

Über eine
wesentliche Verbesserung
der
katoptrischen Mikroskope

von

Christian Doppler,

o. ö. Professor der Mathematik und praktischen Geometrie und ordentlichem Mitglied der königlich böhmischen
Gesellschaft der Wissenschaften.

1877

Journal of the

Entomological Society of America

Volume 1

Published by the Entomological Society of America, Washington, D.C.

§. 1.

Man hat den dioptrischen Mikroskopen und Fernröhren in neuerer Zeit vor den katoptrischen Instrumenten gleichen Namens ziemlich allgemein, und wie mich dünkt, nicht mit Unrecht einen entschiedenen Vorzug, einen höhern wissenschaftlichen Werth zugesprochen. Es ist kaum daran zu zweifeln, dass hierbei insbesondere nachfolgende Umstände sich geltend gemacht haben. Vorerst ist zu bemerken, dass die katoptrischen Instrumente durch die fast durchwegs nothwendig erachtete doppelte Reflexion sehr viel an Lichtstärke einbüßen, und es demnach unerlässlich erscheint, zur Erzielung einer mit der dioptrischen gleichen Wirkung dieselben sehr bedeutend zu vergrössern, was natürlich ihre Handhabung erschwert, und sie, ohne einen anderwärtigen Nutzen dafür einzubringen, über die Gebühr vertheuert. Diess gilt selbst zum Theile noch von dem einzigen katoptrischen Instrumente mit nur einer Zurückwerfung, nämlich von dem sogenannten Herschel'schen Teleskope. Bezüglich der Teleskope und Mikroskope mit doppelter Reflexion ist noch überdiess zu berücksichtigen, dass die Mitte des Gesichtsfeldes aller Dimensions-Vergrösserung der angewandten Spiegel ungeachtet an einer sehr merklichen, für genauere Beobachtung höchst störenden Dürstert und relativen Lichtschwäche leidet, — veranlasst durch die Abhaltung der centralen Strahlenbündel. Dort, wo man, wie bei Herschel's Teleskop, der doppelten Reflexion durch eine Schiefstellung des Objectiv-Spiegels zum grössern Theile nämlich zu entgehen hoffte, stellte sich dafür unabweislich eine grosse Unbequemlichkeit im Gebrauche desselben ein, und da die Schiefstellung des Spiegels ohne alle Rücksicht auf die Form desselben geschah, so musste auch die Schärfe der Bilder darunter nicht unbeträchtlich leiden. Überdiess ist diese Constructionweise der Teleskope bekanntlich nur bei ungemein grossen oder den sogenannten Riesenteleskopen anwendbar, da man sonst durch die Abhaltung der Randstrahlen jenen Vortheil reichlich wieder einzubüssen Gefahr läuft, den man eben dadurch gewonnen zu haben hoffte, und man noch nebenher den erwähnten Nachtheil einer geringern Präcision der Bilder mit in den Kauf nehmen muss. Von viel geringerer Erheblichkeit scheint dagegen die Erwägung zu sein, dass katoptrische Instrumente den dioptrischen an Dauerhaftigkeit höchst wahrscheinlich nachstehen dürften. Der gewöhnlichen Erfahrung gegenüber, zufolge der man nicht selten hundert Jahre lang vollkommen gut erhaltene katoptrische Instrumente neben viel jüngeren bereits schon erblindeten dioptrischen zu beobachten Gelegenheit hat

(S. Prechtl, in Jahrbücher den k. k. polytechn. Instituts B. 18 pag. 6.) könnte man sich leicht versucht fühlen, die Wahrheit obiger Behauptung einigermassen zu bezweifeln. Doch gesetzt auch, es habe damit seine volle Richtigkeit: so ist doch dabei weit mehr noch in Betracht zu ziehen, dass Instrumente, deren Bestimmung es nicht ist, in schmucken Schränken dem Laien zur ergötzlichen Schau zu dienen, sondern die der Wissenschaft durch eine lange Reihe von Jahren die wichtigsten und erhabensten Dienste zu leisten haben, dass sage ich, solche Instrumente schon in viel kürzerer Zeit, werden sie nur sonstwegs ihrer Bestimmung gemäss gebraucht, ihren wenn auch noch so hohen Ankaufspreis mit reichem Wucher wieder zurückbezahlen, — eine Heimzahlung, die während sie die Wissenschaft fördert, und den Erfindungsgeist mächtig anregt, zugleich hohe Ehre dem Volke bringt, das weit genug geistig fortgeschritten ist, um hierin keine gebrachten Opfer zu erblicken! — Dazu kömmt noch, dass Instrumente dieser Art ohnediess nach wenig Jahren schon von anderen vollkommeneren derselben Art verdrängt zu werden pflegen. Ergeht es doch auch ihnen wie allen übrigen physicalischen Apparaten, von denen sich mit Wahrheit sagen lässt, dass die Dauerhaftigkeit ihrer materiellen Zurüstung das Ansehen und die Anerkennung der ihnen zum Grunde liegenden, oft höchst scharfsinnigen Ideen weit und auf viele Jahre hinaus überdauere.—

§. 2.

Indem man aber den dioptrischen Instrumenten einen so entschiedenen Vorzug vor den katoptrischen zuerkennt, ist man keineswegs so unbillig, die anderwärtigen Vorzüge der letzteren in Abrede zu stellen, oder auch nur zu ignoriren. Man erkennt allgemein an, dass sich der ungemein grosse und wichtige Vortheil der gänzlichen Achromatisirung der Objectivbilder nur bei den Spiegel-Instrumenten vollkommen erreichen lasse, und dass bezüglich der Mikroskope die so höchst wünschenswerthe grössere Entfernung des Objectiv-Tisches vom Tubus und eine dem Beobachter bequemere Lage des letztern für jetzt wenigstens nur bei katoptrischen Instrumenten möglich erscheint. Beabsichtigt man die Anfertigung sehr grosser Refractoren, so ist überdiess der ausübenden Dioptrik eine fast unübersteigliche Grenze gesetzt, theils durch die bei zunehmender Dicke der Linse gleichmässig damit wachsende Lichtabsorption, theils durch die Schwierigkeit, brauchbare Flintglasstücke von erforderlicher Grösse und Dicke sich zu verschaffen, — theils endlich durch die Schwierigkeit der künstlerischen Bearbeitung selber, die bei zunehmender Grösse unverhältnissmässig wächst, und bekanntlich bei dioptrischen Instrumenten mehr und höheren Bedingungen zu entsprechen hat, wie diess bei katoptrischen Leistungen der Fall ist. Haben doch eben diese letzteren Schwierigkeiten Dr. Blair und Barlow veranlasst, Fernröhre mit aptanatischen, nämlich dem Wesen nach aus einer Flüssigkeit bestehenden Objectivlinsen anzuempfehlen — ein Vorschlag, der sich leider für die meisten Fälle als praktisch unzureichend erwiesen hat. Eben diese Umstände tragen auch die Schuld, dass man in neuester Zeit dort, wo es sich um die Anfertigung sehr grosser Fernröhre handelt, wieder zu den Reflectoren zurückzukehren scheint, wie diess namentlich das in gegenwärtiger Zeit in England unternommene

