

- Beispielhafter Auszug aus der digitalisierten Fassung im Format PDF -

Die neueren Verbesserungen am Microskope

Ludwig Merz

Die Digitalisierung dieses Werkes erfolgte im Rahmen des Projektes BioLib (www.BioLib.de).

Die Bilddateien wurden im Rahmen des Projektes Virtuelle Fachbibliothek Biologie (ViFaBio) durch die [Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg \(Frankfurt am Main\)](#) in das Format PDF überführt, archiviert und zugänglich gemacht.

Die
neueren Verbesserungen
am
M I C R O S C O P E
nebst den sie begleitenden Aenderungen

in der
D I O P T R I K

von
Dr. Ludwig Merz.

München 1843.

J. Palm's Hofbuchhandlung.

Vorwort.

Als ich vor nicht Langem das Werk von Alexander Fischer „le microscope pancratique, Moscou 1841“ durchlas, befremdete es mich, dass die darin enthaltenen Verbesserungen der dioptrischen Theorie in Deutschland noch nicht, wie sie es verdienen, beachtet worden sind. Daher entschloss ich mich, dieselben mit einigen Zusätzen in deutscher Bearbeitung zu veröffentlichen, und es kann diese Arbeit um ihres Gegenstandes willen wohl als ein Supplement für die bisherigen Lehrbücher der Physik und Optik angesehen werden. Damit wäre der zweite Theil des im Titel begriffenen Versprechens gelöst. Dem ersten Theil gedachte ich am besten zu genügen, wenn ich ein im optischen In-

stute meines Vaters gefertigtes Microscop, das alle wichtigen Verbesserungen an sich trägt, beschrieb. Es verhält sich meine Arbeit freilich nur wie die Nachlese auf einem Felde, auf welchem schon grosse und emsige Geister die Erndte eingebracht haben, doch mag sie Manchem nützen, und ihn zu neuen Forschungen reizen, was ich vom Herzen wünsche.

I. Abschnitt.

Verbesserungen am Microscope.

Die zusammengesetzten Microscope sind am meisten durch Fraunhofer und G. Merz, Amici, Chevalier, Plössl und Schiogg auf ihre jetzige Stufe der Vollkommenheit gekracht worden. Fraunhofer erreichte die stärkern Vergrößerungen mittels schärferer Okulare, welche seine vollkommen achromatischen Objective vertrugen, und er gab den grössern Microscopen einen Apparat zum Messen im absoluten Mass, der aus einer am Objectentisch angebrachten Theilschraube bestand, noch 0,00001 Zoll angab und das Object nach allen Richtungen einzustellen erlaubte; Amici bezweckte die Steigerung der Vergrößerungen durch die Construction der Objective, deren Linsen er von besonders kurzer Brennweite wählte, dann gab er durch rechtwinkliche Zusammensetzung des Rohres mittels eines innen befindlichen Spiegels dem Microscop die bequemere horizontale Stellung und seine Micrometer sind auf Glas radirte Linien, worauf das Object gebracht wird; Chevalier vervielfachte die Bewegungen, und machte durch Umkehrung das Microscop auch für chemische Beobachtungen tauglich, er vermehrte den Hülfapparat und verstärkte durch Zwischenlinsen die Beleuchtung, verfertigte nach Fischers Angabe das pankratische

Microscop, das ein vom ersten **Microscop** entworfenenes **Bild** in verschiedener Entfernung also auch verschiedener Vergrößerung betrachtet, und gebrauchte mehrere achromatische **Objective** aufeinander; **Merz** nahm statt des **Spiegels** im **Amicischen** Rohre ein **Prisma**, und wandte zum **Zeichnen** den **Sömmeringschen** Spiegel an; **Plössl's** und **Schiegg's** **Microscope** nach letzterer **Construction** zeichnen sich durch ihre **Leistungen** ebenfalls sehr aus. Im vorigen Jahre gab nun **Se. Kaiserl. Hoheit der Herr Herzog von Leuchtenberg** dem optischen Institut in München, resp. dessen **Eigenthümern**, **Merz** und **Mahler**, den Auftrag, ein möglichst vollkommenes **Microscop** für ihn zu verfertigen. Wie diesem Auftrag von **Hrn. Georg Merz** und dessem **Sohne Sigmund Merz**, entsprochen wurde, mag folgende **Beschreibung** des vollendeten **Microscops** zeigen, welchem wir einiges über seinen Gebrauch beifügen werden.

