nur soviel, als man gerade zur Färbung verwenden will.

c) Hämatoxylin. — Einfach chroms. Kali (Heidenhain) (7. XXVII. p. 383) Gruppe a, constant für Lack. Zum Durchfärben anzuwenden. Methode: Die in Alkohol oder besser zuerst in Pikrinsäure (gesättigte Lösung) und darauf in Alkohol erhärteten Gewebsstücke werden auf 12 bis 24 Stunden in eine wässerige Lösung von Hämatoxylin ($^1/_3$ Procent) und darauf in eine $^1/_2$procentige Lösung des gelben einfach chroms. Kali ebenfalls auf 12 bis 24 Stunden gelegt. Dann Entwässerung in Alkohol, Einschmelzen in Paraffin etc. Graublaue Färbung der Kerne (Mitosen: Körnchen der Fäden), Protoplasmanetze (z. B. in Schleimzellen, Becherzellen).

d) Doppeltchromsaures Kali (nach Müller oder Erlicki) — Hämatoxylin-Kupfer (Weigert, Fortschritte der Medicin, Bd. II, 1884 No. 6 und Bd. III, 1885 No. 8) Gruppe b, constant in Lack. Speciell geeignet für Darstellung der markhaltigen Nervenfasern, am besten derer des centralen Nervensystems und hierfür ausgezeichnet. Methode: Die Präparate müssen in doppeltchromsaurem Kali (d. h. in Müller'scher oder Erlicki'scher Flüssigkeit) gehärtet sein, und dürfen vor der Behandlung mit dem Farbstoffe nicht mit Wasser in Berührung kommen, daher auch nicht ausgewaschen werden. Man lege sie direct in steigenden Alkohol. Dann Einbettung in Celloidin. Darauf kommen die Stücke in essigsaures Kupferoxyd (eine gesättigte, filtrirte Lösung dieses Salzes mit gleichem Volumen Wasser verdünnt) und bleiben hierin im Brütofen 1 bis 2 Tage (d. h. also in einem auf Körpertemperatur, 37 bis 40° C., erwärmten Kasten, z. B. dem oben p. 187 erwähnten Trockenapparate). Dann Aufbewahren in 80procentigem Alkohol. Auch schon grün gewordene Objecte können verwandt werden. — Ich habe es angenehmer gefunden, erst die Schnitte mit Kupfer zu behandeln, und zwar während 24 Stunden in Stubentemperatur. Sehr vortheilhaft scheint es mir auch, die Schnitte (namentlich, wenn sie von Präparaten stammen, die schon lange gelegen haben) zuerst

noch für 24 Stunden in Müller'sche Flüssigkeit zu legen; thut man dieses, so kann man mit gutem Erfolge auch Objecte verwenden, welche vorher mit Wasser in Berührung gekommen, z. B. ausgewässert sind. Also: der Schnitt kommt aus dem Alkohol von 80 Procent in Müller-sche Flüssigkeit für 24 Stunden, dann kurzes Abspülen in Alkohol von 80 Procent, dann für 24 Stunden in essigsaures Kupfer, Abspülen in Alkohol von 80 Procent, nun folgt sowohl für die aus den durchkupferten Stücken angefertigten Schnitte wie für die anderen die Färbung: Einlegen in folgende Lösung:

Hämatoxylin	0·75 bis 1·0 g
Alkohol	10·0 g
Wasser	90·0 „

diese Mischung kochen und einige Tage stehen lassen. 100 cc davon werden mit 1 cc einer kaltgesättigten Lösung von Lithium carbonicum versetzt. In dieser bleiben die Schnitte 2 bis 24 Stunden (am besten lange!), dann Abspülen in Aq. dest. Hieraus gelangen dieselben in die Differenzirungsflüssigkeit:

Borax	2·0 g
Rothes Blutlaugensalz	2·5 „
Aq. dest.	100 cc

Diese Mischung wird mit 100 cc Aq. dest. verdünnt, worin dann, nach 15 bis 60 Minuten ungefähr, die dunkelblauschwarzen Nervenfasern gegenüber dem hellbraunen sonstigen Gewebe sich scharf abheben. Dann mehrfaches Abspülen in Wasser, Alkohol 96 Procent, Oel, Canadabalsam oder Damarlack.

e) Doppeltchromsaures Kali (Müller, Erlicki) — Hämatoxylin — Essigsäure (Kultschitzky: Anat. Anz. IV. p. 224). Neuerdings hat Kultschitzky eine sehr viel einfachere Färbungsmethode für die markhaltigen Fasern des Centralnervensystems angegeben, welche dasselbe leisten soll wie die Weigert'sche. Methode: Man lege Schnitte des (wie unter d) mit Müller'scher oder Erlicki'scher Flüssigkeit gehärteten Centralnervensystems (die nicht mit Wasser in Berührung gekommen event. sonst von Neuem in Müller'sche Flüssigkeit eingelegt worden sind) in die folgende Mischung:

Essigsäure, 2procentig	100 cc
Hämatoxylin, in einer kleinen Quantität Alkohol gelöst	1 g

In dieser bleiben dieselben bis zu 24 Stunden, dann Auswaschen in Alkohol, Lackeinschluss. Noch distincter wird die Färbung, wenn man die intensiv gefärbten Schnitte zunächst auf 24 Stunden in eine gesättigte Lösung von Natron oder Lithion carbonicum bringt. — Die Versuche,

welche ich bis jetzt damit angestellt habe, lieferten mir nicht so gute Bilder wie die WEIGERT'sche Methode.

f) Doppeltchromsaures Kali (MÜLLER, ERLICKI) — Hämatoxylin nach PAL (Med. Jahrb. Neue Folge. 1887. p. 589 bis 591) Gruppe b, constant in Lack. Eine weitere gute Methode zur Färbung der markhaltigen Fasern des Centralnervensystems ist die von PAL vor Kurzem angegebene. Methode: Stücke vom Centralnervensystem, die in MÜLLER'scher Flüssigkeit gehärtet worden sind und soeben den schnittfähigen Zustand erlangt haben, werden aus jener Flüssigkeit eingebettet, in Alkohol geschnitten und aus diesem in die Färbeflüssigkeit gebracht. Diese besteht aus einer $^3/_4$procentigen, wässerigen Hämatoxylinlösung, die heiss bereitet wird, und der nach dem Erkalten etwas Alkohol zugesetzt wird. Die Lösung darf nicht alt sein, und nicht im Sonnenlicht gestanden haben. Das Lithion carbonicum (2 cc einer gesättigten Lösung auf 100 cc Hämatoxylinlösung), oder 3 bis 4 Tropfen auf 10 cc wird erst kurz vor Hineinlegen der Schnitte hinzugesetzt. Diese verweilen in der Lösung 5 bis 6 Stunden und werden dann in Wasser abgewaschen, dem einige Tropfen einer gesättigten Lösung von Lithion carbonicum zugesetzt worden sind. Dann Entfärbung: Das Präparat wird gelegt: für 15 bis 20 Sekunden in eine $^1/_4$procentige Lösung von Kalium hypermanganicum, dann in die Säuremischung (1·0 Acidum oxalicum, 1·0 Kalium sulfurosum (K_2 SO_3), 200 Aq. dest., kalt zu bereiten und in wohlverschlossener Flasche aufzubewahren) bis zur völligen Entfärbung des Zwischengewebes. Dann waschen. Nachfärbung mit Alauncarmin, oder, um die Zellen hervortreten zu lassen, kurze Färbung in Pikrocarmin, das nur wenig ammoniakalisch sein darf, dann waschen. (Alauncarmin: 2·0 g Carmin in 500 cc einer 5procentigen Alaunlösung [Kalialaun] durch 20 bis 30 Minuten gekocht und kalt filtrirt). Auch Blauholzextract in einprocentiger Lösung soll sich nach FREUD für dieses Verfahren statt des theuren Hämatoxylins eignen.

g) Hämatoxylin-Eisen (HERXHEIMER. Fortschritte d. Medic. IV. 1886. p. 785 ff.) Gruppe b, constant in Lack. Methode: Man stelle sich die folgende Lösung her:

Hämatoxylin	1 g
Alkohol absol.	20 cc
Aq. dest.	20 „
Lithion carbonicum in kalt gesättigter Lösung	1 „

In diese Flüssigkeit bringe man:

1) Schnitte, an denen man das elastische Gewebe färben will (nach Härtung in MÜLLER'scher Flüssigkeit [am besten] oder Alkohol, auch

Pikrinsäure oder Flemming'scher Flüssigkeit) für 3 bis 5 Minuten oder auch bis zu einer Stunde. Uebertrage dieselben dann in die officinelle Eisenchloridlösung (Liquor ferri sesquichlorati), in der sie 5 bis 20 Sekunden verbleiben. Hier findet zunächst die Bildung des Eisenlacks, dann aber auch die Entfärbung statt. Man muss sich hüten, die Präparate zu lange darin zu lassen, da sonst leicht die feineren Fasern verloren gehen. Dann Abspülen in Wasser, wobei die Schnitte Farbstoff abgeben, Alkohol, Oel, Lack. Die einmal benutzte Farbstofflösung kann noch öfter verwendet werden, vorausgesetzt, dass nichts von der Eisenchloridlösung hineingekommen ist. Die elastischen Fasern erscheinen blauschwarz bis tiefschwarz, das umliegende Bindegewebe hellgrau oder hellblaugrau. Die Kerne färben sich gleichfalls zu einem grossen Theil. — Die Stücke kann man in Celloidin oder Paraffin einbetten, ersteres ist für die Färbung noch günstiger. — Die Methode ist sehr zu empfehlen.

2) Schnitte des Centralnervensystems, um die markhaltigen Fasern zu färben, wie durch die Weigert'sche Methode. Härtung wie bei dieser; die Schnitte kommen direct in die Färbeflüssigkeit für etwa 2 Stunden, dann in das Eisenchlorid für eine etwas längere Zeit als es bei den elastischen Fasern nöthig war. Die weitere Behandlung ebenso. Die Grundsubstanz hebt sich nicht ganz so scharf gegen die Nervenfasern ab wie bei der Weigert'schen und namentlich der Pal'schen Methode.

3) **Purpurin**. Dasselbe wird gewonnen aus der Wurzel von Rubia tinctorum, gehört somit zu den Krappfarbstoffen, zusammen mit dem Alizarin. Es ist sehr zu empfehlen als Alaun-Purpurin (Grenacher, 7. XVI. 470). Gruppe a, constant. Darstellung: Man löse 1 bis 3 Procent Alaun (Kalialaun) in entweder ganz reinem oder doch nur mit sehr wenig Wasser verdünntem Glycerin und koche damit das Purpurin (eine Messerspitze auf 50 cc jener Lösung), ohne Alkoholzusatz. Die erhaltene, schön orangerothe, stark fluorescirende Flüssigkeit lasse man 2 bis 3 Tage ruhig stehen, dann filtrire man. Die Lösung hält sich sehr gut. Man lege die Schnitte (nach Alkohol, chromsauren Salzen) für 10 bis 30 Minuten ein. Die Kernfärbung ist distinct, sehr zart, rosa, und eignet sich daher besonders gut für Gewebe mit sehr vielen Kernen: Lymphknoten etc.

4) **Indigcarmin (Indigschwefelsaures Natron)**. Es ist für die Färbung nicht nöthig, jenes oben p. 177 angeführte theure, reine Präparat zu verwenden, man kommt mit dem im Handel befindlichen aus. Betreffs der Anwendung siehe: Doppelfärbungen.

Zweite Abtheilung: Die Theerfarbstoffe.

Aus dem Steinkohlentheer wird eine Menge von ausserordentlich schönen Farbstoffen aller Farben gewonnen, hauptsächlich durch Umwandlungen des Anilin (resp. dieses mit Toluidin). Daher der Name: Anilinfarbstoffe. Dieselben haben sich auch in der histologischen Technik ein weites Feld erobert, doch sind sie bis jetzt im Ganzen wichtiger geworden für die Pathologen (durch die Möglichkeit der Bacterienfärbung) als für die Anatomen. Indessen auch die Erforschung der normalen Gewebe hat manchen Fortschritt der Anwendung dieser Farben zu verdanken, namentlich in Bezug auf Kern- und Zellstructuren und specifische Auslese bestimmter Elemente. Ferner haben die Doppelfärbungen einen Gewinn von ihnen gezogen, insofern manche Anilinfarbstoffe sich ausgezeichnet als diffuse Grundfarben erweisen. Die ebenfalls zu diesen Stoffen gehörige Pikrinsäure haben wir oben schon als Fixirungsmittel kennen gelernt. Ich werde mich hier damit begnügen, die wesentlichsten der in der normalen Histologie zur Anwendung kommenden Stoffe genauer anzuführen, und werde ihre Anwendungsweise theils hier theils bei den einzelnen Capiteln der Histologie näher angeben.

Im allgemeinen ist über die Anilinfarben folgendes zu sagen:

1) Dieselben wirken in den meisten Fällen zunächst diffus, erst durch Auswaschen kann bei manchen eine distincte Färbung erzielt werden.

2) Die Färbung ist häufig nicht sehr constant, am besten hält sie sich in dem weiter unten in Capitel XI erwähnten Damarlack oder auch in Xylol-Canadabalsam, Terpentin-Canadabalsam (Chloroform-Canadabalsam ist zu vermeiden). — In den Aufhellungsflüssigkeiten lasse man die Präparate nur möglichst kurze Zeit; zu empfehlen sind: Cedernholzöl, Bergamottöl, Xylol. — Das Licht wirkt öfter verändernd oder zerstörend.

3) Farbstofflösungen ändern mitunter im Laufe der Zeit (wahrscheinlich durch Lichteinfluss) ihren Charakter.

4) Die Farbstoffe sind sehr empfindlich, daher einerseits für specifische Färbungen sehr geeignet, andererseits in ihrer Wirkung durchaus abhängig von der Vorbehandlung des Objectes.

5) In den Schlüssen, welche man aus den durch dieselben gewonnenen Färbungsresultaten zieht, muss man äusserst vorsichtig sein, namentlich darf man aus der Gleichfärbung verschiedener Elemente nicht auf eine Gleichartigkeit oder Zusammengehörigkeit derselben schliessen (wozu die specifische Anwendung leicht verführt!).

6) Zur Lösung der Farbstoffe verwendet man Aq. dest., Jodserum, Kochsalzlösung, Alkohol, Anilinwasser. Dieses letztere erhält man, wenn man das käufliche Anilinöl (gewöhnlich nicht ganz reines Anilin) mit Wasser schüttelt, in dem es sich in geringen Mengen (etwa 3%) löst. Dasselbe erlaubt eine concentrirtere Lösung zur Anwendung zu bringen.

7) Zum Auswaschen benutzt man im allgemeinen Alkohol 96% oder absoluten und Salzsäure-Alkohol (1 : 200 bis 1000 Alkohol absol.), mitunter complicirtere Methoden.

8) Die Farbstoffe färben bisweilen das frische, lebende Gewebe.

9) In Celloidin eingebettete Präparate eignen sich in manchen Fällen nicht zur Anilinfärbung.

10) Die käuflichen aus verschiedenen Fabriken stammenden Farbstoffe sind bei gleichem Namen in ihrer Wirkung gewöhnlich verschieden, so auch häufig die von derselben Fabrik zu verschiedenen Zeiten gelieferten Stoffe. Hierzu kommt noch, dass jede Fabrik unter dem gleichen Namen eine ganze Anzahl Farbstoffe zu führen pflegt, die dann durch Nebenbezeichnungen, z. B. Buchstaben, unterschieden werden. So giebt es eine ganze Gruppe von Safraninen, Nigrosinen, Methylvioletten etc. Findet man daher einen gut wirkenden Stoff, so verschaffe man sich von demselben sofort eine grössere Quantität.

Wer sich specieller über die chemische Beschaffenheit und Verwandtschaft dieser Stoffe unterrichten will, sei verwiesen auf: Gierke: Färberei etc. 3. I. 1884 und II. 1885 und Nietzki, R.: Organische Farbstoffe. Breslau, Trewendt. 1886.

Es werden hauptsächlich verwandt:

Rothe Farbstoffe: Safranin, Eosin, Fuchsin (Diamantfuchsin), Magdalaroth, Congoroth.

Orange Farbstoffe: Orange.

Gelbe Farbstoffe: Pikrinsäure, Echtgelb.

Braune Farbstoffe: Vesuvin, Bismarckbraun.

Grüne Farbstoffe: Methylgrün, Jodgrün, Malachitgrün.

Blaue Farbstoffe: Methylenblau, Anilinblau, Victoriablau R. und 4 R., Cyanin, Wasserblau, Alkaliblau.

Dunkelblaugrau bis schwarz: Nigrosin, Anilinschwarz.

Violette Farbstoffe: Methylviolett 5 B., Dahlia, Jodviolett, Gentianaviolett.

Allgemeiner werden von diesen angewendet zu Kernfärbungen: Bismarckbraun, Vesuvin, Methylenblau, Methylvio-

lett 5B., Dahlia, Gentianaviolett in wässerigen Lösungen von 0·5 % oder etwas mehr oder weniger bei Präparaten aus Alkohol oder Chromsauren-Salzen-Alkohol, die Färbung tritt schnell ein (meist in 5 bis 10 Minuten, in manchen Fällen allerdings auch erst nach ½ Stunde oder mehreren Stunden), Auswaschen in Alkohol 96 %, Aufhellen in Xylol, Cedernholzöl oder Bergamottöl, Lack- oder Balsameinschluss. Wünscht man nicht gerade einen besonderen Farbenton zu erzielen, so würden meist die oben angeführten Stoffe: Carmin, Hämatoxylin, Purpurin vorzuziehen sein.

Die braune distincte Färbung des Bismarckbrauns und Vesuvins ist allerdings sehr schön, namentlich auch klar und durchsichtig und daher für sehr kernreiche Objecte zu empfehlen; dieselbe kann zum Photographiren vortheilhaft sein (6. p. 129). Präparate, die so gefärbt sind, lassen sich auch in Glycerin aufheben; ausserdem natürlich in Damarlack oder Canadabalsam.

Für ganz bestimmte Zwecke würden die folgenden Farbstoffe zu empfehlen sein:

1) **Methylgrün.** Dieser Farbstoff wird speciell für Kernuntersuchungen gebraucht und hat für diese die wichtige Eigenschaft, dass er ganz ausschliesslich Chromatin färbt. Ausserhalb des Kerns auch noch andere Substanzen. Anwendung: Man bringe das Stückchen frischen Gewebes in eine ziemlich starke wässerige Lösung des Farbstoffes, welcher man 1 % Eisessig und 0·1 bis 1 % Osmiumsäure zugesetzt hat. Die Färbung tritt sofort ein und das Object ist fixirt. Man hebt derartige Präparate entweder in Glycerin auf, dem man ein wenig von der Methylgrünlösung zugesetzt hat, oder in Balsam, indem man zum Entwässern Alkohol anwendet, der mit Essigsäure angesäuert ist und eine genügende Quantität von Methylgrün enthält (6. p. 126, 127 und 326).

Auch kann man zur schnellen Färbung und Fixirung einfach eine einprocentige Essigsäure anwenden, die etwas Methylgrün gelöst enthält (Strasburger, 7. XXI. p. 477), man erhält so sehr schnell Orientirungspräparate, die sich aber nicht aufheben lassen.

Ferner für die Darstellung der Kerntheilungen (Mitosen):

2) **Safranin** (Flemming): Schnitte von Präparaten, welche in Flemming'scher Chrom-Osmium-Essigsäure gehärtet sind, kommen (event. auf dem Objectträger aufgeklebt) in eine Lösung von:

Safranin	1 g.
Alkohol abs.	100 cc.
Aq. dest.	200 „

und verbleiben in dieser entweder 24 Stunden oder kurze Zeit in der Wärme. Dann spüle man sie kurz in Salzsäure-Alkohol ab (1 auf 200 bis 1000 Alkohol absol.), dann ebenso in Alkohol absol., darauf Cedernholzöl oder Xylol, Lack oder Balsam.

3) **Methylviolett 5 B.** (Graser. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie. Bd. XXVII. 1888. p. 538 bis 584 und 3. V. p. 378. Referat.) Die wie bei 2 vorbehandelten Schnitte werden für 24 Stunden (in der Wärme kürzer) in eine so verdünnte wässerige Lösung von Methylviolett gelegt, dass dieselbe, wenn die Schnitte Farbstoff aufgenommen haben, fast farblos erscheint. Weitere Behandlung wie bei 2. Sehr kurze Zeit in den Alkoholen. Sehr zu empfehlen.

4) **Gentianaviolett** (Bizzozero: 3. III. p. 24 bis 27 und 3. IV. p. 489). Schnitte von Geweben, die in absolutem Alkohol oder in Flemming'scher Flüssigkeit — Alkohol gehärtet sind, kommen für 5 bis 10 Minuten in Ehrlich'sche Flüssigkeit (Gentianaviolett 1, Alkohol abs. 75, Anilinöl 3, Wasser 80), dann: Auswaschen in Alkoh. abs. 5 Sekunden; Jodlösung (Jod 1, Jodkalium 2, Wasser 300) 2 Minuten; Alkohol abs. 20 Sekunden; Chromsäurelösung (1‰) 30 Sekunden; Alkohol abs. 15 Sekunden; Chromsäurelösung noch einmal 30 Sekunden; Alkohol abs. 30 Sekunden; dann Einlegen in Nelkenöl mit 2 bis 3maligem Wechsel, der Farbstoff zieht hier noch aus, Einschluss in Damarlack. So umständlich diese Färbung auf den ersten Blick erscheint, ist sie doch einfach, wenn man sich die verschiedenen Flüssigkeiten in Schälchen nebeneinander aufstellt und nun die Schnitte überträgt. Die Zeit braucht so sehr genau nicht innegehalten zu werden.

5) **Hämatoxylin-Safranin** (Rabl. Morphol. Jahrb. X. p. 216 und 217) Schnitte von Präparaten, die in Chrom-Ameisensäure-Alkohol oder in Platinchlorid-Alkohol gehärtet waren, kommen zunächst in eine sehr verdünnte Lösung des Delafield'schen Alaun-Hämatoxylin, die Färbung muss sehr schwach sein, werden dann in destillirtem Wasser und darauf in Salzsäure-Alkohol ausgewaschen. Dann gelangen die Schnitte in Safraninlösung (concentrirte alkoholische Lösung mit der gleichen oder doppelten Menge Wassers verdünnt) für 12 bis 24 Stunden, darauf Auswaschen in absolutem Alkohol, Oel, Damarlack.

Für die Färbung elastischer Fasern sind zu empfehlen:

6) die **sauren salpetersauren Rosanilinsalze** (Unna-Taenzer. Monatshefte f. prakt. Dermatologie. VI. 1887). Die Methode ist zunächst speciell f. Haut angegeben. Methode: Das frische Object wird in Alkohol absol. gehärtet (oder in Salpeter-, Osmiumsäure, Flemming'scher Flüssigkeit fixirt und in Alkohol absol. nachgehärtet), geschnitten und

in Vesuvin, Wasserblau, Alkaliblau etc. vorgefärbt. Alsdann kommen die Schnitte in eine Lösung von:

Fuchsin	0·5 g
Aq. dest. } Alkohol }	$\overline{aa}$ 25·0 „
M. adde Acid. nitric. (25 %)	10·0 „
Solve in Alkohol q. s.	

in welcher sie 24 Stunden bleiben, darauf 2 bis 3 Sekunden lang in 25procentige Salpetersäure und zur Entfärbung des kollagenen Gewebes in schwaches Essigwasser. Sind sie hierin ziemlich entfärbt, so werden sie in absolutem Alkohol rasch entwässert, in Cedernholzöl aufgehellt und in Canadabalsam montirt.

Die auf diese Weise gefärbten elastischen Fasern heben sich dunkelroth vom braunen oder blauen Grunde ab. Dunkelblau auf rothem oder braunem Grunde erhält man sie durch Vorfärbung in Carmin (resp. Vesuvin) und Färbung in folgender Flotte:

Methylirtes Rosanilin Methylirtes Pararosanilin	$\overline{aa}$ 0·25 g
Aq. dest. Alkohol	$\overline{aa}$ 25·0 „
M. Solve, adde Acid. nitr. (25 %) Alkohol	$\overline{aa}$ 12·5 „

sonst wie oben.

Hierzu ist noch (nach den Autoren) zu bemerken, dass das Fuchsin, welches als „einfaches salzsaures Rosanilin“ bezeichnet zu werden pflegt, von dem reinen Salze sich durch ein brillanteres Färbevermögen dennoch unterscheidet.

Weiter, dass man statt des Methylirten Rosanilins und Methylirten Pararosanilins, die im Handel kaum zu haben sind, auch Dahlia verwenden kann („so dass die Vermuthung nahe liegt, es beständen gewisse Sorten von Dahlia aus methylirtem Rosanilin und methylirtem Pararosanilin“).

7) **Safranin.** (Martinotti, G. 3. IV. p. 31 ff. und Ferria, L., 3. V. p. 341 ff.) Methode: Man härte das Object in 0·2procentiger Chromsäure und wasche dann gründlich aus. Man kann auch Härtung in Alkohol absol. anwenden, wenn man die Schnitte bei 37° C. für fünf Stunden in eine wässerige Chromsäurelösung von 1 ‰ bringt, dann in Wasser abspült. Die abgespülten Schnitte kommen in die folgende Safraninlösung: 5 Theile Safranin werden in 100 Theilen Alkohol absol. gelöst, nach mehreren Tagen setzt man 200 Theile Aq. dest. zu. In dieser Lösung bleiben die Schnitte 48 Stunden, dann Auswaschen und

Entwässern in Alkohol, Aufhellen in Nelkenöl, Lackeinschluss. Die elastischen Fasern heben sich dunkelschwarzroth von dem helleren Grunde ab. Um die Intensität der Grundfärbung zu verringern, bringe man die gefärbten Schnitte für kurze Zeit in eine sehr verdünnte Lösung von Kali caust. in Alkohol, oder für längere Zeit bis 24 Stunden in Alkohol absol. — Der Erfolg der Färbung hängt sehr bedeutend ab von der Safraninsorte. Im Allgemeinen scheinen sich solche Safranine mehr zu eignen, die weniger geeignet sind zur Färbung der Mitosen. Das von Martinotti benutzte Safranin war aus der Fabrik von Th. Schuchardt, Görlitz, bezogen.

Zur Färbung von Schnitten des centralen Nervensystems eignet sich sehr das

8) **Nigrosin** oder besser gesagt: eines oder das andere der Nigrosine, denn von dieser Gattung von Farbstoffen sind durchaus nicht alle für den vorliegenden Zweck gleichwerthig und man muss eben versuchen, ob dasjenige, welches man gerade erhalten kann, brauchbar ist. Anwendung: Man nehme eine Lösung von 1 : 500 Aq. dest., lege in diese Schnitte von Stücken des Centralnervensystems, die in Müller'scher Flüssigkeit in gewöhnlicher Weise gehärtet, dann ausgewaschen, in Alkohol aufgehoben und eventuell in Celloidin eingebettet worden sind, für etwa 15 Minuten oder auch etwas länger, wasche dann etwa ebenso lange in Alkohol 96 % aus, dann Ol. Origani cretici oder Bergamottöl, Lackeinschluss. — Ist die Färbung gelungen, so müssen die Ganglienzellen und ihre Ausläufer scharf vortreten und ebenso alle Achsencylinder. Ausserdem färbt sich aber auch die Neuroglia, so dass in Folge dessen der Verlauf der Achsencylinder in der grauen Substanz nicht sehr deutlich hervortritt. Immerhin liefert die Methode sehr schöne Bilder. Der Farbenton ist am besten ein mittleres Blaugrau.

9) **Methylenblau.** Dieser Farbstoff schliesst sich hier am besten an, da er für die Färbung des Nervensystems von besonderer Bedeutung geworden ist. Ehrlich (Deutsche Medic. Wochenschrift 1886 No. 4) zeigte, dass derselbe, in das Blut des lebenden Thieres eingeführt (man muss hierzu völlig reines Methylenblau nehmen, damit es nicht giftig wirkt), die lebende Nervenfaser und zwar speciell den Achsencylinder derselben färbe. Nach Arnstein (Anat. Anz. II. 1887. p. 125 ff. und p. 551 ff.) ist die beste Methode die folgende: Einem Frosch wird durch die Vena cutanea magna 1 cc einer gesättigten wässerigen Lösung von Methylenblau eingespritzt. Zunge und Gaumen färben sich dann sofort, doch sind zunächst die Nerven noch ungefärbt und der Farbstoff befindet sich nur in den Blutgefässen. Eine bis zwei Stunden später sieht man die

blauen Nervenstämmchen in den Geschmackspapillen, gleichzeitg färben sich die dichten Nervengeflechte des Gaumens. Die motorischen Nervenendigungen färben sich später. Der Brusthautmuskel kann hier benutzt werden, um den Eintritt der Färbung zu bestimmen. „Man entfernt den einen Muskel z. B. nach zwei Stunden, und, falls ungenügende Färbung gefunden wird, wartet man mit dem Inspiciren des anderen noch ein paar Stunden. Mit den Augenmuskeln macht man es ebenso, indem man den einen Bulbus früher exstirpirt, den anderen später zum Schlusse des Versuchs.“ Sind die Nerven gut gefärbt, so hält die Färbung doch nur kurze Zeit an, manchmal nur 5 bis 10 Minuten. Um sie auf längere Zeit zu erhalten, ist es nöthig, das Methylenblau durch Jod zu fixiren, wobei allerdings die schöne blaue Farbe in eine braune sich umwandelt. Man verwendet eine einprocentige, wässerige Lösung von Jodkalium, in welcher metallisches Jod bis zur Sättigung aufgelöst ist. Mit dieser Lösung durchspüle man das Blutgefässsystem des Frosches, wobei man zugleich erreicht, dass das mitunter bei der Untersuchung störende Blut aus dem Körper entfernt wird. Der Frosch kann bei dieser Durchspülung in der Jodlösung liegen. Darauf werden die nöthigen Stücke herausgeschnitten und auf 6 bis 12 Stunden in die Jodlösung gelegt. Der Concentrationsgrad dieser Lösung ist weniger wichtig als die Länge der Einwirkungszeit. Sodann wässert man die Präparate. Das Jod wird dabei ausgezogen, so dass schon am folgenden Tage die schwarzbraunen oder grauen Nerven auf fast farblosem Grunde sich scharf abheben. Dann Einschluss in angesäuertem Glycerin. Die Jodfixirung leistet insofern das beste, als die Nervenfasern am intensivsten gefärbt erscheinen. Kommt es hierauf nicht so sehr an, und wünscht man das Grundgewebe sehr hell und durchsichtig zu bekommen, so wende man eine concentrirte wässerige Lösung von pikrinsaurem Ammoniak an, wünscht man dagegen die Kerne und die Structur des Grundgewebes deutlicher zu sehen, so wähle man eine Lösung des Hoyer'schen Pikrocarmins. In beide Stoffe lege man das zu fixirende Stück für ein paar Stunden und hebe dann in Glycerin auf. — Säugethiere und Vögel vertragen die Injection nicht. Man kann indessen bei diesen mit gutem Erfolge unmittelbar nach dem Tode injiciren. Man tödte die Thiere durch Chloroform und injicire bei kleineren vom Herzen, bei grösseren von irgend einer Arterie aus, ganz so, als ob man eine Blutgefässinjection machen wollte. Sobald der Widerstand bedeutender wird, höre man auf zu injiciren. Die Organe, die sich gebläut haben, blassen rasch ab, doch tritt, wie überhaupt bei dieser Methode, die Bläuung der Nervenfasern mit Einwirkung der Luft (d. h.

des Sauerstoffs) allmählich ein, man muss daher unter dem Mikroskope ohne Deckglas beobachten. „Man verfolge nun unter dem Mikroskope die allmählich eintretende Färbung und fixire das Bild durch Zusatz von einigen Tropfen der fixirenden Lösung, sobald die maximale Färbung eingetreten ist. Dieser Zeitpunkt muss natürlich für jeden Fall besonders festgestellt werden.“ Die Retina von Fischen, Vögeln und Säugethieren kann man auch unmittelbar nach dem Tode auf dem Objectträger ausbreiten und überlebend vermittelst verdünnter Farbstofflösung sehr schön färben.

Auch zur Darstellung der Nerven der Wirbellosen lässt sich diese Methode benutzen, doch muss man sie mit bestimmten Modificationen anwenden. Man sehe deshalb: Biedermann, Sitzber. d. K. Akad. d. Wiss. Wien. Math.-Natw. Cl. Bd. XCVI, 1888, Abthl. 3, p. 8 bis 39, und 3. VI. p. 65 ff. Referat.

Ausser zu dieser Nervenfärbung lässt sich das Methylenblau auch zur Darstellung der Kittsubstanz zwischen Epithel- und Endothelzellen verwenden (Dogiel, A. 7. XXXIII. p. 438 ff.). (Vergl. auch p. 167), also als Imprägnationsmittel gerade wie Silber. Methode: Man nehme eine 4procentige Lösung des Methylenblaus in physiologischer Kochsalzlösung (p. 142), lege in diese das frische Object für einige Minuten (bis 10 oder 15 Minuten), übertrage es dann in eine gesättigte wässerige Lösung von pikrinsaurem Ammoniak, in welcher es während einer halben Stunde sorgfältig ausgewaschen wird, bringe es noch einmal in ein frisches Gefäss mit der gleichen Lösung, und betrachte es dann auf dem Objecträger in mit Wasser verdünntem Glycerin. Um es dauernd aufzuheben, muss man dasselbe in Glycerin bringen, das mit pikrinsaurem Ammoniak gesättigt ist. — Durch die Einwirkung des Salzes quillt das Gewebe stark, die anfangs diffuse Blaufärbung wird zu einer distincten, und die Kittleisten treten als dunkel-violette, fast schwarze Linien deutlich hervor. Auch die Zellkörper werden blass violett. Der Zellleib und die Grundsubstanz des Bindegewebes, welches unter der Epithel- oder Endothelschicht befindlich ist, färben sich nur bei längerem Verweilen in der Färbeflüssigkeit. So kann man auch die Kittleisten zwischen den Endothelzellen der Blutgefässe imprägniren, wenn man letztere mit der Methylenblaulösung injicirt, und das betreffende Gewebsstück dann wieder in die Lösung des pikrinsauren Ammoniaks überträgt. — Alkohol und Aufhellungsflüssigkeiten (ätherische Oele etc.) darf man nicht anwenden.

Als einfaches Kernfärbemittel habe ich das Methylenblau bereits erwähnt (p. 202).

Eine Anilinfarbe, welche Fett färbt, ist das

10) **Chinolinblau, Cyanin, Bleu de quinoléine** (Ranvier, I. p. 102). Anwendung: Man löse in Alkohol 80%, und verdünne diese Lösung mit einem Theil Wasser. Man darf das Wasser erst nach vollendeter Auflösung und allmählich zusetzen. Diese so gewonnene Lösung färbt sehr stark, und darf nur in sehr starker Verdünnung angewendet werden. Man kann dieselbe sowohl für frische Objecte benutzen, wie für solche, die in Alkohol oder Pikrinsäure gehärtet sind. Nach der Färbuug wasche man in Wasser aus und hebe in Glycerin auf. Nach 24 Stunden erst tritt die richtige Differenzirung ein. Die Kerne sind ungefärbt, das Protoplasma blau und namentlich intensiv blau gefärbt ist das Fett, sei es, dass dasselbe in den Fettzellen liegt oder als kleine Tröpfchen in oder zwischen den Zellen sich befindet. — Lässt man auf das gefärbte Präparat eine 40procentige Lösung von Kalilauge einwirken, so tritt die Differenzirung sofort ein.

Dass die Anilinfarben gelöst in Jodserum oder physiologischer Kochsalzlösung auch zur Färbung frischer, lebender Objecte verwandt werden können, habe ich bereits auf p. 144 erwähnt, ebenso die Anwendung des Anilinblaus als Injectionsmasse (p. 178). In dem die Gewebelehre behandelnden zweiten Bande werde ich noch mehrfach Anwendungen in speciellen Fällen zu erwähnen haben, deren Aufzählung in diesen allgemeineren Theil nicht hinein passen würde.

Dritte Abtheilung: Metallimprägnationen.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei der Einwirkung von Lösungen einiger Metallsalze auf bestimmte Gewebe einzelne Bestandtheile dieser mehr von der Lösung aufnehmen als andere, und dass demzufolge durch eine später eintretende Reduction des Metalls einzelne Gewebstheile sich von anderen schärfer unterscheiden werden wie vor der Imprägnation. Zu diesem Zwecke angewandte Metalle sind: Silber, Gold, Palladium, Osmium, Eisen, Molybdän, Kernschwarz (?).

1) **Silber.** Dasselbe wird als Salpetersaures Silber verwendet, und dient dazu, um die Kittsubstanzen zwischen den Epithelien und Endothelien und die Grundsubstanz des Bindegewebes (siehe p. 166) hervortreten zu lassen.

Man nehme schwache Lösungen (1 zu 400 bis 1000 Aq. dest.). In diese lege man das Gewebe, wenn es sich nur um die Imprägnation der Oberfläche handelt, für Sekunden bis Minuten. Eine dünne Membran spanne man aus, indem man sie mit Igelstacheln auf einem Korkringe

feststeckt. Dickere Theile lasse man längere Zeit im Dunklen durchziehen. Ist die Einwirkung des Silbers genügend, dann spüle man in Aq. dest. ab, und lasse in diesem oder einer anderen für den einzelnen Fall passenden Flüssigkeit (Glycerin, Oel, Lack) die Reduction eintreten.

Besser als das reine Salpetersaure Silber scheint mir die von Boveri empfohlene Mischung desselben mit Ueberosmiumsäure zu wirken, die in der That sehr schöne, distincte Bilder liefert. Man mische die beiden Substanzen in einprocentiger Lösung zu gleichen Theilen. Es tritt hier eine Doppelwirkung ein. Die Ueberosmiumsäure härtet und färbt die Fettbestandtheile dunkel, während in der Kittsubstanz und in manchen Spalträumen sich Silberniederschläge bilden. Aus diesen Gründen eignet sich diese Methode auch besonders für markhaltige Nervenfasern. Weitere Behandlung wie oben.

Von Hoyer (7. XIII. p. 649) ist als distincter wirkendes Reagenz das Salpetersaure Silber-Ammoniak empfohlen, das nach Autor nicht in die Gewebe diffundirt. Darstellung: Einer Lösung von Salpetersaurem Silber bestimmter Concentration wird gerade soviel caustischer Ammoniaklösung zugesetzt, dass der gefällte Niederschlag sich eben wieder löst, und dann die Lösung so verdünnt, dass sie 0·75 bis 0·5 % Salpetersauren Silbers entspricht. Weitere Behandlung wie oben.