Riesenteleskop beweisen dürfte. Die Hoffnung aber, auf diesem Wege Ausserordentliches zu erzielen, ist eine um so gegründeter, als die Galvanoplastik es nunmehr möglich machen wird, einen auch nur vereinzelt gelungenen Spiegel ins Unendliche zu vervielfältigen, oder einen aus füsameren Stoffe als Matrize angefertigten auf erwähnte Weise zu metallisiren, und so die darauf verwendete Mühe, Arbeit Geduld und Auslage tausendfach zu vergüten. Was die Metallgemische selbst anbelangt, so dürfte die Chemie, die sich nunmehr wohl bald der Metallurgie mit denselben glänzenden Erfolgen zuwenden wird, die sie bis jetzt auf dem Felde der organischen Untersuchungen sich zu erringen gewusst, noch sehr bedeutende Verbesserungen und Erfindungen in Aussicht stellen. Der Verfasser gegenwärtigen Aufsatzes selbst glaubt hiezu einen kleinen, vielleicht nicht ganz unwichtigen Beitrag geliefert zu haben (S. Hesslers encyclopädische Zeitschrift Jahrgang 1844 pag. 385). -- Durch passende Legirungen aber lässt sich nicht nur das Reflexionsvermögen der Spiegel noch ungemein erhöhen, sondern auch die Neigung derselben zur Oxydation beträchtlich vermindern. Letzteres könnte vielleicht auch erzielt werden durch eine geeignete Armirung, wodurch der Spiegel in eine negativ elektrische Spannung versetzt und auf gleiche Weise wie der Kupferbeschlag der Seeschiffe vor der zerstörenden Wirkung des umgebenden Mediums geschützt würde. Diese Vermuthung gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch den weitem Umstand, dass laut Erfahrung Spiegel wohl zwar in dunsterfüllter, niemals aber in vollkommen trockener atmosphärischer Luft anlaufen, und dass die bei der Condensation des Wasserdampfes freiwerdende Elektrizität hiebei eine Hauptrolle zu spielen scheint. Nach *Bonsdorfs* Versuchen *) soll sich nämlich der Thau auf negativ elektrische Körper vorzugsweise und zumeist niederschlagen. Eine andere ganz nahe liegende Abhilfe dürfte sich aus nachfolgenden Thatsachen ergeben. Bekanntlich überzieht man feinpolarnte Metallflächen mit einer höchst dünnen Harzschichte, theils um sie vor der Oxydation zu schützen, theils selbst um noch ihren Glanz zu erhöhen. Bekannt ist es auch, dass man optische Gläser mittels kanadischen Balsams oder feinen Terpentins ohne den mindesten Nachtheil für den optischen Vorgang zusammenkittet, ein Verfahren, welches wir meines Wissens *Charles Chevalier* in Paris verdanken. Ich selbst habe nun schon mehrmals durch dasselbe Mittel kleine Metallspiegel auf planconvexe Linsen gekittet ohne merklichen Verlust an der spiegelnden Wirkung. Und doch reicht schon ein derartiger Überzug von ganz unermessbarer Dünne vollkommen hin, jeden nachtheiligen Einfluss auf die polirte Spiegelfläche fern zu halten! Den Spiegelinstrumenten aber bloss deshalb eine bedeutende Zukunft absprechen zu wollen, weil sie der Deteriorirung dermalen noch mehr wie vielleicht die Gläser ausgesetzt sein mögen, dürfte sich demnach in keiner Weise rechtfertigen lassen. Ein weiterer Vorzug der Spiegel, selbst der sphärisch gekrümmten, vor den Gläsern besteht in der nahe $7\frac{1}{2}$ mal geringern Kugelabweichung, in Folge welcher sie bei gleicher Brennweite eine viel grössere Öffnung, oder bei derselben

* (S. Bericht der Naturforscher-Versammlung zu Prag 1837, pag. 107.) — Die Beobachtung übrigens, dass das Bethauen der Körper mit ihrem elektrischen Zustande zusammenhängt, ist schon eine alte, und es geschieht unter andern auch davon Erwähnung in »*Hube's Naturlehre in Briefen.*«

Öffnung eine bedeutend weiter getriebene nachherige Vergrößerung ihrer physischen Bilder vertragen. (S. Littrow's Dioptrik pag. 404.) Endlich aber sind die katoptrischen Instrumente, zumal die von bedeutenderen Dimensionen, ausser allem Verhältniss zu ihren Leistungen wohlfeiler wie die dioptrischen, — eine Eigenschaft, die beiläufig gesagt, eben nicht zu verachten ist, und ihnen eine allgemeinere Verbreitung sichern dürfte. — Überblickt man nun das, was hier in Kürze über den Zustand der praktischen Optik und über die gangbare Werthschätzung katoptrischer und dioptrischer Instrumente im Allgemeinen gesagt wurde: so findet man hierin eine sehr vielfache Anregung zu sehr wichtigen und interessanten Betrachtungen. Insbesondere muss sich jeder Freund der Wissenschaft aufgefordert fühlen, darüber ernstlich nachzusinnen, ob sich nicht vielleicht durch eine glückliche Abänderung des Constructionsprincips selbst alle oben den katoptrischen Instrumenten mit Recht zur Last gelegten Übelstände mit einemmal beheben und die katoptrischen Instrumente, zumal die Mikroskope, dem Zustande einer viel grössern Vollkommenheit entgegenführen liessen? — Wenn ich daher durch gegenwärtige Abhandlung einige mir wichtig scheinende Verbesserungen veröffentliche, so dürfte wohl die dabei zum Grunde liegende gute Absicht auf eine nachsichtige Beurtheilung einigen Anspruch haben. —

§. 3.

Das vollkommenste katoptrische Mikroskop ist bekanntlich jenes von Amici. Dieses so wie alle andern im Äussern noch demselben Principe construirten Mikroskope wirken bekanntlich in der Weise, dass die Strahlen des auf dem Objectiv-Tische befindlichen Gegenstandes von einem kleinen, in der Achse des Tubus senkrecht darüber befindlichen, unter einem Winkel von 45° gegen dieselbe geneigten Planspiegel aufgenommen und dem elliptisch oder sphärisch gekrümmten Objectivspiegel zugeführt werden, wo sie eine zweite Reflexion erleiden, in Folge welcher sie sich an einer entfernten Stelle der Achse zu einem sogenannten physischen, mehr oder weniger vergrösserten Bilde des Gegenstandes vereinigen. Dieses Bild wird nun mittels eines Oculars angesehen, und ist einer um so bedeutendern nochmaligen Vergrößerung fähig, je grösser die Intensität seiner Beleuchtung und je fehlerfreier und präziser es in seinen Umrissen ist. — Ist der Spiegel, wie bei Amici's Mikroskop elliptisch gekrümmt, und haben Objectivtisch und Planspiegel zu einander und gegen den Hauptspiegel eine solche Lage, dass die auf letztern auffallenden Strahlen aus dem nähern Brennpuncte des Rotations-Ellipsoids zu kommen scheinen, so erzeugt er im zweiten Brennpuncte desselben ein bedeutend vergrössertes physisches Bild des Gegenstandes. Das so entstandene Bild eines ausgedehnten Gegenstandes ist bekanntlich, selbst wenn es von einem absolut vollkommen elliptischen Spiegel erzeugt würde, kein fehlerfreies; denn nur die vom eigentlichen Brennpuncte ausfahrenden Strahlen werden wieder genau im zweiten Focus vereinigt. Alle anderen Punkte des Objectes stellen sich in ihrem Bilde als mehr oder weniger ausgedehnte kleine Flächen, oder vielmehr als strahlende Räume dar, und verwischen so die scharfen Contouren

im physischen Bilde des beobachteten Gegenstandes. Diese Unvollkommenheit des physischen Bildes ist aber um so geringer:

- α. je kleiner das beobachtete Object an und für sich ist;
- β. je entfernter es von dem reflectirenden Spiegel ist;
- γ. je geringer überhaupt die Krümmung des Spiegels, und
- δ. je kleiner derselbe seiner absoluten Ausdehnung nach ist.

Die Vergrößerungskraft eines gewöhnlichen elliptischen Spiegels hängt von dem Verhältnisse seiner Achsen zu einander ab. Man kann aber bekanntlich die Vergrößerung bei demselben Spiegel, aber freilich nur auf Kosten der Präcision des physischen Bildes, beliebig weit treiben, wenn man den Gegenstand, indem man ihn aus dem Brennpuncte bringt, dem Spiegel allmählig nähert. Ist der Hauptspiegel eines Mikroskops nur sphärisch gekrümmt, so kann man nur über diese letztere verfügen, und die so erzeugten physischen Bilder sind bedeutend fehlerhaft und stehen den durch elliptische Spiegel zu Stande gekommenen jedenfalls an Präcision weit nach. Diess der entschiedene und unbestreitbare Vorzug der von Amici verfertigten elliptisch-katoptrischen Mikroskope vor allen von andern Künstlern verfertigten im Äussern ihnen ähnlich sehenden blos sphärisch-katoptrischen. Aber nichts destoweniger leiden jene nicht weniger wie diese, wie bereits erwähnt wurde, in Folge der doppelten Reflexion und der Entziehung der centralen Strahlenbündel an Lichtschwäche und Verdüsterung der Mitte des Gesichtsfeldes. Kein Wunder daher, wenn selbst Amici's vorzügliche Leistungen bei einem Vergleiche mit den neueren dioptrischen von Chevalier, Schick und Plössl unterliegen müssen.