Das neue **Microscop** vereinigt in sich die wesentlichsten **Vortheile** aller bisherigen, sowie auch noch nie angewendete **Vorrichtungen**. Es ist nämlich an ein und demselben **Microscop** die durch ein **Prisma** rechtwinklich gebrochene **Röhre** mit mehrfachen achromatischen **Objectiven**, der zum **Messen** mit einer **Schraube** versehene **Objectentisch**, und die **Vorrichtung** zur **Concentration** des **Lichtes** angebracht, und zwar jedes mit von dem andern unabhängiger **Bewegung**, was viel zum **bequemen** Gebrauch beiträgt. An einem stählernen **parallelepipedischen** **Stabe**, welcher in das mittels der in drei **Armen** befindlichen **Schrauben** zum **Horizontalstellen** eingerichtete **Fussgestell** eingelassen ist, befindet sich der **Tubus** des **Microscopes** durch eine **Hülse**, in welche **Mahler's** **Kugelschraube** eingreift, **micro-**

metrisch verstellbar; die feine Micrometerbewegung geschieht also durch diese Schraube, und betrifft lediglich den Tubus mit seinem optischen Apparat. Weiters befindet sich am stählernen Stab parallel damit eine Platte, an welcher der Objectentisch senkrecht darauf, also in horizontaler Stellung, angebracht ist, und sich mit seiner Unterlage längs der Platte hin durch eine grosse Micrometerschraube verschieben lässt. Die Platte selbst aber, sammt dem Objectentisch, lässt sich am stählernen Stab höher oder niedriger stellen durch eine gezähnte Schraube, welche in den Stab, rückwärts wo er gekerbt ist, eingreift. Vor diesem Stab, unmittelbar mit dem Fussgestell durch seine nicht sichtbare Schraube verbunden, steht der Beleuchtungsapparat, aus einem Reflexionsprisma und zwei ineinander verschiebbaren Röhren, welche zu oberst zwei Collectivlinsen tragen, bestehend.

Der Tubus nun trägt an seinem untern Ende die Objective, deren sechs von verschiedener Brennweite vorhanden sind, um alle Combinationen bis zu 5 Elementen gebrauchen zu können, denn zu sechs combinirt erhält man eine zu kurze Brennweite. Je kleiner die Oeffnung ist, desto schärfer ist das Objectiv, und das schärfste soll immer zu unterst angeschraubt werden. Welche Vortheile für Vergrößerung, Schärfe und Deutlichkeit des Bildes aus der Combination mehrerer achromatischer Linsen hervorgehen, ist ohnehin klar und bekannt, denn bei einem einzigen Objectiv von kurzer Brennweite müssen die Krümmungshalbmesser immer so kurz genommen werden, dass viele Kugelabweichung entsteht, während mit combinirten Linsen von geringerer Krümmung, die zusammen die-

selbe Brennweite geben, das ganze Gesichtsfeld sehr deutlich erscheint. Dass aber auch die Construction der fraglichen Objective eine höchst vollendete genannt zu werden verdiene, beweist die bedeutende Lichtstärke und Schärfe der Bilder, die sich bei Betrachtung der Prüfungsobjecte ergibt, so dass z. B. die Querstreifen an den Stäubchen mancher Schmetterlinge bei mittlerer und scharfer Vergrößerung sehr bestimmt gesehen werden. Das deutliche Sehen hängt ausser von den Objectiven auch von der vortheilhaften Anordnung der Oculare ab, deren 5 von verschiedener Schärfe, und zwar eines mit Kreuzfaden, das andere mit radirtem Kreuz zum Einstellen beim Messen, zwei zu starken Vergrößerungen, und ein fünftes mit dem Zeichnungsprisma beigegeben sind. Man erhält durch selbe, je nach der geringern Vergrößerung ein möglichst grosses Gesichtsfeld, und die von ihnen verursachte Abweichung ist gleich Null zu schätzen. Die Vergrößerungen können übrigens nicht nur durch schärfere Oculare gesteigert werden, sondern auch sogar, wie Hr. G. Merz fand, durch ein vor denselben angebrachtes achromatisches Hohlglas, welches die Vereinigungsweite der Strahlen weiter hinausschiebt, daher die Divergenz der Strahlen nach dem vom Collectiv entworfenen Bilde, und also auch die Vergrößerung des Gesichtswinkels befördert. Dieses leistet somit ähnlichen Dienst, wie die Verlängerung des Rohres, und lässt dabei den Gegenstand weiter vom Objectiv entfernen. Auf der Verlängerung aber, insofern sie durch Verschiebung des Ocularrohrs im Tubus des Microscops in verschiedenen Graden erreicht wird, fusst das sogenannte pankratische Microscop, und das Kitschiner-