Die Kerne eines so imprägnirten Gewebes kann man mit einem beliebigen Farbstoffe (der kein freies Ammoniak enthält) zu färben versuchen. Ob dieser Versuch gelingt, hängt davon ab, wieviel Silber in die Kerne eingedrungen ist.

Golgi (Golgi, sulla fina anatomia degli organi di sistema nervoso. Milano. Höpli. 1886. und 3. III. p. 409 sowie: Petrone 3. V. p. 238 ff.) benutzt das Silber, um feine Niederschläge auf den Zellen des centralen Nervensystems hervorzubringen, wodurch dieselben nebst ihren Ausläufern sehr deutlich hervortreten. Methode: Man härte sehr kleine Stücke in einer 2procentigen Lösung von Doppeltchromsaurem Kali (oder auch in einer Mischung von 8 Th. dieser Lösung und 1 Th. einer einprocentigen Lösung von Ueberosmiumsäure), lege dieselben dann in eine Lösung von Salpeters. Silber von 0·5 bis 1 % für 20 bis 30 Stunden, schneide sie so, wie sie sind, oder nach Alkoholhärtung, wasche die Schnitte mit verdünntem Alkohol mehrfach aus, bringe sie in Alkohol absol., Terpentinöl, Damarlack (ohne Deckglas resp. auf einem Deckglase freiliegend). — Tal (3. IV. p. 497) behandelt die Schnitte noch nachträglich mit Natriumsulfidlösung, um den Niederschlag dunkler zu machen.

Ramon y Cajal (Intern. Monatsschr. f. Anatomie u. Physiol. VI. p. 170) hat die eben erwähnte Methode noch verändert: er legt kleine Stücke von Kleinhirn oder auch eine Retina zunächst in eine Mischung von:

Osmiumsäurelösung 1 % . . . . . 1 Th.
Doppeltchromsaures Kali 3 % . . . . . 4 „

für 3 Tage, dann für 30 Stunden in eine Lösung von Argent. nitric. 0·75 %. Dann Einlegen in starken Alkohol, Schneiden (man kann die Präparate dazu auch in Paraffin einschmelzen). Die Schnitte werden wieder in Alkohol ausgewaschen, dann schnell in Nelkenöl aufgehellt und darauf in Terpentinöl gelegt. Nach einigen Minuten werden sie aus diesem auf ein Deckglas gebracht und in Damarlack eingeschlossen. — Es hängt sehr viel davon ab, dass die Objecte ganz frisch in die Flüssigkeit gelangen und dass man die nöthige Menge dieser nimmt: für 2 oder 3 Stückchen von 3 bis 4 mm rechne man 15 bis 25 cc der Flüssigkeit. Ebensoviel für eine Retina. Auch empfiehlt er als für den Nachweis mancher Elemente in den genannten Organen noch besser wirkend die „gemischte Methode" von Golgi: Man lege die frischen Objecte zunächst in Müller'sche Flüssigkeit für 5 Tage und mehr, dann in die obige Osmium-Bichromat-Mischung für 3 bis 5 Tage. Das Weitere wie oben.

Die Präparate dürfen nicht zwischen zwei Gläsern eingeschlossen liegen, damit die Verdunstung der Lacke sehr schnell von Statten geht. Man muss daher entweder Objectträger von Glas wählen, welche in der Mitte ein kreisförmiges Loch besitzen, oder solche aus Holz (Cigarrenkisten sind dazu ausgezeichnet) sich selbst zurecht schneiden, dann am einfachsten und auch bequemsten mit einem viereckigen Ausschnitte, dessen Rand etwas im Holz vertieft ist, um das Deckglas aufzunehmen. Die Schnitte befinden sich natürlich an der unteren Seite des Deckglases.

Für die Färbung der elastischen Fasern hat Martinotti (Comm. alla R. Accad. di Med. di Torino 13 luglio 1888, p. 5 bis 15 und 3. V. p. 521 und 522, Referat) das Silber angewendet. Methode: Die frischen Gewebstheile werden in Stücken von 2 bis 3 cc in eine 2procentige Lösung von Arsensäure gelegt und bleiben darin 24 Stunden. Handelt es sich um das Studium von Theilen, die dem Knochen anhängen (Periost, Muskelinsertionen), so benutzt man besser eine 4procentige Lösung und erwärmt dieselbe auf 50° C. In dieser Lösung werden die Knochen entkalkt. Aus der Arsensäure kommen die Stücke für 5 bis 15 Minuten in Müller'sche Flüssigkeit, dann jedes in die folgende Silber-Glycerin-Lösung: 2 g Silbernitrat werden in 3 cc destillirten Wassers gelöst, zu dieser concentrirten Lösung fügt man 15 bis

20 cc reinen Glycerins. Die Stücke schwimmen zunächst oben, durchtränken sich aber allmählich und sinken dann unter, so dass nach 24 Stunden die Wirkung gewöhnlich eingetreten ist, doch schadet ein Verweilen von 48 Stunden auch nichts. Dann wäscht man schnell in destillirtem Wasser aus und bringt das Präparat darauf in gewöhnlichen Alkohol, den man mehrmals erneuert, um den Ueberschuss von Silbernitrat zu entfernen. In Alkohol lassen sich die Präparate dann beliebig lange aufbewahren. Die Schnitte werden unter Alkohol gemacht und in diesem aufbewahrt. Damit das Licht sie nicht in kurzem verderbe, tauche man sie ganz kurz in eine $^3/_4$ procentige Kochsalzlösung, und bringe sie aus dieser in Alkohol absol., um sie zu entwässern. Dann helle man in Kreosot auf, und lege in Canadabalsam ein.

2) **Gold.** Dieses wird als Goldchlorid und Goldchloridkalium verwendet. Es dient im Wesentlichen dazu, die Achsencylinder der Nerven und damit auch die Endigungen derselben darzustellen. Auch für Färbung von Bindegewebszellen wird es verwandt. Bei dem Bindegewebe ergiebt es die sogenannten positiven Bilder (Zellen mit Fortsätzen) im Gegensatze zu den negativen (Grundsubstanz mit hellen Zelllücken) des Silbers.

Die Resultate der Goldimprägnation sind auch bei den besten Methoden immer etwas unsicher. Man behandelt entweder direct frische Objecte oder solche, welche in chromsauren Salzen gehärtet sind (Centralnervensystem). Um das Eindringen des Goldsalzes zu erleichtern und um die Reduction zu beschleunigen, verwendet man bestimmte Säuren. Auch bei guten Resultaten ist niemals ein Theil des Gewebes also z. B. die Achsencylinder allein gefärbt, dieselben treten nur als die dunkelsten Partieen in purpurnem oder blauviolettem Tone schärfer hervor aus dem heller gefärbten übrigen Gewebe. Die Bilder sind mitunter wunderbar schön.

Gute Methoden sind die folgenden:

a. Gold-Ameisensäure (Löwit. Wien. Sitzber. Bd. LXXI. III. Abthlg. 1875. p. 1 und 7. XII p. 366). Man lege Stückchen (1 bis 2 mm dick) frischen Gewebes in Ameisensäure (1 Vol. Theil zu 1 bis 2 Vol. Theilen Aq. dest.) bis dieselben (nach Sekunden oder Minuten) durchsichtig geworden sind. Dann für 15 Minuten in Goldchlorid (1 bis 1·5 auf 100 Aq. dest.) im Dunklen (Porzellannäpfchen mit gleichem Deckel). Darauf für 24 Stunden in Ameisensäure (1 Vol. Theil zu 1 bis 3 Vol. Theilen Aq. dest.), dann ebenso lange in concentrirte Ameisensäure (Alles im Dunklen). Aufbewahren in Glycerin oder Lack.

b. Gold-Ameisensäure (Ranvier. I. p. 900). Man koche 4 Vol. Theile einer einprocentigen Goldchloridlösung zusammen mit 1 Vol. Theil Ameisensäure, lasse abkühlen. Man nehme kleine frische Gewebsstückchen (die Methode ist für die intraepithelialen Nerven der Haut angegeben), lege sie für eine Stunde ein, setze sie dann in leicht mit Essigsäure angesäuertem Wasser dem Lichte aus. Ist die Reduction eingetreten, so härte man in Alkohol, schneide, schliesse endlich in Lack ein.

c) Gold-Citronensaft (Ranvier I. p. 813). Für Muskelnervenendigungen. Man drücke (mit einer Citronenpresse) den Saft einer frischen Citrone aus, filtrire durch Flanell, lege hier hinein die frischen Stückchen für 5 bis 10 Minuten, wasche in Wasser aus, übertrage für 20 Minuten in eine einprocentige Goldchloridlösung, wasche wieder in Wasser aus, setze das Präparat für 24 bis 48 Stunden dem Lichte aus in Essigsäure-Wasser (2 Tropfen auf 50 cc) oder, was noch besser ist, reducire im Dunkeln in: Ameisensäure 1 Vol. Theil, Wasser 3 Vol. Theile, hebe die Präparate auf in Glycerin, das eventuell noch mit etwas Ameisensäure versetzt ist.

d) Gold-Arsensäure (Golgi: I nervi dei Tendini. Memorie delle R. Accad. di Scienze di Torino. Serie II. t. XXXII citirt nach Kühne, W.: Zeitschr. f. Biol. Bd. XXIII, N. F. Bd. V. 1887. p. 1 ff.). Frische Muskelstückchen zuerst in Arsensäure von 0·5 %, dann Goldchloridkalium 0·5 %, dann Arsensäure 1 % und Reduction darin durch Sonnenlicht.

e) Goldbehandlung nach Drasch (3. IV. p. 492 ff. für Nerven des Darms und der Geschmacksorgane). Hierbei sollen die frischen Gewebe in sich selbst eine Säure erzeugen. Zu diesem Zwecke lässt man sie 12 bis 48 Stunden (je nach der Temperatur) an einem kalten Orte (4 bis 6 ° oder wenig mehr) liegen, bringt die Stückchen dann in eine 0·5procentige Goldchloridlösung (im Dunklen) für ½ bis ¾ Stunden (man muss hierbei die Epithelseite immer nach unten legen, und hin und wieder umrühren), dann zur Reduction in Ameisensäure-Wasser (10 : 50) oder in noch mehr verdünnte Ameisensäure, dann (beim ersten Sichtbarwerden der Nerven) in Glycerin, das man wechselt, bis keine Säure mehr nachweisbar ist (alles im Dunklen).

f) Chromsaure Salze-Goldchlorid. Centralnervensystem, welches in jenen Salzen gehärtet ist, ergiebt nach Goldbehandlung unter Umständen sehr schöne Bilder (Gerlach: Stricker's Handbuch der Gewebelehre p. 678 und Schiefferdecker 7. X. p. 472), doch

werden dieselben ersetzt durch die sicherere Weigert'sche Färbung mit Hämatoxylin-Kupfer.

3) **Palladium.** Wird als Palladiumchlorür angewendet. Dasselbe liefert für Schnitte des centralen Nervensystems und auch für periphere Ganglien mit Härtung in chromsauren Salzen unter Umständen sehr schöne Bilder der Nervenfaserung. Man verwende eine Lösung von 1 : 10000 und lasse in dieser die Schnitte 3 bis 5 Stunden liegen, dann Abspülen in Wasser, Alkohol, Oel, Lack (Schiefferdecker 7. X. p. 472). Auch diese Färbung ist unsicher, gerade wie die Goldbehandlung, und die Weigert'sche daher vorzuziehen.

4) **Osmium.** Dieses verwendet man als Ueberosmiumsäure (siehe auch p. 146 und p. 154). Dieselbe hat die Eigenthümlichkeit alles Fett intensiv schwarz zu färben, somit auch die Markscheide der Nervenfasern. Die Anwendungsweise geht aus den schon früher gemachten Angaben hervor.

5) **Eisen.** Man sehe p. 166.

6) **Molybdän.** Merkel (Henle's Handbuch der Anatomie. Nervenlehre. Vorrede) hat dieses in Form des Molybdänsauren Ammoniaks mit Limatura ferri zur Färbung der Achsencylinder und Nervenzellen des centralen Nervensystems angewandt. Man sehe auch p. 159.

7) **Quecksilber.** Gerade wie das Argent. nitr. (p. 210), so hat Golgi auch das Sublimat dazu verwendet, um bei Präparaten des centralen Nervensystems die Zellen mit ihren Ausläufern durch Niederschläge deutlich zu machen. Die von Mondino (3. II. p. 157 ff.) verbesserte Methode ist folgende: Man lege das centrale Nervensystem in Doppeltchromsaures Kali (2 %) oder in Müller'sche Flüssigkeit (wenn es sich um ein ganzes Gehirn handelt, so injicire man dasselbe erst noch mit derselben Flüssigkeit). Nachdem die Härtung vollendet ist, übertrage man das Präparat direct in eine einhalbprocentige Lösung von Sublimat, welche man zuerst sehr oft wechselt, später, wenn sie nicht mehr gelb wird, selten erneuert. Nach einem oder mehreren Monaten oder einem Jahre (je länger die Sublimatlösung einwirkt, um so besser wird das Präparat) schneide man, spüle die Schnitte mehrmals in Wasser ab, dann Alkohol absol., Terpentinöl, Damarlack (ohne Deckglas! siehe p. 211). Die Methode ist nicht ganz sicher, giebt aber unter Umständen Präparate von grosser Schönheit.

Tal (3. IV. p. 497) hat dieselbe verbessert, indem er die Schnitte noch mit einer Natriumsulfidlösung behandelte, der Niederschlag wird hierbei durch Bildung von Quecksilbersulfid dunkler und deut-

licher. Färbt man dann das übrige Gewebe mit Magdalaroth, so wird das Bild noch schöner.

8) **Kernschwarz.** Unter diesem Namen hat Platner (3. IV. p. 350 und 351) einen Farbstoff von unbekannter Zusammensetzung empfohlen, den er von Dr. G. Grübler (Leipzig, Dufourstrasse 17) bezogen hat. Derselbe soll nach den Angaben des letzteren eine Metallbase gebunden an eine Säure organischer Natur sein und nur in Lösung verwendbar, da beim Eindampfen und Trocknen die Substanz unter theilweiser Zersetzung unlöslich wird. Da es sich also um ein Metallsalz zu handeln scheint, so führe ich das Kernschwarz mit aller Reserve in dieser Abtheilung an. — Anwendung: Die zu färbenden Schnitte kommen für wenige Minuten in die gewöhnliche concentrirte Lösung, Schnitte von Präparaten aus Flemming'scher Chrom-Osmium-Essigsäure jedoch auf 24 Stunden. Die Färbung ist stets eine sichere und scharfe. Dann werden die Schnitte in eine Lösung von Lithion carbonicum (concentrirte Lösung eventuell mit beliebig viel Aq. dest. verdünnt) gebracht. Die Dauer des Verweilens in dieser Lösung richtet sich nach dem gewünschten Effect und der Intensität der vorausgegangenen Färbung. — Man kann auf diese Weise eine reine intensive Kernfärbung besonders auch der karyokinetischen Figuren erzielen bei schwacher Färbung des übrigen. Ferner tritt der Nebenkern auffallend deutlich hervor. — Der Farbstoff scheint sehr widerstandsfähig zu sein und dürfte sich speciell für solche Präparate eignen, die später photographirt werden sollen (Platner). — Einschluss in Lack, Balsam.

Vierte Abtheilung: Doppelfärbungen.

Dadurch, dass man zwei Färbungen combinirt, erhält man oft sehr schöne und klare Bilder, in denen entweder der eine Farbstoff einen diffusen Grundton liefert, von dem sich die durch den anderen distinct gefärbten Elemente schärfer abheben, oder in denen jeder Farbstoff bestimmte Elemente mehr oder weniger distinct färbt.

1) So kann man Carmin oder Hämatoxylin mit Pikrinsäure combiniren. Man hat für den ersteren Zweck auch Pikrocarmin hergestellt. Die Beschaffenheit dieses ist indessen so verschieden und dadurch seine Wirkung so unsicher, dass ich es nicht empfehlen würde. Recht gute Resultate erhält man, wenn man einfach mit irgend einer Carminlösung oder mit Hämatoxylin färbt und dann zu dem Alkohol, der zum Entwässern benutzt wird, etwas

Pikrinsäure setzt, resp. zu dem Wasser, wenn es sich um Glycerineinschluss handelt. Diese Doppelfärbungen sind sehr zu empfehlen.

2) Einen hierher gehörenden Stoff, das Pikrocarminsaure Natron (dargestellt von Dr. Witte, Rostock i. M.), habe ich bereits oben (p. 155) erwähnt.

3) Carmin und Indigcarmin. a. Merkel (Unters. aus d. anat. Inst. z. Rostock i. M. 1874, p. 98 ff.). Zu der von Thiersch angegebenen Indigcarminlösung (Oxalsäure 1 Gew.-Theil, Aq. dest. 22 bis 30 Theile und Indigcarmin bis zur Sättigung) füge man soviel ammoniakalische Carminlösung zu bis eine violette Farbe entsteht (ausfallender Carmin wird durch Zusatz von Ammoniak gelöst). Nach der Färbung Auswaschen in Aq. dest. Einschluss in Lack. Besonders für Ossificationspräparate geeignet.

b. Norris und Shakspeare (Amer. Journ. med. sci. 1877, January). Merbel (Monthly microsc. journ. 1877, p. 242). Zwei Lösungen: 1) Carmin 2 g, Borax 8 g, Aq. dest. 130 g, und 2) Indigcarmin 8 g, Borax 8 g, Aq. dest. 130 g. Die Flüssigkeiten werden gut im Mörser verrieben und filtrirt. Man mische vor dem Gebrauch gleiche Theile der beiden Lösungen. Die Schnitte aus Alkohol, oder Müller'sche Flüssigkeit-Alkohol kommen für 15 bis 20 Minuten in die Mischung, dann zur Fixirung in eine gesättigte Oxalsäurelösung. Darauf Auswaschen in Aq. dest., Alkohol, Oel, Lack. Für Ossification, Bindegewebe der Haut.

4) Eosin-Dahlia oder Methylviolett (Schiefferdecker 7. XV.). Eine Doppelfärbung, welche für sehr viele Gewebe schöne Bilder giebt. Zwei Lösungen: a) Eosin nach Fischer (7. XII. p. 349): Man stelle eine ziemlich concentrirte wässerige Lösung von Eosin her, setze dieser eine Säure zu (ich habe immer Essigsäure genommen), filtrire. Es läuft eine fast farblose Flüssigkeit ab, während ein dicker Niederschlag auf dem Filter bleibt. Diesen wasche man noch mit Aq. dest. aus, dann lasse man ihn trocknen, und löse in Alkohol absol., so dass eine concentrirte Lösung entsteht, die man im Dunklen aufbewahrt. Von dieser setze man zu einem Uhrgläschen mit Alkohol 96% ein paar Tropfen. Lege hier hinein Schnitte aus Alkohol (am besten) oder Müller'sche Flüssigkeit-Alkohol für 24 Stunden. Wasche dann kurz in Wasser aus, lege ein in b) Dahlia oder Methylviolett 5 B in 0·5procentiger wässeriger Lösung, in der man die Schnitte 15 bis 20 Minuten lässt. Dann Auswaschen in Alkohol 96% bis die nöthige Helligkeit erreicht ist, Cedernholzöl, Bergamottöl, Origanumöl oder Xylol, Lack. Ob die Helligkeit erreicht ist, sieht man bald bei einiger Uebung,

zum Probiren betrachte man einen Schnitt in Oel mit schwacher Vergrösserung, ist derselbe noch nicht gut, so lege man ihn zu weiterem Ausziehen wieder in Alkohol zurück. Die Präparate dürfen nicht mit Celloidin durchtränkt sein.

5) Hämatoxylin-Eosin, welches man auch in verschiedener Weise angewendet hat, finde ich nicht so schön wie das vorige, immerhin ist es ein vielgebrauchter Farbstoff, dessen beste Darstellungs- und Anwendungsweise nach Renaut (Fol. Lehrbuch etc. Leipzig. 1884. p. 196) die folgende ist:

concentrirte wässerige Eosinlösung (Eosinsaures Kali)	30 cc
abgestandene gesättigte Auflösung von Hämatoxylin in Alkohol	40 „
mit Kalialaun gesättigtes Glycerin (von etwa 1·26 sp. Gew.) . .	130 „

Die Mischung bleibt 5 bis 6 Wochen in einem mit durchlöchertem Papiere bedeckten Gefässe stehen bis der Alkohol verdunstet ist und wird nun abfiltrirt. Am besten bewirkt man das Färben und Einlegen (Montiren) der Präparate gleichzeitig, indem man die Mischung mit 1 bis 2 Theilen reinen Glycerins verdünnt, und hierin die Präparate auf dem Objectträger einschliesst. Nach einiger Zeit (Tage bis Wochen) tritt dann die gewünschte Färbung ein, während die Flüssigkeit entfärbt wird. Doch kann man auch in der unverdünnten Mischung färben, dann in Alkohol, der das nöthige Quantum Eosin enthält, entwässern und dann in Balsam einschliessen. Man muss die Präparate lange Zeit in dem Farbstoff lassen, da derselbe zuerst sich wieder auswaschen lässt, erst nach Tagen oder Wochen ist die Localisirung der verschiedenen Nuancen vollendet. Ob man die Farbflüssigkeit im gegebenen Falle concentrirt oder in einem bestimmten Grade verdünnt anzuwenden hat, muss man ausprobiren; man hält sich daher am besten Verdünnungen verschiedener Grade (mit reinem Glycerin) vorräthig.

6) Hämatoxylin-Safranin (Rabl) siehe oben p. 204.

7) Silber-Hämatoxylin. Objecte, die mit Silber imprägnirt sind, kann man noch mit Hämatoxylin (siehe No. a und b p. 196) färben, und so ausser den Kittlinien etc. die Kerne deutlich machen. Die Bilder sind oft äusserst zierlich. Am besten Lackeinschluss.

8) Silber-Anilinfarben. Auch mit verschiedenen Anilinfarben kann man Silberimprägnationen behandeln, um die Kerne hervortreten zu lassen. Wieder Lackeinschluss.

9) Orange-Säurefuchsin-Methylgrün (Biondi). Heidenhain, Archiv f. d. ges. Physiologie XLIII. Supplement. p. 40 Anm.)

Darstellung: Von gesättigten und filtrirten Lösungen der drei Farbstoffe werden zusammengemischt:

Orange . . . . . 100 cc
Säurefuchsin . . . 20 „
und unter stetem Umrühren Methylgrün . . . 50 „ hinzugesetzt.

Um wirklich gesättigte Lösungen der drei Farbstoffe herzustellen, muss man dieselben mehrere Tage mit Wasser stehen lassen und häufig umschütteln, bis sich nichts mehr löst. Heidenhain hat diese Flüssigkeit speciell zur Färbung von Schnitten des in Kochsalz-Sublimat gehärteten Darms (p. 150) angewandt. Zu diesem Zwecke wird dieselbe im Verhältniss von 1 : 60 bis 100 mit Aq. dest. verdünnt. Bei dieser Verdünnung muss sie durch Essigsäurezusatz deutlich stärker roth werden; auf Fliesspapier muss sie einen Fleck machen, der in der Mitte blaugrün, nach den Rändern orange erscheint. Wird diese orange Zone von einer breiten rothen umgeben, so enthält sie zuviel Fuchsin. — In dieser verdünnten Flüssigkeit bleiben die Schnitte 6 bis 24 Stunden. Dann wird der Ueberschuss des Farbstoffes durch kurze Einwirkung von Alkohol 90 % ausgezogen, es wird in Alkohol 98 % entwässert, durch Xylol aufgehellt und in Xylol-Balsam eingekittet. — Es treten bestimmte Leukocyten-Formen deutlich hervor, und die karyokinetischen Kerne unterscheiden sich durch ihre grüne Farbe scharf von den blau gefärbten ruhenden Kernen.

10) Der Doppelfärbungen endlich, welche man sonst noch durch Combinirung von zwei oder drei Anilinfarben erzielen kann, sind unzählige und es werden immer wieder neue empfohlen.

XI. Aufhellen, Einschliessen, Aufheben der Präparate und Verunreinigungen derselben.

Wir haben in dem Capitel IV gesehen, dass man frische Präparate in wässerigen Flüssigkeiten untersucht, gehärtete Präparate bringt man aber in den meisten Fällen lieber in solche, welche ein höheres Lichtbrechungsvermögen besitzen. Derartige Flüssigkeiten sind (mit der Reihe nach steigendem Index): Glycerin rein oder mit Wasser verdünnt (wodurch das Lichtbrechungsvermögen abnimmt), Farrant'sche Lösung, Levulose, Aetherische Oele, welche letztere wieder

ein sehr verschieden hohes Lichtbrechungsvermögen besitzen können. Man thut dieses deshalb, um das Präparat heller, durchsichtiger zu machen, es aufzuhellen. Dass ein Präparat im Wasser weniger Licht hindurchlässt als in einer stärker brechenden Substanz, hat seinen Grund darin, dass die das Präparat zusammensetzenden Theile durchschnittlich einen hohen Brechungsindex besitzen, dass somit mehr Licht durch Reflexion verloren gehen muss, wenn dasselbe aus diesen in Wasser tritt oder umgekehrt als bei einer Flüssigkeit von höherem Index. Wünscht man sehr feine, schwer sichtbare Structurverhältnisse wahrzunehmen, so wird man umgekehrt Flüssigkeiten mit niedrigem Lichtbrechungsvermögen bevorzugen, so (mit fallendem Index): Alkohol absol., Alkohol mit Wasser verdünnt, Wasser, Methylalkohol.

Beabsichtigt man ein Präparat für längere Zeit aufzuheben, es zu „montiren", so muss man es vor Verdunstung, Staub etc. geschützt einschliessen. Man unterscheidet nun zwei Hauptarten des Einschlusses: den trocknen und den feuchten.

A. Der trockne Einschluss.

1) **Der Einschluss in Luft.** Dieses ist die einfachste Form des trocknen Einschlusses und ist dieselbe anzurathen für Schliffe von Knochen und Zähnen, sowie für Bluttrockenpräparate. Methode: Man bringe das Object unter ein Deckgläschen, nehme ein Ende Wachsstock, zünde dieses einen Augenblick an, so dass das Wachs dicht am Dochte flüssig wird, blase die Flamme aus, fahre mit dem Dochtende durch eine Flamme hin und her, halte dann den Docht nach unten, so wird das flüssige Wachs an diesem herabsteigen, und man wird den Docht als Pinsel brauchen können. Man lege nun erst das Deckgläschen durch kleine Tröpfchen an ein paar Stellen fest, dann ziehe man, indem man immer wieder von neuem durch die Flamme fährt, einen Rahmen, der das Deckglas an den Objectträger festheftet und den Raum des Objectes nach aussen abschliesst.

2) **Der Einschluss in eine harzige Masse.** Diese Art des Einschlusses wird mit Recht sehr viel verwendet, denn sie ist einmal sehr bequem und leicht auszuführen, und dann ist der Einschluss sehr dauerhaft, so dass man eine grosse Haltbarkeit der Präparate erzielt. Diese dürfen indessen kein Fett enthalten, welches man zu conserviren wünscht, da selbiges ausgezogen wird. Fett, das mit Osmiumsäure behandelt ist, widersteht besser, doch können unter Umständen auch solche

Präparate völlig ausgezogen werden. Als derartige harzige Massen sind besonders die folgenden zwei zu empfehlen.

a. Canadabalsam. Derselbe ist in einer zähflüssigen Form käuflich. In dieser wendet man ihn nicht an, sondern macht ihn entweder härter oder löst ihn.

Das erstere thut man, wenn man den Balsam zum Einschlusse von Knochen- oder Zahnschliffen verwenden will. Man bringe einen Tropfen auf den Objectträger und erwärme über einer Flamme. Es verdunsten jetzt die flüssigeren Theile. Man setze die Erwärmung fort, bis der Tropfen nach dem Erkalten hart und spröde ist. Dann erwärme man wieder, drücke in den weichgewordenen Tropfen den trockenen Schliff hinein, lege ein Deckglas auf und kühle schnell in kaltem Wasser event. unter einem Hahn ab. Wird das Einlegen schnell genug ausgeführt und hat der Balsam die richtige Härte vorher erlangt, so dringt er in die luftgefüllten Höhlen und Kanälchen des Schliffes nicht ein, die Luft wird in diesen erhalten, und lässt nun die feinsten Einzelheiten des Kanalsystems hervortreten, da durch die Reflexion des von Unten her auffallenden Lichtes alle luftgefüllten Bildungen dunkel erscheinen. Die Einbettung in Balsam giebt elegantere Bilder als das Aufheben in Luft, da sie die beim Schleifen entstehenden Unebenheiten der Oberfläche mehr verwischt, doch ist die letztere Methode immer die sicherere in Bezug auf die Erhaltung der Luft in den Hohlräumen, und dieses ist doch schliesslich das Wichtigste.

Sonst löst man den Balsam in Chloroform, Xylol, Terpentingeist (gereinigtes Terpentinöl). Welche von diesen Lösungen mehr zu empfehlen sei, ist schwer zu sagen, mir hat die letzte noch mit am besten gefallen. Nach Anilinfärbungen ist Chloroform-Balsam nicht anzuwenden.

b. Damarlack. Man löse das Damarharz wieder in Chloroform, Xylol oder Terpentingeist (am besten). In letzterem gelöst erhält man es fertig zu kaufen bei Dr. Fr. Schönfeld u. Comp. in Düsseldorf. (Damarfirniss: Ein Fläschchen von 31 g Inhalt à 35 Pf., 62 g à 60 Pf., 125 g à 1 M., 250 g à 1·80 M., 1 Kilo à 6 M.)

Anwendung. Man wähle Canadabalsam für Präparate, die man stark aufzuhellen wünscht, bei denen das Farbenbild mehr in den Vordergrund treten soll, Damarlack für solche, bei denen die Structurverhältnisse mehr hervortreten sollen. Das Lichtbrechungsvermögen des letzteren ist eben etwas geringer als das des ersteren.

Vorbereitung der Präparate zum Einlegen. Die Präparate (meist wird es sich ja um Schnitte handeln) müssen zuerst ent-

wässert werden. Zu diesem Zwecke bringt man sie in Alkohol absolutus oder auch nur in Alkohol von 96 %, der meist ausreichen wird (Celloidinpräparate stets in diesen). Man lässt sie in diesem mehrere Minuten, indem man wohl auch umrührt, um immer neuen Alkohol mit den Präparaten in Berührung zu bringen. Das Alkoholschälchen muss zugedeckt werden, damit kein Wasser aus der Luft angezogen und so der Alkohol verdünnt werde. — Mischt sich starker Alkohol auch mit den Harzen, so ist es doch besser, noch ein Mittelglied einzuschieben. Man wählt als solches einen Stoff, der sich mit Alkohol von 96 % und mehr und mit den Harzen leicht mischt. Solche Substanzen sind: Xylol, ätherische Oele, Kreosot, Carbolsäure. Da alle diese ein höheres Lichtbrechungsvermögen besitzen als der Alkohol, so machen sie das Präparat durchsichtiger, hellen es auf. Ueber die eben genannten Stoffe ist folgendes zu bemerken:

Xylol ist ein ziemlich stark flüchtiger Stoff, welcher den Vortheil hat, dass er Anilinfarben nicht angreift, den Nachtheil, dass leicht eine Schrumpfung der Schnitte, namentlich auch der Celloidinschnitte stattfindet.

Sehr nützlich ist es, wie oben p. 189 schon näher angegeben wurde, um Paraffinschnitte von dem Paraffin zu befreien.

Einen ganz besonderen Gebrauch macht man von ihm beim Centralnervensystem. Wie Merkel gefunden hat, ist es ein ausgezeichnetes Mittel, um den Verlauf der Nervenfasern zu zeigen. Man mache Schnitte nach Härtung in Müller'scher Flüssigkeit-Alkohol, lege dieselben in verdünnten Alkohol von einigen achtzig Procent, bringe einen Schnitt aus diesem in Xylol, dann hierin auf den Objectträger unter ein Deckglas und beobachte. Ist der Schnitt zu gleichmässig hell, so muss man dem Alkohol noch Wasser zusetzen, man kann den Schnitt wieder zurücklegen und von neuem beobachten; ist derselbe zu dunkel, so muss man starken Alkohol zufügen. Durch solches Probiren erreicht man die nöthige Alkoholstärke (die für ein jedes neue Präparat verschieden ist), bei der man plötzlich in ausgezeichneter Klarheit die Faserung hervortreten sieht. Leider lassen sich die Präparate nicht conserviren.

Aetherische Oele. Von diesen sind die folgenden zu empfehlen (zu beziehen von Schimmel u. Comp., Leipzig, falls man grössere Quantitäten braucht, sonst aus einer der am Ende des Abschnittes genannten Handlungen).

Cedernholzöl (à Kilo 4 M., eingedicktes, siehe oben p. 185, à Kilo 12 M.), wasserhell oder leicht gelblich, fast geruchlos. Greift Anilinfarben nicht an. Für Celloidinpräparate schlecht zu verwenden, da es dieses erst nach Stunden aufhellt.

Origanumöl, Ol. Origani cretici! (à Kilo 24 M.) gelblich, mässig stark riechend, greift Anilinfarben ein wenig an. Für alle Präparate brauchbar.

Nelkenöl, Ol. Caryophyllorum rectif albiss. (à Kilo 13 M.). Wird viel verwendet, riecht mässig stark, greift Anilinfarben an, löst Celloidin; nicht so gut wie die vorigen. Dient zur Bereitung der Schällibaum'schen Mischung (p. 188).

Bergamottöl (à Kilo 20 M.) Sehr gutes Oel, für alle Präparate brauchbar, ziemlich starker Geruch.

Terpentinöl. (Ueberall käuflich). Früher viel angewendet, jetzt eigentlich nur für Präparate zu empfehlen, die mit Berliner Blau injicirt sind, da dieses sehr schön hervortritt. Am besten nimmt man zu diesem Zwecke altes verharztes Terpentinöl.

Kreosot und Carbolsäure sind hauptsächlich aus Sparsamkeitsrücksichten empfohlen worden, da sie sich auch mit schwächerem Alkohol mischen, doch ist es, schon des Geruches wegen, unangenehm mit denselben zu arbeiten.

Die Anwendung ist bei allen diesen Stoffen die folgende: Man übertrage das Object aus dem Alkohol in ein Schälchen mit der Aufhellungsflüssigkeit (zugedeckt!), und lasse es in wenigen Minuten durchtränken. Behält das Präparat undurchsichtige Stellen (oft weisslich oder grau aussehend), die unter dem Mikroskope dunkel, oft mit eigenthümlich starkem Glanze erscheinen und häufig auch kleine Tröpfchen erkennen lassen, so ist die Entwässerung nicht genügend gewesen und man lege das Präparat in ein Schälchen mit frischem Alkohol zurück, um nach einiger Zeit von neuem die Aufhellung zu versuchen. Scheint diese gelungen zu sein, so übertrage man das Präparat in einen Tropfen der Aufhellungflüssigkeit auf den Objectträger. Man achte darauf, dass man Schnitte, namentlich solche von bedeutenderer Grösse, gleich ausgebreitet auf den Objectträger bringe, indem man sie z. B. in dem Schälchen flach auf dem Spatel auffängt und sie ebenso flach ausgebreitet auf den Objectträger herabfliessen lässt, eventuell mit Unterstützung einer Nadel. Sodann betrachte man das Präparat unter dem Mikroskope mit einer schwachen Vergrösserung, deren weiter Objectabstand ein Weglassen des Deckglases erlaubt, um sich zu überzeugen, dass das Präparat aufgehellt ist und in der richtigen Weise liegt. Dann sauge man mit Fliesspapier die Flüssigkeit vorsichtig ab, wobei man sich hütet, das Präparat selbst zu berühren, nur bei grossen, widerstandsfähigen Objecten kann man es wagen, ein Stück Fliesspapier direct aufzudrücken. Das Absaugen der Flüssigkeit darf nun niemals soweit gehen, dass das

Präparat wirklich trocken wird, — sobald dieses geschehen ist, ist es verdorben —, sondern nur der Ueberschuss der aufhellenden Substanz soll entfernt werden, das Object selbst muss immer noch von ihr durchtränkt sein. Namentlich bei dem schnell verdunstenden Xylol muss man sich recht in Acht nehmen. Dann thue man, je nach der Grösse des Objectes, einen oder mehrere Tropfen des Balsams oder Lacks darauf, lege ein Deckglas auf und der Einschluss ist beendet. — Sollten sich Luftblasen in der Einschlussmasse finden, so beseitigt man diese am leichtesten dadurch, dass man die Präparate für einige Zeit auf einen Paraffinofen legt. Trocknet später der Balsam oder der Lack soweit weg, dass ein Luftraum unter dem Deckglas entsteht, so lasse man vom Rande her einen Tropfen zufliessen, und wische, nachdem Härtung eingetreten ist, den Ueberfluss mit Chloroform ab.

3) **Der Einschluss in Farrant'sche Lösung.** Dieser bildet eine Art von Uebergang von dem trocknen Einschlusse zum feuchten, muss aber jenem zugerechnet werden. Die Farrant'sche Lösung besteht aus gleichen Gewichtstheilen von: Gummi arabicum (ausgesucht gute Stücke, kein Pulver!), Glycerin und concentrirter wässeriger Lösung von Arseniger Säure. Dieselbe muss fast ganz ohne Färbung (leicht gelblich) und nur in grösseren Mengen leicht opak sein, im Tropfen auf dem Objectträger ganz klar. — In Folge des hohen Gehaltes an Gummi arabicum trocknen die Randpartieen schnell ein, die Mitte folgt langsam nach. Es verhält sich die Lösung also ganz ähnlich den Harzen und braucht ebenso wenig wie diese einen besonderen Abschluss durch einen einschliessenden Lackring. — Nicht nur Färbungen mit Carmin, sondern auch mit Delafield'schem Hämatoxylin halten sich hierin sehr gut. In Bezug auf die Haltbarkeit der Anilinfarben habe ich keine Erfahrungen. Die Farrant'sche Lösung lässt feinere Structuren noch besser hervortreten als Damar, besitzt aber noch ein höheres Lichtbrechungsvermögen als Glycerin. Auch hat sie diesem gegenüber den Nachtheil, dass zarte, nicht durch Härtung sehr widerstandsfähig gewordene Theile leicht in ihr schrumpfen. Immerhin wird sie in vielen Fällen das Glycerin zu ersetzen im Stande sein, unter anderem auch bei Präparaten von Fettgewebe, Fettinjectionen, Benzol-, Terpentininjectionen u. ähnl. — Ich würde empfehlen, diese Flüssigkeit nicht selbst herzustellen, sondern sie aus einer guten Handlung zu beziehen (aber unter Beifügung der oben angegebenen Vorschrift, da verschiedene Recepte existiren). — Man überträgt in diese Lösung Präparate, die in Wasser oder Glycerin gelegen haben, indem man dieselben entweder mit möglichst wenig von diesen Flüssigkeiten direct in einen auf dem Objectträger befindlichen

Tropfen bringt, oder indem man zunächst in Wasser oder Glycerin überträgt, den Ueberschuss mit Fliesspapier absaugt und dann einen Tropfen der Lösung zufügt. Nachdem man endlich ein Deckglas aufgelegt hat, ist der Einschluss beendigt.