§. 4.

Der bei den bisherigen Mikroskopen angewandte elliptische Spiegel ist bekanntlich derjenige Theil eines von Innen spiegelnden Rotationsellipsoids, welcher als Scheitelregion der grossen Achse zugehört. Es drängt sich bei Erwägung dieses Umstandes unwillkürlich die Frage auf, ob denn in der That die erwähnte Spiegelpartie auch für den vorliegenden Fall die geeignetste und brauchbarste sei, da ja begreiflich jeder andere Theil desselben gleichfalls ein Bild des Gegenstandes zu erzeugen vermag? — Die Entscheidung und Beantwortung dieser Frage hängt augenscheinlich von dem Umstande ab, ob für alle zunächst und ausserhalb des Brennpunctes liegenden Punkte des Objectes die Abweichung für alle Partien des Ellipsoids dieselbe, oder wenn nicht, wo sie als die geringste sich erweist. Denn für den Brennpunct selber ist es erwiesen, dass jenes allerwärts wirklich der Fall ist. — Allein die analytische Theorie der Abweichungen in ihrer grössten Allgemeinheit aufgefasst und selbst auch nur auf Spiegel mit Kegelschnittskrümmungen in voller Strenge angewandt, ist bekanntlich mit sehr vielen und grossen Schwierigkeiten umgeben, und führt zu Rechnungen, die für menschliche Geduld und für menschliche Kräfte unausführbar sind. Hat doch selbst Euler durch die Allmacht seines Calcüls nichts weiter ausrichten können, als diese Theorie der Abweichungen für Punkte in der Achse so geschmeidig zu machen, dass

man sie nunmehr auf jede Anzahl von Spiegeln anwenden kann. — Für Punkte ausser der Achse blieb bis jetzt nur der Ausweg einer annäherungsweise Berechnung übrig, und auch diess selbst nur unter sehr beschränkenden Annahmen, — ein Verfahren, welches viel Scharfsinn erheischt und nur allzuleicht zu Irrthümern und Fehlschlüssen verleitet. — Es scheint mir bemerkenswerth, dass man bisher meines Wissens, die Längen- und Breiten-Abweichung bei Spiegeln und Gläsern immer nur in Beziehung auf den Hauptachsenstrahl, d. i. in Beziehung auf die Rotationsachse der spiegelnden Fläche suchte, nicht aber, was ungleich allgemeiner gewesen wäre, in Bezug auf denjenigen Strahl, welcher von irgend einem beliebigen Punkte des spiegelnden Ellipsoids, Paraboloids und Hyperboloids zurückgeworfen wird, den man sich als Mittelpunkt eines begrenzten Spiegelstücks vorstellt. Untersuchungen, auf dieser Grundlage ruhend, würden gewiss zu nicht unwichtigen Resultaten geführt haben. Der Inhalt der nachfolgenden Paragraphe sei hierzu ein kleiner Beitrag. — Unter solchen Umständen nun wird man es gerathen finden, zumal da der Zweck dieser Abhandlung kein den Gegenstand erschöpfender, sondern nur ein anregender sein soll; unter diesen Verhältnissen, sage ich, wird man es für gerathen finden, sich mit einer anschaulichen Betrachtungsweise zu begnügen, selbst auf die Gefahr hin, durch sie nur zu Schlüssen einer hohen Wahrscheinlichkeit zu gelangen. Wäre doch selbst in dem Falle erlangter mathematischer Gewissheit das Gelingen und die praktische Ausführbarkeit eines auf diesen Umstand sich stützenden Vorschlags noch immer von dem weitem Erfolge der versuchten Ausführung selber in letzter Instanz abhängig. Und haben es nicht von jeher und zu allen Zeiten ausgezeichnete Naturforscher in ähnlichen complicirten Fällen vorgezogen, geradezu die Natur selber darüber zur Rede zu stellen? — Bevor ich jedoch zur Darlegung und Ausbreitung meines Vorschlags selber schreiten kann, muss ich jedenfalls die hier angeregte Frage in der ange deuteten Weise zur Erledigung bringen.

§. 5.

Man kann das Problem der Abweichung auf eine mehrfach verschiedene Weise behandeln, und die Abweichungsstrahlen unter diesem oder jenem Gesichtspunkte zusammenfassen. Je nachdem man dieses thut, gelangt man auch zu mehr oder minder deutlichen und überzeugenden Anschauungsweisen. Die nachfolgende scheint mir eine der einfachsten, und ich muss sie vor der Hand wenigstens für eine mir eigenthümliche halten, da ich dieselbe, wie nahe sie auch der Sache liegt, noch nirgends aufgeführt gefunden habe. — Es sei durch Fig. 1. und Fig. 2. die Erzeugungselipse eines ellipsoidischen Spiegels dargestellt, in deren einem Brennpuncte F . sich irgend ein senkrecht auf der grossen Achse stehendes Object $\alpha\beta$ befindet. Das Flächenelement in I . entwirft von ihm im zweiten Brennpuncte F . ein gleichfalls senkrecht stehendes, aber verkehrtes und vergrössertes physisches Bild $(1,1')$. — Um zu ermitteln, ob die benachbarten Elemente des ellipsoidischen Spiegels etwas zur Vollkommenung des so entstandenen Bildes beitragen, oder aber es vielmehr perturbiren, indem sie die Präcision desselben beeinträchtigen, ziehe man vorzugsweise in Betracht, was