sche pankratische Ocular ist eben auch nur ein solches. Fischer jedoch hat demselben grössere Brauchbarkeit verschafft, indem er das durchs Objectiv entworfene Bild durch ein zweites zusammengesetztes Microscop, das im Tubus des ganzen verschiebbar ist, in verschiedenen Entfernungen betrachten lässt. Es ist indess vorvortheilhaft, statt des Objectivs vom inneren Microscop ein achromatisches Hohlglas zu gebrauchen, denn dadurch wird das ganze Microscop kürzer ausfallen. Bei dem pankratischen Microscop mit erhabnem zweiten Objectivsystem tritt nämlich, sobald dieses über den Ort des ersten Bildes hinabrückt, Verkleinerung ein, und es muss also das Microscop, soll es die verlangten Vergrösserungen geben, jedenfalls um ein Gutes länger werden, als die Entfernung des ersten Bildes vom ersten Objectiv beträgt. Mit dem erwähnten Hohlglas erhält man aber gerade dadurch, dass es zwischen Objectiv und Bild zu stehen kömmt, stärkere Vergrösserung, je weiter es innerhalb dieser Gränze vom Objectiv absteht, und für diese stärkeren Vergrösserungen sogar mehr Deutlichkeit als für die geringeren. Innerhalb der besagten Gränze ist ein Collectiv dazu unentbehrlich, darüber hinaus aber niemals zu gebrauchen. Man kann auch das Ocularstück verschiebbar einrichten, und so hat das Hohlglas wesentlichen Vorzug vor dem erhabnen, nur giebt es das Bild in verkehrter, nicht wie dieses in natürlicher Stellung, Zu scharf darf das Hohlglas nicht gewählt seyn, um nicht zu viel Licht zu verlieren. Um den Ort des durchs Ocular zu betrachtenden, vergrösserten Bildes zu finden, wird folgende Andeutung genügen: Man multiplizire die Vergrösserungszahl durch das Produkt der aufeinander

folgenden Verhältnisszahlen der entstehenden Bilder bezüglich der Brennweite des Objectivs, addire noch letztere, sowie die Abstände jener Bilder von ihren entsprechenden Linsen sammt dem treffenden Zeichen, dann hat man das Gesuchte, und kann im Gegentheil, wenn dieses Element bekannt ist, eines der andern ableiten.

Um auch die für den Beobachter beschwerliche, und das Neigen des Kopfes erfordernde, vertikale Stellung des Tubus zu vermeiden, ist etwas über dessen Mitte ein vollkommen rechtwinkliches Glasprisma von der besten Beschaffenheit angebracht, in dessen vordere Kathetenfläche die von den Objectiven kommenden Strahlen eintreten, worauf sie an der Hypothenusfläche die totale Reflexion erleiden, und an der zweiten Kathetenfläche in früherer Neigung austreten. Ein solches Reflexionsprisma ist einem unter 45° geneigten Spiegel vorzuziehen, weil es die vollständige Reflexion hat, während der Spiegel ziemlich viel Licht zerstreut und absorhirt. Man kann aber nach Hinwegnahme des prismatischen Stückes den Tubus auch in vertikaler Richtung bloß mit einem oder mit beiden Stücken, also kürzer oder länger, was eine geringere oder stärkere Vergrößerung mit sich bringt, gebrauchen. Die Lichtstärke mit und ohne Prisma verhält sich dann wie $21 : 22$; durchs Prisma verliert man also nur $\frac{1}{22}$ am Licht. Zum Zeichnen der microscopischen Gegenstände besonders, wenn solche sich in Flüssigkeiten, die man nicht mit dem ganzen Microscop neigen darf, befinden, ist die durchs Reflexionsprisma erzweckte Horizontallage sehr vorthellhaft, man mag nun die Amicische Camera lucida, oder den Sömmeringschen Spiegel oder das neu construirte, an den Kathetenflächen nur $\frac{1}{2}$ □Linien grosse,