B. Der feuchte Einschluss.

Von den Flüssigkeiten, welche man hierzu verwenden kann, will ich zwei nennen: Glycerin und Levulose, welche mir noch die besten zu sein scheinen, und die in der That auch am häufigsten angewandt werden.

1) **Glycerin.** Dieses muss sehr rein und gut sein, und darf in keinem Falle alkalisch reagiren, eher sauer. Man fügt daher häufig aus Vorsicht ein wenig Ameisensäure (1%) hinzu. Man verwendet es entweder in dem reinen, sehr dickflüssigen Zustande, und dass würde ich am meisten empfehlen zu thun, oder man vermindert das Lichtbrechungsvermögen durch Zusatz von Wasser, wodurch die Haltbarkeit der Präparate aber entschieden beeinträchtigt wird.

Man wende das Glycerin in jenen Fällen an, in denen man Structuren noch deutlicher darstellen will als dieses in den Harzen und der Farrant-schen Lösung möglich ist, und gebrauche hierzu auch mit Wasser in verschiedenen Graden, je nach Bedürfniss, verdünntes Glycerin mit dem Bewusstsein der geringeren Dauerhaftigkeit der Präparate. Ferner auch bei solchen Objecten, bei denen ausserdem noch die Einwirkung von stärkerem Alkohol und von ätherischen Oelen vermieden werden soll, wie bei Fett, Fettinjectionen etc. (siehe oben p. 168). — Uebertragen kann man aus Wasser oder Alkohol. Hierbei muss man wieder vorsichtig sein bei zarten, leicht schrumpfenden Objecten, welche man am besten allmählich in immer concentrirtere Glycerinmischungen überführt. — Von Farben halten sich in ihm gut die Carmine und manche Anilinfarben, z. B. Vesuvin, Bismarckbraun; Hämatoxylin verblasst. — Wie schon erwähnt, wird die Farrant'sche Lösung das Glycerin in vielen Fällen mit Vortheil ersetzen.

2) **Levulose.** Diese nicht krystallisirende Zuckerart hat ein etwas höheres Lichtbrechungsvermögen als Glycerin (ein geringeres als die Harzmassen), und wird mit Vortheil angewendet, wo ein solches erwünscht ist, und man doch die Berührung von Alkohol und Aufhellungsmitteln mit dem Objecte zu vermeiden Veranlassung hat, z. B. für Fett, Fettimprägnation nach Altmann etc. (siehe oben p. 165). Auch eine Anzahl Anilinfarben (ich weiss nicht, ob alle) conserviren sich gut in

Levulose; ebenso die Carmine, Hämatoxylin verblasst. Man überträgt die Präparate in Levulose aus Wasser.

Lackrahmen. Um Präparate in einer feuchten Einschlussmasse dauernd aufzuheben, ist es nothwendig, dieselbe mit einem Lackrahmen zu umgeben, der das Deckgläschen festlegt, und die Verdunstung der Flüssigkeit verhindert. Welchen Lack man hierzu empfehlen soll, ist aber nicht leicht zu sagen, da trotz vielfachster Versuche man immer noch wieder finden kann, dass Risse in dem Rahmen auftreten und die Flüssigkeit verdunstet. Oft geschieht dieses erst nach Jahren. Die besten Einschlusslacke scheinen zu sein:

a) Der Asphaltlack von Bourgogne (Paris, Rue Pascal 2). Die im Handel vorkommenden Asphaltlacke sind einander durchaus nicht gleichwerthig. (Frey 5 p. 157.) Empfohlen wird auch der, welchen C. Rodig (Wandsbeck) liefert (Behrens 3. II. p. 57).

b) Der schwarze Maskenlack (Frey 5 p. 158. Lackfabrik von Beseler in Berlin, Schützenstrasse 66. Die Lacksorte ist mit No. 3 bezeichnet).

c) Der Bernsteinlack (Behrens 3. II. p. 54). Es wird eine gewöhnliche Sorte empfohlen, die auch sonst in der Technik verwandt wird, und eine dunkelolivenbraune Farbe hat, hergestellt von der Firma Ed. Pfannenschmidt in Danzig (zu beziehen auch von Jordan und Faust und von Dr. Münder, beide in Göttingen).

Bei dem Umlegen eines Lackrahmens ist nun auf folgendes zu achten:

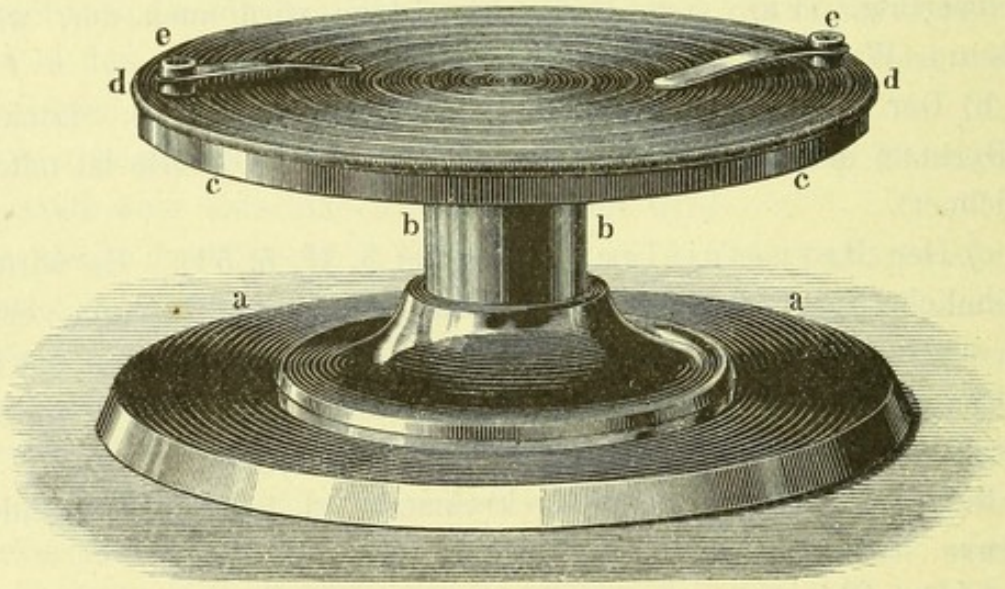
1) Der Objectträger muss vor dem Gebrauche gereinigt sein (wie p. 182 angegeben). Hierzu ist indessen zu bemerken, dass, wenn diese gründliche Reinigung auch allein tadellose Präparate herzustellen erlaubt, auch die gewöhnliche Reinigung doch schon in vielen Fällen ziemlich dauerhafte Präparate ergiebt.

2) Auf einem reinen Objectträger ziehe man mit einem Pinsel einen Lackrahmen, der auf jeder Seite etwa um 1 mm unter das Deckglas heruntergeht und ebensoviel herüberragt, also eine ungefähre Breite von 2 mm besitzt. Je nachdem man diesen Rahmen hoch macht, kann er zugleich als Schutz des Präparates gegen den Druck des Deckglases dienen (siehe auch p. 139).

3) In die Mitte dieses Rahmens bringe man den Tropfen der Einschlussflüssigkeit und in diesen das Präparat. Man muss nun den Tropfen von solcher Grösse wählen (und durch Uebung lernt man das), dass er gerade den Raum zwischen Deckglas und Objectträger ausfüllt.

Vor allem darf die Flüssigkeit nicht vortreten. Thut sie dieses, so ist es am besten noch einmal auf einen neuen Objectträger umzulegen, denn durch Abwischen oder Absaugen kann man kaum genau reinigen. Ist der Tropfen etwas zu klein gewählt, so schadet das weniger, man kann dann ein wenig Aq. dest. vom Rande her zusetzen und so den leeren Raum ausfüllen.

4) Ist dieses geschehen und das Deckglas vorsichtig aufgelegt (man fasse dasselbe mit einer Pincette, oder mit zwei Fingern am Rande, und lege es mit der einen Kante zunächst auf), so ziehe man mit dem Pinsel einen neuen Rahmen, der einerseits den Rand des Deckglases bedeckt und andererseits auf den freien Theil jenes auf dem Objectträger schon früher gezogenen Rahmens zu liegen kommt, mit welchem er verschmilzt



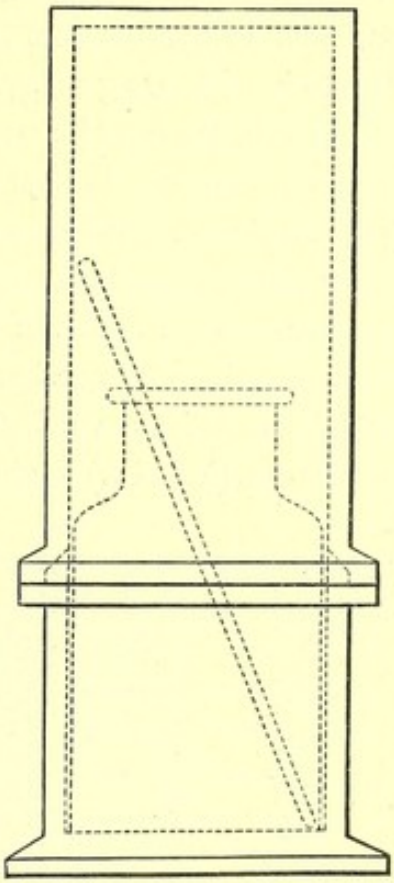
136.

und so einen sicheren Abschluss bildet. — Bei dem Ziehen dieses Rahmens muss man darauf achten, dass man mit dem Pinsel nicht auf das Deckglas drückt, dadurch würde man dasselbe verschieben, sondern es muss der Lack aus dem Pinsel herauslaufen und nur durch die Pinselspitze in die richtige Bahn gelenkt werden. — Verwendet man eckige Deckgläschen, so ziehe man den Rahmen möglichst gleichmässig aus freier Hand, indem man dieselbe aufstützt. Bei kreisförmigen (die viel bequemer sind) benutze man einen Drehtisch aus Messing, Figur 136. Auf einem festen Fusse *a*, in dessen Mitte ein hohler Cylinder *b* senkrecht aufsteigt, ruht eine Platte *c*, welche mit einem cylindrischen in der Mitte senkrecht abgehenden Zapfen in dem Hohlcylinder *b* steckt; so ist die Platte leicht drehbar, wenn man mit dem Finger den gerieften Rand *d* anstösst. Auf der oberen, planen Fläche der Platte sind concentrische

Kreise eingeschnitten, welche eine Orientirung des Objectträgers und Deckgläschens erlauben. Man befestige den Objectträger mittels der Klammern *e*, *e*, so dass die Mitte des Deckgläschens möglichst genau der Mitte des Tisches entspricht, halte den Pinsel mit der gestützten Hand senkrecht oder nur leicht schräg, drehe langsam die Tischplatte und erhält so mit leichter Mühe einen zierlichen Lackkreis, der auf dem Objectträger als Grundrahmen, auf dem Deckglase als Einschlussrahmen dient.

5) Man muss die Einschlussrahmen in jedem Falle später noch mehrmals besichtigen und von neuem nachziehen.

Lackgläser und Schutzhülsen. Für die Verwendung eines jeden Balsams oder Lacks, oder auch der Farrant'schen Lösung ist es von grosser Wichtigkeit, dass dieselben stets gleichmässig flüssig bleiben, und dass keine Verunreinigungen hineinkommen. — Sehr einfach kann man sich ein Lackgläschen herstellen, indem man ein Pulvergläschen von 30 bis 50 g Inhalt mit weiter Oeffnung wählt, welches man mit einem Korkstopfen schliesst, der von Pergamentpapier umhüllt ist und durch dessen Mitte ein Glasstab geht. Das Pergamentpapier hindert das Abbröckeln des Korks und die weite Oeffnung gestattet einen Tropfen herauszuholen, ohne das Glas zu benetzen. Man kann auch einen Kautschukstopfen wählen, doch wird derselbe gewöhnlich durch die Dämpfe bald hart und bröcklig und muss dann durch einen neuen ersetzt werden. — Noch besser, aber allerdings auch weit theurer, ist es, wenn man ein derartiges weithalsiges Gläschen in einer metallenen Schutzhülse aufbewahrt, deren oberer, langer, cylindrischer Deckeltheil (Figur 137) genau conisch auf den unteren schweren Fusstheil aufgeschliffen ist. Derartige Schutzhülsen aus vernickeltem Messing habe ich bei dem Mechaniker Aug. Becker, Göttingen, nach meinen Angaben herstellen lassen, und liefert derselbe solche für 12 bis 13 Mark in sehr genauer Arbeit. Ich habe schon seit mehreren Jahren zwei solcher Hülsen in Gebrauch und ziehe dieselben weit vor allen jenen verschieden geformten gläsernen Lackgefässen mit und ohne Sturz, die man im

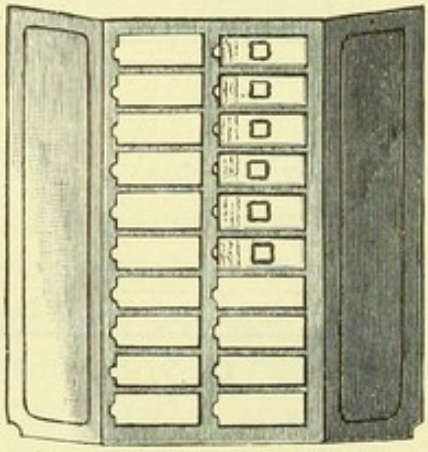


137.

Laufe der Zeit erfunden hat. Wenn diese Metallhülsen auch bei der ersten Anschaffung theuer sind, so halten sie dafür auch vor und sind sehr bequem.

Ist irgend ein Präparat feucht oder trocken eingeschlossen, so muss man es in horizontaler Lage trocknen lassen. Zu diesem Zwecke lege man es zunächst unter eine Glasglocke, eventuell auf ein unter derselben befindliches Gerüst (siehe p. 102), um den Staub abzuhalten.

Ferner ist es sehr zu empfehlen, dasselbe sofort zu etiquettiren. Man hält sich zu diesem Zwecke gummirte Etiquettes vorräthig. Die Grösse derselben wird sich nach dem Raume richten, der auf dem Objectträger frei bleibt, die sonstige Beschaffenheit nach dem Geschmacke des Einzelnen. Wünschenswerth ist, dass möglichst viel Raum auf den Etiquettes zum Schreiben disponibel ist. Man hat zu notiren: Thier und Organ, Hauptbehandlungsweise, Datum und eventuelle Bemerkungen. Kommt man mit einer Seite nicht aus, so benutze man die beiden neben dem Deckglas freibleibenden Theile des Objectträgers. Wählt man die Etiquettes so dick, dass ihre Fläche über die des Deckglases hervorragt, so wird der Vortheil erreicht, dass man mehrere Präparate auf einander legen kann, was zum Verschicken und sonstigen Verpacken derselben oft erwünscht ist. — Bei Serienschnitten ist es vortheilhaft, die Nummer mit einem Schreibdiamanten (à 3 Mk.) sogleich in das Glas einzuritzen. — Zur vorläufigen Bezeichnung ist auch ein Faber'scher „Blaustift zum Schreiben auf Glas" brauchbar.



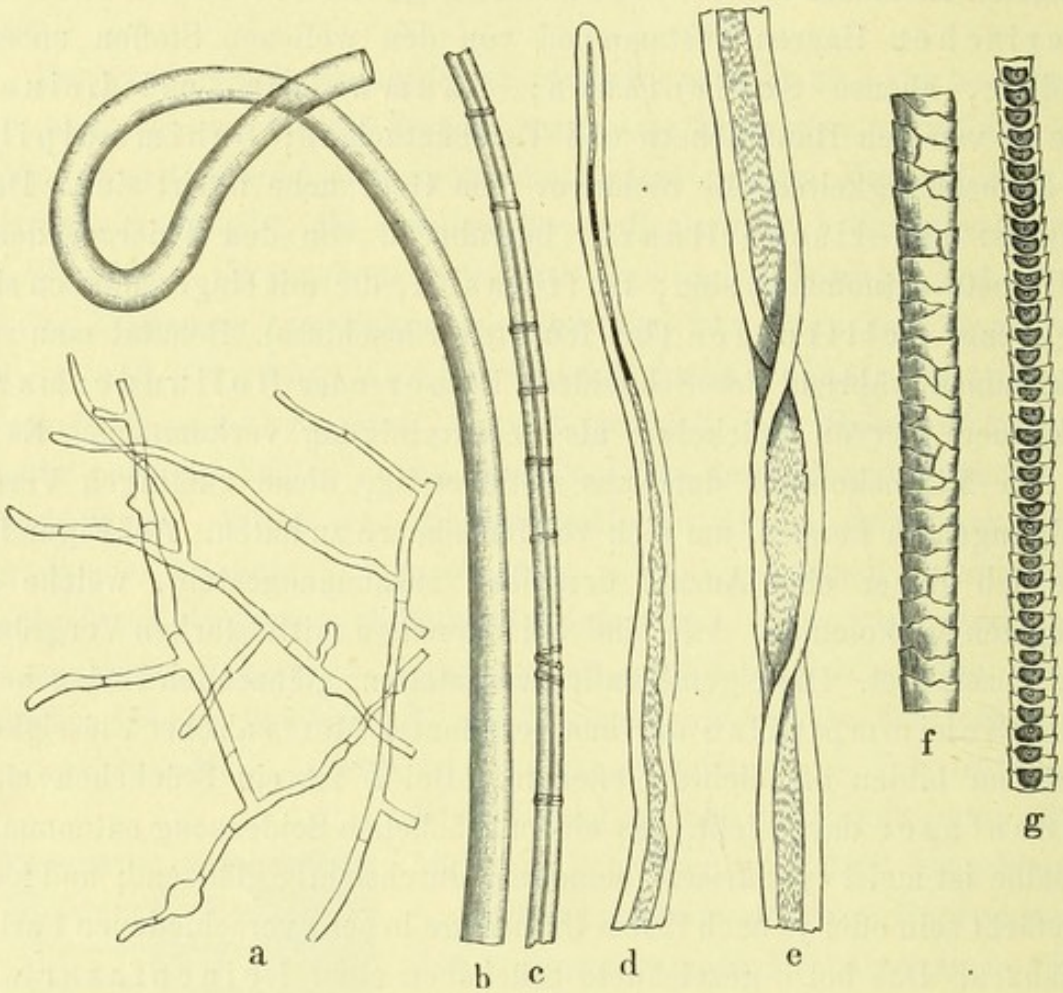
138.

Aufbewahrung der Präparate. Zur Aufbewahrung der Präparate sind endlich noch sehr zu empfehlen jene von Th. Schröter in Leipzig, Windmühlenstrasse 23, angefertigten Präparaten-Cartons. Von diesen erscheinen mir als die praktischesten jene einfachen tafelförmigen, mit Deckel versehenen Platten (N. 155 b für Objectträger von 28 : 48 mm, N. 150 für das englische Format von 26 : 76 mm passend, à Stück 45 Pf., Figur 138). Will man dieselben gefüllt versenden, so lege man auf jede Seite ein Brett und schnüre das Ganze recht fest zusammen.

Verunreinigungen in Präparaten. Es erscheint hier am Platze, noch kurz die gewöhnlichsten Verunreinigungen in eingelegten Präparaten zu besprechen. Die Luft unserer Zimmer ist erfüllt mit einer

Menge von Staubpartikelchen, die uns jeder Sonnenstrahl sichtbar macht. Staub ist nichts weiter als ein Gemenge von sehr kleinen Theilchen, welche durch Reibung, Stoss etc. von grösseren Gegenständen abgerissen oder durch Zerstörung solcher entstanden sind, zusammen mit mikroskopisch kleinen Pilzen. Staubtheilchen werden bei der Zubereitung eines Präparates unvermeidlich leicht mit eingeschlossen werden. Die häufigsten Elemente sind: verschieden gefärbte Stückchen von thierischen Haaren abstammend von den wollenen Stoffen unserer Kleidung, ebenso Seidenfäden; Baumwollen- und Leinenfasern von den Handtüchern und Taschentüchern; Schimmelpilze aus Färbeflüssigkeiten, die nicht vor dem Gebrauche filtrirt sind. Dazu kommen: thierische Haare, herrührend von den Thieren, denen die Objecte entnommen sind; Luftblasen, die mit eingeschlossen sind und ebenso Fetttropfen (bei feuchtem Einschluss). Benutzt man zum Einklemmen während des Schneidens Leber oder Hollundermark, so können hiervon Stückchen als Verunreinigung vorkommen. Es ist für den Mikroskopiker durchaus nothwendig, diese zufälligen Verunreinigungen zu kennen, um sich vor Irrthümern zu hüten. Auf Figur 139 habe ich daher eine Anzahl derselben zusammengestellt, welche am häufigsten vorkommen. Alle sind bei derselben mittelstarken Vergrösserung gezeichnet. Die eigenthümlich verästelten, glänzenden Fäden bei *a* stellen Schimmelpilze dar aus verdünnter Müller'scher Flüssigkeit. Dieselben bilden oft dichte Geflechte. Bei *b* ist ein Stückchen einer Seidenfaser dargestellt, aus einem Stückchen Seidenzeug entnommen. Dieselbe ist meist cylindrisch, homogen, durchsichtig glänzend, und kann ungefärbt sein oder je nach ihrem Ursprunge in sehr verschiedenen Farben erglänzen. Das bei *c* gezeichnete Stückchen einer Leinenfaser wird immer seltener als Verunreinigung zu finden sein, je seltener Leinenzeuge gebraucht werden. Die Faser unterscheidet sich von der vorigen deutlich durch die Absätze und Querlinien sowie durch einen feinen in der Mitte hinziehenden spaltförmigen Raum, der indessen nicht immer zu sehen ist, mitunter aber durch darin enthaltene Luft sehr deutlich hervortritt. Von der Färbung gilt dasselbe wie bei der Seidenfaser. Die Figuren bei *d* und *e* stellen Stücke von Baumwollenfasern dar, ebenfalls Stoffen entnommen. Die Faser ist platt, bandartig, und schon dadurch leicht zu erkennen, ausserdem ist der dickere Mitteltheil sehr gewöhnlich spiralig gedreht (bei *e*), während der spitz zulaufende Endtheil glatt verläuft. In der Mitte befindet sich ein relativ breiter Hohlraum, der Luft enthalten kann (bei *d*, nahe der Spitze), und dessen Wände eine leichte mehr oder weniger deutliche Streifung erkennen lassen. Fär-

bungen wie bei den vorigen Fasern. Diese Verunreinigung ist eine der häufigsten, da alle Handtücher, alle Mikroskopirtücher jetzt entweder aus reiner Baumwolle bestehen, oder doch solche enthalten. Bei *f* sehen wir ein Stückchen eines Wollhaares, wie es von unseren Röcken etc. abfällt. Man erkennt an demselben vorzüglich schön die Grenzen der Zellen, welche die Cuticula des Haares bilden und sich dachziegelförmig

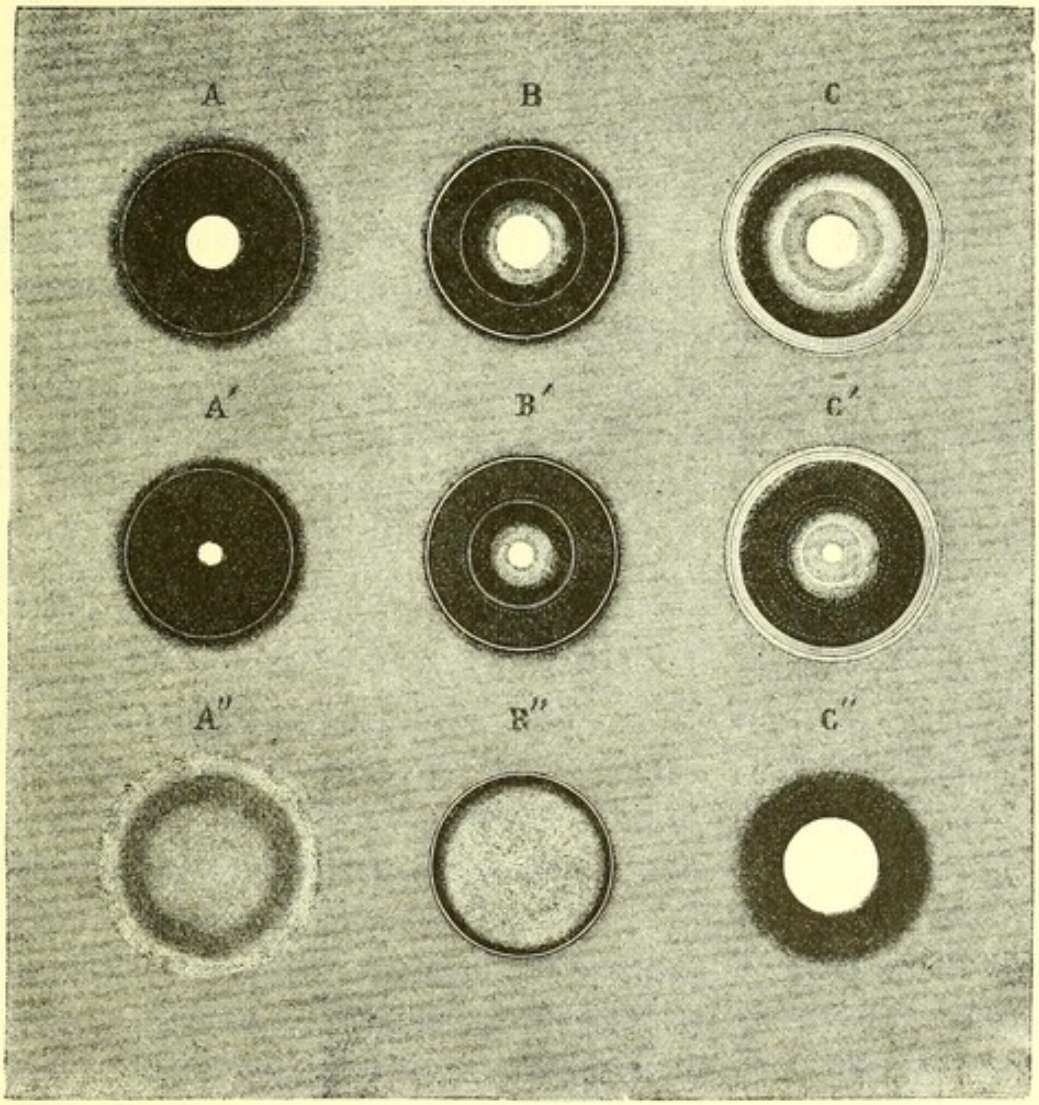


139.

a Schimmelpilze. *b* Seidenfaser. *c* Leinenfaser. *d* Baumwollenfaser, Ende. *e* Baumwollenfaser, Mitte. *f* Wollhaar. *g* Kaninchenhaar. Vergr. 224.

decken; daher die Zähnelung an den Rändern. Färbung natürlich ebenso variirend wie die Farben der Stoffe. Bei *g* endlich ist ein Stückchen eines mitteldicken Kaninchenhaares gezeichnet. Derartige Haare, sowie solche von Hunden, Ratten, Mäusen, Meerschweinchen etc. kleben ja oft an den eingelegten Objecten und kommen so mit unter das Deckglas, man sehe sich daher dieselben von jedem Thiere, das man benutzt, vorher an. Die Cuticularzähnelung ist sehr deutlich, in der Mitte liegt die Säule der lufthaltigen, daher dunkel-glänzend (bei auffallendem Lichte weiss-glänzend) erscheinden Markzellen. Die Structur der Leber lernt der Mikroskopiker in der Gewebelehre des genaueren kennen; ein

Schnitt durch Hollundermark zeigt grosse helle Zellen, deren Wandungen oft durchbrochen erscheinen. In Figur 140 endlich ist eine dem Buche von Ranvier (I. p. 15) entnommene Zeichnung wiedergegeben, welche Luftblasen in Wasser und in Canadabalsam und Fetttropfen in Wasser darstellt. Je nachdem man bei diesen das Mikroskop auf die Tiefe, die Mitte oder die Oberfläche der Blase resp. des Tropfens ein-



140.

1) Luftblase in Wasser. A Einstellung auf den Grund, B Einstellung auf die Mitte, C Einstellung auf die Oberfläche. — 2) Luftblase in Canadabalsam. A′, B′, C′ wie oben. — 3) Fetttropfen in Wasser. A″, B″, C″ wie oben.

stellt, wechselt das Aussehen ganz bedeutend, und deshalb sind diese drei Ansichten in jedem Falle bildlich dargestellt worden. Ich habe indessen noch hinzuzufügen, dass die Luftblasen unter dem Deckglase durchaus nicht immer rund zu sein brauchen, sondern durch Quetschung etc. die verschiedensten Formen annehmen können. — Endlich darf man auch feine Ritze, die sich im Deckglase oder Objectträger befinden, nicht zu erwähnen vergessen, da auch sie mitunter

dem Anfänger Schwierigkeiten bereiten. Sie zeichnen sich gewöhnlich vor Allem anderen schon durch den absolut geraden Verlauf aus, abgesehen von der sehr hohen oder tiefen Einstellung, die man anwenden muss, um sie wahrzunehmen.

XII. Die Wiedergabe der Präparate.

Ist es gelungen, ein Präparat herzustellen, welches etwas wichtiges erkennen lässt, so ist es oft von dem grössten Werthe, eine bildliche, vergrösserte Darstellung von demselben genau zu entwerfen. Dazu dienen als wichtige und nothwendige Hülfsmittel jene auf pp. 77 bis 87 besprochenen Apparate zum Zeichnen und Photographiren. Seitdem wir gelernt haben, ein ganzes grösseres Object in feine auf einander folgende Serienschnitte zu zerlegen, genügt diese einfache Darstellung eines Schnittes aber nicht mehr, wir wollen aus allen Schnitten einer solchen Serie entweder das ganze zerlegte Object wieder aufbauen oder aus diesem einen bestimmten Theil gewissermaassen mikroskopisch herauspräpariren und diesen für sich vergrössert körperlich darstellen. Aus diesem Bestreben haben sich in neuerer Zeit besondere Reconstructionsmethoden entwickelt, welche theils auf mehr oder weniger durchsichtigen, aufeinanderfolgenden Papierplatten Zeichnungen, und so im Ganzen eine Uebersicht geben, theils wie die Plattenmodellirmethode von Born direct das Object in Wachsmasse körperlich darstellen. Die hierzu nöthige Technik hat indessen schon einen solchen Umfang erreicht, dass es den Raum dieses Buches überschreiten würde, sie so ausführlich als es nöthig sein würde, wiederzugeben. Ich verweise daher hier auf die in dieses Gebiet schlagenden Schriften, aus denen sich ein Jeder das für ihn nöthige wird zusammenstellen können, und betone nur nochmals die Wichtigkeit dieser Methoden:

Literaturangaben.

1) Born, G., Die Plattenmodellirmethode 7. XXII. p. 584—599 und 3. I. p. 278 bis 280, hierin auch andere Literaturangaben. 2) Strasser, H.: Ueber das Studium der Schnittserien und über Hülfsmittel, welche die Reconstruction der zerlegten Form erleichtern. 3. III. p. 179 bis 195. 3) Strasser, H.: Ueber die Methoden der plastischen Reconstruction. 3. IV. p. 168 bis 208 und p. 330 bis 339 (sehr umfassende Arbeit). 4) Kastschenko, N.: Methode zur genauen

Reconstruction kleinerer makroskopischer Gegenstände. Archiv f. Anatomie und Entwicklungsgeschichte, 1886 p. 388 bis 393. 5) Kastschenko, N.: Die graphische Isolirung. Anatom. Anzeiger, Bd. II. 1887. p. 426 bis 435. 6) Kastschenko, N.: Die graphische Isolirung bei mittleren Vergrösserungen. Anatom. Anzeiger, Bd. II. 1887, No. 18, 19, p. 579 bis 582. Man sehe dieser Arbeiten wegen auch 3. IV. p. 234 bis 236. 7) Kastschenko, N.: Ueber das Beschneiden mikroskopischer Objecte. 3. V. p. 173 bis 181. 8) Born, G.: Noch einmal die Plattenmodellirmethode. 3. V. p. 433 bis 455.

Verzeichniss der in dem vorstehenden zweiten Abschnitte mit Zahlen angeführten Schriften.

1) Ranvier, L., Traité technique d'histologie. Paris. (F. Savy).

2) Garbini, A., Manuale per la tecnica moderna del microscopia etc. (Verona e Firenze). 1887. (H. F. Münster).

3) Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie und für mikroskopische Technik. Braunschweig 1883 ff. (Bruhn).

4) Orth, Cursus der normalen Histologie. 5. Aufl. Berlin 1888 (Hirschwald).

5) Frey, Das Mikroskop und die mikroskopische Technik. 8. Aufl. Leipzig 1886 (Engelmann).

6) Bolles Lee, A, et Henneguy, F., Traité des méthodes techniques de l'anatomie microscopique, histologie, embryologie et zoologie. Paris 1887 (Octave Doin).

7) Archiv für mikroskopische Anatomie. Bonn 1865 ff. (Cohen u. Sohn).

Angabe einiger Handlungen,

von denen man die in den vorigen Capiteln erwähnten Reagentien, Farbstoffe, Injectionsmassen etc. beziehen kann:

Dr. G. Grübler, Leipzig, Dufourstrasse 17.

Dr. G. Münder (in Firma: Ad. Abich), Göttingen.

Jordan & Faust, Göttingen.

Dr. Kade's Oranienapotheke, Berlin SO. 26.

F. u. M. Lautenschläger, Berlin N., Ziegelstrasse 24.

R. Siebert, K. K. Hoflieferant, Wien VIII, Alserstrasse 19.

Ausserdem wird noch speciell auf die im Texte gemachten Angaben verwiesen.

DRITTER ABSCHNITT.

Ueber den mikroskopischen Nachweis der chemischen Bestandtheile des Thierkörpers.

Einleitung.

Die Kenntnisse, welche durch die Anwendung des Mikroskops bei der Untersuchung thierischer Organe gewonnen werden, sind zum Theil chemischer, zum Theil morphologischer Art. Beiderlei Resultate werden nicht allein dadurch erzielt, dass man die Objecte unter dem Mikroskop betrachtet, sondern auch dadurch, dass man mit Hülfe chemischer oder physikalischer Agentien auf dieselben einwirkt und die Veränderungen studirt, welche durch diese Reactionen hervorgerufen werden. Man lernt auf diese Weise zunächst die Stoffe kennen, welche in den thierischen Geweben vorhanden sind, fernerhin die räumliche Vertheilung derselben und ihre Beziehung zu den Formen. Die Kenntnisse der letzteren Art können nur durch gemeinsame Arbeit der Chemie und der Morphologie gewonnen werden. Gemeinsam ist auch das Ziel dieser Arbeit — nämlich die Einsicht in die Funktion der Organe und in ihren entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhang.

Die Erkennung eines chemischen Individuums unter dem Mikroskop geschieht entweder durch die optische Untersuchung der bereits vorhandenen Krystalle oder dadurch, dass man eine nicht krystallisirte Substanz zum Krystallisiren bringt, um sie mit Hülfe der Krystallform zu identificiren, oder durch die Einwirkung von Lösungsmitteln, um aus der Löslichkeit Schlüsse zu ziehen, oder endlich dadurch, dass man

chemische Umsetzungen herbeiführt und aus der unbekannten Substanz andere Körper von bekannten Eigenschaften darstellt.

Die folgende Darstellung der mikrochemischen Reactionen zerfällt in einen allgemeinen und einen speciellen Theil. Der erstere enthält hauptsächlich die Methoden zur Untersuchung von Krystallen, im speciellen Theil sind die für die mikroskopische Diagnose werthvollen Eigenschaften der wichtigsten chemischen Bestandtheile des Thierkörpers beschrieben.

A. Allgemeiner Theil.

I. Ueber die Anstellung mikrochemischer Reactionen.

Die chemischen Reactionen werden meist unter dem Deckglas vorgenommen, indem man einen Tropfen des Reagens mit Hülfe eines Glasstäbchens oder eines zu einer Oese umgebogenen und in ein Glasröhrchen eingeschmolzenen Platindrahts auf den Objectträger an den Rand des Deckglases bringt, welches die zu untersuchende Substanz bedeckt. Die Flüssigkeit verbreitet sich langsam unter dem Deckglas; für manche Fälle wird es zweckmässig sein, ein Haar oder ein feines Fädchen unter das Deckglas zu bringen, um den Zutritt der Flüssigkeit zu erleichtern. Wenn die Flüssigkeitsmenge nach Zusatz des Reagens eine zu grosse geworden ist, so kann man einen Theil derselben entfernen, indem man sie durch ein gegen den Rand des Deckgläschens vorgeschobenes Stück Fliesspapier absaugen lässt. Die Entfernung des zugesetzten Reagens und das Auswaschen des Präparates geschieht mit Hülfe derselben Manipulationen. Diejenigen Reactionen, welche auf der Entwicklung von Krystallen beruhen, lässt man, wenn irgend möglich, ohne Deckglas vor sich gehen, da die Ausbildung der Krystalle vollkommener ist, wenn sie frei in der Flüssigkeit schwimmen. Die Entwicklung der Krystalle wird ferner begünstigt dadurch, dass sie sich langsam abscheiden, es ist also in gewissen Fällen von Vortheil, dass das Reagens allmählig zu dem zu untersuchenden Object hinzutritt. Soll das Reagens auf eine Lösung langsam einwirken, so bringt man einen Tropfen des Reagens neben die zu prüfende Flüssigkeit und verbindet beide durch einen mit Hülfe eines feinen Platindrahtes gezogenen Strich. Will man Krystalle

durch Verdunsten der Flüssigkeit erzielen, so legt man das Objectglas, welches einen Tropfen der Flüssigkeit enthält, auf ein Stück Asbestpappe, das man durch eine kleine, 5 bis 6 cm darunter befindliche Flamme erwärmt. Oder man construirt ein kleines Wasserbad, indem man auf eine mit Wasser gefüllte und durch einen Bunsen'schen Brenner zum Sieden erhitzte Porzellanschale eine Glimmerplatte deckt und auf diese das Objectglas bringt.

Um kleine Flüssigkeitsmengen zu filtriren, bedient man sich folgender, von Streng angegebener Anordnung. Man bringt die zu filtrirende Flüssigkeit auf einen Objectträger in die Nähe des Randes und fixirt denselben in sehr schwacher Neigung gegen den Horizont. In die Flüssigkeit bringt man das eine Ende eines 2 mm breiten und 25 mm langen Papierstreifens von aschefreiem Filtrirpapier. Der Streifen hängt über den Rand des Objectträgers hinab und berührt mit dem andern etwas zugespitzten Ende einen zweiten Objectträger, der das Filtrat aufnimmt. Die Filtration geschieht durch Capillar- und Heberwirkung.