denn durch die an den Orten II, III, IV, V, VI, VII und VIII befindlichen Flächenelemente des elliptischen Spiegels bewirkt werde, dass sich daraus nach dem Gesetze der continuirlichen Succession sodann leicht auch die Wirkung sämmtlicher dazwischenliegender Punkte folgern lässt. — Diess kann nun aber ganz einfach durch ein directes Verzeichnen geschehen, und man erfährt hierdurch Nachfolgendes: Die Flächenelemente, welche in ihrer successiven Aufeinanderfolge zwischen I. und II. Fig. 1. liegen, erzeugen Bilder, welche ihrer Grösse und Lage nach in allmäligen Übergängen zwischen (1,1') und (2,2') liegen, wobei das Bild (2,2') dem Flächenelemente in II. selber entspricht, d. h. sie werden zunehmend kleiner. Dieses Kleinerwerden und die Bewegung der physischen Bilder nach derselben Richtung nimmt weiters noch zu, wenn man die zwischen II. und III. liegenden Spiegeltheile in Betracht zieht. Das Spiegelement in III. selber erzeugt ein mit $\alpha\beta$ gleichgrosses und auf ihm senkrecht stehendes Bild (3,3'), jedoch nur in dem Falle, wenn, wie diess bei den folgenden Betrachtungen immer der Fall sein wird, die beiden *radii vectores* in diesem Punkte auf einander senkrecht stehen. Die weiter fortgeführte Betrachtung zeigt, dass die physischen Bilder, welche den zwischen III. und IV. liegenden Spiegelementen entsprechen, eine rückgängige Bewegung machen und sich dabei noch mehr verkleinern, so dass z. B. dem Elemente IV. schon wieder eine Lage und eine so sehr verminderte Grösse des Bildes entspricht, wie sie durch (4,4') Fig. 1. angezeigt wird. Diese Bewegungsrichtung und dieses Kleinerwerden setzt sich fort, bei den Elementen des elliptischen Bogens IV. V. dergestalt, dass V. selber das kleinste aller möglichen Bilder, nämlich (5,5') in derselben Richtung, aber in verkehrter Lage mit dem Objecte $\alpha\beta$ erzeugt. Um den weitem Verlauf dieses Vorgangs in der zweiten untern Hälfte des elliptischen Umfanges darzulegen, wollen wir auf Fig. 2. übergehen, die demnach als die Ergänzungsfigur zu Fig. 1. anzusehen ist. — Es dürfte jedoch nunmehr gestattet sein, diese Betrachtungen Kürze halber auf nachfolgende Andeutungen zu beschränken. Strahlen, die auf Spiegeltheile auffallen, die sich zwischen V. und VI. befinden, veranlassen Bilder, die von (5,5') gegen (6,6') Fig. 2. sich bewegend allmählig wieder wachsen. Dem physischen Punkte VI entspricht das Bild gleicher Bezeichnung (6,6'). — Bei dem Übergange von VI. zu VII. drehen sich die physischen Bilder in derselben Ordnung und werden grösser. Die Stelle VII. gibt das Bild (7,7') senkrecht auf $\alpha\beta$ und mit ihm unter obiger Voraussetzung von gleicher Grösse. Die Spiegelpartien VII., VIII. und VIII., I. erzeugen Bilder, die von (7,7') rückwärts gehend über (8,8') nach (1,1') sich bewegen, dabei immer grösser werden, und in I. mit ihrem anfänglichen physischen Bilde enden. — Da nun die Spiegelemente continuirlich in einander übergehen, so verschmelzen auch in ganz gleicher Weise die durch sie erzeugten physischen Bilder. — Denkt man sich ferner diese Erzeugungselipse um ihre grosse Achse gedreht, wodurch ein innerlich spiegelndes Ellipsoid entsteht: so dehnen sich sämmtliche so eben betrachtete Bogenelemente in eben so viele kreisförmige Ringe oder Flächenzonen aus, deren einzelne Theile gegen das Object $\alpha\beta$ alle nur immer denkbaren seitlichen Stellungen einnehmen. Eine mit obiger ganz gleiche Betrachtungsweise führt zu dem Ergebniss, dass jedes der oben nachgewiesenen physischen Bilder wieder von einer unendlichen Anzahl anderer, es allseitig umgebender Nebenbilder continuirlich um-

geschlossen werde, und demnach in dem zweiten Brennpuncte ein gleichsam verkörpertes Lichtgebilde sich erzeuge, welches für eine Ineinanderschiebung von unendlich vielen an Grösse und Lage höchst verschiedenen physischen Bildern des Objectes $\alpha\beta$ gelten kann. — Diese Bilder scheinen indess keineswegs überall gleich dicht gruppiert zu sein. Es folgt diess hauptsächlich aus dem Umstande, dass z. B. die der Spiegelpartie II. I. VIII. entsprechenden Bilder sich auf einen Raum von ungefähr 90 Graden ausbreiten, nämlich von (2,2') Fig. 1 bis (8,8') Fig. 2, während dagegen die Bilder des ungefähr eben so grossen oder grössern Spiegeltheils II. III. IV. innerhalb (2,2') und (3,3') Fig. 1, als auf kaum den halben Raum sich zusammen drängen. Dieser Umstand nun führt uns mit sehr vieler Überredungskraft zu dem so höchst folgenreichen Schluss, dass Spiegel, die der Region der grössern Achse als Scheitelpartie des Ellipsoids zugehören, mehr diffuse optische Bilder liefern, wie jene, die der kleinern Achse anliegen. Hält man in Wahrheit diese Art zu schliessen für eine stringente, so ist der Zweck der Untersuchung, welcher der gegenwärtige Paragraph gewidmet war, vollkommen erreicht. — Dass diess der Fall sei, gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, wenn man bedenkt, dass unter übrigens gleichen Umständen die von einem Spiegel hervorgebrachten Bilder eine um so grössere Präcision zeigen, je weniger derselbe gekrümmt ist, und dass im Gegentheile die Diffusion der Bilder wächst, wenn jene zunimmt. Bei vollkommenen Planspiegeln ist sie gar nicht vorhanden. — Noch müssen wir, um unsere gegenwärtige Untersuchung nicht unvollendet zu lassen, noch die nachfolgende Schlussbemerkung hinzufügen. — Aus dem Vorhergehenden folgt nämlich zur Genüge, dass es keine Spiegelpartie eines Ellipsoids gibt, welche von störenden Nebenbildern gänzlich frei wäre. Ein Auge von der Grösse eines physischen Punctes würde zwar, an welcher Stelle des Raumes ausserhalb F es sich auch befände, allerdings immer nur eines dieser unzähligen Bilder wahrnehmen, da von jedem Puncte ein, aber auch nur ein einziger Strahl ins Auge gelangte, und nur in diesem nie sich ereignenden Ausnahmefalle fände gar keine Abweichung Statt. Ist dagegen das Auge oder, was hier dasselbe ist, die Apertur des Oculars von einer merklichen Ausdehnung, so erblickt man immer mehr oder weniger von den benachbarten Nebenbildern, und diese in ihrer Confundirung bewirken das, was man die Abweichung nennt. Es erweist sich dieselbe demnach als ein völlig unvermeidliches aber doch unter gewissen Umständen einer graduellen Verminderung zugängliches Übel.

§. 6.

Um unserm Ziele näher zu rücken, denke man sich ein Ellipsoid, dessen Erzeugungsellipse $S.M.S'$. Fig. 3. Das Verhältniss der beiden Halbachsen sei ein solches, dass der Winkel, den die beiden Lichtstrahlen bei M einschliessen, d. h. $\angle FMF' = 90^\circ$ beträgt. Diess wird jedesmal der Fall sein, wenn $a = b\sqrt{2}$ ist. — Befindet sich nun in F ein kleines auf FM senkrecht stehendes Object $\alpha\beta$, so erzeugt der Spiegeltheil PQ ein im andern Brennpuncte auf ersteres senkrecht stehendes Bild $\alpha'\beta'$ desselben, von derselben Grösse, wie $\alpha\beta$ selber. Eigentlich gilt diess nur von dem Flächenelemente bei M , indem die

benachbarten Spiegeltheile gegen P und Q schon Nebenbilder erzeugen. Ist indess der Spiegel PQ von einer nur mässigen Grösse, das Object $a\beta$ äusserst klein und zugleich ziemlich weit von M entfernt, so beeinträchtigen diese selbst bei einer nachherigen bedeutenden Vergrösserung von $a'\beta'$ die Präcision nicht merklich. Nach der geführten Untersuchung scheint es sogar, dass man hierin selbst noch weiter gehen könnte, als bei einem Spiegel, welcher der Scheitelregion S Fig. 3. zugehört. — Wenn man das Object $a\beta$ Fig. 3. in eine Lage bringt, wie sie in Fig. 4. dargestellt ist, d. h. wenn man $a\beta$ dem Spiegel PQ allmählig nähert, so erhält man das vergrösserte Bild $a'\beta'$ Fig. 4., welches bei noch zunehmender Annäherung fortwährend grösser wird, und sogar in ein negatives, d. i. in ein scheinbar hinter dem Spiegel liegendes Bild übergehen kann. Das Grösserwerden von $a'\beta'$ hat ersichtlicher Weise einmal darin seinen Grund, dass bei zunehmender Annäherung des Objectes an den Spiegel der optische Winkel $aM\beta = a'M\beta'$ wächst, sodann aber auch, weil die von näher liegenden Punkten auf den Spiegel fallenden divergenten Strahlenbündel in grösserer Entfernung erst sich vereinigen. Allein diese Vergrösserung selbst auch bei elliptischen Spiegeln geschieht nur auf Kosten einer erklecklichen Präcision des Bildes. Denn zu den völlig unvermeidlichen Fehlern gesellen sich noch die durch die ausserbrennpunctliche Lage des ganzen Objectes. Und dennoch ist diese Vergrösserungsweise des Bildes die einzige, welche bei sphärischen Spiegeln, wie gesagt, überhaupt in Anwendung kommen kann! — Wie man jede beliebige Vergrösserung ohne diesen neuen Ballast völlig vermeidlicher Fehler ganz gut erzielen könne, falls man sie überhaupt für nöthig findet, wird weiter unten erläutert werden. Diese in F' und f' (s. Fig. 3. und Fig. 4.) erzeugten Bilder werden nun mittels eines geeigneten Oculars unter einer nochmaligen Vergrösserung angesehen.