Reflexionsprisma am Ocular gebrauchen. Letzteres ist schmaler noch als die Pupille des Auges, auf dass man, wenn die eine Kathetenfläche gegen das Ocular gewendet ist, durch die andere das microscopische Bild unter sich, und überdiess die Hand mit dem Bleistift sieht. Es dient dasselbe auch, die Vergrößerung zu messen mittelst eines in bestimmte gleiche Theile auf Glas radirten Gitters, das man zum deutlichen Sehen vor die Objective setzt. Ist zum Beispiel das Gitter, wie das beigegebene, per Linie in zweihundert Theile getheilt, und man fasst auf dem Zeichnungsbilde zwischen die zwei Spitzen eines feinen Zirkels zwei solcher Theile, und findet dann auf einem Maafsstab, dass ihre Weite 3 Linien beträgt, so ist die Vergrößerung eine 300malige lineare. Nur muss die Messung am Zeichnungsbilde im Abstand der natürlichen Sehweite geschehen. Weiss man die Vergrößerung, so kann die Grösse eines microscopischen Gegenstandes angegeben werden nach der Zahl der Theile, die er auf dem radirten Gitter bedeckt. Doch ist diese Messungsweise vermöge der verschiedenen Sehweiten der Augen, und weil die Begrenzung der Gegenstände meist zwischen die Theilstriche fällt, also ihre Lage nur geschätzt werden kann, noch manchen Fehlern unterworfen. Es ist aber oft sehr nützlich, den Durchmesser eines microscopischen Gegenstandes genau zu wissen, und darum muss eine Vorrichtung, die ihn unabhängig von den Brennweiten der Linsen und den Sehweiten der Augen angiebt, willkommen seyn. Um die Durchmesser der Gegenstände in absolutem Maass zu messen, bedient man sich der Micrometer-Oculare, von denen das mit dem radirten Kreuz für die feineren Gegenstände gehört. Die hintere

... und die nächsten 10 Seiten ...
... and the next 10 pages ...

einem Raum vereinigt werden, der nicht die Grösse jenes Theilchens übertrifft. Darin liegt es auch wohl, dass verschiedene Personen, die ein übrigens gutes Gesicht haben, feinere Gegenstände nicht gleich gut unterscheiden können, und dass ihnen z. B. die Striche einer sehr feinen Theilung, sobald diese eine gewisse Gränze übersteigt, nicht mehr wahrnehmbar sind. Es ist glaublich, dass je kleiner und gedrängter die wahrnehmenden Theilchen der Netzhaut sind, desto feinere und engere Einzelheiten gesehen werden, wenn aber jene Theilchen grösser und weniger nahe beisammen sind, mehre dieser Einzelheiten schon auf ein und dasselbe Theilchen treffen, und nicht mehr getrennt zu unterscheiden sind. Der zweite Grund, dass man auch noch ausser der genauen deutlichen Sehweite ziemlich gut sehen kann, ist, weil das Auge des Menschen (und beinahe aller mit Sehkraft begabten Thiere) das Vermögen hat, die hintere Vereinigungsweite ein wenig zu ändern, und also in verschiedenen Augenblicken die Strahlen von verschieden entfernten Gegenständen auf der Netzhaut zu vereinigen. Dieses Vermögen, das man Accomodationsvermögen des Auges nennt, hängt vorzüglich davon ab,*) dass die Muskeln, welche den Augapfel bewegen, dessen Häute verschiedentlich anspannen können, so dass durch dessen verschiedene Wölbung verschiedene Brennweite entsteht, und dann auch, weil diese Muskeln den Augapfel dem Gegenstand oder auch der Netzhaut um ein kleines ferner oder näher bringen können, wodurch die Nachbrennpunktweite ein wenig

schenauge aber hat Treviranus die Zäpfchen der Netzhaut zu 0,0001—0,00015" gefunden.