II. Ueber die Untersuchung von Krystallen.[1]

Es muss als allgemeine Regel gelten, dass jede Substanz in einer ihr eigenthümlichen Art von Krystallen auftritt. Diese Regel hat Ausnahmen in zweierlei Weise: erstens giebt es chemisch differente Substanzen, die einerlei Krystallform zeigen (z. B. Chlorkalium und Chlorammonium), zweitens kann dasselbe chemische Individuum in verschiedenen Krystallformen erscheinen (z. B. Schwefel). Trotz dieser Ausnahmen ist die krystallographische Untersuchung ein wichtiges, bisher in der Medicin lange nicht genug gewürdigtes Hülfsmittel, welches in vielen Fällen vollkommene Entscheidung über den chemischen Charakter der untersuchten Substanz liefert.

Man benutzt zum Erkennen der Krystalle unter dem Mikroskop zum Theil das Verhalten derselben im polarisirten Licht, zum Theil ihre geometrischen Verhältnisse. Von den verschiedenen Methoden zur Untersuchung der Krystalle sind in Folgendem diejenigen beschrieben, welche ohne specielle Kenntniss der Krystallographie angewandt werden können.

---

[1]) Um dieses Kapitel möglichst kurz und elementar zu gestalten, habe ich die physikalischen Verhältnisse in einzelnen unwesentlichen Punkten absichtlich einfacher dargestellt, als sie in der That sind. Kossel.

Die Aufgaben und Principien der physikalischen Untersuchung der Krystalle.

Die Krystalle werden nach ihrem optischen Verhalten in zwei Arten eingetheilt, die man als einfachbrechende oder isotrope und als doppelbrechende oder anisotrope unterscheidet.

Tritt ein Lichtstrahl in einen isotropen Krystall ein, so pflanzt er sich in demselben wie in einem amorphen homogenen Körper, z. B. in Glas, fort. Tritt der Lichtstrahl dagegen in einen anisotropen Krystall, so ist das Verhalten desselben verschieden, je nach der Richtung, in welcher der Strahl einfällt.

Es giebt in jedem anisotropen homogenen Krystall mindestens eine Richtung, in welcher ein Lichtstrahl sich im Wesentlichen ebenso fortpflanzt, wie in einem einfach brechenden Körper. Man nennt dieselbe die Richtung der optischen Axe. Man theilt die doppelbrechenden Krystalle ein in solche, die eine optische Axe besitzen (optisch einaxige) und solche, die zwei optische Axen haben (optisch zweiaxige).

Wenn ein Lichtstrahl in irgend einer Richtung, die nicht einer optischen Axe parallel ist, eingeworfen wird, so erleidet er eine Veränderung, die man als Doppelbrechung bezeichnet. Er wird in diesem Fall zerlegt in zwei Strahlen. Bei optisch einaxigen Krystallen liegen die Verhältnisse am einfachsten, hier folgt einer dieser Strahlen stets den Brechungsgesetzen für gewöhnliches Licht, man nennt ihn den ordentlichen Strahl, den zweiten den ausserordentlichen Strahl. Der Unterschied beider Strahlen beruht zum Theil auf der Verschiedenheit ihrer Fortpflanzungsgeschwindigkeit: der ordentliche Strahl pflanzt sich nach allen Richtungen im Krystall gleich schnell fort; die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des ausserordentlichen Strahls ist nach verschiedenen Richtungen verschieden. Sie ist bei optisch einaxigen Krystallen abhängig von der Grösse des Winkels, den die Richtung des ausserordentlichen Strahls mit der optischen Axe bildet. Je grösser dieser Winkel, um so grösser ist der Unterschied in der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des ordentlichen und des ausserordentlichen Strahls. In der Richtung der optischen Axe ist die Geschwindigkeit beider Strahlen die gleiche. Wenn in optisch einaxigen Krystallen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des ausserordentlichen Strahls grösser ist als die des ordentlichen, so nennt man den Krystall negativ, im entgegengesetzten Falle positiv doppelbrechend. Bei zweiaxigen Krystallen bestehen ähnliche, später zu besprechende Unterschiede. Das Zeichen der Doppel-

brechung kann in manchen Fällen zur Erkennung der Krystalle behülflich sein und wir werden später eine Methode kennen lernen, um dasselbe unter dem Mikroskop zu bestimmen.

Der ordentliche und der ausserordentliche Strahl zeigen noch eine weitere Eigenthümlichkeit: sie sind polarisirt. Das polarisirte Licht unterscheidet sich vom gewöhnlichen dadurch, dass die Schwingungen des ersteren in einer Ebene stattfinden, welche man die Schwingungsebene nennt, während die des gewöhnlichen Lichts nicht alle in einer Ebene liegen. Die Polarisation des ordentlichen und ausserordentlichen Strahls findet in der Weise statt, dass die Schwingungsrichtung des erstern senkrecht zu der des letztern ist; beide Schwingungen sind senkrecht zu der Fortpflanzungsrichtung der Lichtwelle. Die Schwingungsrichtungen der beiden durch Doppelbrechung in einem Krystall erzeugten Strahlen stehen in einer gesetzmässigen Beziehung zu den geometrischen Formen dieses Krystalls und diese Beziehung giebt ein weiteres, ausserordentliches Merkmal für die mikroskopische Analyse krystallisirter Körper. Man stellt diese Beziehung fest, indem man die Winkel misst, welche die Schwingungsrichtung mit den Kanten des Krystalls bildet. Die Methode der Messung wird weiter unten angegeben.

Bisher war nur das Verhalten eines in den Krystall eintretenden Lichtstrahls berücksichtigt. Wenn mehrere Lichtstrahlen in eine Krystallfläche einfallen, die unter einander parallel sind, so erleidet jeder dieser Strahlen die gleiche Veränderung. Alle aus einer und derselben Fläche austretenden Strahlen haben in diesem Fall dieselben beiden Schwingungsrichtungen. Man benutzt demgemäss auch parallele Strahlen zur Untersuchung der Schwingungsrichtungen.

Sendet man indess Lichtstrahlen, die unter einander convergiren, durch einen Krystall, so sind unter geeigneten Bedingungen Erscheinungen zu beobachten, deren Zustandekommen von der Lage der optischen Axen abhängig ist und die somit über die Beziehungen der optischen Axen zu den geometrischen Formen Auskunft geben können. Wir haben auch diese Erscheinungen später zu besprechen.

Endlich ist noch ein Phänomen zu erwähnen, das man als Pleochroismus, wohl auch Dichroismus bezeichnet. Dasselbe beruht darauf, dass ein doppelbrechender Krystall die in einer Richtung schwingenden Strahlen stärker absorbirt als die übrigen. Diese Erscheinung macht sich besonders beim Blutfarbstoff geltend.

Erkennung der Doppelbrechung von Krystallen.

Die Doppelbrechung der Krystalle wird mit Hülfe des polarisirten Lichts untersucht. Zur Erzeugung desselben dient ein „Nicol'sches Prisma" („Nicol"). Letzteres ist ein doppelbrechender Krystall, welcher in besonderer Weise präparirt ist. Es sind zwei parallele Flächen *A* und *B* an diesen Krystall angeschliffen, durch welche die Strahlen hindurchfallen. Das durch *A* eintretende Licht wird im Innern des Krystalls in einen ordentlichen und einen ausserordentlichen Strahl zerlegt. Durch eine nicht näher zu beschreibende Vorrichtung wird der ordentliche Strahl so abgelenkt, dass er nicht aus der Fläche *B* heraustritt, sondern seitlich abgelenkt wird. Das aus der Fläche *B* austretende Licht besteht demnach ausschliesslich aus dem in einer Ebene schwingenden ausserordentlichen Strahl. Man nennt diese Ebene den „Hauptschnitt" des Nicols [1]. Tritt das Licht aus dem ersten Nicol in einen zweiten, so kann dasselbe im zweiten Nicol wieder in einen ordentlichen und ausserordentlichen Strahl zerlegt werden. Der ordentliche Strahl wird wiederum eliminirt, während der ausserordentliche hindurchgeht.

Sind nun diese beiden Nicols so gestellt, dass ihre Hauptschnitte parallel stehen, so tritt das aus dem ersten Nicol als ausserordentlicher Strahl austretende Licht in derselben Schwingungsrichtung in den zweiten Nicol ein, welche dem ausserordentlichen Strahl im zweiten Nicol eigen ist, es wird demnach beim Durchgang durch letzteren nicht zerlegt und nicht geschwächt.

Stehen die beiden Hauptschnitte im Winkel von 90° zu einander („gekreuzte Nicols"), so tritt das Licht in den zweiten Nicol mit derjenigen Schwingungsrichtung ein, welche dem ordentlichen Strahl im zweiten Nicol eigen ist, es kann demnach die Bildung eines ausserordentlichen Strahls im zweiten Nicol gar nicht stattfinden. Der ordentliche Strahl wird — wie oben gesagt — eliminirt. Wenn man also durch zwei derartige gekreuzte Nicols eine Lichtquelle betrachtet, so ist das Gesichtsfeld dunkel.

---

[1]) In den Mikroskopen neuerer Construction sind häufig polarisirende Apparate vorhanden, welche von der ursprünglichen Form des Nicol'schen Prisma abweichen. Diese neueren polarisirenden Prismen unterscheiden sich von den älteren vortheilhaft dadurch, dass sie kürzer sind und deshalb das hindurchgehende Licht weniger schwächen; ferner haben sie den Vorzug, dass sie auch die schief einfallenden Strahlen völlig polarisiren. Wir berücksichtigen in der folgenden Darstellung der Einfachheit wegen nur die ursprünglichen „Nicol'schen" Prismen, für das Verständniss der Apparate und Methoden kommt der Unterschied zwischen ältern und neuern Prismen nicht in Betracht.

Bilden die beiden Hauptschnitte mit einander einen Winkel zwischen 0° und 90°, so findet im zweiten Nicol eine Zerlegung statt. Ein Theil des Lichts geht hindurch und zwar um so mehr, je kleiner der Winkel ist, den die beiden Hauptschnitte mit einander bilden.

Wie im ersten Theil dieses Leitfadens erwähnt, enthält das für die Untersuchung der Krystalle eingerichtete Mikroskop zwei drehbare Nicols, von denen der eine, „polarisirende" Nicol unter dem Objecttisch, der zweite, „analysirende" Nicol über dem Ocular angebracht ist. Wir wollen, um die Wirkung dieses Instruments zu verstehen, untersuchen, welche Erscheinungen eintreten, wenn ein zwischen zwei Nicols befindlicher Krystall betrachtet wird.

1) Nehmen wir an, der zu betrachtende Krystall sei isotrop, so wird derselbe keinen Einfluss auf das polarisirte Licht ausüben. Bei gekreuzten Nicols erscheint er dunkel, hellt sich mit dem ganzen Gesichtsfeld auf, wenn die Nicols ihre gekreuzte Stellung verlassen und erreicht die grösste Helligkeit, wenn die Hauptschnitte der beiden Nicols parallel sind.

2) Dasselbe findet statt, wenn man einen anisotropen, optisch einaxigen Krystall betrachtet, dessen optische Axe parallel den einfallenden Lichtstrahlen, somit senkrecht zur Ebene des Objecttisches ist. Bei optisch zweiaxigen Krystallen sollte der obigen Darstellung nach dasselbe eintreten; in der That beobachtet man jedoch, dass der Krystall zwischen gekreuzten Nicols im dunkeln Gesichtsfeld gedreht stets hell bleibt. Auf die Erklärung dieser Erscheinung müssen wir hier verzichten.

3) Der zu untersuchende Krystall sei anisotrop und sei derartig gelagert, dass die Lichtstrahlen unter irgend einem Winkel zur optischen Axe in denselben eintreten. Der Krystall werde durch zwei parallele Flächen zwischen gekreuzten Nicols betrachtet. Da die Nicols einen Winkel von 90° mit einander bilden, so ist das Gesichtsfeld dunkel soweit es nicht vom Krystall eingenommen wird. Die eintretenden Strahlen, welche durch den untern Nicol polarisirt sind, werden in dem Krystall in einen ordentlichen und einen ausserordentlichen Strahl zerlegt, deren Schwingungsebenen senkrecht zu einander sind. Diese Schwingungsrichtungen werden im Allgemeinen einen Winkel mit den Nicolhauptschnitten bilden, somit sind die aus dem untern Nicol austretenden Strahlen nach dem Durchgang durch den Krystall nicht in der Schwingungsrichtung geblieben, die ihnen durch den untern Nicol gegeben war. Da nun der obere Nicol von allen Strahlen, die nicht in dem Hauptschnitt des untern Nicol schwingen, einen Antheil durchlässt, so geht ein Theil des Lichts durch den obern Nicol und der Krystall

erscheint hell im dunkeln Gesichtsfeld. — Wenn hingegen die Krystallfläche so gelagert ist, dass eine Schwingungsrichtung desselben zusammenfällt mit der Schwingungsrichtung der aus dem untern Nicol austretenden Strahlen, so findet eine Zerlegung des aus dem untern Nicol austretenden Lichts nicht statt. Dasselbe trifft somit den obern Nicol gerade so, als ob gar kein Krystall dazwischen gelagert wäre: die Krystallfläche erscheint dunkel. Dreht man den auf dem Objecttisch liegenden Krystall, so wird die beobachtete Fläche jedesmal dunkel erscheinen, wenn eine ihrer Schwingungsrichtungen zusammenfällt mit dem Hauptschnitt des untern Nicols. Sie wird somit bei einer Drehung von 360° in 4 Stellungen dunkel sein und dazwischen hell. Ist der Krystall sehr dünn, so erscheint das durchfallende Licht nicht weiss, sondern farbig. Auf die Erklärung dieser Erscheinung kann hier nicht näher eingegangen werden.

Aus dieser Erörterung ergeben sich ohne Weiteres die Kennzeichen der doppelbrechenden Krystalle. Es ist noch hinzuzufügen, dass auch solche Krystalle, die gewöhnlich isotrop sind, zuweilen eine schwache Doppelbrechung erkennen lassen, welche von einer während der Krystallisation stattgehabten innern Spannung herrührt.

Ausserdem verdient die Thatsache Erwähnung, dass die Linsen des Mikroskops meist selbst anisotrop sind. Diese Doppelbrechung macht sich besonders bei Anwendung starker Objective geltend. Es ergiebt sich daraus die Regel, im parallelen polarisirten Licht möglichst mit schwachen Objectiven zu untersuchen.

Die Bestimmung der Schwingungsrichtungen.

Die Messung der Winkel, welche die Schwingungsrichtung, auch „Auslöschungsrichtung“ genannt, des aus einer Fläche eines doppelbrechenden Krystalls austretenden Lichtes mit den Kanten bildet, bietet sehr wichtige Merkmale für die Erkennung der Krystalle. Diese Untersuchungen erfordern ein Mikroskop mit drehbarem Objecttisch, dessen Drehung in Graden abgelesen werden kann[1].

Das Princip dieser Messung ist folgendes: man legt den Krystall so auf den Objectträger, dass die zu untersuchende Fläche parallel der

[1]) Für diese Zwecke kann das Seite 73 abgebildete Mikroskop von Fuess dienen. (Andere gute Instrumente für denselben Zweck werden gefertigt von Nachet in Paris und von Voigt und Hochgesang in Göttingen.) Der Objecttisch ist in 360° eingetheilt und die Drehung desselben kann an Marken abgelesen werden, welche sich an dem feststehenden Theil des Instruments befinden.

Ebene des Objecttisches ist. Dann bringt man sie zwischen gekreuzten Nicols durch Drehung des Objecttisches in eine solche Stellung, dass eine ihrer Seiten parallel einem der beiden Nicolhauptschnitte ist. Wenn der Krystall doppelbrechend ist und die beobachtete Fläche nicht gerade senkrecht zur optischen Axe gelegen ist, so können zwei Möglichkeiten eintreten.

1) Die Krystallfläche erscheint dunkel im dunkeln Gesichtsfeld, wird aber hell, sobald der Krystall durch Drehung der Objecttisches aus der bezeichneten Lage gebracht wird. In diesem Fall ist die Schwingungsrichtung eines aus der beobachteten Fläche austretenden Strahls parallel einem der Nicolhauptschnitte, somit auch parallel der einen Kante.

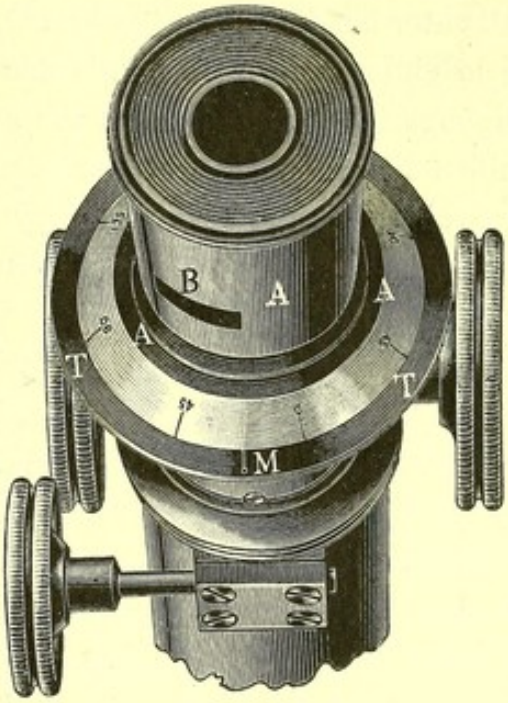
2) Die Krystallfläche erscheint hell im dunkeln Gesichtsfeld. In diesem Fall liest man zunächst die Stellung des Objecttisches ab und dreht denselben sodann bis die zu beobachtende Krystallfläche dunkel ist. Man liest jetzt wieder ab, der Winkel, um welchen der Objecttisch gedreht werden musste, bis die Fläche dunkel wurde, ist der gesuchte.

Diese Methode ist aus den Erörterungen des vorigen Capitels verständlich. Es sei daran erinnert, dass die Krystallfläche dann dunkel erscheint, wenn die Schwingungsrichtung des aus derselben austretenden Lichts parallel einem der beiden Nicol-Hauptschnitte ist.

Die Ausführung dieser Methode erfordert zunächst, dass die zu beobachtende Fläche parallel der Ebene des Objecttisches sei. Die geforderte Lage des Krystalls ist in vielen Fällen leicht herzustellen, oder ist die natürliche Lage desselben, da bei den meisten Krystallen, wenn sie vollständig ausgebildet sind, zu jeder Fläche eine parallele Gegenfläche existirt und da die Ausbildung der Krystalle häufig eine tafelförmige ist.

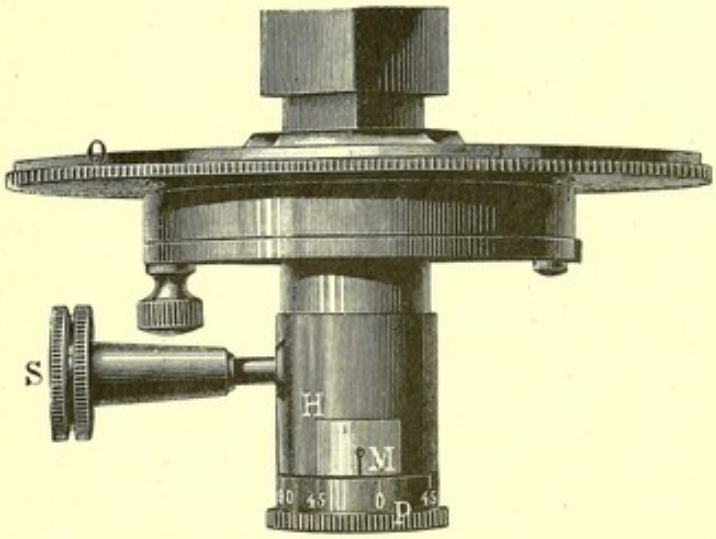
Es muss ferner an dem Instrument, welches zur Ausführung dieser Bestimmungen dient, eine Vorrichtung sein, welche es ermöglicht, den Krystall so zu lagern, dass eine Kante desselben parallel einem Hauptschnitt ist. Für diesen Zweck ist das Ocular mit einem Fadenkreuz versehen. Das Ocular trägt ferner einen Zapfen, der in einen am Tubus angebrachten Schlitz einfällt und die Stellung des Fadenkreuzes ein für allemal fixirt. An der Führung der beiden Nicols sind Marken angebracht, welche in Uebereinstimmung gebracht werden können mit einer Gradeintheilung, die an den Metallhülsen der Nicols vorhanden ist. Stehn beide Marken auf 0 so bilden die Hauptschnitte beider Nicols einen Winkel von 90° und sind zugleich parallel den Schenkeln des

Fadenkreuzes [1]. Eine Krystallkante, die man auf dem Objecttisch so orientirt, dass sie mit einem Schenkel des Fadenkreuzes zusammenfällt, liegt somit auch parallel einem der beiden Nicolhauptschnitte. Diese Lage des Krystalls kann durch Verschiebung des Objectträgers und durch Drehung des Objecttisches meist leicht herbeigeführt werden.



141.

Eine Schwierigkeit für diese Untersuchungen wird dadurch gegeben, dass man nicht immer im Stande ist, mit Genauigkeit diejenige Lage des Krystalls ausfindig zu machen, bei welcher die untersuchte Fläche die grösste Dunkelheit zeigt und dass man in Folge dessen bei verschiedenen Ablesungen nicht unbeträchtliche Differenzen erhält. Um diesen Fehler zu vermeiden, hat man zu verschiedenen Hülfsmitteln gegriffen, von denen zwei für unsere Zwecke erwähnenswerth sind. Beide beruhen darauf, dass das Auge für Farbendifferenzen sehr empfindlich ist.



142.

1) Man schiebt in den Tubus mittels eines über dem Objectiv angebrachten Spalts eine Quarzplatte ein,

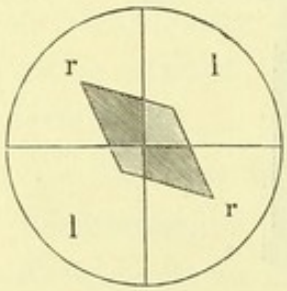
---

[1]) Anm.: Die nebenstehende Figur 141 zeigt den analysirenden Nicol *A* in der Ansicht von oben seitlich, welcher bei den Fuess'schen Instrumenten auf einem am Tubus befestigten und mit der Marke *M* versehenen Teller *T* ruht. Bei *B* befindet sich ein Spalt zum Einschieben optischer Nebenapparate. In Figur 142 ist der polarisirende Nicol desselben Instruments dargestellt. Der Nicol *P* ist in der Hülse *H* zu verschieben. Die Hülse kann durch eine Schraube *S* gehoben und gesenkt werden und trägt die Marke bei *M*. *O* ist der Objecttisch.

welche so dick ist, dass das Gesichtsfeld bei parallelen Nicols eine violette Farbe hat.

Bezüglich der Erklärung dieser Erscheinung muss auf die Lehrbücher der Physik verwiesen werden. Wird nun ein doppelbrechender Krystall unter das Mikroskop gebracht, so erscheint die zu beobachtende Fläche in einer andern Farbe als das übrige Gesichtsfeld, so lange die Schwingungsrichtungen der aus ihr austretenden Strahlen nicht einem der beiden Nicolhauptschnitte parallel sind. Hat man den Krystall so weit gedreht, dass die Farbe des Krystalls mit der des übrigen Gesichtsfelds übereinstimmt, so fallen die Schwingungsrichtungen genau mit den Nicolhauptschnitten zusammen.

2) Ebenso grosse Genauigkeit wird bei farblosen Krystallen durch einen Apparat erzielt, den man als „Bertrand'sche Platte" bezeichnet. Dieser Apparat besteht aus vier gleich dicken senkrecht zur Axe geschnittenen Quarzplatten, deren zwei rechtsdrehend, zwei linksdrehend sind. Die Platten sind so geschnitten und zusammengekittet, dass sie 4 Kreissectoren bilden und zwar sind sie abwechselnd gelagert (Figur 143). Die so zusammengesetzte Scheibe ist in ein Ocular eingefügt, und dieses wird durch einen Zapfen derart am Tubus fixirt, dass die Trennungslinien der Sectoren den Nicolhauptschnitten parallel sind, wenn die Nicols die oben beschriebene Nullstellung einnehmen. Bei gekreuzten Nicols erscheinen die vier Sectoren in einer gleichen schwach bläulichen Farbe. Wird nun eine Fläche eines doppelbrechenden Krystalls in die Mitte des Gesichtsfelds gebracht, so erscheinen im Allgemeinen diejenigen Theile der Fläche gleich gefärbt, welche in gegenüberliegenden Sectoren gelegen sind, hingegen die in benachbarten Sectoren gelegenen von verschiedener Farbe (Figur 143). Die Gleichheit der Farbe ist dann hergestellt, wenn die Schwingungsrichtungen mit den Nicolhauptschnitten zusammenfallen. Die Anwendung des Apparats ergiebt sich ohne Weiteres aus dem Gesagten, man benutzt die Trennungslinien der Sectoren zur Orientirung des Krystalls in derselben Weise wie das Fadenkreuz.



143.

Die genauesten Resultate erhält man, wenn man nach Herstellung gleicher Farbentöne den Objecttisch zuerst soweit nach rechts dreht, dass der in benachbarten Sectoren gelegene Theil der Fläche die erste erkennbare Differenz der Färbung zeigt, darauf durch Linksdrehung des Objecttisches denselben Effect hervorruft und nun das Mittel der beiden Ablesungen nimmt.

Wenn man prüfen will, ob die Stellung der BERTRAND'schen Platten oder des Fadenkreuzes zu den Nicolhauptschnitten eine richtige ist, so bedient man sich eines dünnen Spaltblättchens von Anhydrit. Ist eine Kante desselben parallel dem Fadenkreuz oder den Trennungslinien der Sectoren, so müssen auch diejenigen Erscheinungen eintreten, welche entstehn, wenn die Schwingungsebenen den Nicol-Hauptschnitten parallel sind.

Vor einer jeder derartigen Bestimmung ist der Tubus so zu centriren, dass die Mitte des Fadenkreuzes mit dem Drehpunkt des Objecttisches zusammenfällt. Man legt zu diesem Zweck einen mit vielen sehr kleinen Objecten versehenen Objectträger auf den drehbaren Tisch. Man ermittelt durch Drehung den Punkt des Gesichtsfeldes, welcher in der Axe der Drehung liegt. Auf diesen stellt man die Mitte des Fadenkreuzes ein, indem man den Tubus mit Hülfe der Schrauben *G G* Figur 85 verschiebt.

Pleochroismus.

Wie oben erwähnt, beruht diese Erscheinung darauf, dass die in verschiedener Richtung schwingenden Lichtstrahlen auch eine verschiedenartige Absorption erfahren. Beim Turmalin z. B. wird der ordentliche Strahl stärker absorbirt als der ausserordentliche. Der ordentliche Strahl wird hier mit grüner, der ausserordentliche mit rothbrauner Farbe durchgelassen. Diese Erscheinung ist nur bei gefärbten Krystallen zu beobachten. Ist sie stark ausgeprägt, wie bei gewissen Mineralien, so erscheint der Krystall in verschiedener Farbe je nach der Richtung, in der man ihn betrachtet. Die physiologisch wichtigen Krystalle, bei denen diese Erscheinung in Betracht kommt, zeigen sie nur in geringem Grade. Zur Wahrnehmung derselben entfernt man den analysirenden Nicol und beobachtet die Farbenveränderungen, die bei einer Drehung des Objects um 360° eintreten[1]. Bei Blutfarbstoffkrystallen beobachtet man bei gewissen Stellungen eine mehr gelbliche, bei andern eine intensive rothe Farbe (vgl. Hämoglobin). Diese Erscheinung tritt auch bei solchen Krystallen auf, die ihre Farbe nur einer gefärbten Beimengung verdanken (Harnsäure).

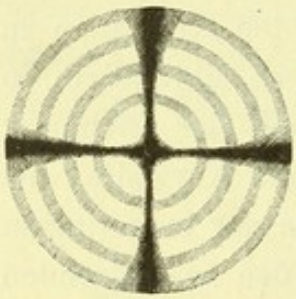
Untersuchung im convergenten polarisirten Licht.

Lässt man convergente polarisirte Lichtstrahlen durch einen doppelbrechenden Krystall hindurchgehen und betrachtet die austretenden

[1]) Steht kein drehbarer Objecttisch zur Verfügung, so beobachtet man die Erscheinung, indem man den polarisirenden Nicol dreht.

Strahlen, nachdem sie durch ein Linsensystem hindurchgegangen sind, welches die Convergenz wieder aufhebt, mit einem Nicol'schen Prisma, so beobachtet man Erscheinungen, welche über die Zahl und Lage der optischen Axen Aufschluss geben und welche ebenfalls zur Charakterisirung der Krystalle unter dem Mikroskop benützt werden können. Man bezeichnet diese Erscheinungen als „optische Axenbilder", bezüglich ihrer Entstehung muss auf die Lehrbücher der Physik und Krystallographie verwiesen werden. (Groth, Physikalische Krystallographie. Leipzig 1876, Seite 58 u. ff. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der Mineralien. Zweite Auflage, S. 154 und folgende).

Zur Erzeugung der Convergenz der Strahlen wird zwischen das Object und den polarisirenden Nicol eine planconvexe, halbkugelige Linse (Condensorlinse) eingeschaltet, die möglichst dicht unter dem zu untersuchenden Krystall gelegen ist. Man betrachtet das Object mit einem möglichst starken Objectiv, das man dem Krystall bis fast zur Berührung nähert, und schaltet ferner eine Linse ein, welche bei den Fuess'schen Instrumenten (bei *C* Figur 85 S. 73) in den Tubus eingeschoben werden kann. Je dünner der Objectträger, um so grösser ist das Gesichtsfeld. Wenn es daher darauf ankommt, ein möglichst grosses Gesichtsfeld zu erhalten, so lege man den Krystall auf ein grosses Deckgläschen und dieses direct auf den Objecttisch.



144.

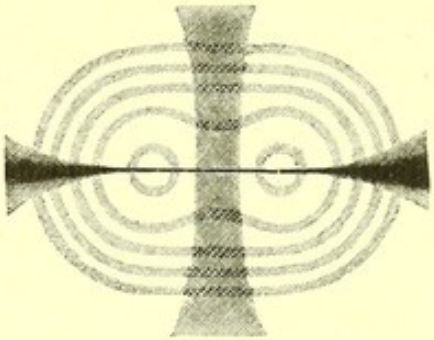
145.

Den Fuess'schen Instrumenten ist behufs dieser Untersuchung ein eigenes Ocular beigegeben, welches für einen sogleich zu erwähnenden Zweck mit Messvorrichtung versehen ist. Die Lichtstrahlen gehen, bevor sie ins Auge gelangen, durch den analysirenden Nicol.

Wird ein dünner, optisch einaxiger Krystall so auf den Objecttisch gelegt, dass seine optische Axe parallel ist der verticalen Axe des ganzen Apparats und wird derselbe durch zwei senkrecht zur optischen Axe gelegene parallele Flächen betrachtet, so zeigt sich bei gekreuzten Nicols ein Bild, welches aus einem System von farbigen Kreisen, die von einem dunkeln Kreuz durchsetzt sind, besteht (Figur 144). Dreht man die Nicols bis zur Parallelstellung der Hauptschnitte, so nimmt das Bild den in Figur 145 dargestellten Charakter an. Dreht man den Krystall, so ändert sich an dem Bilde nichts. Die Ringe sind um so weiter, je dünner der untersuchte Krystall ist. In einem

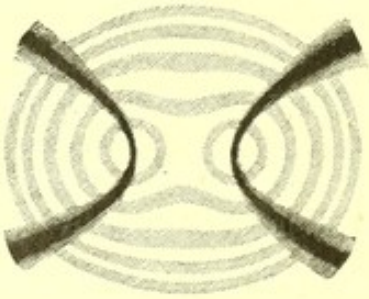
Krystall von schwächerer Doppelbrechung erscheinen die Ringe weiter als in einem gleich dicken Krystall von stärkerer Doppelbrechung.

Blickt man durch zwei untereinander und dem Objecttisch parallele Flächen eines dünnen, optisch einaxigen Krystalls, welche von der normal zur optischen Axe stehenden Ebene nicht sehr abweichen, so erblickt man ebenfalls das optische Axenbild, jedoch nicht in der Mitte des Gesichtsfelds, auch sind die Ringe nicht mehr kreisförmig. — Wird ein optisch zweiaxiger Krystall in der nämlichen Weise untersucht, so ergiebt sich ein Bild, welches von der Lage der optischen Axen zu den Nicolhauptschnitten abhängig ist. Eine durch den Krystall gelegte Ebene, welche beiden optischen Axen parallel ist, heisst optische Axenebene, der Winkel, den die beiden optischen Axen in einer solchen Ebene mit einander bilden, heisst optischer Axenwinkel. Betrachtet man zwischen gekreuzten Nicols einen dünnen, zweiaxigen Krystall durch zwei unter einander und dem Objecttisch parallele Flächen, welche senkrecht zur Halbirenden des spitzen Winkels, den die optischen Axen bilden, gelegen sind, so erhält man ein farbiges Bild, welches dem in Figur 146 dargestellten ähnlich ist, wenn die optische Axenebene einem der Nicolhauptschnitte parallel ist. Man erblickt zwei Systeme von Ringen, die von weiteren gemeinschaftlichen Curven umgeben sind. Die Curven gehören sämmtlich zur Classe der Lemniscaten. Das Bild ist von zwei sich senkrecht schneidenden dunkeln Barren durchsetzt, deren eine der optischen Axenebene parallel ist, diese ist dunkler und schärfer contourirt als die andere. Die Zahl der geschlossenen Ringe um jeden der beiden Pole ist von der Dicke der Platte abhängig.



146.

Dreht man den Krystall so, dass die optische Axenebene ihre Parallelstellung zu den Nicolhauptschnitten verlässt, so löst sich das dunkle Kreuz in zwei Hyperbeln auf, die nun, wenn die optische Axenebene einen Winkel von 45° mit den Nicolhauptschnitten bildet, das in Figur 147 bezeichnete Bild geben.

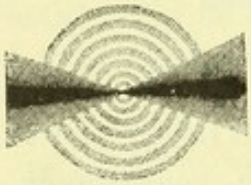


147.

Der Abstand der beiden Curvenpole von einander kann in solchen Fällen, wo die Krystallfläche senkrecht zur halbirenden des optischen

Axenwinkels gelegen ist, als ein Maass dieses Winkels benutzt werden, und diese Messung kann unter Umständen zur Erkennung der Krystalle behülflich sein. Für diesen Zweck ist das Ocular des Fuess'schen Instruments mit einem eingeätzten Maassstab versehen, durch welchen der Abstand der Pole gemessen wird. Das in Figur 147 gezeichnete Bild, in welchem die Verbindungslinie der beiden Pole einen Winkel von 45° mit den Nicolhauptschnitten bildet, ist für die Messung am besten geeignet. Dementsprechend kann das Ocular durch einen in den Tubus einfallenden Zapfen so fixirt werden, dass die den Maassstab enthaltende Mittellinie bei Nullstellung der Nicols mit der Verbindungslinie der Curvenpole in Figur 147 zusammenfällt. Durch diese Messung kann in einigen Fällen die Identität eines zu untersuchenden Krystalls mit einer bekannten Substanz bestätigt werden, z. B. bei dem salpetersauren Harnstoff.

Wenn der optische Axenwinkel eine gewisse Grösse überschreitet, oder wenn die Halbirende dieses Winkels nicht senkrecht zu der Beobachtungsfläche steht, so erscheinen die beschriebenen Bilder entweder nur theilweise oder gar nicht. Bemerkenswerth ist der Fall, wo eine der optischen Axen senkrecht oder fast senkrecht zu der Fläche steht, durch welche man die Erscheinung beobachtet. In diesem Fall erhält man das in Figur 148 dargestellte Bild. Dreht man das Object, so dreht sich die das Bild durchschneidende Barre in entgegengesetzter Richtung.



148.

Auch in solchen Fällen kann man den eingeätzten Maassstab des Oculars zur Identificirung des Krystalls benutzen, indem man durch Drehung des Objecttisches den Axenaustritt in die Scala bringt und die Entfernung des Axenaustritts vom Mittelpunkt der Scala feststellt.

Bestimmung des Zeichens der Doppelbrechung.

Wie früher erwähnt, nennt man optisch einaxige Krystalle in dem Fall positiv doppelbrechend, wo der ordentliche Strahl die grössere Fortpflanzungsgeschwindigkeit hat, im entgegengesetzten Falle negativ.

Bei optisch zweiaxigen Krystallen unterscheidet man 3 verschiedene Richtungen, die man als Richtung der grössten (A), kleinsten (B), und mittleren (C) Elasticität bezeichnet. Diese Richtungen stehen alle senkrecht zu einander. Die Geschwindigkeit der im Krystall sich fortpflanzenden Strahlen ist eine verschiedene, je nachdem die

Schwingungsrichtung derselben der ersten, zweiten oder dritten Elasticitätsaxe parallel ist. Die in erster Richtung (A) schwingenden Strahlen pflanzen sich mit der grössten Geschwindigkeit fort; die in zweiter Richtung (B) schwingenden mit der kleinsten und die in der dritten (C) schwingenden mit einer mittleren Geschwindigkeit. Die Richtungen A und B liegen in der optischen Axenebene und zwar ist die Halbirende des spitzen Winkels, den die optischen Axen mit einander bilden, entweder A oder B. Im ersten Fall nennt man den Krystall negativ, im letztern positiv.

Hat man das Zeichen der Doppelbrechung in einem einaxigen Krystall zu bestimmen, dessen Flächen senkrecht zu der optischen Axe stehen, so bringt man denselben im convergenten Licht auf den Objecttisch und schaltet, nachdem man das optische Axenbild beobachtet hat, über oder unter dem Object einen senkrecht zu der optischen Axe geschliffenen, einaxigen Krystall, von dem man das Zeichen der Doppelbrechung kennt, ein. Haben beide Krystalle dasselbe Zeichen, so wirkt die Einschaltung gerade so, als ob der zu untersuchende Krystall dicker geworden wäre, d. h. die Ringe werden enger. Ist das Zeichen der Doppelbrechung in beiden Krystallen verschieden, so werden die Ringe weiter.