§. 7.

Beabsichtigt man nicht, wie es im Vorhergehenden stillschweigend vorausgesetzt wurde, die ganze Vergrösserung dem Oculare zu übertragen, sondern soll ein Theil derselben schon dem Objectivspiegel auferlegt werden: so wäre die Wahl derjenigen Spiegelpartie, die der kleinern Halbachse als Scheitel anliegt, offenbar nicht die zweckmässigste, da man ja, wie schon gesagt, diese Vergrösserung nur zum grössten Nachtheile für die so sehr wünschenswerthe Präcision erreichen könnte. In diesem Falle wird man eine andere Spiegelpartie des Ellipsoids zu wählen, und das Verhältniss der beiden Halbachsen dergestalt zu ermitteln haben, dass auch hier wieder der auf die Mitte des Spiegels auffallende Strahl mit dem reflectirten einen rechten Winkel einschliesst. Wie diess zu bewerkstelligen sei, dürfte am einfachsten aus nachfolgendem für die Ausführung geeigneten speciellen Beispiele zu erschen sein. — Es werde diessfalls angenommen, dass die unmittelbare Vergrösserung des Objectes eine 10fache sein soll, und dass die Entfernung des Objectes von der Mitte des Spiegels einen Zoll betrage. Es ist klar und einer weitem Erläuterung nicht bedürftig, dass eine Erzeugungs-Ellipse dieser Anforderung entsprechen wird, bei welcher, wie in Fig. 5, $\angle FMF' = 90^\circ$, so dann $MF : MF' = 1 : 10$, ferner: $MF = 1''$ und $MF' = 10''$ lang ist. Ist weiters PQ die

Tangente und MQ die Normale zu dem Punkte M , so ergeben sich aus diesen Annahmen durch eine einfache Rechnung nachfolgende Daten.

Wegen $\overline{FM}^2 + \overline{F'M}^2 = 4e^2 = 101''$ erhält man $e = 5''\cdot 02493 = 5''\cdot 011,414''$, und da $FM + F'M = 10'' + 1'' = 11 = 2a$ ist, so hat man $a = 5''\cdot 5$. Aus a und e findet man aber $b = 2''\cdot 22186 = 2''\cdot 211,914''$. — Die Gleichung der Erzeugungseellipse ist demnach:

$y^2 = 4''\cdot 95 - 0.1636 x^2$. Zur Bestimmung des entsprechenden Punktes und der Lage der Tangente MP gegen X oder SP , findet man wegen $FM^2 = Fm \cdot FF'$, somit $Fm = 0.0995$, und hieraus

ergibt sich sofort: $x = 4''\cdot 9254$ und $y = 0.994987$. — Da ferner $\text{tang. } \varphi = \frac{e-x}{y} =$

$\text{tang. } (4^\circ, 42', 44'')$ ist, und $\text{tang. } \omega = \left(\frac{dy}{dx}\right) = -0.8129$, so ergibt sich hieraus für $w = 39^\circ, 6', 25''$;

und für $\psi = 43^\circ, 49', 9''$. — Der Krümmungsradius der Ellipse im Punkte M ist $\rho = 2''\cdot 59827$.

Ist daher die absolute Länge des Tubus Fig. 6 etwa 11 Zoll, der Durchmesser desselben ungefähr 6 Linien, die wirksame Breite des elliptischen Spiegels beiläufig 5 Linien, und dessen wirksame absolute Länge $7\frac{3}{4}$ Linien, so ist das Object vom äussern Tubus noch immer 9 Linien oder $\frac{3}{4}$ Zoll entfernt, mithin äusserst günstig, selbst für die Beleuchtung opaker Gegenstände. — Ist demnach die Vergrößerung durch eine Linse von einer Brennweite von 1 Linie oder durch eine Linsencombination von gleicher Wirkung gegeben: so beträgt die erzielte Vergrößerung für eine Gesichtweite von 10 Zoll das 1200fache der linearen Dimensionen des Objects. — Nachdem ich nun eine hinreichend detaillirte Auseinandersetzung des neuen Constructionsprincips gegeben zu haben glaube, wird es mir auch erlaubt sein, auf die kaum zu bestreitenden ausserordentlichen Vorzüge, die durch dasselbe in Aussicht gestellt werden, mit einigen Worten hinzudeuten. Die Möglichkeit der Anfertigung elliptischer Spiegel vorausgesetzt, bieten Mikroskope der gemeinten Art folgende Vorzüge dar:

1) Besitzen die von ihrem elliptischen Spiegel erzeugten und durch das Oculare angesehenen Bilder einen viel höhern Grad von Vollkommenheit und Präcision, da sie von der Kugelabweichung der sphärischen Spiegel frei sind;

2) besitzen ihre Bilder wegen der nur einmaligen Reflexion der Lichtstrahlen eine viel bedeutendere Lichtstärke;

3) entbehren sie zu ihrem grossen Vortheile, der allen übrigen katoptrischen Mikroskopen anklebenden höchst nachtheiligen Dürsterkeit in der Mitte des Gesichtsfeldes, veranlasst durch die Entziehung der centralen Strahlenbündel;

4) gestatten sie wegen der grössern Entfernung des Objectivtisches vom Tubus, eine sehr bequeme Beleuchtung opaker Gegenstände, eine bequemere selbst noch als bei jenen von *Amici*;

5) erlauben die von (1) bis (4) angeführten schon an und für sich höchst werthvollen Eigenschaften noch überdiess die Anwendung einer bedeutenden Vergrößerung;

6) sind sie frei von den Fehlern und Schwierigkeiten einer absolut genauen Adjustirung der beiden Spiegel in ihrer gegenseitigen Stellung zu einander, und sind unveränderlicher und nicht ausgesetzt dem bekannten Hin- und Herschwanken der Bilder, veranlasst durch den federn-

den Hälter des kleinen Spiegels; endlich sind sie auch noch überdiess wohlfeiler, da sie nur eines Spiegels bedürfen. —

7) Werden schief auffallende Strahlen, welche hier eben benützt werden sollen, einer bekannten Erfahrung zufolge viel vollständiger und wahrscheinlich auch noch regelmässiger reflectirt, wie wenn sie, wie es bei den gewöhnlichen Mikroskopen der Fall ist, unter einem kleinern Einfallswinkel auffielen. Matte Flächen sogar, die bei senkrecht auffallenden Strahlen keine Spiegelung zeigen, spiegeln, wenn sie schief gehalten werden. Eine regelmässiger Reflexion schiefer Strahlen scheint mir desshalb wahrscheinlich zu sein, weil bei einem längern Aufenthalte des Strahles in der Nähe des Spiegels der Einfluss einzelner Unebenheiten desselben sich aufhebt, und die von der ganzen Fläche als solcher ausgehende reflectirende Wirkung in ihrer Reinheit hervortreten lässt.

§. 8.