*) Ich muss hier abermals von Fischer abweichen.

geändert wird. Vielleicht ändert sich auch die Brechkraft der Augentheile je nach der grössern oder geringern Anstrengung und Ausdehnung. Indess bleibt es ein für allemal richtig, dass, obwohl das Auge mit Anstrengung verschiedentlich entfernte Gegenstände hinlänglich unterscheiden kann, es doch nur in der Weite des deutlichen Sehens ganz rein und ohne Beschwerden sieht.

Es ist nun andererseits auch einleuchtend, dass Gegenstände, welche weiter als um die Weite des deutlichen Sehens entfernt sind, verhältnissmässig noch immer vollkommener gesehen werden, als solche, welche in demselben Grade näher beim Auge sind, denn die Vor- und Nachbrennpunktweite stehen unter sich in Bezug auf die Brennweite in verkehrtem Verhältniss. Setzen wir nämlich, dass die Brennweite eines gewissen Auges z. B. ein Zoll sey, dessen Weite des deutlichen Sehens 11 Zoll, so ist klar, dass, weil hier die Vorbrennpunktweite 10 Zoll beträgt, die Nachbrennpunktweite = $\frac{1}{10}$ Zoll seyn wird, und die Entfernung der Netzhaut von der Hornhaut oder Vorderfläche des Auges = $1\frac{1}{10}$ Zoll. *) Entfernt man den Gegenstand auf 12, 15, 19, 20, 21 Zoll vom Auge, so bildet sich das Bild in der Vereinigungsweite $1\frac{1}{11}$, $1\frac{1}{14}$, $1\frac{1}{18}$, $1\frac{1}{19}$, $1\frac{1}{20}$ Zoll hinter der Linse ohne Rücksicht auf deren Dicke; aber wenn man ihn um eben so viel nähert, also auf 10, 7, 3, 2, 1 Zoll, so wird die Vereinigungsweite = $1\frac{1}{9}$, $1\frac{1}{8}$, $1\frac{1}{2}$, 2 und ∞ . Für den ersten Fall

*) Der Durchschnittspunkt der Hauptstrahlen ist hier der Bequemlichkeit wegen auf der Hornhaut selbst angenommen; in Wahrheit ist er jedoch ungefähr in der Mitte des Auges oder im Centrum der Hornhautkrümmung.

ändert sich also die hintere Vereinigungsweite nur bis auf $\frac{1}{20}$ Zoll, ein Werth, der immer noch von dem Accomodationsvermögen des Auges aufgewogen werden kann, während sie im zweiten Fall, zwischen $\frac{1}{10}$, 2, ja unendlich schwebt, was für jenes Vermögen gewiss zu gross ist, denn das Auge kann durch die Muskelspannung in seiner Axe von $1\frac{1}{15}$ '' bis auf $1\frac{1}{20}$ '', also nicht ganz um den 220sten Theil seines Durchmessers, *) aber nicht um sein doppeltes oder gar darüber verkürzt werden. Der wirkliche Werth der bestimmten Sehweite eines mittelmässigen Gesichtes, d. h. die Weite des deutlichen Sehens bei den meisten Augen, von welchen man gewöhnlich sagt, sie seyen gute, beträgt zwischen 8 und 10 Zoll. Die Augen, wo sie beträchtlich grösser ist, heissen weitsichtige, presbyte, und jene, wo sie, wenn auch nur wenig, kürzer ist, kurzsichtige, myope. Man findet welche, die auf 6, 4, 3, ja, was aber äusserst selten ist, auf 2 Zoll deutlich sehen, und beiden Presbyten solche, die auf 11, 15, 20 Zoll ja weiter als der ausgespannte Arm reicht, Ehrenberg meint sogar auf 5 Fuss, ohne grosse Anstrengung gewöhnliche Schrift lesen können, Man verwechselt bisweilen gute Augen mit Weitsichtigkeit, indess kann, wie schon gesagt, ein gutes Auge sich auch auf einige Ferne anpassen, was beim kurzsichtigen nicht der Fall ist. Letzteres ist aber weniger den Veränderungen durchs Alter und andere Ursachen unterworfen.