Für die Bestimmung des Zeichens der Doppelbrechung in zweiaxigen Krystallen eignet sich eine Quarzplatte, welche sehr schwach keilförmig geschliffen ist und deren eine Fläche parallel der optischen Axe ist [1]. Der Quarzkeil ist auf eine Glasplatte gekittet und kann entweder in die Hülse des oberen Nicols (bei B Figur 141) oder in den Tubus unter einem Winkel von 45° gegen die Hauptschnitte der Nicols bei Nullstellung der letzteren eingeschoben werden. Man ruft zunächst das optische Axenbild zwischen gekreuzten Nicols hervor, dann stellt man den Krystall so, dass die Axenebene 45° mit den Nicolhauptschnitten bildet, dass man also das in Figur 147 dargestellte Bild sieht. Man schiebt nun einmal den Quarzkeil in der Weise ein, dass seine Längsrichtung senkrecht zur Axenebene der untersuchten Platte gerichtet ist, also senkrecht zur Verbindungslinie der Curvenpole; ein zweites Mal so, dass seine Längsrichtung parallel der optischen Axenebene ist. Tritt im erstern Fall eine Erweiterung der Ringe ein, so ist der Krystall negativ, zeigt sie sich im zweiten Fall, so ist der Krystall positiv [2].

---

[1]) Quarz ist ein optisch einaxiger positiver Krystall.

[2]) Erklärung siehe Groth l. c. S. 107.

Ueber die Formen der Krystalle und ihre Beziehung zu den physikalischen Eigenschaften.

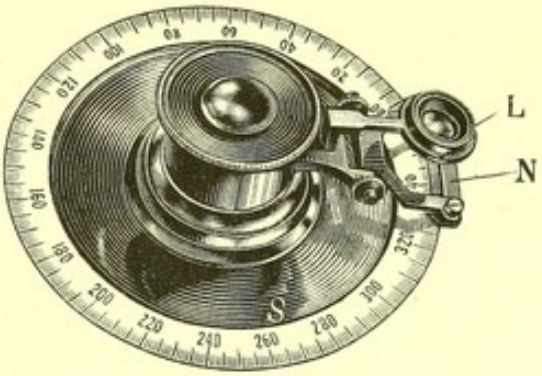
Es ist bereits oben gesagt, dass im Allgemeinen jedem chemischen Individuum eine ihm eigene Krystallform zukommt. Dennoch zeigen die verschiedenen Krystalle derselben Substanz keine absolute Gleichheit. Man vergleiche z. B. unten die Darstellung der verschiedenen Formen, unter denen die Harnsäure, die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia u. a. auftreten können. Die Krystallographie lehrt, dass all diesen verschiedenen Gestalten ein gemeinsamer Typus zu Grunde liegt. Wenn auch die relative Grösse der Fläche eine sehr verschiedene sein kann, wenn auch einzelne Flächen vollkommen wegfallen können, so bleiben doch die Winkel, unter denen eine Fläche zur andern geneigt ist, stets die gleichen.

In vielen Fällen erfolgt das Wachsthum des Krystalls vorwiegend nach einer Richtung, in der Weise, dass eine Fläche mit der ihr parallelen Gegenfläche sehr gross wird, während die übrigen Flächen kaum wahrnehmbar sind. Der Krystall erscheint dann tafelförmig. Zuweilen nimmt der Krystall durch vorwiegendes Wachsthum nach einer Richtung eine haarförmige oder nadelförmige Gestalt an. Solche Nadeln können sich zu Büscheln oder Kugeln gruppiren. Auch lagern sich kleinere Kryställchen in der Weise aneinander, dass eigenartige Bildungen, z. B. Kreuze, baumförmige Gestalten entstehen. Man nennt dieselben Skelettformen und beobachtet sie z. B. sehr häufig beim Salmiak. Bei gewissen Substanzen, z. B. beim salpetersauren Harnstoff oder dem schwefelsauren Kalk treten in gesetzmässiger Weise Verwachsungen zweier Krystalle ein, die man als Zwillingsbildungen bezeichnet. Die Lage des einen der beiden verwachsenen Krystalle verhält sich zu der des andern, als ob der letztere durch eine Drehung um 180° aus der Stellung des ersteren gebracht sei (Figur 191 *f* u. *g*). In ähnlicher Weise kann sich auch eine grössere Zahl von Krystallen vereinigen. Die Messung der einspringenden Winkel, welche durch diese Verwachsung gebildet werden, ist für die Erkennung oft sehr wichtig.

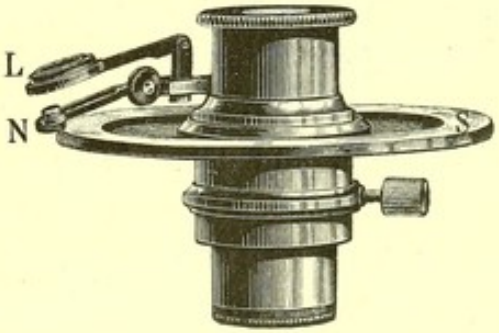
Das wichtigste Hülfsmittel für die Erkennung der geometrischen Formen, nämlich die Winkelmessung, findet unter dem Mikroskop nur beschränkte Anwendung. Im Allgemeinen werden nur solche Winkel gemessen, die in einer parallel dem Objecttisch gelegenen Fläche vorhanden sind. Es ist zwar nicht unmöglich, auch andere Winkel zu bestimmen, indess sind solche Messungen bisher praktisch nicht verwerthet (vgl. Carl Schmidt, Entwurf einer allgemeinen Untersuchungs-

methode der Säfte und Sekrete. Mitau und Leipzig 1846, Seite 18 und folg.). Für unsere Zwecke sind zwei zur Winkelmessung dienende Apparate zu erwähnen:

Schmidt's Goniometer. Dasselbe besteht aus einem mit Fadenkreuz versehenen Ocular, welches in einer Hülse drehbar ist. Die Drehung des Oculars kann mit Hülfe eines Nonius an einer in 360° getheilten Scheibe *S* abgelesen werden. Die Stellung des Nonius *N* wird durch eine Lupe *L* betrachtet. Nachdem man sich durch genaue Einstellung überzeugt hat, dass die Fläche, welcher der zu messende Winkel angehört, horizontal liegt, bringt man den Krystall in eine solche Lage, dass der Scheitelpunkt des zu messenden Winkels möglichst genau in den Mittelpunkt des Fadenkreuzes fällt und dass ein Schenkel mit einer Linie des Fadenkreuzes parallel ist oder damit zusammenfällt. Durch Drehung des Fadenkreuzes wird dann auch der zweite Schenkel des Winkels mit derselben Linie zur Deckung gebracht oder ihr parallel gestellt. Der Winkel, um den das Fadenkreuz gedreht werden musste, ist dem zu messenden Winkel gleich oder ergänzt sich mit demselben zu 180°, je nach der Richtung, in der die Drehung stattgefunden hat.



149 a.

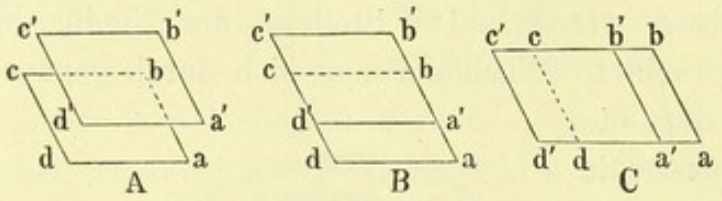


149 b.

Die Anwendung dieses Goniometers erfordert keinen drehbaren Objecttisch. Steht ein solcher zur Disposition, so bedarf man dieses Schmidt'schen Instrumentes nicht, sondern führt die Winkelmessung mit Hülfe des im Ocular vorhandenen Fadenkreuzes durch Drehung des Objecttisches aus. Man sorge für eine genaue Centrirung des Tubus. In manchen Fällen z. B. beim Cholesterin ist es vortheilhaft, die goniometrische Messung doppelbrechender Krystalle zwischen gekreuzten Nicols vorzunehmen. Hier erscheint der zu messende Krystall leuchtend und zeichnet sich deutlich von der Umgebung ab.

Leeson's Goniometer. Die soeben beschriebene Methode ist bei kleinen Krystallen, wie sie dem Physiologen häufig begegnen, nicht immer anwendbar. Für diese Fälle ist folgender Apparat empfehlens-

werth. In das drehbare Ocular Figur 9 ist an Stelle des Fadenkreuzes ein doppelbrechender Krystall eingeschaltet, welcher bewirkt, dass von jedem Gegenstand 2 Bilder im Gesichtsfeld erscheinen. Der doppelbrechende Krystall ist so dick, dass die Bilder kleiner Krystalle nur theilweise von einander getrennt sind. Es sei an dem Object der Winkel *abc* zu messen (Figur 150). Die beiden Bilder des Krystalls haben im Anfang eine beliebige Stellung z. B. die in *A* angegebene. Man bringt nun durch Drehung des Oculars die beiden Bilder in eine solche Lage, dass der eine Schenkel *ab* des einen Bildes mit dem entsprechenden Schenkel *a'b'* des zweiten Bildes zusammenfällt, wie es in *B* abgebildet ist. Dann liest man die Stellung des Nonius ab. Hierauf bewirkt man durch weitere Drehung, dass auch die Bilder *bc* und *b'c'* des zweiten Schenkels eine Linie bilden (*C*). Der Winkel, um den man das Ocular drehen musste, um aus der Stellung *B* in die Stellung *C* zu gelangen, ist das Complement des Winkels *abc*.



150.

Zum Zweck der Bezeichnung und Beschreibung der Krystallflächen hat man gewisse Axen in den Krystallen angenommen, deren gegenseitige Lagen und deren Längenverhältnisse in den verschiedenen Systemen verschieden sind. Man unterscheidet 6 Systeme:

1) Das reguläre, tesserale System. Drei zu einander rechtwinklige und gleichlange Axen.
2) Das tetragonale, quadratische System. Drei zu einander rechtwinklige Axen. Zwei derselben sind einander gleich, die Länge der dritten „Hauptaxe" ist durch das System nicht vorgeschrieben.
3) Das hexagonale System. Vier Axen. Drei gleich lange liegen in einer Ebene und schneiden sich unter Winkeln von 60°. Die Länge der vierten sog. „Hauptaxe" ist nicht vorgeschrieben; diese steht auf der Ebene der drei ersten senkrecht.
4) Das rhombische System. Drei zu einander rechtwinklige Axen, deren Längenverhältniss durch das System nicht vorgeschrieben ist.
5) Das monokline, monoklinometrische, monosymmetrische System. Drei Axen, deren Längenverhältniss nicht vorgeschrieben ist. Zwei dieser Axen bilden einen beliebigen

Winkel mit einander, die dritte steht auf der Ebene der beiden ersten senkrecht.

6) Das trikline, triklinometrische, asymmetrische System. Drei Axen, deren Länge und Neigung zu einander durch das System nicht vorgeschrieben sind.

Die dem regulären System angehörigen Krystalle sind isotrop, vorausgesetzt, dass sie nicht durch Spannungen während der Krystallisation ihre homogene Beschaffenheit eingebüsst haben, die übrigen anisotrop. Optisch einaxig sind die Krystalle des tetragonalen und hexagonalen Systems, die optische Axe fällt mit der Hauptaxe zusammen; optisch zweiaxig die rhombischen, monoklinen und triklinen Krystalle.

Als besonders wichtig sei hier das Verhältniss der Prismenkanten zu den Schwingungsrichtungen hervorgehoben. Bei den prismatisch ausgebildeten tetragonalen, hexagonalen und rhombischen Krystallen sind die Prismenkanten parallel den Schwingungsrichtungen. Die Prismenfläche eines solchen Krystalls erscheint, wenn er zwischen gekreuzten Nicols gedreht wird, dunkel, wenn seine Prismenkanten parallel den Nicolhauptschnitten, somit auch parallel dem Fadenkreuz gelegen sind. Im monoklinen System giebt es gewisse Flächen, deren Kanten gesetzmässig den Schwingungsrichtungen parallel sind, andere Flächen, bei denen dies nicht der Fall ist. Im triklinen System ist die Lage der Schwingungsrichtungen von den Kanten unabhängig.

B. Specieller Theil.

Nachdem wir die Methoden kennen gelernt haben, welche zur mikrochemischen Untersuchung der Bestandtheile des Thierkörpers dienen, wenden wir uns jetzt zur speciellen Betrachtung der Eigenschaften dieser Substanzen. Die folgende Zusammenstellung enthält die wichtigsten der im thierischen Organismus vorkommenden Stoffe, von den weniger wichtigen sind nur diejenigen angeführt, die sich durch charakteristische und gut untersuchte Reactionen auszeichnen.

Eiweisskörper.

Als Eiweisskörper (Albuminstoffe, Proteïnsubstanzen) bezeichnet man eine Anzahl von gewebsbildenden Substanzen, welche durch gemeinsame physikalische und chemische Eigenschaften zu einer Gruppe

vereinigt sind. Allen Eiweisskörpern gemeinsam ist ein der Constitution nach unbekannter Atomcomplex, welcher 49—54·8 % C; 6·8—7·3 % H; 14·25—17·0 % N; 0·8—2·2 % S enthält. Man unterscheidet einfache Eiweisskörper, welche nur aus der genannten Gruppe bestehen und zusammengesetzte Eiweisskörper, welche ausser dieser typischen Atomgruppe noch eine oder mehrere andere enthalten, die sich beim Kochen mit Säuren und Alkalien von der ersteren abspalten lassen.

Man hat bisher nur wenige Eiweisskörper in krystallisirtem Zustand vorgefunden oder dargestellt. Die meisten sind farblos (die Blutfarbstoffe hingegen sind lebhaft gefärbt), ohne Geschmack und Geruch, in trocknem Zustand hornartig, in Wasser quellend. Die Löslichkeit in Wasser und wässerigen Lösungen von Salzen ist sehr verschieden. Die meisten Eiweisskörper sind in Alkohol wenig löslich, in Aether, Schwefelkohlenstoff, Kohlenwasserstoffen, Chloroform, Oelen sind alle unlöslich.

Viele Eiweisskörper existiren in drei verschiedenen Zuständen, von denen der erste als genuiner Zustand zu bezeichnen ist, der zweite als Zustand des Acidalbumins und Alkalialbuminats, der dritte als coagulirter Zustand. Die genuinen Körper gehen durch Säuren oder Alkalien in Substanzen der zweiten Form, durch erhöhte Temperatur, Alkohol und verschiedene andere Einflüsse in die dritte Form über. Die drei Formen unterscheiden sich von einander durch ihre Löslichkeitsverhältnisse.

Allgemeine Reactionen der Eiweissstoffe.

In den thierischen Geweben finden sich die Eiweisskörper entweder gelöst (z. B. Blutserum) oder mit wässeriger Lösung durchtränkt (Muskel) oder in wasserarmem Zustand abgelagert. In den beiden ersten Fällen lassen dieselben die Einwirkung von Reagentien, sei es Auflösung, Fällung oder Farbenveränderung leicht erkennen. Im letzteren Fall sind zwei Möglichkeiten zu berücksichtigen, entweder die Eiweisskörper sind für die schwächeren Reagentien unzugänglich und werden nur von stärkeren Agentien z. B. Millon's Reagens, Natronlauge verändert (Keratin, Elastin) oder sie haben ihre Reactionsfähigkeit bewahrt (z. B. thierische und pflanzliche Eiweisskrystalle). Beide Gruppen sind durch Uebergänge verbunden.

Man kann zwei Arten von Fällungsmitteln der Eiweissstoffe unterscheiden, erstens solche, die den Zustand des Eiweisskörpers nicht sofort verändern und zweitens solche, die gleichzeitig eine Umwandlung des-

selben herbeiführen. Zu der ersten gehören das Wasser und die neutralen Salze der Alkalien und Erden, in einzelnen Fällen auch verdünnte Säuren und Alkalien, zu der zweiten Art müssen die meisten gebräuchlichen Fällungsmittel der Eiweissstoffe gerechnet werden. Die durch ein Fällungsmittel hervorgerufene Umwandlung des Eiweissstoffs kann zweierlei Art sein: a) es erfolgt ein Uebergang aus einem löslichen Zustand in einen unlöslichen z. B. aus dem genuinen in den coagulirten, dies geschieht durch Siedehitze, durch Alkohol u. s. w.; b) es bildet sich eine unlösliche Verbindung der Eiweisssubstanz mit dem Fällungsmittel, dies ist der Fall bei der Einwirkung der Salze schwerer Metalle, bei der Wirkung der Phosphorwolframsäure u. s. w.

Temperatursteigerung führt bei Gegenwart von Wasser viele Eiweisskörper in den geronnenen Zustand über. Manche Albuminstoffe (z. B. Fibrinogen) erleiden diese Umwandlung nicht, wenn sie vor dem Erhitzen sorgfältig getrocknet sind. Die Temperatur, bei welcher die Coagulation erfolgt, ist für verschiedene Eiweissstoffe charakteristisch, doch ist zu beachten, dass die Gerinnungstemperatur unter Umständen durch gleichzeitig vorhandene Salze beeinflusst werden kann. Durch gewisse Alkalisalze wird die Coagulation begünstigt, durch geringe Mengen von fixen Alkalien erschwert oder verhindert. Schwaches Ansäuern mit Essigsäure erleichtert die Coagulation durch Hitze, stärkere Säuregrade verhindern sie. Bei gleichzeitiger Gegenwart von Säure und schwefelsaurem Natron erfolgt die Coagulation sehr leicht. Die fractionirte Gerinnung bietet ein wichtiges Mittel zur Erkennung und Trennung der Eiweissarten. Erwärmt man ein Gewebsstück, welches zwei verschiedene Eiweisskörper enthält, in feuchtem Zustand auf eine Temperatur, welche zwischen den Gerinnungstemperaturen beider liegt, so bewahrt die eine Eiweisssubstanz ihre Löslichkeit, während die andere in einen unlöslichen und sowohl physikalisch wie chemisch verschiedenen Zustand übergeht.

Wasser wirkt als Fällungsmittel auf die Globuline, welche in den verdünnten Lösungen der Alkalisalze löslich sind und bei Zusatz von viel Wasser unverändert abgeschieden werden.

Alkohol. Alle Eiweisskörper sind bei Gegenwart von Salzen in absolutem Alkohol unlöslich, wässeriger Alkohol hingegen kann sie in nicht unerheblicher Menge auflösen. In den meisten Fällen bewirkt die Fällung durch Alkohol, dass der betreffende Eiweiskörper coagulirt, dass er also in Wasser unlöslich wird. Die Veränderung der Eiweisssubstanzen durch Alkohol zeigt sich z. B. an den Dotterplättchen des Karpfens, welche durch dieses Reagens ihre Durchsichtigkeit, ihre

Doppelbrechung und ihre Löslichkeit in Säuren und Alkalien verlieren. Als Beispiel eines durch Alkohol im wasserfreien Zustand nicht coagulirbaren Eiweisskörpers können die Eiweisskrystalle eines Pflanzensamens (Bertholletia excelsa) genannt werden, welche man mit Alkohol kochen kann, ohne dass sie ihre Löslichkeit und ihre physikalischen Eigenschaften einbüssen.

Aether löst die Eiweisskörper nicht. Die meisten Albuminstoffe werden durch Berührung mit Aether nicht verändert, einzelne z. B. das im Karpfenei und im Froschei vorhandene krystallisirte Ichthin, ferner Eieralbumin werden coagulirt.

Glycerin bewirkt in vielen Fällen Aufquellung und nach längerer Einwirkung oder beim Kochen Lösung der Eiweissstoffe.

Die Wirkung der neutralen Alkalisalze in wässeriger Lösung kann eine vierfache sein.

1) Verdünnte Lösungen bewirken die Auflösung der in Wasser unlöslichen Globuline, letztere sind durch reichlichen Wasserzusatz wieder fällbar.

2) Concentrirte Lösungen bewirken die Ausfällung gewisser Eiweissarten, ohne dass die betreffenden Eiweisskörper eine Veränderung erfahren. Verdünnt man also die Flüssigkeit, so verschwinden die Niederschläge.

3) Concentrirte Lösungen führen bei längerer Einwirkung die Auflösung einzelner in Wasser unlöslicher Eiweisskörper unter gleichzeitiger Umwandlung herbei. Zum Beispiel wird Fibrin bei längerem Verweilen in concentrirter Kochsalz- oder Salpeterlösung (schneller bei gleichzeitigem Erwärmen auf 40 °) völlig aufgelöst.

4) Verdünnte oder concentrirte Lösungen von Kochsalz bewirken eine beträchtliche Quellung der Nucleïne unter Bildung schleimiger Producte. Wahrscheinlich erfolgt hier eine chemische Umsetzung, bei der das Eiweiss die Rolle einer Säure spielt.

Die Salze der schweren Metalle wirken auf Eiweissstoffe gewöhnlich unter Bildung unlöslicher Verbindungen ein. In Lösungen der Eiweissstoffe bilden sich auf Zusatz dieser Reagentien Niederschläge. Auswaschen mit Wasser resp. mit Alkohol entfernt das Metalloxyd nur zum Theil. Von solchen Reagentien seien genannt: Quecksilbersalze (Nitrat, Chlorid, Jodquecksilberjodkalium, letzteres in saurer Lösung), Kupfersulfat, Silbernitrat, Bleiacetat, Eisenchlorid, Platinchlorid, Platincyankalium, Goldchlorid.

Viele von diesen Metallniederschlägen sind sowohl im Ueberschuss des Salzes, als auch des gelösten Eiweisskörpers löslich. Es ist also

behufs ihrer Darstellung nothwendig, das Reagens allmählig und in verdünnter Lösung einwirken zu lassen.

Jodtinctur (Jod in Jodkalium gelöst) färbt Eiweisskörper ohne wesentliche Beeinträchtigung ihrer Form gelb.

Säuren können in vierfacher Weise auf Eiweisskörper einwirken.

1) Genuine Eiweisskörper werden durch Säuren gelöst unter gleichzeitiger Umwandlung in Acidalbumin. In dieser Weise wirkt z. B. verdünnte Salzsäure (8 cc conc. Salzsäure im Liter) auf die Eiweisskörper der Muskeln, ebenso verdünnte Schwefelsäure und Essigsäure.

2) Fällung durch Säure wird in zweifacher Weise hervorgerufen:

A) Es bildet sich eine in Wasser unlösliche Verbindung des Eiweisskörpers mit der Säure. Dies geschieht, wenn man eine Eiweisslösung mit Phosphorwolframsäure, Phosphormolybdänsäure, Ferrocyanwasserstoff, Gerbsäure, Pikrinsäure, Chromsäure, Metaphosphorsäure versetzt; ein Niederschlag entsteht auch, wenn man concentrirte Salzsäure oder Salpetersäure zu Eiweisslösungen hinzufügt. In den durch diese Reagentien erzeugten Niederschlägen können die betreffenden Säuren zuweilen noch nachgewiesen werden; dieser Nachweis ist zu folgender Reaction zur Erkennung des Eiweisses unter dem Mikroskop verwerthet [1].

Man bringt das zu untersuchende Stück zunächst in eine dünne Lösung von Blutlaugensalz, welche man bereitet, indem man 1 g Ferrocyankalium in 20 cc Wasser löst und hiezu 10 cc Essigsäure (sp. G. 1,063) hinzufügt. In dieser Lösung bleibt dasselbe ungefähr eine Stunde liegen. Man wäscht den zu prüfenden Körper sodann mit Alkohol von etwa 60 Volumprocent sorgfältig aus und setzt darauf eine sehr verdünnte Eisenchloridlösung hinzu. Die löslichen oder gequollenen Eiweisskörper fixiren bei diesem Verfahren Ferrocyanwasserstoff und färben sich dann auf Zusatz eines Eisenoxydsalzes blau in Folge der Bildung von Berlinerblau. Manche Eiweisssubstanzen, welche an sich keine Reaction geben, können durch vorhergehende Behandlung mit Natronlauge löslich und reactionsfähig gemacht werden.

Die Gegenwart von löslichen Salzen unterstützt in manchen Fällen die präcipitirende Wirkung der Säuren. Essigsäure fällt z. B. Albumosen nur bei Gegenwart von Kochsalz.

B) Der durch Säure gefällte Niederschlag enthält den betreffenden Eiweisskörper in freiem Zustand. Dies geschieht in solchen Fällen,

[1]) Hartig, Bot. Zeitung 1854, Zacharias Bot. Zeitung 1883 No. 13.

wo der Eiweisskörper selbst den Charakter einer Säure trägt (z. B. Nucleïn).

3) Wenn die starken Mineralsäuren auf Eiweiss in der Siedehitze einwirken, so wird das Eiweissmolekül unter Spaltung zersetzt und es bilden sich zunächst Albumosen und Peptone, später Amidosäuren, Kohlensäure und Ammoniak.

Die Amidosäuren sind folgende:

a) Tyrosin. b) Säuren der Reihe $C_n H_{2n} N O_2$, unter denen das Leucin der Menge nach hervortritt. c) Säuren der Reihe $C_n H_{2n-1} O_4$ und zwar Asparaginsäure und Glutaminsäure. d) Eine Anzahl unvollkommen bekannter Substanzen (Leuceïn, Glycoproteïn, Tyroleucin).

4) Salpetrige Säure (resp. rauchende Salpetersäure oder Erhitzen mit Salpetersäure) bildet gelbe Nitrosubstitutionsproducte, sowie Oxydationsproducte. Die Nitroproducte sind unter dem Namen Xanthoproteïnsäure bekannt, sie färben sich mit Ammoniak tiefer gelb. Rauchende Salpetersäure löst Eiweisskrystalle auf unter Abscheidung gelblicher Massen.

Alkalien führen die genuinen Eiweisssubstanzen, sowie die Acidalbumine schnell, Fibrin und coagulirte Eiweissstoffe langsamer in Alkalialbuminat über. Aehnlich, nur schwächer wirken Barytwasser und Kalkwasser. Da das Albuminat in Alkalien leicht löslich ist, wirken die Alkalien als Lösungsmittel auf thierische Gewebe ein. Auch Elastin wird von Alkalien gelöst. In der Siedehitze zersetzen die Alkalien das Eiweissmolekül unter Bildung derselben Producte wie die Säuren.

Oxyde der schweren Metalle bewirken in vielen Fällen Ausfällung der Eiweisskörper, besonders vollständig in der Siedehitze (z. B. Eisenhydroxyd).

Millon's Reagens färbt bei gelindem Erwärmen (allmählich auch in der Kälte) alle Eiweisskörper roth. Da diese Reaction auf einer Zersetzung der Eiweisssubstanz beruht, so ist sie nicht, wie die Ferrocyanreaction von der Löslichkeit des Eiweisskörpers abhängig. Leim giebt diese Reaction nicht. — Zur Darstellung dieses Reagens löst man zunächst bei gewöhnlicher Temperatur, dann unter gelindem Erwärmen metallisches Quecksilber in dem gleichen Gewicht concentrirter Salpetersäure auf, man verdünnt die Flüssigkeit mit dem doppelten Volumen Wasser, lässt einige Stunden stehen, damit der entstandene Niederschlag sich völlig absetzt und giesst die Flüssigkeit vorsichtig ab.

Biuretreaction. Löst man einen Eiweisskörper in Natronlauge auf, fügt dann sehr verdünnte Kupfersulfatlösung hinzu und erwärmt, so bildet sich eine rothe oder bläulich-rothe Färbung aus. Einzelne Eiweiss-

körper, ferner Albumosen und Pepton geben diese Reaction schon in der Kälte.

Oxydationsmittel bilden unter Auflösung der Eiweissstoffe zunächst Körper, welche hinsichtlich ihrer Eigenschaften den Albumosen und Peptonen nahe stehen, die bei stärkerer Einwirkung entstehenden Substanzen kommen hier nicht in Betracht.

Fäulnissprocesse führen zur Bildung von Amidosäuren (Leucin, Tyrosin), flüchtigen Fettsäuren, aromatischen Oxysäuren, Phenolen, Indol, Skatol, Kohlensäure, Ammoniak, Schwefelwasserstoff.

Pepsinverdauung wirkt auf die Eiweissarten in verschiedener Weise.

a) Ein Theil wird überhaupt nicht verändert, oder so langsam angegriffen, dass derselbe unter dem Mikroskop als resistent erscheint. Dies ist der Fall beim Plastin, Neurokeratin, Keratin, Amyloïd, Nucleïn.

b) Ein Theil der Eiweissstoffe wird von Pepsinsalzsäure bei Brutwärme im Laufe mehrerer Stunden völlig gelöst: resp. unter Bildung von Albumosen, Peptonen u. s. w. zersetzt. Diese sind die Albumine, Globuline, Fibrin, Elastin, einige Vitelline, Chondrogen, Collagen. Ebenso verhalten sich die coagulirten Eiweissstoffe, die Acidalbumine und Albuminate.

c) Ein dritter Theil wird unter Bildung schwer löslicher Zersetzungsproducte verändert: einige Vitelline, Caseïn, Blutfarbstoff.

Zur Bereitung der Pepsinlösung wird die Schleimhaut eines Schweinemagens von der Muskelschicht abgetrennt, ausgewaschen, fein zerhackt und sodann mit Salzsäure extrahirt, welche auf ein Liter Wasser 8 cc concentrirte Salzsäure enthält. Die Flüssigkeit wird filtrirt, das Fitrat mit dem gleichen Volumen Wasser verdünnt, dient zur Verdauung. Eine solche Lösung ist nur wenige Tage haltbar, es ist desshalb empfehlenswerther ein Glycerinextract der zerhackten Schleimhaut zu bereiten. Das Glycerinextract kann lange Zeit aufbewahrt werden, zum Gebrauch wird es mit der 40 bis 50fachen Menge verdünnter Salzsäure (4 cc conc. Salzsäure auf ein Liter Wasser) versetzt. Bei zarteren Objecten wendet Kühne [1] Oxalsäure an von 0·3 %, welche auf je 100 cc mit 1 cc gut wirksamen Pepsinglycerin versetzt wird.

Die Verdauung kann man entweder in Reagensgläschen oder auf dem Objectträger vornehmen, für den letzteren Zweck bedient man

---

[1]) Kühne, Untersuchungen aus dem physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg Bd. I S. 219.

sich nach Kühne viereckiger mit etwas Wasser gefüllter Kammern, welche je einen Objectträger aufnehmen, und deren man viele in ein grosses viereckiges Wasserbad stellt. In allen Fällen muss die Digestion mit Pepsinsalzsäure bei 35 bis 40° C. vorgenommen werden. Das Object kann hiebei unbedeckt bleiben, benutzt man ein Deckglas, so ist dasselbe zu stützen.

Trypsinverdauung wirkt auf die Eiweisskörper in ähnlicher Weise wie die Pepsinverdauung. Trypsin löst oder verwandelt die coagulirbaren Eiweissstoffe, Elastin, auch Mucin, Vitelline, Caseïn, hingegen persistirt Neurokeratin, Plastin, Keratin, Amyloïd und Nucleïn, letzteres sofern es nicht durch die alkalische Reaction in Lösung gebracht wird. Collagen wird nur dann gelöst, wenn es entweder zuvor durch Säuren gequellt oder wenn es in Folge der Wirkung von Wasser bei 70° geschrumpft ist[1]. Blutfarbstoff wird unter Bildung von Hämatin zersetzt. — Für die Darstellung der Trypsinlösung wird nach Kühne zerhacktes Rindspankreas mit kaltem Alkohol und Aether solange extrahirt, bis es nach dem Verdunsten des Extractionsmittels eine weisse zerreibliche Masse bildet. Diese Masse kann man längere Zeit aufbewahren, ohne dass das in ihr enthaltene Trypsin zersetzt wird. Zum Gebrauch wird 1 Gewichtstheil derselben mit 5 Gewichtsth. Salicylsäure von 1 p. M. 3 bis 4 Stunden bei 40° C. digerirt, durch ein leinenes Läppchen gepresst und die abfliessende Lösung durch Papier filtrirt. Wenn sich Tyrosin ausscheidet, so ist dies durch erneute Filtration zu entfernen. Will man eine neutrale oder alkalische Trypsinlösung anwenden, so ist diese durch Neutralisation der sauren darzustellen. Am kräftigsten wirkt die Trypsinlösung, wenn sie etwa 0·3 Procent kohlensaures Natron enthält. Eine alkalische Lösung muss aber sorgfältig vor Fäulniss geschützt werden; dies geschieht am besten dadurch, dass man zu derselben soviel von einer alkoholischen Thymollösung (20 %) hinzufügt, bis die Trypsinlösung 0·5 Procent Thymol enthält[2].

Die Eiweisskörper unterliegen der Pepsin- und Trypsinverdauung, auch wenn sie vorher mit Alkohol, Chromsäure u. s. w. behandelt sind, indess lösen sie sich in diesem Falle schwieriger und es ist deshalb besser, frische Präparate für die Verdauungsversuche zu verwenden.

---

[1]) Kühne. Verhandlungen d. naturh. med. Vereins zu Heidelberg N.F. Bd. I S. 451.

[2]) Das Pankreatin ist jetzt auch käuflich zu haben.

Alloxan, welches neuerdings von Krasser als mikroskopisches Reagens vorgeschlagen ist[1], färbt die Eiweisskörper roth. Alloxan wird in concentrirter wässeriger Lösung angewandt.

Uebersicht über die Eiweissstoffe.[2]

Die Eiweissstoffe können, wie bereits in der Einleitung erwähnt, eingetheilt werden in einfache Eiweisskörper und zusammengesetzte oder Proteïde.

Die einfachen Eiweisskörper zerfallen wiederum in A) coagulirbare und B) nicht coagulirbare.

A) Die coagulirbaren einfachen Eiweisskörper lassen sich in drei Gruppen sondern:

I) Albumine
II) Globuline
III) Fibrin.

B) Die nicht coagulirbaren einfachen Eiweisssubstanzen lassen sich in zwei durch ihre Löslichkeit unterschiedene Gruppen eintheilen. Unlöslich sind die der Keratingruppe angehörigen Substanzen, löslich sind die in der Albumosegruppe vereinigten Körper.

Von den zusammengesetzten Eiweisskörpern oder Proteïden kann man 3 Arten unterscheiden:

A) Solche, die bei der Spaltung durch verdünnte Säuren neben einem einfachen Eiweisskörper Phosphorsäure liefern. Hiezu gehören z. B. die Nucleïne.

B) Solche, die neben der Eiweissgruppe eine Farbstoffgruppe enthalten (z. B. Hämoglobin).

C) Solche, die neben der Eiweissgruppe einen reducirenden, den Kohlehydraten zugehörigen Atomcomplex abspalten (Mucin).

Einfache Eiweissstoffe.

Albumine.

A) Genuiner Zustand. Die Albumine zeichnen sich durch die Löslichkeit in Wasser und den meisten Salzlösungen aus. Man unterscheidet Serumalbumin, Eieralbumin, Muskelalbumin. Das Serum-

---

[1]) Sitzungsberichte der math. naturw. Classe der Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien 1886, Bd. XCIV, Abth. I S. 118.

[2]) Genaueres über die Eiweissstoffe findet sich in Hoppe-Seylers Handbuch der physiologisch und pathologisch chemischen Analyse. Berlin. 5. Aufl.

albumin findet sich in Blutserum, Lymphe, Transsudaten, Milch, soll ferner in den Muskeln vorkommen, tritt unter pathologischen Verhältnissen in den Harn über; das Eieralbumin findet sich im Eiweiss der Vogeleier, das Muskelalbumin in den Muskeln. Die Coagulationstemperatur des isolirten Serumalbumins liegt bei 50°, im Blutserum, wo es mit Salzen und Globulinen gemischt ist, tritt flockige Coagulation erst bei 72—75° ein, bei derselben Temperatur gerinnt das Eiereiweiss. Das Muskelalbumin gerinnt bei 47°. Die Coagulation erfolgt auch durch Alkohol.

B) Coagulirter Zustand. Die coagulirten Eiweissstoffe sind in Wasser, Salzlösungen und verdünnter Salzsäure unlöslich, in Essigsäure und verdünnten Aetzalkalien schwer löslich. Durch concentrirte Salzsäure werden sie unter Lösung in Acidalbumin, durch conc. Aetzalkalien in Alkalialbuminat übergeführt.

C) Acidalbumin, Alkalialbuminate entstehen aus genuinen oder coagulirten Albuminen durch Einwirkung von Säure und Alkali, erstere auch durch Salze schwerer Metalle. Sie sind in Säuren und Alkalien löslich, in Wasser unlöslich, fallen also beim Neutralisiren aus.

Globuline.

Die Globuline sind im genuinen Zustand unlöslich in Wasser, löslich in verdünnter Lösung von Chlornatrium oder Magnesiumsulfat. Aus diesen Lösungen werden sie durch Zusatz von Wasser gefällt. Die Globuline sind diejenigen Eiweissstoffe der thierischen Gewebe, welche die regste Betheiligung am Stoffwechsel erkennen lassen. Gewisse Proteïde (Vitellin) sind in ihren Eigenschaften den Globulinen sehr ähnlich und werden deshalb von Hoppe-Seyler zu ihnen gezählt. In thierischen Geweben finden sich folgende Globuline: Myosin (Coag. 55°), Serumglobulin (Coag. 72—75°), Fibrinogen (Coag. 55—56°) und Globulin der Krystalllinse. Myosin ist in den Muskeln, wahrscheinlich in allen lebensfähigen Protoplasmen enthalten, Serumglobulin und Fibrinogen in Blut, Lymphe, pathologischen Flüssigkeiten. Diese drei Globuline werden in unverändertem Zustand durch Sättigung ihrer Lösungen mit Kochsalz gefällt, das Globulin der Krystalllinse nicht. Die durch erhöhte Temperatur oder durch Alkohol aus Globulinen entstehenden coagulirten Eiweissstoffe, die durch Säuren entstehenden Acidalbumine und die durch Zusatz von Alkalien gebildeten Albuminate unterscheiden sich nicht wesentlich von den aus Albuminen hervorgegangenen analogen Producten.

Fibrin.

Dieser Eiweissstoff bildet sich aus dem Fibrinogen des Blutes durch die Einwirkung eines Ferments, wahrscheinlich unter gleichzeitiger Mitwirkung anderer chemischer und morphotischer Bestandtheile. Die Abscheidung erfolgt in Gestalt zarter, elastischer, durchscheinender, unter dem Mikroskop sichtbarer Fäden. Fibrin ist in Wasser unlöslich, quillt unter langsamer Auflösung in Säuren und Alkalien. Beim Erhitzen auf 75 ° wird es coagulirt d. h. brüchig, weisslich, undurchsichtig. Unter dem Namen Fibrin werden ferner eine Anzahl pathologischer Producte zusammengefasst, deren Beziehungen zu dem normalen Gerinnungsproduct noch nicht bekannt sind. Es ist beachtenswerth, dass die Quellbarkeit und Löslichkeit des Fibrins in Kochsalzlösung bedeutend erhöht ist, wenn eine grössere Menge weisser Blutkörperchen in dasselbe eingeschlossen ist.

Keratingruppe.

Diese Gruppe enthält Eiweisskörper, welche in Wasser und in verdünnten Säuren unlöslich, in Alkalien theils unlöslich, theils schwer löslich sind, von Pepsin und Trypsin gar nicht oder sehr langsam angegriffen werden. Sie sind chemisch meist ungenügend characterisirt, aber von allgemeiner Verbreitung im Thier- und Pflanzenreich.