Aber vollständig sind alle diese im vorigen Paragraphen auseinander gesetzten Vortheile des in Vorschlag gebrachten neuen Constructionsprinzips der Mikroskope natürlich nur unter der Voraussetzung zu erreichen, wenn es sich als möglich erweist, jeden beliebigen Spiegeltheil eines Ellipsoids durch Schleifen in gehöriger Vollkommenheit zu erzeugen. Es sind mir weder die Schwierigkeiten, mit denen ein solches Unternehmen in der That jedenfalls umgeben ist, noch auch sind mir die mannigfaltigen Zweifel, die darüber laut geworden, gänzlich unbekannt geblieben. Indem ich aber jene, so gut diess mir nur immer möglich war, kennen zu lernen mich bemühte, glaube ich mich in den Stand gesetzt, die Schätzung der letzteren auf ihr richtiges Mass zurückzuführen. Ich halte diess in der That für einen wesentlichen Punct in der gegenwärtigen Darlegung und werde nicht ermangeln, weiter unten darauf ausführlicher einzugehen. Es scheint mir jedoch zweckdienlich, vor Allem diejenige mechanische Schleifvorrichtung hier zu beschreiben, die ich für die einfachste und zweckmässigste halte. — Das derselben zum Grunde liegende phoronomische Princip lässt sich in nachfolgenden Worten ausdrücken. — Wenn Fig. 7 eine Linie OR , die sich um O beliebig drehen kann, mit einer andern Linie RM dergestalt verbunden wird, dass sie zwar um R beliebig drehbar, bei ihrer Fortbewegung aber der Punct Q stets in der Linie AB zu verbleiben genöthigt ist, wobei stets $QR=OR$: so beschreibt der Punct M bei jeder Länge von RM eine Ellipse, deren grosse Achse AB , deren kleine CD , und deren Mittelpunkt dagegen O ist. — Diese bereits bekannte Wahrheit soll gleichwohl des Zusammenhanges wegen, und weil diess mit wenigen Worten geschehen kann, erwiesen werden. —

Werden die Abscissen von O aus gezählt, so ist offenbar $OP=x$, $MP=y$; und wenn $OR=RQ=r$ und $MQ=d$ gesetzt wird, wegen $RQ:NQ=MQ:PQ$, d. h. $r:\frac{1}{2}OQ=d:(x-OQ)$ und hieraus bestimmt sich $OQ=\frac{2rx}{d+r}$. Nun ist aber im $\triangle MQP$; $\overline{MP^2}=\overline{MQ^2}-\overline{PQ^2}$ d. h. $y^2=d^2-\left(x-\frac{2rx}{d+r}\right)^2$; oder: $y^2=d^2-\left(\frac{d^2}{2r+d}\right)^2x^2$, oder endlich: $\frac{y^2}{d^2}+\frac{x^2}{(2r+d)^2}=1$, worin

aus man ersieht, dass die Curve eine Ellipse ist, deren halbe grosse Achse d. i. $a = (2r + d)$, und deren halbe kleine dagegen oder $b = d$ ist. Die halbe Excentricität oder e findet man mittelst a und b nämlich $e = 2\sqrt{r(r+d)}$; umgekehrt findet man, wenn a und b gegeben sind, für die Bestimmungsstücke der Construction und zwar: $d = b$ und $r = \frac{a-b}{2}$. Es verdient hier

eigens hervorgehoben zu werden, dass RM nicht in der Richtung der Normale liegt, welches schon aus dem Umstande erschlossen werden kann, dass MQ für alle Punkte der Ellipse dieselbe Grösse hat, die Normale aber bekanntlich einen veränderlichen Werth hat. — Kann sich nun, während RM in alle Lagen gebracht wird, zugleich die Achse AB selber drehen, so dass ORM aus ihrer anfänglichen Ebene heraustretend allmählig alle Raumlagen einnimmt: so beschreibt der Punkt M die Oberfläche eines Rotationsellipsoids, dessen Erzeugungselipse $ABCD$ ist. — Diess wird genügen, um die in Fig. 8 abgebildete auf obige Wahrheit sich gründende Schleifvorrichtung im Wesentlichen zu verstehen, und es dürfte zureichen, dem, was die unmittelbare Anschauung lehrt, nur Nachfolgendes hinzuzufügen. In Übereinstimmung mit obiger Annahme einer 10maligen Vergrösserung, wäre $BC = AB = 1''$, $7''' \cdot 2$; $CF = 2''$, $2''' \cdot 4$, $DE = 6''$ ungefähr; sodann $FH = 1''$; und $\omega = 39,0$ $6, 25,0$. Der Winkel bei F nämlich $\sphericalangle CFG = 67^\circ$ beiläufig. — Ferner besteht die Schleifschale $\alpha\beta$ in einem kupfernen massiven Cylinder, dessen oberer Theil vielleicht besser noch aus Stahl bestehen kann, und der in einem andern hohlen Cylinder luftdicht eingeschliffen ist, und sich in ihm, ohne der mindesten Seitenbewegung fähig zu sein, ein und aus zu bewegen vermag. Durch eine im Innern bei 2 angebrachte Spiralfeder wird sie in ihrer gewöhnlichen Lage so weit nach Aussen gedrückt, als diess die Einstellung der beweglichen Hilfe $\gamma\delta$ gestattet, d. i. in so weit man diess für gut findet. Während daher die Schleifschale $\alpha\beta$ bei jedem aufstossenden Hindernisse nachzugeben vermag, und die übrigen Theile der Schleifvorrichtung vor gewaltigen Stössen und nachtheiligen Erschütterungen schützt: bleibt doch die Entfernung des Angriffspunctes, abgesehen von der jedenfalls unbedeutenden Abnützung der Schleifschale selber, von dem Punkte O stets dieselbe. Geschieht das Einschleifen jenes Metallcylinders im strengsten Sinne des Wortes luftdicht, und diess ist immer ausführbar, und dürfte auch am gerathensten sein: so kann man jene Spiralfeder allenfalls ganz entbehren, indem die eingeschlossene Luft im comprimierten Zustande selbst eine hohe und vollkommene Federkraft besitzt. Durch die Hilfe $\delta\gamma$ ist der Cylinder zugleich vor jeder Drehung um seine Achse geschützt. Um der Schleifschale schon gleich anfänglich ungefähr die Form, die sie anzunehmen hat, zu geben, schneide man den Cylinder unter einem Winkel von 67° durch eine Ebene, und runde sie mittelst Schablone nach der Richtung $\alpha\beta$ und in der darauf senkrechten nach den beziehungsweise Krümmungshalbmessern von $2'' \cdot 6$ und $1''$ beiläufig ab. Man würde auch dadurch, wiewohl mit einigem Zeitverluste, zu demselben Ziele gelangen, wenn man EF bei $\alpha\beta$ in eine stumpfe Spitze auslaufen liesse. Denn die genauere Herstellung der Form der Schleifschale oder wie man passender sie bezeichnen könnte, des Schleifers übernimmt die Maschine während des Grobschleifens selber, kraft des in ihr liegenden Bewegungsprincips, welches eben sich offenbart in der Formgebung, so innerseits des Ge-

schliffenen, wie anderseits des schleifenden Körpers. — Die Spiegel endlich erlangen meiner Erfahrung zu Folge die höchste Politur, wenn sie aus einer Legirung von Silber und Zink in eben nur erforderlicher Stärke, d. h. möglichst dünn in eiserne Formen von bedeutender Masse, um die Abkühlung möglichst zu beschleunigen, gegossen werden. —

§. 9.

Es ist bekannt, dass die Mehrzahl der praktischen Optiker fortwährend die Möglichkeit, elliptische Spiegel wenigstens auf directem Wege zu verfertigen, geradezu bezweifeln, ungeachtet *Amici* selber die unbestreitbare und allgemein anerkannte vorzügliche Wirkung seiner katoptrischen Instrumente eben der Ellipticität der von ihm angewendeten Spiegel zuschreibt. Für unmöglich wird die Anfertigung anderer wie sphärisch gekrümmter Spiegel insbesondere deshalb gehalten, weil einer herrschenden Meinung zu Folge, Flächen nur wieder durch andere Flächen geschliffen werden können, die sie nicht bloss in einem Punkte, sondern in einer Fläche berühren, und die zugleich einer allseitigen Bewegung fähig sind. Diesen beiden Bedingungen entsprechen nun freilich nur allein die sphärische Fläche und die Ebene. Wäre man also auch im Stande, sich Schleifschalen, die genau nach einer Kegelschnittlinie gekrümmt sind, zu verschaffen, und liesse man ihre Achse auch mit der Rotationsachse des Glases oder des Spiegels auf das Genaueste zusammenfallen: so könnte doch niemals durch ein solches bloss rotatorisches Schleifen ein zu optischen Zwecken brauchbares, d. i. streifen- und wellenfreies Product zu Stande kommen. Denn unvermeidlich, so meint man, wäre es, dass sich bei einem solchen Verfahren, wo dieselben Schleiftheilchen immer in denselben Bahnen herumgeführt werden, nicht Ringe, wallähnliche Erhöhungen und Streifen bilden sollten. Wie anseheinend überzeugend aber auch dieses Raisonnement lautet, und wie wahr es sich auch bei dem gewöhnlichen Schleifverfahren erweist: so ist doch der daraus gezogene Schluss einer unbedingten Unmöglichkeit der Ausführung auch selbst unter einem abgeänderten Schleifverfahren falsch. Ich selbst habe mich durch Mühe und zeiterfordernde Versuche factisch von der Möglichkeit des Gelingens überzeugt, und gedenke diese meine neue Schleifmethode ehestens in Dingers polytechnischem Journale zu veröffentlichen*).