8. Indem wir jetzt zur Betrachtung des Sehens durch sphärische Linsen gelangen, bemerken wir sogleich, dass man bisher auf dreifache Weise irre ge-

*) Die genaue Messung desselben von Prof. Krause siehe Pogg. Ann. XXXIX, 530. oder Radike Handbuch d. Optik II, 215.

gangen ist. — Man hat erstens durchweg angenommen, dass die Strahlen von irgend einem Punkt des Gegenstandes durch das Ocular des optischen Instrumentes parallel gemacht werden müssten, um deutliches Sehen hervorzubringen. Aber dann würde man gerade den Gegenstand nicht nur nicht vollkommen, sondern im Gegentheil gar nicht sehen, denn die Strahlen, die ins Auge gelangen, schienen dann aus unendlicher Ferne zu kommen.

Zweitens glaubte man, dass der Gegenstand, um durch eine Linse deutlich vergrößert zu werden, in deren Brennweite gehalten werden müsse. Steht dagegen schon die vorige Bemerkung, so noch mehr die einfache Wahrnehmung, dass verschiedene Personen je nach ihrer Sehweite, den Gegenstand der Linse näher oder ferner bringen müssen, um deutlich zu sehen, ja bei einer einfachen Linse, wie ich noch weiter bemerken will, wird der Kurzsichtige und Mittelsichtige den Gegenstand stets innerhalb die Brennweite bringen, und nur Personen von hinreichender Weitsichtigkeit dürfen ihn vor derselben halten.

Drittens hat man die Ursache und den Grad der Herbeziehung eines Gegenstandes durch eine Linse in dem Verhältniss ihrer Entfernung vom Auge zur Weite des deutlichen Sehens gesucht, und behauptet, die Stärke der Vergrößerung sey durch das Verhältniss der Brennweite zur mittleren Sehweite gegeben. Diese Annahme jedoch entbehrt der nähern Begründung und zieht die widersinnige Folgerung nach sich, dass eine erhabene Linse aufhöre zu vergrößern, ja verkleinere, sobald ihre Brennweite die Weite des deutlichen Sehens übersteigt.

Fischer vergisst indess zu bemerken, dass letztere Annahme nur der Bequemlichkeit wegen gemacht wurde, und eben auch nur für den Fall, wo der Gegenstand um die Brennweite entfernt ist, sowie dass bei einer gewissen Entfernung des Gegenstandes Verkleinerung stattfindet.

In Wahrheit ist es viel angemessener, zu sagen: Um einen Gegenstand durch eine erhabene oder Hohl linse deutlich zu sehen, muss er sich in einer solchen Entfernung befinden, dass die von einem jeden Punkt desselben ausgehenden Strahlen, nachdem sie auf ihrem Weg eine doppelte Brechung erfahren haben, so von einem Punkte zu divergiren scheinen, als wenn sie ohne Zwischensetzung der Linse von einem in der Weite des deutlichen Sehens befindlichen Punkt herkämen. In diesem Fall wird der Gegenstand natürlich ganz rein in all seinen Theilen gesehen, weil sich davon auf der Netzhautfläche im Hintergrund des Auges ein klares Bild entwirft. Damit aber der zum deutlichen Sehen nöthige Grad der Divergenz der Strahlen entstehe, muss, wenn das Auge sich ganz an der Linse befindet, der hintere Vereinigungspunkt von dieser sich in der Weite des deutlichen Sehens vor demselben befinden, und seine Entfernung negativ und gleich der Summe aus Brennweite und Nachbrennpunktweite seyn. — Man findet weiters, dass die der besagten Nachbrennpunktweite entsprechende Vorbrennpunktweite negativ, und sich im verkehrten Verhältniss der Nachbrennpunktweite bezüglich der Brennweite von dem vordern Brennpunkt entfernt befindet, also in einer Entfernung von der Linse, die gleich der Brennweite ist, weniger dem Verhältniss der Brennweite zur Nachbrennpunktweite. Oder

um es noch klarer zu geben, sey V die Weite des deutlichen Sehens, p die Brennweite der Linse, so wird die Nachbrennpunktweite seyn müssen $= -(V + p)$, also die Entfernung des hintern Vereinigungspunktes von der Linse $= p - (V + p) = -V$, was auch so ausgedrückt werden kann $= p - \frac{V + p}{p} p$, woraus folgt