Mit dem Namen Plastin[1] wird eine Substanz bezeichnet, welche im Kern und im Protoplasma von pflanzlichen und thierischen Zellen (Spermatozoën) aufgefunden ist. Das Plastin wird von folgenden Reagentien nicht angegriffen: verdünnte Säuren, Pepsinchlorwasserstoff, kohlensaures Natron, siedendes Wasser, Kochsalzlösung. Von concentrirter Salzsäure wird es gelöst, in kalter Aetzkalilauge löst es sich langsam. Zur Aufsuchung dieser Substanz unter dem Mikroskop bedient man sich zunächst der Einwirkung der Pepsinsalzsäure, welche die früher genannten Eiweissstoffe sämmtlich löst, hingegen Plastin und Nucleïn ungelöst lässt. Nucleïn unterscheidet sich vom Plastin dadurch, dass es sich in kohlensaurem Natron löst und in Kochsalzlösung stark quillt. Zur Unterscheidung zwischen Plastin und Nucleïn dient ferner Salzsäure, welche auf 4 Volumina reiner concentrirter Salzsäure 3 Vol. Wasser erhält. Nucleïn wird von diesem Reagens gelöst, Plastin nicht.

---

[1]) Reinke u. Rodewald, Studien über das Protoplasma, Berlin 1881. Bd. I S. 49 ff., Bd. II. (1883) S. 1. Zacharias, Botan. Ztg. 1882 No. 37 bis 39, 1883 S. 209.

Dem Plastin hinsichtlich der Löslichkeit ähnlich ist das Neurokeratin[1]. Dieser Stoff findet sich in der Markscheide der peripheren Nervenfasern und in der Neuroglia. Die aus Neurokeratin bestehenden Gebilde werden sichtbar, wenn man das Mark durch siedenden Alkohol und durch Aether entfernt hat. Sie sind gegen Pepsin und Trypsin, gegen Säuren und Alkalien in der Kälte, gegen verdünnte Säuren auch in der Siedehitze resistent, quellen in Kalilauge von 1—5% kaum. In conc. Schwefelsäure sind sie nur quellbar, in conc. Salzsäure nicht löslich.

Durch die Zersetzung von löslichen Eiweiskörpern mit siedenden verdünnten Säuren entstehn unlösliche Stoffe (Antialbumid), die sich ebenso wie Plastin und Neurokeratin verhalten. Ferner ist zu beachten, dass auch das Nucleïn durch gewisse noch nicht näher bekannte Einflüsse in eine unlösliche Modification übergeführt werden kann.

Die amyloïde Substanz ist ein pathologisches Product. Bei vielen krankhaften Zuständen tritt eine Durchsetzung der Organe mit diesem Stoff ein, welcher in seinen Löslichkeitsverhältnissen den eben besprochenen Körpern ähnlich ist. Das Amyloïd ist in Wasser, Aether, Alkohol und verdünnten Säuren unlöslich und wird von Pepsinsalzsäure nicht verdaut. Es unterscheidet sich von den ebengenannten Substanzen durch sein Verhalten zu Jodlösung. Unter der Einwirkung von Jod[2] wird diese Substanz gelbroth mit Stich ins Rothviolette (Weinrothe). Legt man die mit Jod imprägnirten Gewebsschnitte, welche keine zu starke Färbung haben dürfen, in einprocentige Schwefelsäure, so geht die Färbung sogleich oder nach einigen Minuten in einen dunkelgrünen bis blauen Ton über, zuweilen bildet sich auch nur eine etwas dunklere Braunfärbung aus.

Ausser der amyloiden Substanz, deren eiweissartige Natur durch Elementaranalyse festgestellt ist, findet man noch andere durch Jod färbbare Ablagerungen, über deren chemischen Charakter man nichts weiss. Diese sind die Corpora amylacea des Centralnervensystems und die Körperchen, welche sich fast stets in der Prostata vorfinden. Beide zeigen geschichteten Bau. Die Corpora amylacea färben sich mit Jod (ohne Zusatz von Schwefelsäure) weinroth bis braun, ebenso die Prostatakörperchen.

Keratin ist die in den Epithelgebilden, der Epidermis, den Haaren, Nägeln, Hörnern, Federn vorhandene Hornsubstanz. Das

[1]) Kühne, Verh. d. naturh. med. Vereins z. Heidelberg N. F. Bd. I, S. 457.

[2]) Man benutzt folgende Lösung: Jod 1 g, Kal. jodat. 2 g, Aq. destill. 50 g, bis zur Cognacfarbe mit Wasser verdünnt.

Keratin ist in Wasser und verdünnten Säuren unlöslich, durch Einwirkung von Wasser bei 150° wird es theilweise zerlegt. Es ist ferner in Wasser wenig, in kohlensauren Alkalien, mehr noch in Aetzalkalien, ausserdem in Essigsäure quellbar; in concentrirter Essigsäure und in siedenden Aetzalkalien, auch in siedenden Mineralsäuren löslich. Es scheinen mehrere Keratine zu existiren. Einige scheinen von Pepsinlösung langsam zersetzt zu werden, andere nicht.

Das Sarkolemm, die Descemet'sche Membran, die Membranae propriae der Drüsen verhalten sich zu den meisten Reagentien ebenso wie Keratin, doch werden sie sowohl von Pepsin wie von Trypsin gelöst.

Elastin bildet die elastischen Fasern. Es ist unlöslich in kaltem und siedendem Wasser, in verdünnten Säuren und Alkalien, löslich in concentrirter Alkalilauge. Von Pepsinsalzsäure und von Trypsin wird es gelöst.

Albumosen.

Die Albumosen (Propeptone) entstehn aus Eiweisskörpern durch die Einwirkung von Säuren und Alkalien bei höherer Temperatur, ferner durch Verdauungsfermente, sie finden sich auch in den thierischen Geweben vor. Die Albumosen sind in Wasser löslich, durch Alkohol aus der wässerigen Lösung fällbar, ferner fällbar durch Sättigung ihrer Lösungen mit Kochsalz, am vollständigsten bei stark saurer Reaction. Sie werden gefällt durch Salpetersäure, Essigsäure und Ferrocyankalium und durch die gewöhnlichen Fällungsmittel der Eiweisssubstanzen. Die Biuretreaction geben sie in der Kälte.

Eine eigenthümliche Substanz, welche hinsichtlich ihrer Eigenschaften zwischen den coagulirbaren Eiweissstoffen und den Albumosen steht, ist das Histon[1]. Diese Substanz findet sich in den Kernen der rothen Blutkörperchen der Gans, des Huhns, des Truthahns und wahrscheinlich noch anderer Vögel. Das Histon wird durch Erhitzen nicht coagulirt, wohl aber durch Zusatz von Ammoniak. Da das Histon nicht durch Wasser, sondern nur durch verdünnte Säure aus den in Wasser unlöslichen Bestandtheilen der kernhaltigen Blutkörperchen zu extrahiren ist, so ist anzunehmen, dass es sich in einer andern Form (wahrscheinlich in einer Verbindung mit Nucleïn) präformirt vorfindet. Eine ähnliche Substanz findet sich in den Spermatozoën des Karpfens, vielleicht noch anderer Fische.

---

[1]) Zeitschrift f. physiol. Chemie Bd. VIII, S. 511.

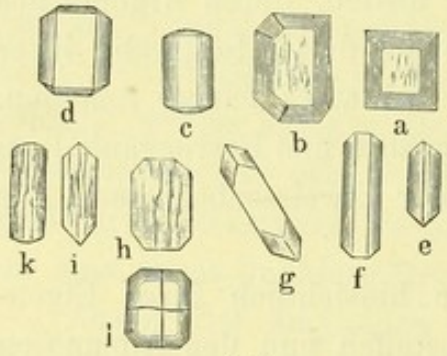
Zusammengesetzte Eiweissstoffe: Proteïde.

Erste Gruppe der Proteïde:

Phosphorsäureführende Proteïde.

Diese Proteïde finden sich sehr verbreitet in allen Protoplasmen und sondern sich nach ihren Spaltungsproducten wiederum in zwei Abtheilungen. Die Angehörigen der ersten Abtheilung liefern bei der Spaltung durch siedende verdünnte Säuren nur Eiweiss (Pepton) und Phosphorsäure [1], die der zweiten Abtheilung liefern ausserdem noch Basen, welche später besprochen werden. Zu der ersten Abtheilung gehören Vitellin und Caseïn, zur zweiten das Nucleïn (Kernnucleïn).

Die Vitelline finden sich in den thierischen Geweben und in den Producten der Geschlechtsdrüsen in einem Zustande vor, welcher dem genuinen Zustand der Globuline sehr ähnlich ist. Sie werden durch Erhitzen auf 75° und durch Alkohol coagulirt, durch Säuren und Alkalien in Acidalbumin resp. Albuminat übergeführt. In thierischen Geweben sind Angehörige dieser Körpergruppe in krystallisirtem Zustand vorhanden. Die im Eidotter der Fische, der Batrachier und Chelonier vorkommenden Dotterplättchen sind mehr oder weniger gut ausgebildete Krystalle von Vitellinen [2]. Sie sind platt, bald rectangulär oder quadratisch, bald oval oder kreisförmig, stark lichtbrechend und in grosser Zahl in die Dotterflüssigkeit der Eier eingebettet. Die Grösse derselben übersteigt nicht 0·04 mm. Die Reactionen und die Zusammensetzung der aus verschiedenen Thieren erhaltenen krystallisirten Vitelline sind verschiedene. Man unterscheidet Ichthin (aus Knorpelfischen), Ichthidin und Ichtulin (aus Knochenfischen), ferner Emydin (aus Schildkröteneiern). Die Löslichkeit dieser Stoffe in Wasser ist eine verschiedene; Ichthin und Emydin sind unlöslich, Ichthidin löst sich auf Zusatz von wenig Wasser auf, wird aber bei Zusatz von viel Wasser und einer geringen Menge Essigsäure gefällt.



151.

[1]) Einige sind auch eisenhaltig.

[2]) Fig. 151 stellt die Dotterplättchen des Karpfens dar, *a*, *b*, *c*, *d* von der Fläche gesehn, *e*, *f*, *g* von der Seite; bei *h*, *i*, *k*, *l* Zerklüftung hervorgerufen durch mechanische Eingriffe (nach Radlkofer).

Bei der Lösung der Ichthidinkrystalle durch Wasser tritt Zerklüftung ein. Sie werden zerstört durch Glycerin, verdünnte Kalilauge, Ammoniak, conc. Salzsäure (beim Erwärmen), conc. Essigsäure, theils unter Quellung, theils unter gleichzeitiger Auflösung. Hingegen wird die Form nicht wesentlich geändert durch concentrirte Salpetersäure (Gelbfärbung, nachträglicher Zusatz von Kali färbt orange), durch Alkohol oder Aether (beide bewirken Coagulation) oder durch Sublimatlösung. Concentrirte Kalilauge ruft wenig Veränderung hervor. — Aehnlich verhalten sich die übrigen Vitellinkrystalle aus thierischen Eiern.

In den Vogeleiern und in den Geweben finden sich die Vitelline amorph vor. Das Vitellin der Vogeleier ist unlöslich in Wasser, leicht löslich in nicht gesättigten neutralen Salzlösungen, durch Sättigung dieser Lösungen mit Kochsalz nicht fällbar (Unterschied vom Myosin). Wahrscheinlich sind die Vitelline häufig in chemischer Verbindung mit Lecithin in den Organen und Organ-Producten enthalten.

Die Caseïne sind in der Milch, dem Hauttalg und dem Secret der Bürzeldrüsen der Vögel gelöst enthalten. Sie sind wenig in Wasser und in kaltem, leichter in heissem Alkohol löslich. Sie lösen sich ferner leicht in kohlensaurem Natron und in verdünnten Mineralsäuren, aus letzteren Lösungen werden sie durch Sättigung mit Kochsalz gefällt. Durch Labflüssigkeit wird Caseïn zur Gerinnung gebracht.

Wenn Vitelline oder Caseïne mit Pepsinchlorwasserstoff behandelt werden, so tritt eine Zersetzung des Eiweissmolecüls ein. Ein Theil desselben wird als Albumose und Pepton in Lösung gebracht, ein zweiter Theil bleibt zunächst mit der Phosphorsäure in Verbindung und scheidet sich in vielen Fällen (z. B. beim Vitellin des Hühnereis, beim Ichthidin, dem Caseïn der Kuhmilch) als schwer lösliche Verbindung ab. Dieses phosphorsäurehaltige Spaltungsproduct ist als „Nucleïn“ bezeichnet worden. Man darf dasselbe indess nicht verwechseln mit dem Bestandtheil des Zellkerns, welcher den gleichen Namen führt. Die characteristischen Spaltungsproducte des echten Nucleïns („Kernnucleïns“), nämlich die stickstoffreichen Basen, entstehen aus dieser Substanz nicht.

Das Nucleïn („Kernnucleïn“) ist bis jetzt ausschliesslich in Zellkernen thierischer und pflanzlicher Zellen nachgewiesen worden oder in solchen Gebilden, welche aus der Umwandlung von Zellkernen hervorgehen (Köpfe der Spermatozoën). Das Nucleïn zeichnet sich dadurch aus, dass es Farbstoffe leichter in sich aufspeichert und fester zurückhält als die übrigen Bestandtheile der Zellen. Da man nun die färbbaren Bestandtheile auch mit dem Namen Chromatin (chromatische

Substanz) bezeichnet hat, so ist das Nucleïn z. Th. mit „Chromatin“ identisch. Indess gehören zu den Kernbestandtheilen, die als chromatische zusammengefasst werden, auch solche, die kein Nucleïn enthalten (Nucleolen). „Es erhellt also, dass man aus dem Eintreten der Färbung bei Anwendung der Kernfärbemittel nicht ohne Weiteres auf das Vorhandensein von Nucleïn schliessen darf, das Ausbleiben der Färbung aber die Vermuthung rechtfertigt, es sei kein, oder nur sehr wenig Nucleïn vorhanden“ [1]. Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass „Chromatin“ kein chemischer Begriff ist.

Das Nucleïn ist in denjenigen Theilen des Zellkerns enthalten, welche bei der Theilung die färbbaren Fadenschleifen bilden [2]. Es scheint ferner in den Gianuzzi'schen Halbmonden vorhanden zu sein.

Es sind mehrere verschiedene Kernnucleïne bekannt. Die das Nucleïn charakterisirende, Phosphorsäure enthaltene Gruppe ist in einzelnen Nucleïnen mit Eiweiss in Verbindung, bei andern ist diese Verbindung nicht vorhanden oder wenigstens sehr locker. Zu letzterer Kategorie gehört das Nucleïn des Lachssperma, welches chemisch am besten bekannt ist [3]. Dieses Nucleïn ist also eigentlich kein „Proteïd“, wird aber trotzdem aus leicht verständlichen Gründen an dieser Stelle mit den übrigen Nucleïnen beschrieben. Die Spermatozoën anderer Fische enthalten dieses Nucleïn — soweit bis jetzt bekannt — nicht. Es existirt ferner ein Nucleïn, welches sehr reich an Schwefel ist (Sulfonucleïn, in den Spermatozoën des Stiers), andere wahrscheinlich den Nucleïnen zugehörige Substanzen zeichnen sich durch Schwerlöslichkeit aus, so dass sie mikroskopisch von einem Angehörigen der Keratingruppe nicht zu unterscheiden sind. Letztere Nucleïne sind in der folgenden Beschreibung nicht berücksichtigt.

Das Nucleïn des Lachsspermas ist in Wasser löslich. Die übrigen Nucleïne sind schwer löslich oder unlöslich, aber etwas quellbar, alle sind in verdünnten Säuren schwer löslich oder unlöslich und zeigen auf Zusatz derselben deutliche Schrumpfung. In concentrirter Salzsäure, auch in solcher, die auf 4 Vol. reiner conc. Salzsäure 3 Vol. Wasser enthält, löst sich das Nucleïn leicht auf (vgl. Plastin). Von Pepsinsalzsäure wird es sehr langsam angegriffen (Unterschied von den meisten übrigen Eiweissstoffen). In Alkalien, auch in einer Lösung von kohlensaurem Natron, ferner in Kochsalzlösung von 10 % verquillt es. Mit

---

[1]) Zacharias, Bot. Ztg. 1887 No. 18.

[2]) Zacharias, Bot. Ztg. 1887 No. 18.

[3]) Miescher, Verh. d. naturf. Ges. in Basel VI, 1874. Heft 1, 138—205.

Jod färbt es sich gelb. Wenn die zu untersuchenden Substanzen längere Zeit in Alkohol aufbewahrt gewesen sind, so treten die Reactionen nicht mehr in zuverlässiger Weise ein. In den Geweben sind die Nucleïne wahrscheinlich in den meisten Fällen in Verbindungen mit anderen Stoffen, die die Rolle einer Base spielen, enthalten. So ist es zu erklären, dass durch Salzsäure den nucleïnreichen Organen Stoffe mit schwach basischem Character entzogen werden (z. B. Protamin, Histon). Zur Erkennung der Nucleïne sind die oben genannten Reagentien nach vorheriger Digestion des Untersuchungsmaterials mit Pepsinsalzsäure oder mit Salzsäure von 0,2—0,3 Procent anzuwenden.

Wird Kernnucleïn mit Wasser gekocht, so spaltet sich Phosphorsäure ab und es entsteht Eiweiss (Albumose), daneben Adenin, Hypoxanthin, Guanin, Xanthin oder nur einige dieser Basen. Diese Zersetzung erfolgt schon bei gewöhnlicher Temperatur, wenn Nucleïn in feuchtem Zustand aufbewahrt wird, sehr schnell in alkalischer Lösung, langsamer unter reinem absolutem Alkohol.

Zweite Gruppe der Proteïde:

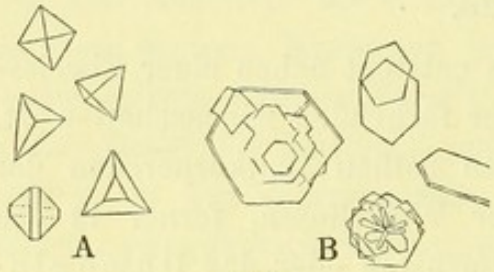
Blutfarbstoffe.

Bei der Zersetzung des Blutfarbstoffs entsteht neben einer Eiweisssubstanz ein Körper, welcher Träger der färbenden Eigenschaften ist.

Die Blutfarbstoffe finden sich in den rothen Blutkörperchen der Wirbelthiere und gelöst im Blute einiger Wirbellosen, ferner in den Muskeln verschiedener Thiere. Der Blutfarbstoff oder das Hämoglobin nimmt aus der Luft molekularen Sauerstoff auf und verbindet sich mit demselben zu Oxyhämoglobin, diese Verbindung giebt an reducirende Körper oder im Vacuum ihren Sauerstoff unter Rückbildung von Hämoglobin ab. Sowohl das Hämoglobin wie das Oxyhämoglobin sind in krystallisirtem Zustand dargestellt, natürlich sind die Hämoglobinkrystalle nur bei Abwesenheit von Sauerstoff haltbar. Das Oxyhämoglobin kann aus dem Blute vieler Thiere in Krystallen dargestellt werden, z. B. aus dem des Hundes, der Katze, der Ratte, des Meerschweinchens, des Igels, des Pferdes, der Gans u. a., schwieriger aus dem Blute des Menschen (?), des Kaninchens, des Schweins. Das Hämoglobin wurde krystallisirt erhalten aus Menschen-, Pferde- und Hundeblut.

Oxyhämoglobin (Absorptionsspectrum p. 68, Figur 78, I) für die Darstellung der Oxyhämoglobinkrystalle ist wichtig, dass der arterielle Blutfarbstoff bei einer 0° übersteigenden Temperatur selbst durch indiffe-

rente Reagentien leicht zersetzt wird. Man führt die Darstellung deshalb am besten bei Winterkälte aus. Man löst die Blutkörperchen in Wasser auf, aus der wässerigen Lösung schiessen unter günstigen Bedingungen die Krystalle an. Man kann die Lösung der Blutkörperchen durch verschiedene Mittel bewirken, z. B. durch gleichzeitigen Zusatz von Wasser und Aether oder durch Gefrieren und nachheriges Aufthauen oder durch elektrische Schläge. Ein Tropfen der lackfarbigen Lösung krystallisirt auf dem Objectträger nach längerer oder kürzerer Zeit. Hoppe-Seyler hat folgende Methode für die Darstellung der Oxyhämoglobinkrystalle gegeben[1]: Der vom Serum getrennte Blutkörperchenbrei[2] wird mit etwas Wasser in einen Kolben gespült, Aether hinzugegossen, gut umgeschüttelt. Nach kurzem Stehen giesst man den Aether ab, filtrirt die wässerige Flüssigkeit möglichst schnell durch ein Faltenfilter. Sobald eine nennenswerthe Menge Filtrat gewonnen ist, kühlt man dasselbe auf 0° ab, mischt es dann mit $^1/_4$ seines Volumens Weingeist, der ebenfalls auf 0° abgekühlt ist und lässt es dann unter 0° einige Zeit stehen. Man kann die so erhaltenen Krystalle umkrystallisiren, indem man sie in wenig Wasser bei 35° löst, schnell filtrirt und abkühlt, nachdem man $^1/_4$ Volum kalten Alkohol hinzugefügt hat.



152.

Man erhält aus dem Menschenblut, Pferdeblut und Gänseblut bisweilen Krystalle, die schon mit dem blossen Auge zu erkennen sind, die Krystalle der meisten Blutarten sind nur mikroskopisch sichtbar.

Regulär sind die Krystalle der Truthühner[3], hexagonal die des Eichhörnchens (sechsseitige Tafeln Figur 152 B), die übrigen sind, soweit ihr Krystallsystem überhaupt mit einiger Wahrscheinlichkeit bestimmt werden konnte, rhombisch.

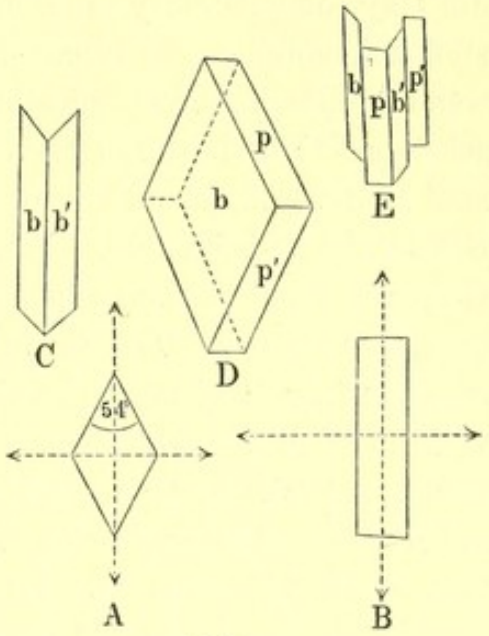
---

[1]) Hoppe-Seyler, Handbuch der physiologisch und pathologisch chemischen Analyse, 5. Auflage, S. 291.

[2]) Die Trennung der Blutkörperchen geschieht in folgender Weise. Man mischt das defibrinirte Blut mit dem 10fachen Volumen einer Kochsalzlösung, welche auf 1 Vol. gesättigte Kochsalzlösung 9 Vol. Wasser enthält, lässt 1—2 Tage an einem kühlen Ort ruhig in einem flachen Gefäss stehen, so dass der grösste Theil der Blutkörperchen sich zu Boden senkt, und giesst sodann die Flüssigkeit von dem Bodensatz ab. Bei kernhaltigen Blutkörperchen (Vögel u. s. w.) nimmt man statt des Kochsalzes schwefelsaures Natron (1 Volum der gesättigten Lösung mit 9 Volumina Wasser) und verfährt ebenso.

[3]) Hoppe-Seyler, Handbuch u. s. w. S. 291.

Bei der Beschreibung der Krystalle des Menschenbluts folgen wir den Angaben V. von Lang's[1]. Die Krystalle erscheinen zum Theil als Rhomben, mit einem spitzen Winkel von 54° (Figur 153 A), häufiger als Rechtecke (Figur 153 B), sie sind in beiden Formen doppelbrechend und zwar sind die Schwingungsrichtungen bei den Rhomben parallel den Halbirungslinien der spitzen und der stumpfen Winkel, bei den Rechtecken parallel den Seiten. Die rhombischen Formen erscheinen oft zu Zwillingen aneinandergelagert (Figur 153 C). v. Lang nimmt an, dass diese Krystalle die Form eines Prismas (p) besitzen, welches durch zwei Endflächen (b) geschlossen ist (Figur 153 D)[2]. Die Rechtecke sind demgemäss Krystalle, bei denen die Prismenfläche vorherrscht und die auf der Fläche p liegen, die Rhomben solche, die nach b ausgebildet sind und die auf dieser Endfläche liegen. Ist die Beleuchtung und Lagerung günstig, so sieht man im ersten Fall auch die Kante $p:p'$ als Linie. Beide Formen p und b sieht man neben einander (Figur 153 E). Die Krystalle sind pleochroitisch und zwar sind die Schwingungen parallel der kürzeren Diagonale der Rhomben dunkelroth, parallel der längeren farblos, bei den Rechtecken parallel der längeren Seite lichtroth, parallel der kürzeren dunkelroth. Der Pleochroismus zeigt sich besonders an den Zwillingen C sehr deutlich, indem bei gewisser Stellung zum Nicol der eine Krystall roth, der andere fast farblos ist.



153.

Die Krystalle aus dem Blute des Meerschweinchens erscheinen in Form von Tetraëdern des rhombischen Systems (Figur 152 A), die des Hundes, der Katze, des Pferdes in prismatischen Gestalten, die höchst wahrscheinlich demselben System angehören und zum Theil Pleochroismus erkennen lassen. Die Schwingungsrichtungen sind parallel den Prismenkanten. Bei Pferdeblutkrystallen ist im convergenten Licht ein undeutliches Axenbild wahrnehmbar (zweiaxig).

---

[1]) Sitzungsber. d. Wien. Akad. d. Wiss. 8. Mai 1862, Bd. XLVI.

[2]) Diese Annahme wird bestätigt durch zwei Formen, welche sich unter den von Funke (Atlas der physiol. Chemie, Leipzig 1853, Tafel X, Fig. 1) abgebildeten Krystallen finden. K.

Es ergiebt sich aus den krystallographischen Befunden, dass die Oxyhämoglobinkrystalle verschiedener Thiere aus chemisch differenten Substanzen bestehen. Diese Annahme wird auch durch die verschiedenen Löslichkeitsverhältnisse bestätigt, am schwersten löslich sind die Krystalle des Meerschweinchen- und Rattenbluts, am leichtesten die des Vogelbluts, nach meinen Erfahrungen die des Truthahns. Auch die Analysen haben Verschiedenheiten ergeben.

Hämoglobin (Absorptionsspectrum, s. p. 68, Figur 78, II). Wenn die Oxyhämoglobinkrystalle der Fäulniss bei Abwesenheit von Sauerstoff anheimfallen, so lösen sie sich auf und an ihrer Stelle können, wenn die Bedingungen günstig sind, die Krystalle des Hämoglobins erscheinen. Die letzteren werden in grösserer Menge erhalten, indem man Blut verdünnt oder unverdünnt der Fäulniss in zugeschmolzenen Glasröhren anheimgiebt. Wenn man Blut, dessen Körperchen durch Gefrieren und Aufthauen gelöst sind, mehrere Tage der Fäulniss überlässt, sodann einen Tropfen aus den tieferen Schichten mit der Pipette rasch auf den Objectträger bringt und mit einem Deckglas bedeckt, so verschwinden die kleinen Mengen Oxyhämoglobin, die sich durch die Berührung mit der Luft gebildet haben, bald wieder. Das Blut trocknet am Rande des Deckgläschen schnell ein und man kann nach kurzer Zeit durch Auftragen von Lack einen Verschluss herstellen, der das Eindringen von Sauerstoff verhindert. Unter dem Deckgläschen bilden sich die Krystalle des Hämoglobins [1].

Aus dem Menschenblut erhält man Krystalle, welche oft über einen Millimeter lang sind [2]. Diese Krystalle sind den vorhin beschriebenen Formen der Oxyhämoglobinkrystalle sehr ähnlich und es ist wohl möglich, dass die von V. von Lang untersuchten Krystalle aus Hämoglobinkrystallen entstanden sind oder gar Hämoglobinkrystalle waren. Nach neueren Beobachtungen [3] an Hundeblutkrystallen nehmen die sauerstofffreien Krystalle direct Sauerstoff auf, ohne sich zu lösen und behalten ihre Form bei; ein Krystall kann an einem Ende aus reducirtem Blutfarbstoff, am andern aus Oxyhämoglobin bestehen. Der Pleochroismus ist bei den Hämoglobinkrystallen viel deutlicher, als bei den Krystallen des sauerstoffhaltigen Farbstoffs.

Die Hämoglobinkrystalle des Pferdes bilden sechsseitige Tafeln von 2—3 Millimeter Grösse, die des Hundes erscheinen in prismatischen

---

[1]) A. Ewald, Zeitschrift für Biologie, 22. S. 458 und folgende.

[2]) Hüfner, Zeitschrift f. physiol. Chemie, Bd. IV, S. 382.

[3]) A. Ewald l. c.

Formen, die anscheinend dem rhombischen oder dem monoklinen System angehören. Im Allgemeinen sind die Hämoglobinkrystalle leichter löslich als die des Oxyhämoglobins.

Kohlenoxyd-Hämoglobin. Die Krystalle dieser Substanz stellt man dar, indem man eine concentrirte Lösung der rothen Blutkörperchen mit Kohlenoxyd sättigt und dann in der eben beschriebenen Weise auf dem Objectglas zum Krystallisiren bringt. Sie zeigen deutlichen Pleochroismus.

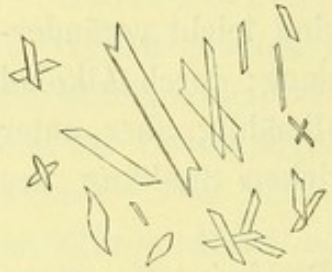
Das Hämoglobin, sowie seine Verbindungen sind leicht veränderlich, sie zerfallen beim Erhitzen der wässerigen Lösung; durch Alkohol wird der Blutfarbstoff anfangs unzersetzt gefällt, allmählig aber unter Braunfärbung zersetzt. Alkalien und Säuren bewirken Spaltung des Farbstoffs, ebenso die Salze schwerer Metalle.

Methämoglobin entsteht bei Fäulniss des Blutfarbstoffs, wenn diese bei Gegenwart von Luft stattfindet, ferner in Folge der Einwirkung vieler chemischer Agentien. Dieser Stoff findet sich präformirt in Struma-, Hydrocele- und ähnlichen Flüssigkeiten. Das Methämoglobin ist aus Hunde-, Schweine- und Pferde-Blut in feinen, braunen Krystallnädelchen zu erhalten, die starken Pleochroismus zeigen. Es ist schwerer löslich als das entsprechende Oxyhämoglobin, durch Fäulniss wird es in Hämoglobin übergeführt.

Die meisten Agentien, welche zunächst zur Bildung von Methämoglobin führen, bewirken bei längerer Einwirkung einen Zerfall des Hämoglobin-Moleküls in einen Eiweissstoff und einen Farbstoff. Erfolgt die Spaltung bei Abwesenheit von Sauerstoff, so bildet sich Eiweiss und Hämochromogen, unter gewöhnlichen Verhältnissen entsteht Eiweiss und Hämatin.

Hämatin, Hämin. Das Hämatin findet sich im Organismus unter Verhältnissen, wo eine Zersetzung von Blutfarbstoff stattgefunden hat, z. B. in alten Blutextravasaten, ferner im Darmkanal und in den Fäces; im letzteren Fall ist es aus dem in der Nahrung enthaltenen Blutfarbstoff hervorgegangen. Das Hämatin ist nicht deutlich krystallisirt, es besitzt blauschwarze Farbe, ist unlöslich in Wasser, Alkohol und Aether, etwas löslich in Eisessig und angesäuertem Alkohol, leicht löslich in alkalischen Flüssigkeiten. Die Krystalle des salzsauren Hämatins sind unter dem Namen „Häminkrystalle", „Teichmann'sche Krystalle" bekannt. Wenn man eine geringe Menge Blut auf dem Objectträger unter Zusatz einer Spur Kochsalz mit Eisessig versetzt und unter dem Deckglas sehr langsam bei Wasserbadtemperatur eindunsten lässt, so scheiden sich kleine, oft nur bei starken Vergrösserungen sicht-

bare Krystalle aus, die im auffallenden Licht eine blauschwarze, im durchfallenden eine braune Farbe besitzen. Dieselben gehören dem triklinen System [1] an, zeigen sich unter dem Mikroskop meist als Rhomben, deren spitzer Winkel 60° beträgt, und besitzen starken Pleochroismus. Diejenigen Strahlen, deren Schwingungsebene parallel der Halbirungslinie des spitzen Winkels des Rhombus ist, erscheinen mit schwarzer Farbe, die senkrecht dazu schwingenden hellbraun [2]. Die nebenstehende Figur 154 zeigt den Habitus derselben. Da diese Krystalle schon aus sehr geringen Mengen frischen oder eingetrockneten, selbst sehr alten Blutes dargestellt werden können, so gewähren sie ein wichtiges Mittel zur Erkennung von Blut in der gerichtlichen Praxis. Die Krystalle sind in Wasser unlöslich, in heissem Alkohol und Aether wenig löslich, in säurehaltigem Alkohol etwas leichter, in alkalischen Lösungen leicht löslich. Beim Veraschen hinterlassen sie, ebenso wie Hämatin, Eisenoxyd. Die aus dem Blut verschiedener Thiere erhaltenen Häminkrystalle unterscheiden sich nicht von einander.



154.

Dritte Gruppe der Proteïde:

Mucin.

Dieses Proteïd findet sich in den Sehnen, ferner im Secret der Submaxillardrüse und wahrscheinlich noch an manchen andern Orten im Thierkörper. Das Mucin ist in Wasser zu einer schleimigen Flüssigkeit löslich, wird durch Essigsäure aus den Lösungen gefällt; der frisch entstandene Niederschlag löst sich in Alkalien und in neutralen Salzlösungen. Die so bereitete essigsaure Lösung giebt mit Ferrocyankalium keinen Niederschlag.

Anmerkung. Mit dem Namen Mucin sind noch andere Körper bezeichnet worden, welche ebenfalls der Lösung eine schleimige Beschaffenheit ertheilen und auch durch Essigsäure gefällt werden, die aber nicht zu den Proteïden gehören. Ein solcher Stoff ist z. B. das „Mucin der Galle", ferner die schleimige Substanz, welche sich unter pathologischen Verhältnissen im Eiter bildet. Mikroskopisch ist ein Unterschied von dem oben beschriebenen Mucin nicht zu finden. Diese Substanzen sind noch wenig untersucht.

---

[1]) Lahorio, Journal der russ. phys.-chem. Gesellschaft 1885 (1) 30—37. Citirt nach den Berichten der deutschen chem. Gesellschaft XVIII, Referate S. 232.

[2]) A. Ewald l. c.

Albuminoïde.

Die Albuminoïde stehen hinsichtlich ihrer Eigenschaften den Albuminstoffen nahe, unterscheiden sich indess von ihnen in ihrer Constitution. Sie liefern bei der Zersetzung durch verdünnte Säuren und Alkalien wohl Leucin, aber kein Tyrosin; aus Leim bildet sich Glycocoll neben Leucin und anderen Amidosäuren.

Chondrogen ist der Hauptbestandtheil der Knorpel und bildet eine elastische, meist homogene, opalisirende Masse, in welche die Knorpelzellen eingelagert sind. Kocht man Chondrogen mit Wasser, so geht es in Chondrin über. Letzteres ist in heissem Wasser zu einer opalisirenden Flüssigkeit löslich, welche beim Erkalten gelatinirt. Die wässerige Lösung des Chondrins wird durch Essigsäure oder eine geringe Menge Mineralsäure gefällt, ein Ueberschuss von Mineralsäure (nicht ein solcher von Essigsäure) löst das Chondrin auf. Die Fällung wird ferner von neutralen Salzen gelöst, entsteht also bei deren Gegenwart überhaupt nicht. Von Magensaft wird Chondrogen aufgelöst.

Collagen ist die Substanz, aus welcher das leimgebende Gewebe besteht. Collagen bildet die Fasern des Bindegewebes, der Sehnen, Bänder u. s. w., ferner die Grundsubstanz der Knochen und der Zähne. Es ist in kaltem Wasser unlöslich, wird beim längeren Kochen mit Wasser unter Bildung von Leim gelöst. Das leimgebende Gewebe wird gequellt durch verdünnte Säuren in der Kälte, in Alkohol schrumpft es. Beim Kochen mit Säuren und Alkalien löst sich Collagen leicht. Der Leim quillt in der Kälte mit Wasser sehr stark, löst sich jedoch erst beim Erwärmen, um beim Erkalten zu gelatiniren.

Stickstoffhaltige Zersetzungsproducte der Eiweissstoffe und der Albuminoïde.

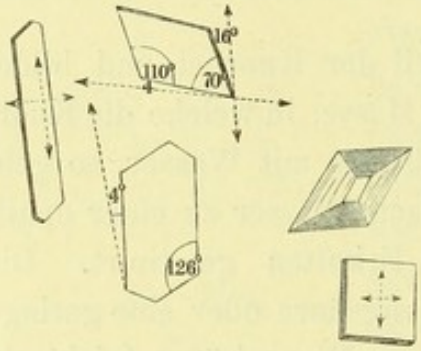
Peptone.

Diese Substanzen entstehn durch Eintritt von Wasser in das Eiweissmolekül, sie bilden sich bei der Pepsin und Trypsin-Verdauung, bei der Einwirkung siedender Mineralsäuren und Alkalien und bei der Fäulniss. Sie sind in Wasser löslich, durch Alkohol fällbar, ebenso durch einige Salze schwerer Metalle (z. B. basisches Bleiacetat, Quecksilbersalze); gegen Gerbsäure, Phosphorwolframsäure, Jodquecksilberjodkalium reagiren sie wie Eiweiss. Hingegen sind sie nicht fällbar

durch Essigsäure und Ferrocyankalium, auch nicht durch Kochsalz, sie sind durch Hitze nicht coagulirbar, der durch Alkohol gefällte Niederschlag bewahrt seine Löslichkeit in Wasser.

Glycocoll (Figur 155).

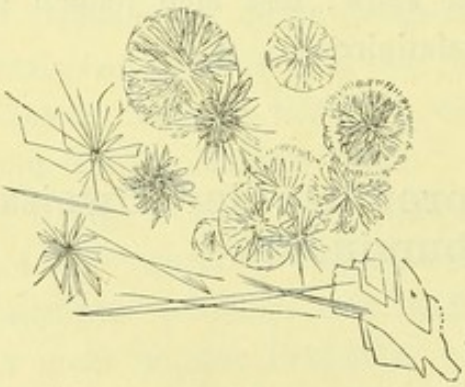
Das Glycocoll bildet sich bei der Zersetzung des Leims, der Hippursäure und der Glycocholsäure durch Säuren und Alkalien oder durch Fermente. Es scheidet sich in farblosen, oft grossen, monoklinen Krystallen aus, welche häufig die nebenstehenden Gestalten erkennen lassen. Sie sind in 4,3 Theilen Wasser löslich, in reinem Zustand in Alkohol und Aether unlöslich. Kupferacetat löst die Krystalle unter Abscheidung feiner Nadeln.