* Es dürfte vielleicht nicht unwillkommen sein, den wesentlichen hieher gehörigen Inhalt einer zum Drucke bereit liegenden ausführlicheren Abhandlung hier in Kürze beizufügen. — Was die Behauptung anbelangt, dass sich durch eine bloss einfache rotatorische Bewegung um die Achse der Rotation eine fehlerfreie spiegelnde Fläche ohne Streifen und Ringe nicht erzeugen lasse, so habe ich sie allerdings bezüglich des gewöhnlichen Schleifverfahrens begründet gefunden. Aber ungegründet scheint mir dieser Ausspruch in seiner ganzen Allgemeinheit genommen, d. h. wenn er auf jede nur immer erdenkliche Schleif- und Polir-Methode ausgedehnt wird. Lange Zeit waren meine angestrengtesten Bemühungen, auf dem oben bezeichnetem Wege fehlerfreie Flächen zu erzielen, vergeblich geblieben, bis ich auf eine Untersuchung dessen einging, was denn eigentlich beim Schleifen und Poliren vor sich gehe, und welche Bedingungen ihres Gelingens hieraus sich ableiten liessen. Ich fand nun, dass es zwei wesentlich von einander verschiedene Verfahrensweisen gebe, gleichmässig polirte Flächen zu erzeugen. Die eine, bisher allgemein gebräuchliche, bestehet darin, dass die

Als ein in seiner Allgemeinheit fast eben so unbegründetes Vorurtheil der ausübenden Optiker gtaube ich auch, gestützt auf die nachfolgenden Erwägungen und auf fremde hier-

einzelnen Theilchen des Schleifmittels, indem sie sich in die Materie der Schleifschale gleichsam einhacken, einen Rückhalt bekommen, und auf die zu schleifende Fläche genau nach Art einer Feile wirken. Um diese Absicht zu erreichen, wählt man ein weiches Material, am besten Kupfer, zum sogenannten Schleifer oder zur Schleifschale. Bei einem solchen Verfahren bekommt die Fläche bei einer Bewegung bloss nach einer Richtung, z. B. einer rotirenden, ganz unvermeidlich Streifen, ja sogar, wenn ungleich grobe Theile sich einfunden, förmliche Rinnen, jedenfalls aber selbst bei fehlerfreiem Vorgange den sogenannten Strich. Erlaubt nun die Fläche, wie z. B. die Ebene und die sphärische, eine manigfaltig abgeänderte Richtung der Bewegung, so werden jene Streifen durch andere in abweichender Richtung geschnitten, welches zur Folge hat, dass sich die dazwischen liegenden höchst feinen Theilchen ausbröckeln und eine gleichförmige matte und endlich halb glänzende Fläche erzeugen; die unter der vergrössernden Loupe betrachtet das Bild eines mit unzähligen Grübchen übersäeten Körpers darbietet. Da das Poliren in der That nichts anders ist, als der höchste Grad des Feinschliffs: so ersieht man hieraus, wie auf diesem Wege Flächen geschliffen und polirt werden. Dort wo sie sich anwenden lässt, verdient sie entschieden den Vorzug vor der nachfolgenden, da sie ungleich schneller zum Ziele führt, weniger Vorsicht und Genauigkeit erheischt, und in so ferne sicherer ist. Allein sie hat den Nachtheil, dass sie nur auf die Ebene und Kugelfläche anwendbar ist, auf die Rotationsflächen im Allgemeinen aber nicht. — Man kann aber das Schleifverfahren dahin abändern, dass die Theilchen des Schleifmittels, nämlich jene des geschliffenen Schmirgels nicht als eine Feile, sondern als rollende feine Zwischenkörper wirken. Als solche machen sie, da sie die härteren Körper sind, in die zu schleifende Fläche feine Grübchen von gleichmässiger Grösse. Da sich diese Theilchen bei ihrem Vorwärtsrollen häufig zur Seite drängen, so wird man die Möglichkeit begreifen, dass man selbst durch eine bloss rotatorische Bewegung bei gehöriger Vorsicht vollkommen fehlerfreie Flächen erzeugen könne. Diese Vorsicht besteht zumeist darin, alles zu vermeiden und zu beseitigen, was diese Theilchen oder auch nur einige derselben in ihrer rollenden Bewegung aufhalten, und auch nur zu einem momentanen völligen Stillstand bringen könnte, weil sie von diesem Augenblicke an als Feile wirken und mehr oder weniger tiefe Einschnitte und Streifen veranlassen würden, die hier um so mehr zu fürchten sind, da sie für die andern Schmirgeltheilchen leicht als vorgebahnte Wege dienen, und so nach und nach sich zu förmlichen Rinnen ausbilden könnten. — Um diess sicher zu vermeiden, hat man folgende Massnahmen zu treffen:

1. Muss der Druck zwischen der Schleifschale und der Fläche, zwischen denen sich das Schleifmittel befindet, möglichst vermindert und auf ein Geringstes gebracht werden, da jeder stärkere Druck ein augenblickliches Einhacken dieser Theilchen bewirkt. Man könnte sagen, je geringer der Druck, desto sicherer geht das Schleifen vor sich, wenn nicht bei einer zu weit getriebenen Verminderung desselben die Arbeit allzu langsam sich förderte. Es lässt sich diese Bedingung nöthigenfalls durch eine passende Balancirung erreichen.

2. Möglichst kleine Umdrehungsgeschwindigkeit und zwar aus einem doppelten Grunde. Erstlich weil, wenn die Bewegung sehr rasch ist, die Theilchen des Schleifmittels nicht mehr als rollende Theilchen wirken, sondern als Feile. Denn man bedenke nur, wie oft und schnell sich diese feinen Theilchen drehen müssen, wenn sie rollend mit der Schleifschale in derselben Zeit eine Revolution machen sollen? — Dieses geschieht nun freilich auch bei einer noch so langsamen Bewegung nicht vollkommen, aber doch annäherungsweise, was schon zureicht, um die feilende Wirkung zu verhindern. — Sodann aber auch deshalb, weil bei einer etwas grossen Umdrehungsgeschwindigkeit sich auch eine merkliche Centrifugalkraft einstellt, welche die gröberen Schmirgeltheilchen gegen die Peripherie, die feineren gegen das Centrum hin treibt. Wo man diesen Fehler begeht, verräth er sich daher auch nicht bloss durch Streifen und Ringe, sondern insbesondere auch dadurch, dass die Fläche sich so ungleichförmig ausschleift, dass oft schon die Centrumgegend einen merklichen Glanz zeigt, während die mittleren Partien die Feinheit der Lävigatur und die Peripheriegegenden sogar oft noch jene des Gegenschliffes zeigen. Die Erfahrung hat diessfalls gelehrt, dass zum sichern Gelingen

orts gemachte directe Versuche, die Meinung bezeichnen zu dürfen, als wäre ein Schleifen mittelst einer, den zu schleifenden Gegenstand nur an einer Stelle berührenden Schleifschale, oder wie man häufig sich ganz unrichtig ausdrückt, mittelst einer Spitze geradezu

kein Theil der zu schleifenden Fläche (beim Glase) eine grössere Geschwindigkeit annehmen dürfe, als höchstens 3 Zoll in der Secunde.