die Vorbrennpunktweite $= -\frac{p^2}{V + p}$ und

$$a = p - \frac{p^2}{V + p} = \frac{Vp}{V + p},$$

d. h. man muss zum deutlichen Sehen, wenn das Auge ganz an der Linse ist, den Gegenstand auf eine Entfernung von der Linse halten, welche gleich ist der Brennweite, weniger das Quadrat der Brennweite getheilt durch die Summe der deutlichen Sehweite und der Brennweite; nicht wie sonst einfach in der Entfernung der Brennweite. — Endlich wird der Grad der Vergrößerung durch eine erhabene Linse gleich seyn dem Verhältniss der also gefundenen Vor- und Nachbrennpunktweiten, oder noch einfacher ausgedrückt, hat man aus 6. gesucht, wenn man die eben gebrauchten Buchstaben beibehält, die Vergrößerung $M = \frac{V + p}{p}$

$= \frac{V}{p} + 1$, wofür man gewöhnlich viel zu wenig genau

$\frac{V}{p}$ nimmt. Man sieht nun leicht, dass man mittels ei-

ner erhabenen Linse, welches auch ihre Brennweite sey, selbst wenn sie die Deutlichkeitsweite um vieles übertrifft, doch immer die Gegenstände vergrößert sieht,

denn man sieht sie so gross, wie sie in ihrer natürlichen Grösse = 1 sind, und noch dazu so viel, als das Verhältniss der Deutlichkeitsweite zur Brennweite beträgt; so klein also auch der Bruch für dieses Verhältniss seyn mag, so werden sie doch um seinen Werth noch grösser seyn, als wie ohne Glas gesehen. Man muss also sagen: eine erhabene Linse vergrössert die gehörig gestellten Gegenstände über ihre natürliche Grösse noch um das Verhältniss der Deutlichkeitsweite zur Brennweite. —

Um Irrthümern, die man leicht begeht, vorzubauen, dürfte es nützlich seyn, Folgendes zu bemerken: Erstens: die oben erlangte Einheit 1 drückt weder die Brennweite, noch die Deutlichkeitsweite, noch die Maaseinheit für beide aus, sondern bezeichnet im Gegentheile die Entfernung des Gegenstandes oder die vordere Vereinigungsweite, und muss deshalb in verschiedenen Fällen durch verschiedene Zahlen oder Brüche ausgedrückt werden. In der That, da sie die Entfernung des Gegenstandes bedeutet, von welchem durch eine Linse mit der Brennweite p in der Entfernung — V vor der Linse ein imaginäres Bild entsteht, so ist klar, dass sie in V ausgedrückt, der $\frac{V+p}{p}$ te Theil

davon ist, oder $= \frac{V}{\left(\frac{V+p}{p}\right)} = \frac{Vp}{V+p} = \frac{p}{V+p} V$; und

drückt man sie in p aus, so wird sie

$$= p - \frac{p^2}{V+p} = \left(1 - \frac{p}{V+p}\right)p$$

wie bereits vorhin gefunden wurde.

Zweitens darf man nicht denken, dass es gut sey, zur grössern Bequemlichkeit $p = 1$ zu nehmen, wodurch die Formel $a = 1 - \frac{1}{V+1}$ würde, so dass man im Rechnen leicht vergessen könnte, dass das erste $1 = p$, während das zweite im Zähler des Bruches das Quadrat davon, und das dritte im Nenner wiederum $= p$ seyn soll. Würde nun p durch irgend eine andere Zahl als 1 , z. B. durch 5 , 8 oder 10 Linien ausgedrückt, so könnte man beim Rechnen nach der also vereinfachten Formel grosse Fehler begehen. Man könnte höchstens p als die absolute Maaseinheit annehmen, worauf dann V nothwendig in derselben ausgedrückt werden müsste; diess findet aber in der Ausübung nicht leicht statt.