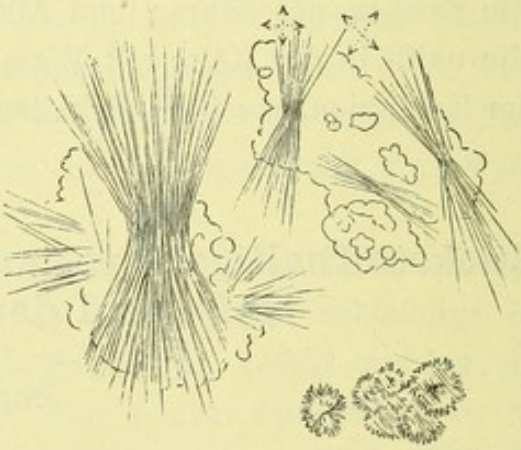
155.

Leucin (Figur 156).

Das Leucin bildet sich bei der Zersetzung sämmtlicher Eiweisskörper und Albuminoïde durch siedende Säuren oder Alkalien, durch Pepsin, Trypsin und Fäulniss. In den Geweben ist es unter normalen Verhältnissen noch nicht nachgewiesen, wohl aber im Eiter, in Atherombälgen, in Leber und Harn bei acuter gelber Leberatrophie. Wenn sich das Leucin aus thierischen Flüssigkeiten ausscheidet, so er-



156 A.



156 B.

scheint es in Form schwach lichtbrechender Knollen oder Kugeln, welche entweder ganz hyalin sind oder radiale Streifung zeigen, in einzelnen Fällen auch aus dünnen doppelbrechenden Blättchen bestehen, die rosettenförmig gruppirt sind (Figur 156 A) und oft einen Winkel von 70 und 110° erkennen lassen. Häufig krystallisirt es zugleich mit

Tyrosin in der Weise, dass beide Krystalle einander durchsetzen (Figur 156 B). Es löst sich, wenn es rein ist, in 27 Theilen Wasser, ist aber im unreinen Zustand viel leichter löslich und geht dann auch in beträchtlicher Menge in Alkohol über. In alkalischen und sauren Flüssigkeiten ist es leicht löslich.

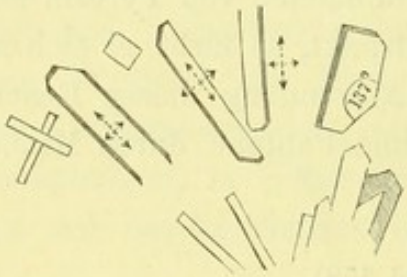
Tyrosin (Figur 156 B).

Das Tyrosin entsteht bei der Spaltung der Eiweissstoffe durch siedende Säuren und Alkalien, durch Trypsin und durch Fäulniss. Bei der energischen Wirkung der Fäulniss wird das Tyrosin selbst unter Bildung aromatischer Stoffe zersetzt. Es zeigt sich ebenso wie Leucin unter pathologischen Verhältnissen in den Geweben. Man findet es in Form büschelförmig gruppirter Nadeln, deren Schwingungsrichtungen parallel der Längsrichtung sind. Es löst sich schwer in kaltem, leichter in heissem Wasser, in unreinem Zustand löst es sich in Alkohol, in reinem nicht. In Aether ist es unlöslich. In Alkalien, Ammoniak, kohlensauren Alkalien, verdünnten Mineralsäuren löst es sich ziemlich leicht, in Essigsäure schwer. Wenn man einen Krystallhaufen von Tyrosin unter dem Mikroskop mit Millons Reagens durchtränkt, so färbt er sich roth und löst sich mit rother Farbe auf. Bei Anwendung dieser Reaction ist zu beachten, dass auch Eiweisskörper und Peptone durch Millons Reagens roth gefärbt werden.

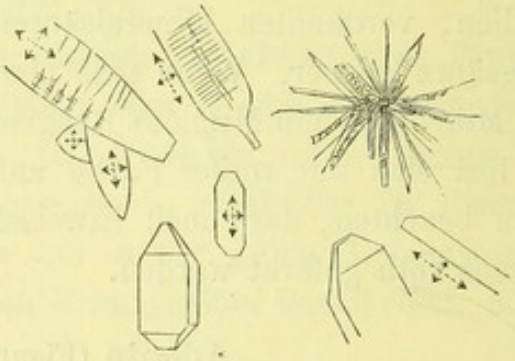
Adenin (Figur 157 und 158).

Diese Base ist ein Spaltungsproduct der Nucleïne, sie bildet sich schon bei gelinder Einwirkung von Säuren und Alkalien, auch bei spontaner Zersetzung des Nucleïns neben Guanin, Hypoxanthin, Xanthin und wird durch Fäulniss sowie durch andere chemische Agentien in Hypoxanthin übergeführt. Das Adenin findet sich demgemäss in kernhaltigen Zellen, besonders reichlich in Thymus, Pankreas, Sperma, Milz. — Die Base scheidet sich entweder amorph aus oder in Form langer platter Säulen mit sechsseitigem Querschnitt. Durch die breiten Säulenflächen betrachtet zeigt sich im convergenten polarisirten Licht das Interferenz-Bild eines optisch zweiaxigen Krystalls mit dem Austritt einer Axe, im parallelen Licht bleiben einige Säulen in jeder Stellung hell, andere zeigen Auslöschung parallel den Kanten. Langsam erhitzt, werden die Krystalle bei 53 ° plötzlich opak, sie verwittern an der Luft schnell. — Adenin löst sich nicht in Alkohol, schwer in Wasser, Ammoniak, kohlensaurem Natron, leicht in heissem Wasser, sehr leicht in fixen Alkalien. Zur Isolirung des Adenins, ebenso des Hypoxanthins, Guanins, Xanthins

lässt sich unter Umständen Pepsin und Trypsin verwenden, falls die Basen in festem Zustand in den Geweben abgeschieden sind[1]. Lässt man zum Adenin verdünnte Salzsäure oder Salpetersäure hinzufliessen, so werden die betreffenden Salze gebildet, die leicht in Krystallen (am besten beim Verdunsten ihrer Lösungen) anschiessen. Die Darstellung des salzsauren Salzes ist zum Nachweis des Adenins gut zu verwerthen, die Krystalle (Figur 157) scheiden sich als derbe Prismen, oft einen Winkel von 137° zeigend, aus. Durch einzelne Flächen erblickt man im convergenten Licht Theile eines zweiaxigen Lemniscatensystems, im parallelen Licht zeigen einzelne Krystalle Auslöschung parallel den Kanten, andere bleiben stets hell. Zum weiteren Nachweis lässt man Goldchlorid hinzutreten, ist nicht viel überschüssige Salzsäure vorhanden, so zerfallen die Krystalle unter Bildung von feinen Tropfen, die sich bei Zusatz von Salzsäure allmählig in gelbe Krystalle umwandeln. Ist von vornherein ein grösserer Ueberschuss von Salzsäure



157.



158.

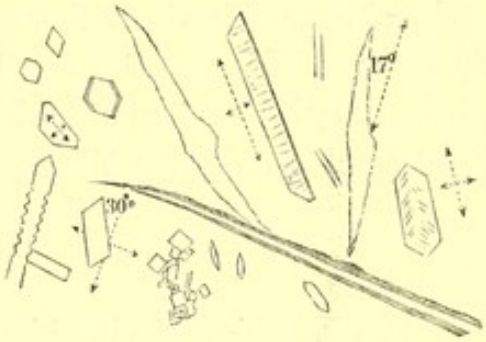
da, so tritt die Tröpfchen-Bildung gar nicht ein, sondern es entstehen sogleich die Krystalle. Die letzteren zeigen die nebenstehenden Formen (Figur 158). Die Auslöschungen liegen bei den Skelettformen, sowie bei den prismatischen Gestalten parallel der Längsrichtung. — Fügt man statt des Goldchlorids Platinchlorid hinzu, so erscheinen die Krystalle des Platindoppelsalzes meist als zugespitzte Plättchen. Quecksilberchlorid verwandelt das salzsaure Salz (oder die freie Base) in ein Doppelsalz, welches zum Theil in Form feiner büschelförmig oder knollig gruppirter, zuweilen gebogener, haarförmiger Nadeln auftritt, zum Theil in Form rhombischer Plättchen mit einem Winkel von 54° oft mit geschwungenen Contouren, zuweilen herrschen auch sechseckige und achteckige Figuren vor. — Hat man das salpetersaure

[1]) Man beachte, dass die genannten Verdauungsmittel oft die betreffenden Basen in Lösung enthalten.

Salz dargestellt, so kann man durch Einwirkung von Silbernitrat auf dieses die Krystalle des Silbernitrat-Doppelsalzes darstellen [1], durch Phosphormolybdänsäure erhält man aus dem Nitrat des Adenins einen schwer löslichen Niederschlag, der bei schneller Bildung anfangs amorph erscheint, allmählig scheiden sich aus der Flüssigkeit neben dem zuerst abgeschiedenen Salz deutliche Krystalle aus.

Hypoxanthin oder Sarkin (Figur 159).

Die Entstehungsverhältnisse des Hypoxanthins sind ähnliche wie die des Adenins, ausserdem findet sich diese Base noch im freien Zustand in den Muskeln. Hypoxanthin scheidet sich, wenn es unrein ist, amorph ab, in reinem Zustand krystallisirt es in mikroskopischen Tetraëdern oder Sphenoiden, bei schneller Abscheidung in knolligen Gestalten. Die Löslichkeitsverhältnisse sind denen des Adenins ähnlich, doch löst es sich leicht in Ammoniak. Die Formen des salzsauren Salzes, welches durch Einwirkung von Salzsäure (am besten in der Wärme) gewonnen wird, ergeben sich aus der Figur 159. Goldchlorid giebt keine dem Adeningoldchlorid ähnliche Krystall-Abscheidung, hingegen wirkt Platinchlorid unter Bildung eines krystallisirten Salzes auf das salzsaure Hypoxanthin ein.



159.

Quecksilberchlorid wandelt die ungelöste freie Base in eine Verbindung um, die in Form sehr feiner, oft knollenförmig gruppirter Krystallnadeln abscheidet. Durch Einwirkung von Salpetersäure erhält man das Nitrat (rectanguläre Formen, deren Auslöschungsrichtungen parallel den Seiten des Rechtecks) welches mit Silbernitrat bei Gegenwart überschüssiger Salpetersäure haarfeine, oft sternförmig-gruppirte Nadeln des Silberdoppelsalzes bildet. Phosphormolybdänsäure bildet in salpetersaurer Lösung undeutlich krystallinischen Niederschlag.

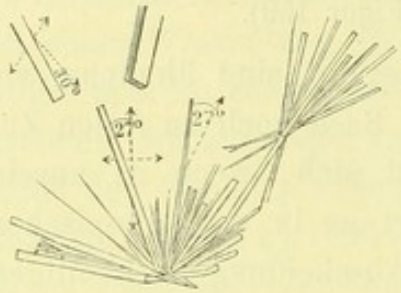
Guanin (Figur 160).

Das Guanin ist in den kernreichen Organen, besonders im Pankreas, in den Spermatozoen, der Milz u. s. w. enthalten. Bei niederen Thieren findet man es zuweilen in den Organen abgelagert, als Kalkverbindung ist es in verschiedenen Geweben der Fische, besonders in der Epidermis

---

[1]) Falls kein Chlor zugegen ist.

vorhanden, als freie Base auch in der Retina gewisser Fische. Guanin ist amorph, in Wasser und in wässerigem Ammoniak auch in der Wärme unlöslich, in Natronlauge leicht löslich, in verdünnten Säuren besonders beim Erwärmen löslich. Das salzsaure Salz, welches wie das der vorhergehenden Körper erhalten wird, krystallisirt immer in vierseitigen, schlanken Säulen (Figur 160), die Auslöschungsrichtung bildet mit den Kanten in den meisten Fällen einen Winkel von 27°, bei einzelnen beobachtet man auch einen solchen von 30°. Goldchlorid löst diese Krystalle unter Bildung von Tröpfchen auf, die aber nicht in der beim Adenin angegebenen Weise erstarren. Quecksilberchlorid bildet kugelige Anhäufungen feiner Kryställchen. Das salpetersaure Salz erscheint in sechsseitigen oder vierseitigen Formen. Silbernitrat bewirkt nach Zusatz von Salpetersäure keine deutlichen Veränderungen. Phosphormolybdänsäure bildet einen anfangs körnigen, später deutlich krystallisch werdenden Niederschlag.



160.

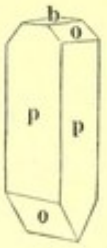
Xanthin.

Das Xanthin hat eine ähnliche Verbreitung wie die letzterwähnten Basen, es findet sich in den Muskeln und tritt in Harnsteinen auf. Die Base ist amorph, in Alkohol und Aether unlöslich, in Wasser sehr schwer löslich, in Säuren leichter, in Ammoniak und Natronlauge leicht löslich. Das salzsaure Salz wird wie das der drei vorhergehenden Basen erhalten, es ist leichter löslich. Platinchlorid und Quecksilberchlorid bildet Krystalle, die ebenso wie die des Chlorids wenig characteristisch sind. — Wenn es gelingt, eine kleine Quantität Xanthin (etwa mit Hülfe der Trypsin-Verdauung) zu isoliren, so stelle man zum Nachweis folgende Reaction an. Man verdunstet dasselbe auf dem Objectträger mit concentrirter Salpetersäure, es hinterbleibt ein gelber Fleck, der sich mit Natronlauge roth färbt. Guanin giebt dieselbe Reaction, doch nicht so deutlich. Der Unterschied von Guanin und Xanthin ergiebt sich aus dem Verhalten zu Ammoniak.

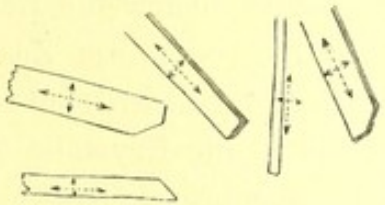
Stickstoffhaltige Bestandtheile der Gewebe und Secrete.

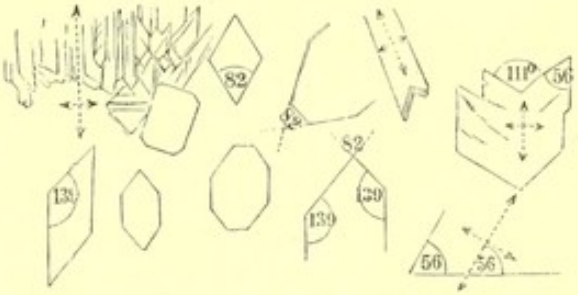
Harnstoff (Figur 161, 162, 163).

Der Harnstoff findet sich im Harn und in geringer Menge in thierischen Geweben (besonders im Blut), auch in Lymphe, humor aqueus und Transsudaten. Er krystallisirt, wie die in Figur 161 dargestellte ideale Form zeigt, in langen vierseitigen Prismen (*p*), welche dem tetragonalen System angehören, die Endflächen werden von Octaëderflächen (*o*) und einer senkrecht zu *p* liegenden Fläche („Basis", *b*) gebildet. Unter dem Mikroskop findet man die in Figur 162 dargestellten Gestalten. Die Krystalle sind in Wasser und Alkohol sehr leicht löslich, nicht in Aether. Zur Erkennung des Harnstoffs unter dem Mikroskop ist besonders das schwer lösliche salpetersaure Salz zu benutzen. Fügt man zu einem Krystall oder einer nicht sehr verdünnten Lösung von Harnstoff einen Ueberschuss von Salpetersäure, so scheiden sich nach kurzer Zeit die Krystalle[1] des salpetersauren Harnstoffs aus.



161.


162.



163.

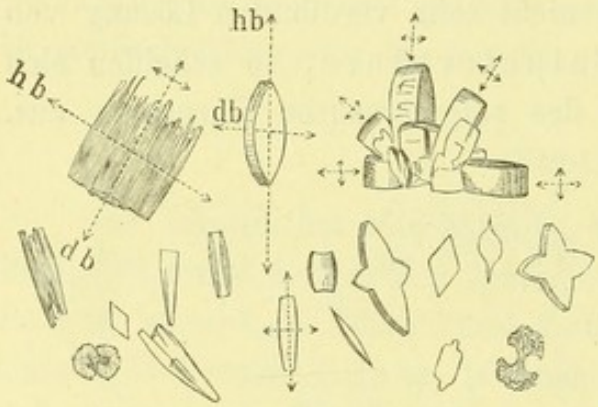
Im polarisirten Licht erkennt man 2 Formen, die ersten zeigen bei Drehung zwischen gekreuzten Nicols keine deutliche Auslöschung, die der zweiten Form lässt eine Schwingungsrichtung erkennen, deren Lage in der Figur angegeben ist. Die Krystalle der ersten Lage lassen häufig einen Winkel von 82° und 139° erkennen, die in der zweiten Art gelagerten einen solchen von $55\frac{1}{2}$° und an den Zwillingsformen einen einspringenden Winkel von 111°. Stehen etwas grössere Krystalle zur Verfügung, so untersuche man dieselben im convergenten polarisirten Licht, man kann nach dem oben angegebenen Verfahren durch Messung des optischen Axenwinkels die Identität feststellen. Die

[1]) Nach Marignac rhombisch.

Doppelbrechung ist positiv. Eine Verwechselung der Krystalle mit denen des salpetersauren Kalis ist wegen der Aehnlichkeit der Formen möglich, die Unterscheidung ergiebt sich aus dem bei Kali gesagten (Darstellung des Kaliumplatinchlorids). Auch das salpetersaure Natron erscheint in ähnlichen Gestalten, unterscheidet sich aber vom salpetersauren Harnstoff durch die leichte Löslichkeit. Durch Oxalsäure werden aus concentrirter wässeriger Harnstofflösung Krystalle des oxalsauren Harnstoffs ausgeschieden.

Harnsäure (Figur 164).

Die Harnsäure tritt im Harn der meisten Säugethiere in geringer Menge auf, reichlicher in dem der Vögel, beschuppten Amphibien und der niederen Thiere. Unter pathologischen Verhältnissen findet sie sich in den Geweben, besonders bei Gicht. — Die Harnsäure ist im reinen Zustand farblos, aus dem Harn scheidet sie sich jedoch stets in gefärbtem Zustande aus. Die mit dem Harnfarbstoff beladenen Krystalle zeigen deutlichen Pleochroismus und zwar besitzen die in der einen Richtung schwingenden Strahlen eine hellbraune (Figur 164 *hb*) die andern eine dunkelrothbraune Farbe (*db*). Die Formen, unter denen die Harnsäure spontan oder auf Zusatz von Säuren krystallisirt, sind sehr mannigfaltige, die Krystalle gehören dem rhombischen System an (C. Schmidt) und zeigen deutliche Auslöschung, die parallel der Längsrichtung ist. Die Krystalle sind in Wasser sehr schwer löslich, in Alkohol und Aether unlöslich, in Ammoniak ein wenig, in wässerigen Lösungen von kohlensaurem und phosphorsaurem Natron leichter, in Aetzkali- und Aetznatronlauge leicht löslich. Einige Körnchen von Harnsäure sind schon genügend, um die Murexidreaction anzustellen. Man verdunstet zu diesem Zweck die zu prüfende Substanz bei gelinder Wärme mit einer geringen Menge Salpetersäure auf dem Objectträger oder auf einer Porcellanscherbe. Es hinterbleibt ein gelber Fleck, der sich mit Ammoniak purpurroth, mit Natronlauge bläuviolett färbt. — Das saure harnsaure Natron scheidet sich häufig aus dem Harn ab und bildet ein stark gefärbtes Sediment, welches unter dem Miskroskop in Form von Knollen und Kugeln oder auch als feinkörnige Masse er-

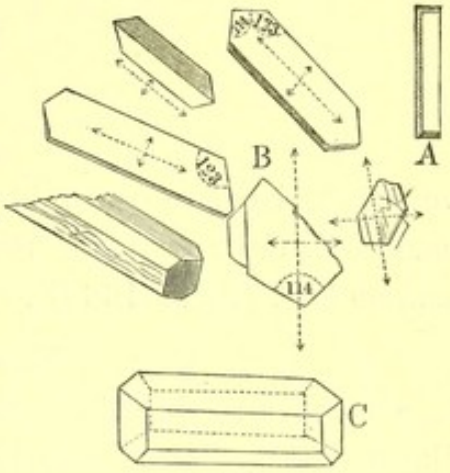


164.

scheint. Es löst sich schwer in kaltem, leichter in heissem Wasser. In Gichtknoten ist ein in Nadeln krystallisirendes Natronsalz der Harnsäure enthalten. Das saure harnsaure Ammoniak findet sich in Harnsedimenten, besonders in solchen Fällen, wo der Harn bereits in ammoniakalische Gährung übergegangen ist. Es tritt in kugeligen, morgenstern- auch keulenförmigen Krystallaggregaten auf, die sich durch ihre stärkere Lichtbrechung von den ähnlichen Formen des Leucins unterscheiden. Es ist sehr schwer in kaltem, leichter in heissem Wasser löslich. Durch Essigsäure oder Salzsäure wird aus diesen Salzen die freie Harnsäure in Krystallen abgeschieden.

Allantoïn (Figur 165).

Diese Substanz ist in der Allantoïsflüssigkeit, ausserdem unter besonderen Verhältnissen im Harn vorhanden. Das Allantoïn erscheint, wenn es rein ist, in farblosen klaren glänzenden Säulen, welche dem monoklinen System angehören, aus Kälberharn krystallisirt es in dünnen büschelförmig vereinigten Krystallen. In Figur 165 C ist die ideale Gestalt eines Krystalls von Allantoïn angegeben. — Es löst sich schwer in kaltem, leicht in heissem Wasser, ist unlöslich in Alkohol und Aether. Mit Säuren bilden sich keine Salze. Lässt man zu den Krystallen des Allantoïns ammoniakalische Silberlösung hinzutreten, so bildet sich eine Silberverbindung, die sich theils amorph, theils in kleinen Knollen abscheidet.

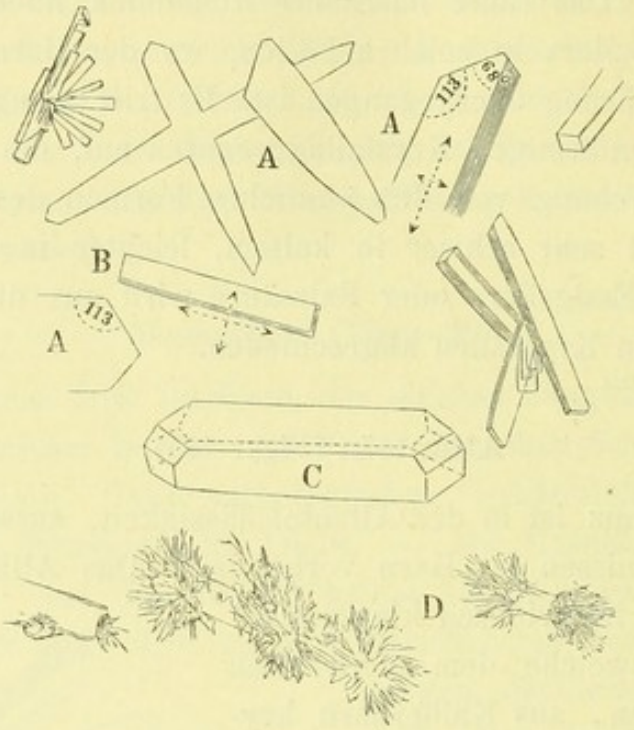


165.

Kreatin (Figur 166).

Das Kreatin findet sich in vielen Organen des Thierkörpers, besonders in den glatten und quergestreiften Muskeln. Es krystallisirt in durchsichtigen, farblosen, monoklinen Prismen, welche besonders oft sechseckige (Winkel von 113°) und rechteckige Formen erkennen lassen. Beide lassen im convergenten Licht das Lemniscatensystem eines zweiachsigen Krystalls mit dem Austritt einer Achse erkennen, erstere deutlicher. In Figur 166 C ist die ideale Form eines Krystalls dargestellt. Bei 100° werden die Prismen durch Verlust des Krystallwassers undurchsichtig, sie lösen sich in 74 Theilen kalten Wassers, leichter in

heissem, sind in reinem Zustand in Alkohol und Aether fast unlöslich. Fügt man zu einem Krystall des Kreatins eine alkoholische Lösung

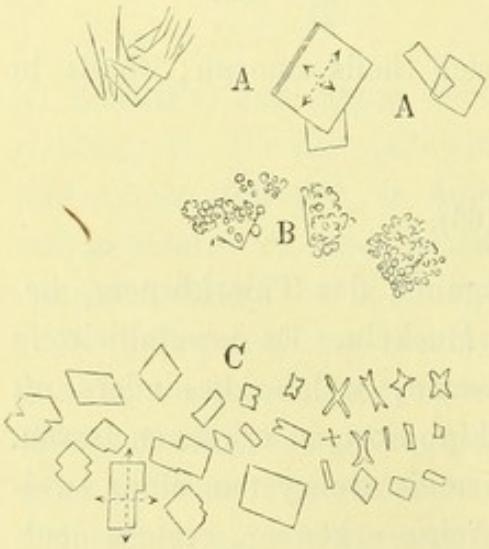


166.

von Pikrinsäure, so überzieht sich der Krystall langsam in sehr charakteristischer Weise mit einer filzigen Auflagerung von pikrinsaurem Salz (Figur 166 D).

Kreatinin (Figur 167).

Das Kreatinin ist ein regelmässiger Bestandtheil des menschlichen Harns und geht aus dem Kreatin hervor, wenn dasselbe längere Zeit mit wässerigen Säuren zum Sieden erhitzt wird. Es bildet farblose, monokline Prismen, unter dem Mikroskop meist rechtwinklige Tafeln (Figur 167 A), löst sich in 11 Theilen kaltem, leichter in heissem Wasser, schwer in kaltem, leichter in heissem Alkohol. Alkoholische Pikrinsäure verwandelt die Krystalle des Kreatinins in gelbe Nadeln des pikrinsauren Salzes. Alkoholische Chlorzinklösung bildet ein schwer lösliches Doppelsalz, setzt man die Lösung zu einem Krystall des Kreatinins, so bedeckt sich derselbe mit einem warzigen Ueberzug von Kreatinin-Chlorzink (Figur 167 B). Platinchlorid bildet ein krystallisirendes Doppelsalz, Gold-

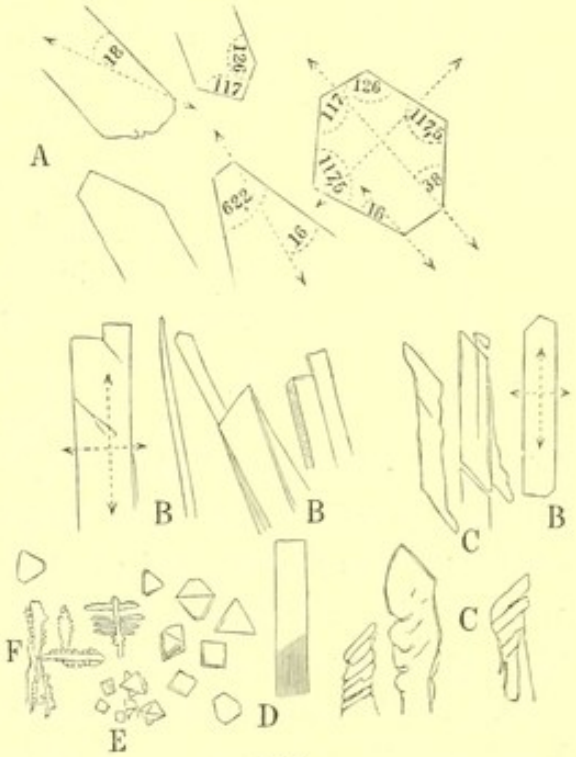


167.

chlorid ebenfalls, das letztere löst einen Krystall des Kreatinins unter Bildung gelber öliger Tropfen, die später krystallinisch erstarren. Phosphormolybdänsäure bildet einen krystallisirten Niederschlag, der im Ueberschuss der salpetersauren Lösung der Phosphormolybdänsäure löslich ist, man erhält mit diesem Fällungsmittel besonders dann gute Krystalle, wenn man eine sehr geringe Menge Kreatinin im festen Zustand in einen auf dem Objectträger befindlichen Tropfen der salpetersauren Lösung von Phosphormolybdänsäure hineinbringt (Figur 167 C).

Cholin (Figur 168, 169).

Diese Base ist ein Zersetzungsprodukt des Lecithins und findet sich entsprechend der Verbreitung ihrer Muttersubstanz in allen lebensfähigen Geweben des thierischen oder pflanzlichen Organismus. Das freie Cholin ist eine farblose syrupöse Substanz von stark basischem Charakter, welche mit Salzsäure ein zerfliessliches Salz bildet. Am besten bekannt ist das Platindoppelsalz, welches durch Zusatz von Platinchlorid zu der Lösung des salzsauren Salzes entsteht. Dasselbe krystallisirt, wie Hundeshagen zuerst erkannte[1], in drei verschiedenen Formen: a) Die erste Form ist die stabile (Figur 168 A), sie gehört dem monoklinen System an (Söffing[2]) und erscheint unter dem Mikroskop gewöhnlich in sechsseitigen Tafeln mit Winkeln von 117° und 126°, selten erscheiinen Wnkel von 62°. Die Auslöschungsrichtungen liegen in dieser Fläche nie parallel den Kanten; von den verschiedenen Winkeln, die sie mit den Kanten bilden, sind in der Figur 168 A zwei angegeben (16° und 38°). Die in Figur 168 A sichtbaren Formen entsprechen derjenigen Fläche der idealen Krystallform, welche in der Figur 169 mit f bezeichnet ist. b) Die zweite Form ist labil und geht von

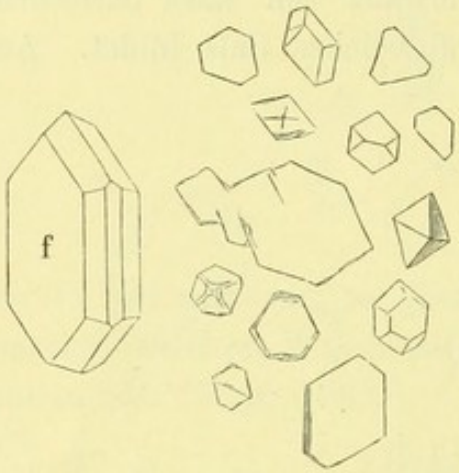


168.

[1]) Journal f. pract. Chemie Bd. XXVIII, S. 245. (Das Cholin ist hier als Neurin bezeichnet.)

[2]) Söffing, Krystallogr. Untersuchungen. Inaug. Diss. Göttingen 1883. (Das Cholin ist hier als „Gossypin“ und „Luridin“ bezeichnet.)

selbst in die erste Form über. Wenn man eine heisse Lösung des Platindoppelsalzes in Wasser abkühlen oder eine wässerige Lösung bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten lässt, so schiessen zunächst prismatische Krystalle an (Figur 168 B), deren Auslöschungsrichtungen parallel den Prismenkanten liegen. Diese Prismen gehen, wenn sie mit der Mutterlauge in Contact bleiben, allmählig von selbst, schneller nach Berührung mit einem spitzen festen Körper in die monokline Modification über. Die neu entstehenden Krystalle lassen oft noch die Lage und Gestalt der ursprünglichen Prismen erkennen (Figur 168 C). Dieser Uebergang ist unter dem Mikroskop leicht zu verfolgen, besonders deutlich, wenn man ein dickes Prisma so zwischen gekreuzte Nicols stellt, dass es dunkel ist. In diesem Falle bemerkt man im Moment der Umwandlung eine Aufhellung (Figur 168 D), welche von dem einen Ende des Prismas zum andern fortschreitet und deren Grenze ungefähr einen Winkel von 45° mit den Prismenkanten bildet. Die aufgehellten Theile sind die in die monokline Form umgewandelten. c) Die dritte Form dieses Platindoppelsalzes gehört dem regulären System an (Figur 168 E) und erscheint meist in Form von Oktaëdern, häufig auch in Skelettformen (Figur 168 F). Diese Krystalle bilden sich, wenn man eine alkoholische Lösung des Platindoppelsalzes verdunsten lässt oder zu einer wässerigen Lösung soviel Alkohol hinzufügt, bis sich Krystalle abscheiden. Auch diese Form geht in die erste Modification über. Von den übrigen Verbindungen des Cholins sei erwähnt das krystallisirende Golddoppelsalz, welches sich auf Zusatz von Goldchlorid ausscheidet, ferner die Quecksilberverbindung, die durch Quecksilberchlorid langsam gefällt wird. Mit Phosphormolybdänsäure und mit Jodjodkalium bilden sich ebenfalls krystallisirende Niederschläge.



169. 170.

Neurin (Figur 170).

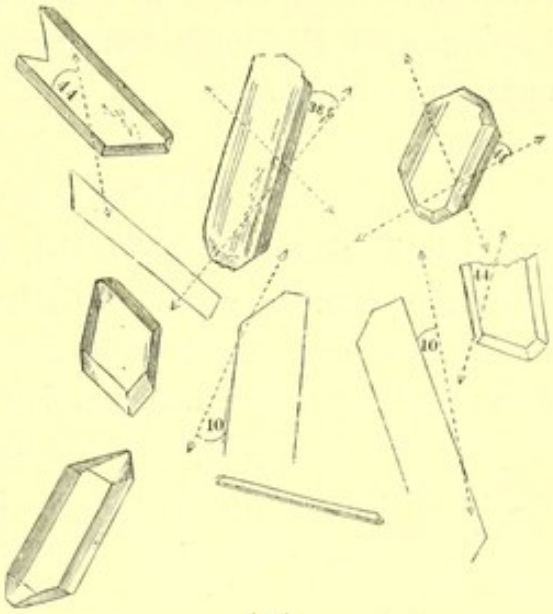
Das Neurin geht durch Fäulniss aus dem Cholin hervor. Von den Salzen ist am besten das Platindoppelsalz bekannt, welches wie das des Cholins dargestellt wird, nur regulär krystallisirt (Figur 170) und schwerer löslich ist, als das des Cholins. Auch das Golddoppelsalz wird in krystallisirtem Zustand erhalten.

Lecithin.

Das Lecithin findet sich in allen thierischen Zellen, besonders reichlich in der Markscheide der Nervenfasern. Es ist farblos, knetbar weich, bröckelig, bei gewöhnlicher Temperatur nicht deutlich krystallisirt in Alkohol, Aether, Chloroform, Benzol, Fetten löslich. In Wasser ist es quellbar, die gequollene Masse bildet eigenthümliche schleimige Fäden, welche unter dem Mikroskop rundlich, fadenförmig, schlingenartig erscheinen können (Myelinformen). Mit Osmiumsäure färbt sich das Lecithin schwarz.

Taurin (Figur 171).

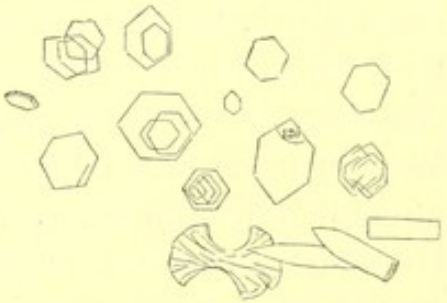
Dieser Körper spaltet sich im Darmkanal aus der Taurocholsäure ab und ist bei verschiedenen Thieren in den Muskeln und in Körpersäften enthalten. Die Krystalle gehören dem monoklinen System an (Kopp), sie erscheinen unter dem Mikroskop in vielen verschiedenen Gestalten, von denen die häufigsten in der Figur 171 wiedergegeben werden. Das Taurin löst sich in 15 bis 16 Theilen kaltem, leichter in heissem Wasser, ist unlöslich in Alkohol und Aether und wird durch Metallsalze, sowie durch Phosphorwolframsäure nicht gefällt.



171.

Cystin (Figur 172).

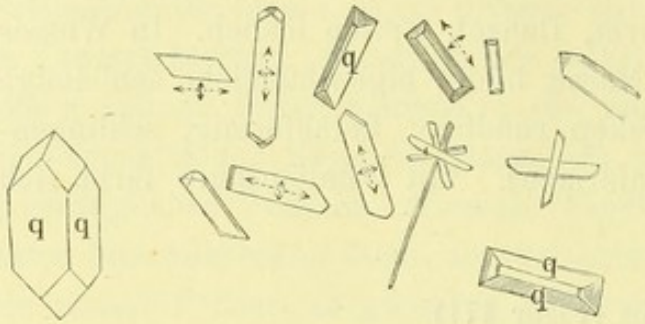
Das Cystin erscheint in sehr geringer Menge im normalen menschlichen Harn, selten in grösseren Quantitäten, im letzteren Falle ruft es pathologische Folgezustände hervor. Es krystallisirt in farblosen sechsseitigen Tafeln oder vierseitigen, auch zugespitzten Formen (Figur 172), welche anscheinend dem hexagonalen System angehören. Das Cystin ist in Wasser, Alkohol, Aether unlöslich, in Ammoniak, fixen Alkalien, kohlensaurem Natron und in Mineralsäuren löslich.



172.

Hippursäure (Figur 173, 174).

Die Hippursäure ist ein normaler Bestandtheil des menschlichen Harns, sie findet sich besonders reichlich im Harn der Pflanzen fressenden Säugethiere. Die Krystalle, deren ideale Form in Figur 173 dargestellt ist, gehören dem rhombischen System an und zeigen unter dem Mikroskop besonders häufig die in Figur 174 sichtbaren Formen. Die Hippursäure löst sich in 600 Theilen kaltem, leichter in heissem Wasser, leicht in Alkohol, wenig in Aether. In wässeriger Lösung wird sie durch fermentative Einwirkung leicht in Benzoësäure und Glycocoll zerlegt.



173. 174.

Gallenfarbstoffe (Figur 175).