9. Weil die Sache für die Theorie des Sehens durch Linsen sehr wichtig ist, mag noch bemerkt werden, dass, indem das Sehen die Wahrnehmung der die Netzhaut sondirenden Strahlen oder des daselbst gebildeten Bildes ist, die scheinbare Grösse der Gegenstände offenbar von der Grösse des im Hintergrund des Auges entworfenen Bildes abhängt. Diese Grösse selbst richtet sich nach dem Werthe der Winkel, welche die von den Endpunkten des Gegenstandes kommenden Strahlen im Centrum der Krystalllinse bilden. Der Winkel der Hauptstrahlen von den äussersten Punkten des Gegenstandes ist es demnach, welcher die scheinbare Grösse der gesehenen Gegenstände bestimmt, und man nennt ihn Gesichtswinkel. Es leuchtet also ein, dass eine erhabene Linse ein vergrössertes Bild des Gegenstandes unter einem Winkel sehen lässt, der so gross ist, wie jener, welchen der Gegenstand geben würde, wenn er

dem Auge auf eine viel kürzere Entfernung nahe gebracht würde, denn jene der Weite des deutlichen Sehens, nämlich auf nicht mehr als den $\frac{V+p}{p}$ ten Theil von dieser. Wenn man sich also den Gegenstand ganz nahe an sein Bild gebracht denkt, so wird er davon nicht mehr als den $\frac{V+p}{p}$ ten Theil in linearem Sinn einnehmen, insofern er ja auch noch innerhalb der Brennweite steht. Man kann und muss also nur sagen, dass man durch Hülfe einer Linse nicht eigentlich die Gegenstände unmittelbar, sondern nur ihr Bild sieht, das indess nicht wahrhaft und wirklich erscheint, sondern nur virtuell und in der Theorie, d. h. dass die Strahlen, die ins Aug gelangen, eine Richtung befolgen, als kämen sie nicht vom Gegenstand, sondern von einem Bild, das in der Deutlichkeitsweite sich befindet, und $\frac{V+p}{p}$ mal so gross ist als jener. Man hat nun für die Deutlichkeitsweite von 9 Zoll und für folgende Brennweiten nachstehende Vergrösserungen.

Brennweite :

1'' 0,9 0,8 0,7 0,6 0,5 0,4 0,3 0,2 0,1 0,075 0,05 0,02 0,01

Vergrösserung :

10 11 12 $\frac{1}{4}$ 13 $\frac{6}{7}$ 16 19 23 $\frac{1}{2}$ 31 46 91 121 181 451 901

Für die Deutlichkeitweite von 10 Zoll hätte man bei

Brennw. 1'' 10,1 0,01

Vergr. 11 101 1001 mal

Die Brennweite $\frac{1}{100}$ Zoll kommt höchstens bei den Pritchardschen Demantlinsen vor, die in einzelnen Fällen sehr trefflich, aber anstrengend sind. —

Aus der Formel $\frac{V + p}{p}$ folgt nun auch, dass die

Gegenstände einem normalen und presbyten Auge grösser erscheinen, als einem myopen, d. h. dass ein kurzsichtiges Auge im Verhältniss zu einem weitsichtigen mehr oder minder an Vergrösserung verliert. Wenn indess gefragt wird, ob es auch die kleinsten Theile weniger gut sieht, so kann man wohl mit Nein antworten, denn eben weil der Kurzsichtige die Gegenstände näher halten muss, wird der Gesichtswinkel, der die scheinbare Grösse bestimmt, grösser und es tritt darum von jedem Punkt mehr Licht in die Augenlinse. So muss man also im Allgemeinen sagen, dass das kurzsichtige Auge, wenn es nur sonst gesund ist, an und für sich die Einzeltheile besser unterscheidet, als das weitsichtige, und dass es, obwohl ihm die Microscope geringere Vergrösserung liefern, als diesem, doch bei dieser geringern Vergrösserung eben so gut und bestimmt die kleinsten Theile erkennt, als das Weitsichtige bei einer verhältnissmässig stärkeren Vergrösserung.

Ein anderes ist es übrigens bei Fernröhren, um es hier nebenbei zu bemerken; denn bei diesem gewinnt der Kurzsichtige an Annäherung der Gegenstände, was der Weitsichtige verhältnissmässig nun verliert. Denn das durchs Objectiv gewonnene Bild ist ausserordentlich klein, aber da es in dessen Brennweite entsteht und die Hauptstrahlen fast dieselben Winkel, wie mit dem blossen Aug bilden, so steht die Grösse des Bildes zur scheinbaren Grösse des Gegenstandes in demselben Verhältniss, wie seine Entfernung vom Objectiv (oder die Brennweite des letztern) zur Tragweite des Auges. Ist nun P die Brennweite des Objectivs und weiss man,