Das Bilirubin findet sich in gelöstem Zustand in der Galle, an Kalk gebunden in gewissen Gallensteinen, ferner im Darmkanal, im ikterischen Harn und in alten Blutextravasaten, im letzteren Falle in Form von Krystallen („Hämatoidinkrystalle"). Das Bilirubin bildet die in Figur 175 dargestellten Krystalle, welche oft rhombische Tafeln vorstellen. Die Auslöschungsrichtung liegt parallel zwei Kanten. Betrachtet man Bilirubinkrystalle unter dem Mikroskop mit einem Nicolschen Prisma, so bemerkt man einen schwachen Pleochroismus, die parallel den längeren Kanten schwingenden Lichtstrahlen gehen mit gelbbrauner Farbe (*gb*) durch den Krystall, die senkrecht dazu schwingenden mit rothbrauner Nüance (*rb*). Das Bilirubin ist in Wasser unlöslich, in einer Lösung von phosphorsaurem Natron etwas löslich, wenig löslich in Alkohol und Aether, leichter in Chloroform. Es löst sich leicht in alkalischen Flüssigkeiten und wird durch Säure aus denselben gefällt. Lässt man Salpetersäure (1 Thl. conc. Säure, 4 Thle. Wasser) unter dem Deckglas auf die Krystalle einwirken, so geht die Farbe derselben in Grün, Blau, Violett über, die Form der Krystalle bleibt dabei zunächst erhalten. In alkalischer Lösung der Luft ausgesetzt, verwandelt sich das Bilirubin in einen grünen Farbstoff, das Biliverdin. Letztere Substanz findet sich in der Galle bei vielen

175.

Thieren präformirt vor. Das Biliverdin tritt amorph oder undeutlich krystallisirt auf, ist in Wasser und Aether unlöslich, in Alkohol leicht löslich. Durch Salpetersäure wird es in gleicher Weise wie Bilirubin verändert.

Anm. Eine Anzahl anderer Farbstoffe, die im thierischen Organismus vorkommen (z. B. Luteïn, Melanin), übergehen wir, da sie zu wenig bekannt sind.

Stickstofffreie organische Stoffe.

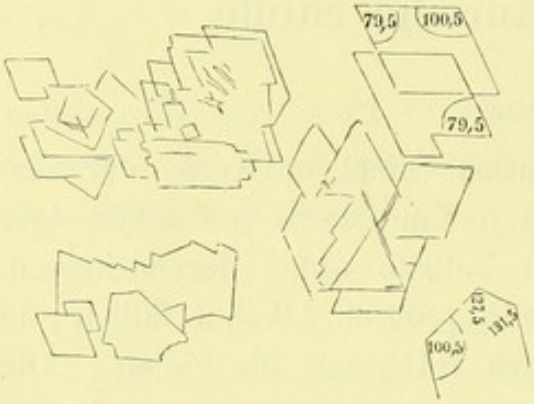
Glycogen.

Das Glycogen ist im Zellprotoplasma (nicht im Kern) der verschiedenartigsten Gewebe als glänzende hyaline Masse von zähflüssiger Beschaffenheit sichtbar, zuweilen den Zellleib diffus durchdringend. Es ist in Wasser und in Glycerin löslich, durch Alkohol fällbar, in Aether unlöslich. Mit Jod färbt es sich rothbraun bis violett. Die Färbung verschwindet beim Erwärmen, um beim Erkalten wieder zu erscheinen, wenn noch überschüssiges Jod vorhanden ist. Zur Färbung bedient man sich einer Lösung von Jod (1 g) und Jodkalium (3 g) in Wasser (500 cc). Da das Glycogen in Wasser löslich ist, so verschwindet die Färbung nach einiger Zeit, wenn das glycogenhaltige Präparat in dieser Lösung liegen bleibt (Unterschied vom Eiweiss). Man kann diese Lösung des Glycogens verhindern, wenn man nach Ehrlich's Vorschrift eine dünne Jodjodkaliumlösung anwendet, der man soviel Gummi arabicum zusetzt, bis dieselbe eine zähflüssige Beschaffenheit annimmt. Das Glycogen geht durch die Wirkung eines in Leichentheilen enthaltenen Ferments in Dextrin und Zuckerarten, zuletzt in Traubenzucker über. Der Unterschied zwischen Amyloid und Glycogen ergiebt sich aus der Unlöslichkeit des ersteren und aus der beim Amyloid durch nachträglichen Zusatz von Säuren eintretenden Blau- oder Violettfärbung (s. Amyloid).

Cholesterin (Figur 176).

Das Cholesterin findet sich in weiter Verbreitung theils in freiem Zustand, theils in ätherartiger Verbindung mit Stearinsäure und Oelsäure („Cholesterinfett") in den thierischen Geweben und in den Körperflüssigkeiten. Besonders reich an Cholesterin sind die Nervenfasern.

Unter pathologischen Verhältnissen findet man es in den Organen oder in Körperflüssigkeiten krystallisirt abgeschieden. Diese Krystalle gehören dem monoklinen System an und stellen Tafeln dar mit Winkeln von 89½ und 100½°[1], sie zeigen eine deutliche Auslöschung, die Winkel von $\frac{34^0}{56}$ und von $\frac{45{,}5^0}{44{,}5}$ mit den Kanten bildet, aber zur Erkennung der Tafeln nicht immer zu benutzen ist, weil dieselben fast stets in verschiedenen Richtungen übereinander geschoben sind[2]. Im convergenten polarisirten Licht sind Theile eines zweiaxigen Axenbildes sichtbar, bei Anwendung starker Objective erscheint ein Axenaustritt am Rande des Gesichtsfeldes. Diese Tafeln enthalten ein Molekül Krystallwasser. Ausserdem krystallisirt das Cholesterin aus wasserfreiem Aether, Chloroform und Benzol in wasserfreiem Zustand in kleinen Nadeln. Das Cholesterin ist unlöslich in Wasser, verdünnten Säuren und in Alkalien, nur wenig löslich in kaltem Alkohol, leicht in heissem Alkohol, aus dem es beim Erkalten in Tafeln anschiesst, in Benzol, Chloroform, flüchtigen und fetten Oelen, es löst sich ferner in geringerem Grade in den Lösungen gallensaurer und fettsaurer Alkalien. Das Cholesterin färbt sich mit concentrirter Schwefelsäure roth, mit wenig Jod und conc. Schwefelsäure violett, allmählig blau, grün, roth werdend. Fügt man zu einem Krystall des Cholesterins Essigsäureanhydrid, dem man ein wenig concentrirte Schwefelsäure zugesetzt hat, so färbt sich das Cholesterin anfangs rosenroth, dann blau. Diese Färbung ist bei schwacher Vergrösserung deutlich wahrnehmbar[3].



176.

Neben dem Cholesterin findet sich im Wollfett der Schafe, vielleicht noch an anderen Orten im Organismus das Isocholesterin, welches dieselben Löslichkeitsverhältnisse zeigt und sich aus Alkohol

---

[1]) Zuweilen ist der spitze Winkel abgestumpft, dann treten noch die Winkel 127,5 und 131,5° auf (Heintz, Annalen d. Physik u. Chemie 79, 534).

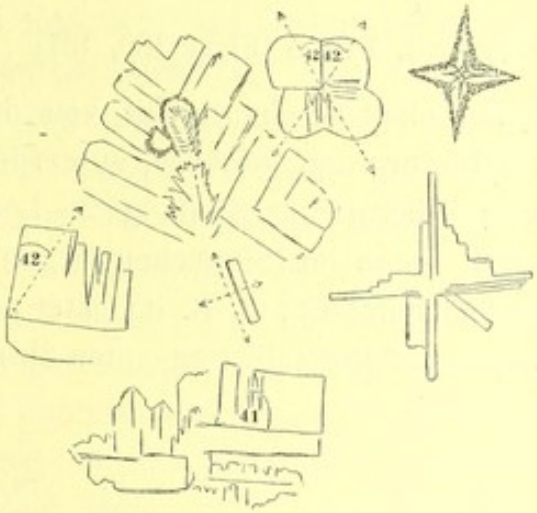
[2]) Da die Blättchen sehr dünne sind, so kann man sie oft nur zwischen gekreuzten Nicols oder bei sehr engem Diaphragma sehen.

[3]) Diese Reaction ist in etwas anderer Form von C. Liebermann angegeben (Ber. d. dtsch. chem. Ges. 1885, 1803).

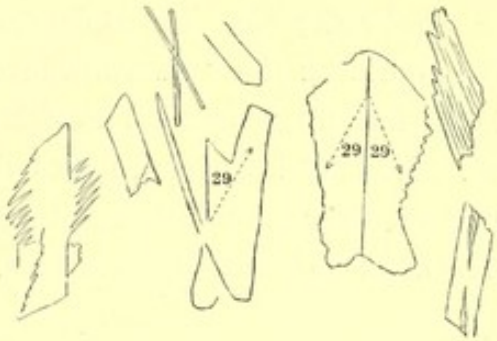
beim Erkalten in gallertigen Massen ausscheidet. Aus Aether krystallisirt es in Nadeln.

Ameisensäure (Figur 177, 178).

Die Ameisensäure ist in verschiedenen Organen (Milz, Pankreas, Thymus), ferner im Harn und Blut aufgefunden, sie bildet sich im Darmkanal. — Sehr characteristisch ist das Salz, welches durch Zusatz von Quecksilberoxydulnitrat zu einer neutralen Lösung von ameisensaurem Kali oder Natron gebildet wird (Figur 177). Die Krystalle sind doppelbrechende dünne Blättchen, die häufig zu Zwillingsbildungen ver-



177.



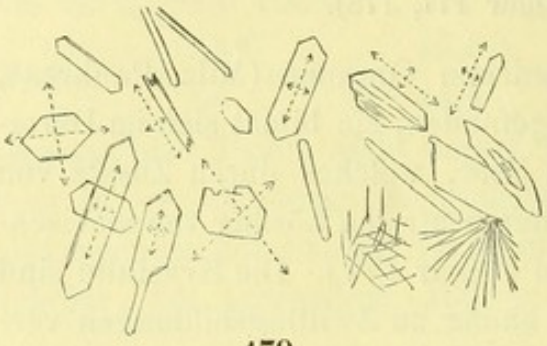
178.

wachsen sind. Die Grenzlinie der Zwillinge und eine der Kanten bilden mit den Auslöschungsrichtungen Winkel von 41 bis 42°. Seltener trifft man schmale Krystalle, deren Auslöschungen parallel den Kanten liegen. Lässt man die Flüssigkeit, welche die Krystalle enthält, auf dem Objectträger langsam verdunsten, so scheiden sich allmählig dendritische und sternförmige Krystalle aus, wahrscheinlich ein basisches Quecksilbersalz (Haushofer[1]). Lässt man die neutrale Lösung von ameisensaurem Salz mit wenig Silbernitratlösung langsam zusammenfliessen, so bilden sich sehr dünne, zuweilen gebogene Lamellen von ameisensaurem Silber. Dieselben zeigen die in Figur 178 dargestellten unregelmässigen Umrisse. Sehr häufig erkennt man an den stark doppelbrechenden Blättchen Auslöschungen von 29 bis 30° (Haushofer l. c.). Man beobachtet nicht selten Zwillinge, deren Trennungslinie einen Winkel von 29° mit den Schwingungsrichtungen bildet.

[1]) Haushofer, Mikroskopische Reactionen. Braunschweig 1885, p. 70.

Essigsäure (Figur 179).

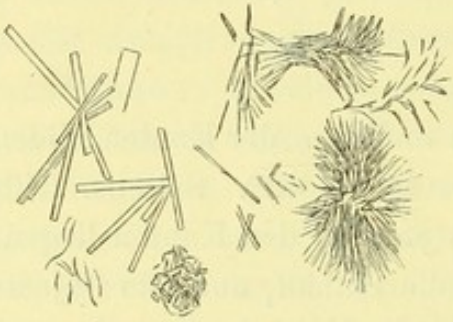
Die Essigsäure bildet sich im Magen und Darmkanal, besonders bei kleinen Kindern, ferner im diabetischen Harn. Sie soll auch im Saft verschiedener Organe vorhanden sein. — Das essigsaure Silber, welches durch Fällung essigsaurer Salze mit Silbernitrat in neutraler Lösung als schwer löslicher Niederschlag erhalten wird, ist in Figur 179 dargestellt. Die Auslöschungen sind parallel den Kanten.



179.

Palmitinsäure, Stearinsäure, Oelsäure, Fette (Figur 180, 181).

Die Fette des Thierkörpers stellen eine Mischung dar von den Glycerinäthern der Palmitinsäure, Stearinsäure und Oelsäure, ausserdem finden sich die genannten Fettsäuren in ätherartiger Bindung im Lecithin. Demgemäss werden dieselben frei, wenn im thierischen Organismus Fett oder Lecithin der Zersetzung anheimfällt, z. B. im Eiter, in Tuberkelmassen, im Sputum u. s. w., und sie krystallisiren unter diesen



180.

181.

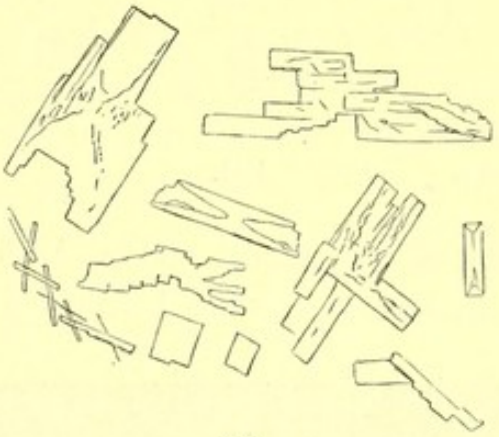
Verhältnissen aus. Die Formen der Palmitinsäure sind in Figur 180, die der Stearinsäure in Figur 181 dargestellt, die Oelsäure ist bei gewöhnlicher Temperatur flüssig. Diese Säuren sind in Wasser unlöslich, in Aetzalkalilaugen löslich (Unterschied von den Fetten), aus dieser Lösung durch Säuren fällbar. Sie sind in Alkohol, leichter in Aether und Chloroform löslich. Gewebsschnitte, die man durch Aether oder Chloroform entfetten will, müssen vorher mit Alkohol entwässert sein, da die Entfettungsmittel sonst nicht eindringen.

Die Fette finden sich in der Leiche zuweilen in nadelförmigen Krystallen vor, meist erscheinen sie als grössere oder kleinere Tropfen.

Die Löslichkeitsverhältnisse sind im Wesentlichen dieselben, wie sie bei den Fettsäuren angegeben sind, nur sind die Fette in Aetzalkalien unlöslich. Durch Osmiumsäure werden sie schwarz gefärbt.

Benzoësäure (Figur 182).

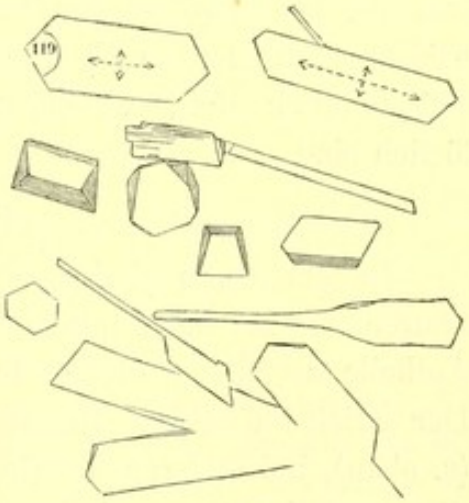
Die Benzoësäure entsteht bei der durch Fermentwirkung hervorgerufenen Zerlegung der Hippursäure, und bildet sich demgemäss leicht beim Stehen des Harns. Sie scheidet sich in rechtwinkligen Tafeln ab, welche dem monoklinen System angehören (Figur 182). Die dünnen Krystalltäfelchen lagern sich mit Vorliebe in der Richtung der Diagonale an einander; sie bleiben zwischen gekreuzten Nicols in jeder Stellung hell. In Natronlauge lösen sie sich leicht unter Bildung des Salzes auf; wird die hinreichend verdünnte Lösung mit Salzsäure übersättigt, so erfolgt wiederum Abscheidung der freien Säure. Bei schneller Ausfällung erhält man Tafeln mit unbestimmten Grenzen. Die Benzoësäure löst sich leicht in Alkohol, Aether, Petroläther, Essigäther. Benzoësaures Natron giebt mit Silbernitrat ein Salz, welches anfangs als Ballen schmaler gekrümmter Plättchen, später in deutlicheren Krystallen mit parallelen Auslöschungen auftritt [1].



182.

Oxalsäure (Figur 183).

Die Oxalsäure ist ein Oxydationsproduct vieler im Organismus vorkommenden Verbindungen, sie findet sich besonders im Harn in Verbindung mit Calcium (s. dieses). Die freie Säure erscheint unter dem Mikroskop in den Figur 183 angegebenen Formen, welche dem monoklinen System angehören. Die Krystalle zerfallen bei 100° unter Verlust des Wassers zu einem weissen Pulver, sie lösen sich in 8 Theilen kalten Wassers, leichter in heissem und leichter in Alkohol.



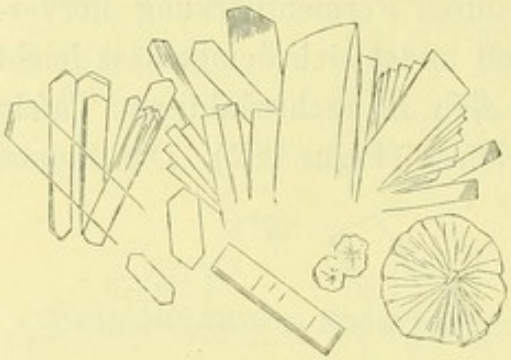
183.

---

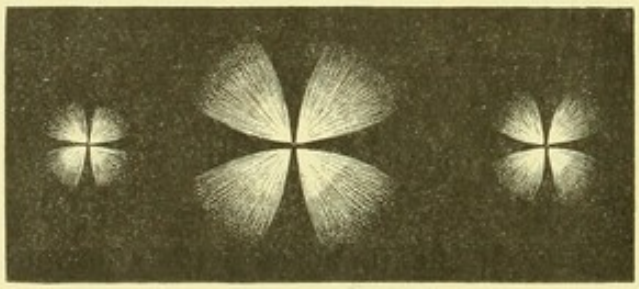
[1]) Haushofer l. c. p. 72.

Milchsäuren (Figur 184, 185).

Im Organismus finden sich zwei Milchsäuren. 1) Gährungsmilchsäure bildet sich im Verdauungstractus und ist auch in den Geweben vorhanden. 2) Fleischmilchsäure kommt in thierischen Geweben, besonders reichlich in den Muskeln vor. Beide sind am besten durch ihr Zink- und Kalksalz charakterisirt. Das gährungsmilchsaure Zink (Figur 184) bildet Prismen des rhombischen Systems, welche keine Ausöschung erkennen lassen und im convergenten Licht den Austritt einer senkrecht zur Prismenfläche gelegenen Achse zeigen. Das fleischmilchsaure Zink erscheint in ähnlichen Krystallen, deren Auslöschungen parallel den Kanten liegen. Die Kalksalze treten bei beiden in nadelförmigen, radial gestellten Krystallen auf, deren Schwingungsrichtungen parallel der Längsrichtung sind. Zwischen gekreuzten Nicols erscheint bei beiden ein kreuzförmiges Bild, da die parallel den Nicolhauptschnitten liegenden Nadeln dunkel sind, beim fleischmilchsauren Kalk ist diese Figur etwas deutlicher (Figur 185). Das Zinksalz der Gährungsmilchsäure löst sich bei gewöhnlicher Temperatur in 60 Theilen Wasser, das der Fleischmilchsäure in 17 Theilen. Die freien Säuren stellen syrupöse Flüssigkeiten dar, welche in Wasser, Alkohol und Aether leicht löslich sind.



184.



185.

Gallensäuren.

In der Galle finden sich als Natriumverbindungen eine Anzahl Säuren, die bei der Fäulniss oder bei chemischen Einwirkungen in zwei Antheile zerfallen, einen stickstoffhaltigen und einen stickstofffreien. Der stickstoffhaltige Bestandtheil ist bei einigen Säuren Glycocoll (s. oben), bei anderen Taurin (s. p. 288). Die stickstofffreien Paarlinge dieser Gallensäuren sind mannichfache und zum Theil für einzelne Thierklassen charakteristische. Man nennt dieselben Cholalsäuren und unterscheidet eine Hyo-Cholalsäure, Cheno-Cholalsäure, Tauro-

Cholalsäure, Choleïnsäure, Fellinsäure. Bei der Reduction dieser Stoffe im Darmkanal entstehen noch andere Substanzen, so dass hier eine grosse Zahl von Körpern vorliegt. Dieselben sind aber mikrochemisch noch nicht untersucht. In der menschlichen Galle finden sich die Verbindungen der Tauro-Cholalsäure und der Fellinsäure. Erstere wird auch als Cholalsäure im engeren Sinne bezeichnet, man nennt ihre Verbindung mit Glycocoll Glycocholsäure, mit Taurin Taurocholsäure (nicht zu verwechseln mit Tauro-Cholalsäure). Die Natronsalze der Glycocholsäure und Taurocholsäure krystallisiren in feinen Nadeln, sie sind in Wasser und Alkohol löslich. Die Tauro-Cholalsäure krystallisirt aus Alkohol in Tetraëdern und Oktaëdern des rhombischen Systems, aus Aether in vierseitigen Säulen mit Pyramidenflächen. Die Krystalle sind in Wasser unlöslich, in Alkohol löslich. Lässt man zu einem Krystall von Cholalsäure eine Lösung von Jod in Jodkalium hinzutreten, so tritt eine dunkelblaue Färbung ein und man beobachtet bei stärkerer Vergrösserung, dass sich feine, verfilzte, tiefblaue, haarförmige Krystalle abscheiden. Diese Reaction beruht auf der Bildung der von Mylius entdeckten Verbindung von Jodcholalsäure mit Jodkalium, welche ihrer chemischen Constitution nach der bekannten Verbindung von Jodstärke mit Jodwasserstoff analog ist[1]. Die anderen Gallensäuren geben die Reaction nicht. Wenn man einen Krystall von Cholalsäure, Glycocholsäure oder Taurocholsäure mit einer concentrirten wässerigen Lösung von Furfurol versetzt und dann allmählig concentrirte Schwefelsäure hinzufliessen lässt, so löst sich der Krystall auf, indem er der Flüssigkeit eine kirschrothe Farbe ertheilt.

Anorganische Bestandtheile des Thierkörpers.[2]

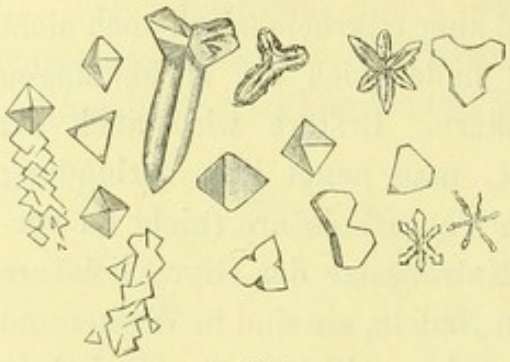
Kalium (Figur 186).

Das Kalium findet sich in Muskeln, Nerven, Blutkörperchen und anderen Organen, ferner im Harn. Seine Chlorverbindung krystallisirt

[1]) Die Jodcholalsäure hat die Formel $4\ C_{24}\ H_{40}\ O_5\ J + HJ$. Die Jodstärke ist $4\,(C_6\ H_{10}\ O_5)\ nJ + JH$ (Mylius, Zeitschrift f. physiol. Chemie XI, 306).

[2]) Bei Anstellung der folgenden Reactionen versäume man nie, die Reagentien unter dem Mikroskop auf ihren Gehalt an Natrium, Ammoniak, Calcium u. s. w. zu prüfen. In eiweisshaltigen Flüssigkeiten lassen sich die Reactionen auf Kali, Natron, Kalk, Magnesia nicht anstellen. Man nehme dieselben in der Regel nach dem Veraschen (auf Platinblech) vor.

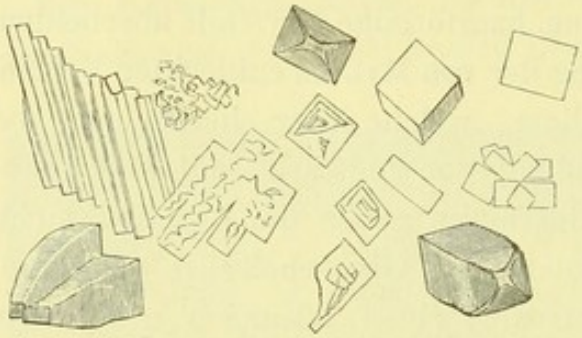
in Würfeln des regulären Systems und dürfte mikroskopisch kaum vom Kochsalz zu unterscheiden sein. Fügt man zu einer Lösung, welche ein Kalisalz enthält, Platinchlorid hinzu, so bilden sich die regulären Krystalle des Kaliumplatinchlorids (Figur 186). Dieselben zeigen dieselben Formen, wie das Ammoniumplatinchlorid. Oktaëder und Würfel herrschen vor, durch Combination ersterer entstehen Skelettformen.



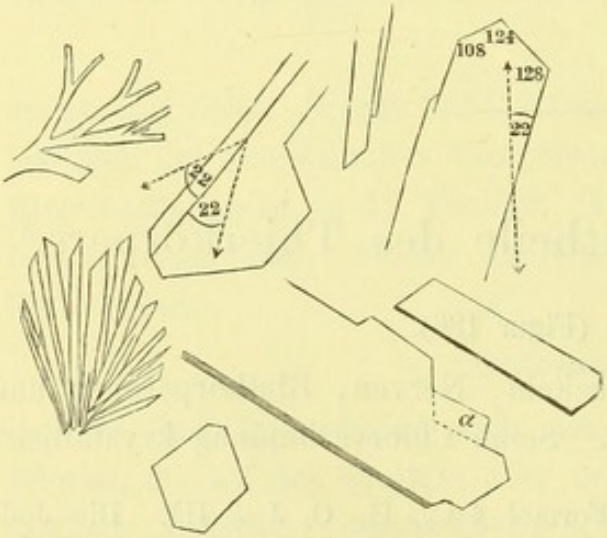
186.

Natrium (Figur 187, 188).

Natrium ist in allen thierischen Flüssigkeiten vorhanden, besonders reichlich im Harn als Chlornatrium. Dieses Salz krystallisirt in Würfeln (Figur 187), aus thierischen harnstoffhaltigen Flüssigkeiten auch in Oktaëdern und Tetraëdern des regulären Systems. Fügt man zu einer Kochsalzlösung Platinchlorid hinzu und lässt die Flüssigkeit auf dem Objectträger langsam verdunsten, so scheiden sich die leicht löslichen charakteristischen triklinen, prismatischen oder tafelförmigen Krystalle (Figur 188) des Natriumplatinchlorids aus. Dieselben lassen Winkel von 128°, 124° und 108° erkennen, eine der Kanten, in der Regel die längste Kante der Krystalle, bildet mit der Auslöschungsrichtung einen Winkel von 22° (Haushofer [1]). Im polarisirten Licht beobachtet man häufig Zwillingsbildungen, mitunter ist ein kleinerer Krystall von einem grösseren umwachsen (Figur 188 α).



187.

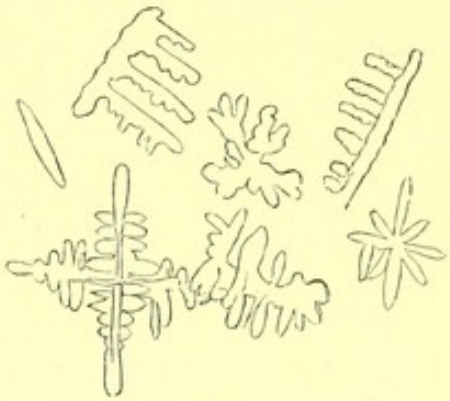


188.

[1]) Haushofer l. c. p. 99.

Ammoniak (Figur 189).

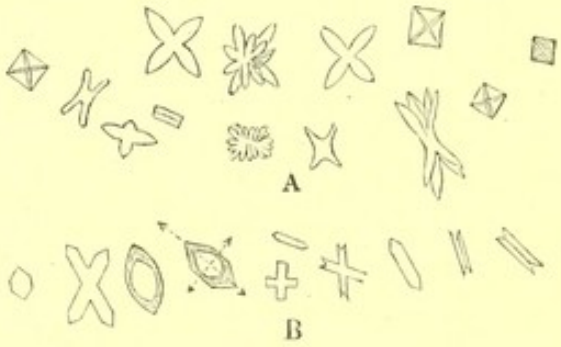
Das Ammoniak, welches als Zersetzungsprodukt stickstoffhaltiger Verbindungen dem Mikroskopiker sehr häufig begegnet, wird unter dem Mikroskop am sichersten durch die Bildung der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia erkannt. Man fügt zu der zu prüfenden Lösung Magnesiumsulfat und Natriumphosphat und macht durch Natronlauge schwach alkalisch. Die Krystalle der entstehenden Verbindung sind Figur 193 (s. p. 299) abgebildet (s. bei Magnesia). Kalium giebt unter diesen Verhältnissen eine Verbindung, die krystallographisch mit der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia übereinstimmt, jedoch leichter löslich ist. Die Chlorverbindung des Ammoniaks (Chlorammonium, Salmiak), welche regulär krystallisirt, tritt in charakteristischen Skeletten auf (Figur 189). Platinchlorid erzeugt einen Niederschlag, welcher morphologisch dem Kaliumplatinchlorid gleich ist.



189.

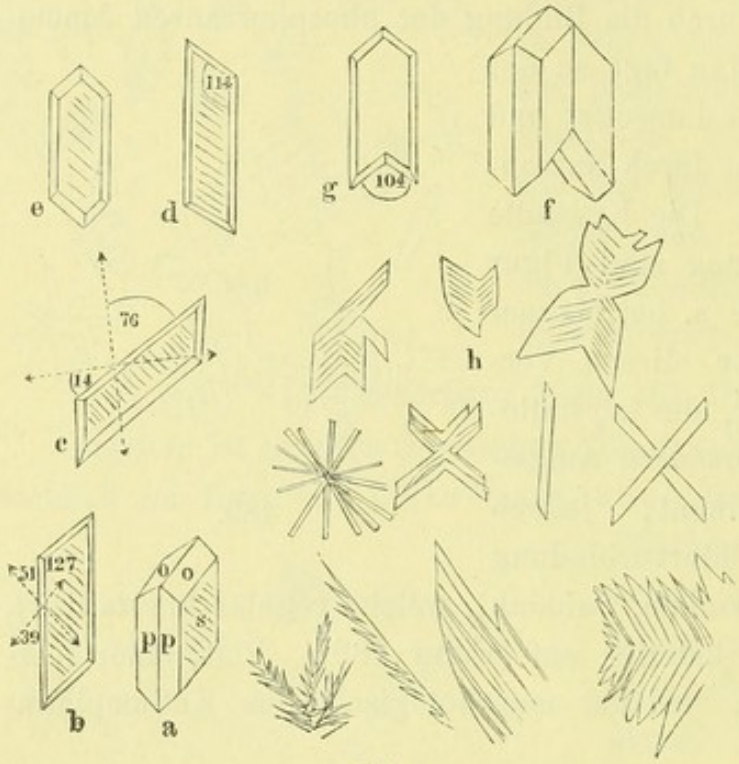
Calcium (Figur 190, 191, 192).

Das Calcium ist in allen Geweben des Thierkörpers in geringen Mengen vorhanden, in den Knochen und Zähnen sowie in pathologischen Producten in Verbindung mit Phosphorsäure und Kohlensäure reichlich angehäuft. Es findet sich als oxalsaures Salz in krystallisirtem Zustande im Harn vor. Diese Krystalle treten hier immer in Form vierseitiger Pyramiden des tetragonalen Systems auf, welche von oben gesehen wie ein Briefcouvert aussehen. Wenn man eine verdünnte Lösung eines Kalksalzes mit oxalsaurem Ammoniak in der Kälte fällt, so enthält man ausser diesen Briefcouverts noch die in Figur 190 A angegebenen Formen. Nimmt man die Fällung in der Hitze vor, so erscheinen die bei B dargestellten Krystalle, die sich übrigens theilweise auch schon in der Kälte bilden können. Für die Erkennung des Kalks eignen sich am besten die Krystalle des schwefel-

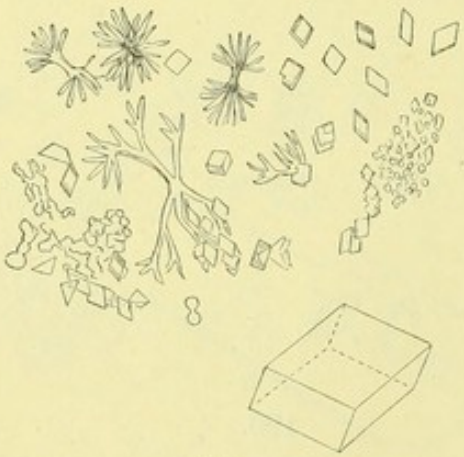


190.

sauren Salzes (Gyps) [1]). Man erhält dieselben beim langsamen Verdunsten der mit Schwefelsäure versetzten Lösungen, sie gehören dem monoklinen System an. Ihre häufigste und einfachste Form ist in Figur 191 a schematisch dargestellt. Legt man einen solchen Krystall auf die Fläche *s*, so erscheint er, von oben gesehen, in der Form *b* mit einem Winkel von 127°. Gewöhnlich sind die Flächen *p*, *p* länger als die Flächen *o*, *o* (wie es in *b* dargestellt ist), in diesem Falle machen die Schwingungsrichtungen mit der längeren Kante Winkel von 39° und 51°. In anderen Fällen sind die Krystalle vorwiegend nach der Richtung der den Flächen *o* und *s* gemeinsamen Kanten ausgebildet, dann sind die Flächen *o*, *o* länger als *p*, *p* und der Krystall erscheint von oben gesehen in der durch Figur 191 c dargestellten Form (wenn er auf der Fläche *s* liegt). In diesem Fall bilden die Schwingungsrichtungen mit der längeren Kante Winkel von 76° und 14°. Zuweilen beobachtet man auch die in *d* und *e* abgebildeten Formen. Charakteristisch ist die Neigung zur Bildung von Zwillingen (Figur 191, *f* und *g*). — Diese schematischen Figuren und die Angaben über die Winkel, welche im Wesentlichen der Darstellung Haushofer's entnommen sind, machen die complicirteren (z. B. die in *h* dargestellten) Formverhältnisse verständlich. Ausser den Winkelmessungen und den Bestimmungen der Schwingungsrichtung kann auch die Streifung zur



191.



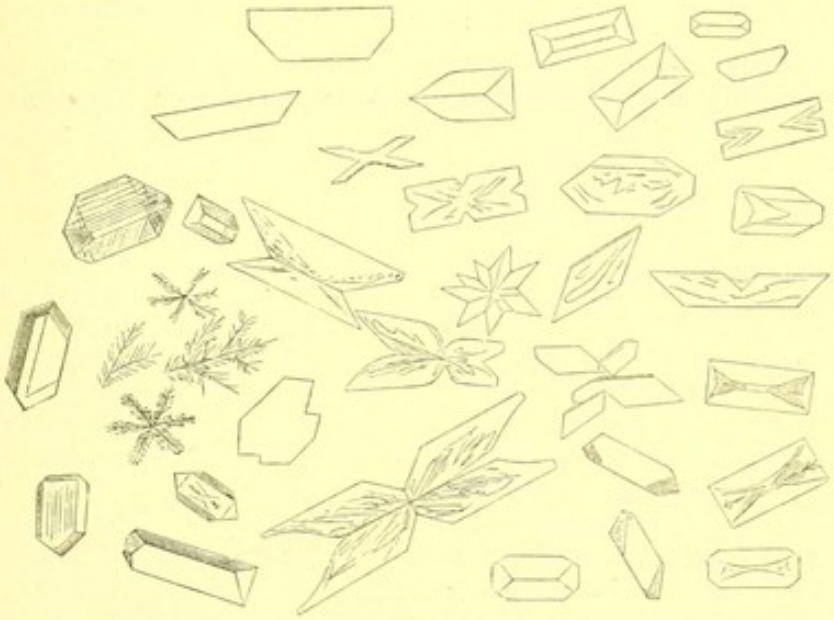
192.

[1]) Dieselben Krystalle dienen zum Nachweis der Schwefelsäure.

Orientirung und Erkennung der Formen benutzt werden. Die Bildung des schwefelsauren Kalks ist eine sehr scharfe Reaction, nach Haushofer kann auf diesem Wege schon der Kalkgehalt in der Asche eines 5 cm langen Menschenhaares nachgewiesen werden. Wird eine Lösung des Kalks mit kohlensaurem Ammoniak gefällt, so erscheinen die Rhomboëder der dem hexagonalen System angehörenden Verbindung (Figur 192). Wird die Fällung in der Hitze vorgenommen, so bilden sich daneben auch zuweilen prismatische, monokline Krystalle (Aragonit). In Form von Rhomboëdern findet sich der kohlensaure Kalk in den Otholithen. Lässt man zu einem Krystall von kohlensaurem Kalk eine Säure hinzufliessen, so löst er sich unter Entwicklung von Kohlensäure.

Magnesium (Figur 193).

Die Magnesia, welche ein regelmässiger Bestandtheil der thierischen Gewebe ist, findet sich zuweilen schon in krystallisirtem Zustand in Form der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia (Tripelphosphat) vor und wird auch zum Zweck des Nachweises in diese Verbindung übergeführt. Die Krystalle dieses Salzes können sich als Concremente ablagern, im zersetzten alkalischen Harn sind sie am häufigsten zu beob-



193.

achten. Zur künstlichen Darstellung versetzt man die auf Magnesia zu prüfende Flüssigkeit mit einer Lösung von Natriumammoniumphosphat (Phosphorsalz) oder mit Chlorammon und phosphorsaurem Natron. Die Fällung muss in verdünnter Lösung vor sich gehen. Enthält die Flüssig-

keit freies Ammoniak, so bilden sich vorwiegend oder ausschliesslich Skelettformen. Die Krystalle gehören dem rhombischen System an und die Auslöschungen liegen parallel den Kanten der dachförmigen Gestalten (Figur 193) [1].

Eisen.

Das Eisen ist in den thierischen Organen hauptsächlich in organischen Verbindungen enthalten und zwar zum Theil im Oxyd-, zum Theil im Oxydulzustande. Durch Schwefelammon färben sich viele dieser Verbindungen schwarz oder grünlich. Bei Gegenwart von Salzsäure werden diejenigen Verbindungen, welche das Eisen in Salzform oder in lockerer organischer Vereinigung enthalten, durch Ferrocyankalium blau gefärbt. Durch Ferricyankalium und Salzsäure werden nur die Oxydulverbindungen (nicht das Eisenoxyd) in eine blaue Verbindung übergeführt. Die beiden letztgenannten Reagentien eignen sich für den mikroskopischen Nachweis am besten. Schwefelcyankalium giebt bei Gegenwart von etwas Salzsäure eine Rothfärbung (unter dem Mikroskop weniger zuverlässig). Die Anwendung reiner eiserner Messer zur Anfertigung von Schnitten ist ohne Einfluss auf die Eisenreactionen und daher nicht zu beanstanden (Zaleski). Die Farben-Reactionen sind so scharf, dass man eines krystallographischen Nachweises des Eisens nicht bedarf.

[1]) Die Bildung derselben Krystalle dient auch zum Nachweis der Phosphorsäure.

Register.