3. Scheint auch die Wahl des Materials für den Schleifer nichts weniger wie gleichgiltig zu sein. Es scheint, dass, wo es thunlich ist, das gleiche Material den Vorzug verdiene, also z. B. für Gläser wieder Glas als Schleifschale. In der That wird letzteres, wie bekannt, schon lange in unsern Spiegelfabriken mit grossem Nutzen angewendet. —

4. Da wegen der Ungleichheit der Bewegung sowohl, wie des Drucks an der Peripherie und dem Mittelpuncte, aller dieser Vorkehrungen ungeachtet, dennoch die Schmirgeltheilchen, wenn sie immer dieselben bleiben, einestheils vor der Zeit sich zerkleinern und gleichsam schon zu einem Schmirgel von einer höheren Nummer werden, während noch grob geschliffen wird, anderseits sich noch immer etwas ungleich nach ihrem Feinheitsgrade ablagern: so ist eine weitere unerlässliche Vorsorge, insbesondere beim Grobschleifen, zu treffen, dass von Zeit zu Zeit oder vielmehr möglichst oft, durch eine periodische Hebung der Schleifschale neue Schmirgeltheilchen eindringen können. Es lässt sich dieses ganz leicht durch einen einfachen Mechanismus erzielen, falls die Schleifschale nicht, wie bei einer Drehbank, eine verticale, sondern eine horizontale Lage annimmt. — Wenn die Befolgung dieser Vorschriften gleich etwas umständlich und zeitraubend zu sein scheint, so darf man dabei nicht unbeachtet lassen, dass sie Vorrichtungen betreffen, die alle durch Mechanismen sich bewerkstelligen lassen und die Möglichkeit darbieten zu einem selbst fabrikmässigen Betriebe. Wäre diess aber auch nicht, so kömmt es doch dort in keinen Betracht, wo es sich um Realisirung so wichtiger wissenschaftlicher Zwecke handelt. Und die Zeit dürfte nicht mehr ferne sein, wo man an die ausübende Optik noch weit höhere Anforderungen stellen wird, als diess gegenwärtig der Fall ist.

So höchst einfach und, wie es mir jetzt vorkömmt, einleuchtend diese in obigen Puncten aufgestellten Wahrheiten sind, — so viele Mühe und vergebliche Versuche kostete es mich, zu ihnen zu gelangen. — Da ich in Ermangelung einer geeigneteren Vorrichtung alle diese Versuche auf meiner Drehbank vornehmen musste, so kann man leicht ermessen, wie sehr dabei Zeit und Geduld in Anspruch genommen wurden. Oft glaubte ich mich schon am Ziele, als durch ein augenblickliches Versehen, durch eine zu schnelle Bewegung oder durch ein momentanes stärkeres Andrücken wieder alles verdorben ward. Die Bewegung dieser Maschine war bei aller Ermässigung, die ich unter andern auch durch das Anschrauben eines grössern Wirtels zu erreichen suchte, dennoch zu schnell, und ich musste zwar nicht bei den ganz kleinen Linsen, wohl aber bei der versuchten grössern zu pendelartigen halben Umdrehungsbewegungen meine Zuflucht nehmen. Wie zeitraubend und ermüdend ein solches Verfahren sei, mag man daraus ermessen, dass ich fast so viele Tage zur Erzeugung einer solchen Linse bedurfte, als bei dem gewöhnlichen Verfahren kaum Stunden nothwendig sind. Dafür hatte ich inzwischen die Genugthuung, meine diessfallsigen Vermuthungen zur Gewissheit werden zu sehen. Ausser einer Linse von 10 Linien Apertur, die ganz gelungen ist, verfertigte ich noch eine von 15 Linien Öffnung, die mir aber ganz nahe ihrer Vollendung zerbrach. Um endlich auch solche, die den Erfolg dieses Schleifverfahrens dieser Expositionen ungeachtet, doch noch in Zweifel ziehen könnten, recht augenscheinlich zu überzeugen, verfertigte ich eine ganz kleine hyperbolische Linse mit einer scharfen Einkerbung (S. Fig. 22), wodurch jede Seitenbewegung geradezu unmöglich werden musste. Begreiflich habe ich diese Linsen, die seither in Vieler Hände gekommen sind, nicht zu optischen Zwecken verfertigt, sondern es galt hier nur die Richtigkeit meiner Vermuthungen praktisch bewährt zu sehen. Da mir die Stunden einer eigentlichen Mussezeit nur kärglich zugemessen sind und der Mangel der hierzu nöthigen Hilfsmittel diese Versuche für mich höchst zeitraubend und ermüdend machte: so bin ich seitdem nicht wieder auf sie zurückgekommen. — Der Leser möge nun selbst beurtheilen, ob eine solche Sachlage mich zu der oben ausgesprochenen Behauptung berechtige.

und unter allen Umständen unmöglich. Ist ferner die Schleifvorrichtung von einer solchen Construction, dass der sogenannte Schleifer oder der Griffel nicht in der Richtung der Normale, sondern in irgend einer andern Richtung auf den zu schleifenden Gegenstand einwirkt, wodurch nothwendig nicht immer dieselbe Stelle des Schleifers mit dem Spiegel oder dem Glase in Berührung ist, sondern diese auch auf die übrigen Punkte übergeht: so geselle sich zu obiger Unmöglichkeit noch eine andere, die richtige Form in hohem Grade benachtheiligende Einwirkung. — Diese letzteren Behauptungen sind für die Zweckmässigkeit und Brauchbarkeit der in Vorschlag gebrachten Schleifvorrichtung und für die in Aussicht gestellten Verbesserungen der katoptrischen Instrumente von so hohem und wichtigem Interesse, dass eine möglichst sorgfältige Erwägung derselben hier gewiss nicht am unrechten Orte sein wird. Dennoch dürfte es gerathen sein, mit vorläufiger Übergehung des episodischen Inhaltes der nächstfolgenden Paragraphe sogleich auf den Paragraph 13 überzugehen, zudem erstere einer späteren Nachlese überlassen bleiben können, unbeschadet oder vielmehr zum Vortheile einer bessern Übersicht der Gedankenfolge selber.

§. 10.

Die Möglichkeit des Schleifens von Flächen durch Flächen, die in jeder Richtung über einander gleiten können, wird zugestanden, und zugegeben wird auch, dass die schleifende Fläche der zu schleifenden an Grösse nicht gleichzukommen oder gar sie zu übertreffen benöthige, sondern dass sie in jedem beliebigen Verhältnisse kleiner sein kann, wie die zu schleifende. Sie kann also klein, selbst ausserordentlich klein werden; denn alles, was sich dabei ändert, betrifft nur die zum Schleifen erforderliche Zeit. Eine eigentliche physische Spitze gibt es aber in praxi gar nicht. Zwei Flächen, die sich berühren, wären sie selbst verschiedener Krümmung, berühren sich factisch immer in einer kleinen Fläche, und diese Fläche wird sich noch merklich vergrössern, wenn, wie beim Schleifen es immer der Fall ist, die Berührung in einen mehr oder weniger starken Druck übergeht, und diess zwar kraft der allen Körper inwohnenden Elasticität. — Diess gilt natürlich in einem ungleich höhern Grade von dem zwischen zwei Flächen, die eine mag auch noch so gross, die andere noch so klein sein, gebrachten Schleifmittel, bestehend aus über einander liegenden Schichten von Schmirgel etc. — Ja wäre der Schleifer auch anfänglich eine möglichst richtige aber nur einigermaßen stumpfwinklige physische Spitze, sie würde sich nichts destoweniger gar bald zu einer Fläche abnutzen und als solche sodann schleifen. Es scheint also wenigstens bei der sphärischen Fläche und der Ebene ein Schleifen mittels einer sehr kleinen Fläche, Spitze genannt, ohne Streifen und Ringe, gar wohl möglich zu sein; denn von welcher Grösse der schleifenden Fläche abwärts soll wohl diese Unthunlichkeit ihren Anfang nehmen? Es muss dieses aber auch von anders gekrümmten Flächen gelten, in so ferne nämlich nicht anderwärtige Hindernisse sich dabei einfinden, und zwar sowohl dann wenn immer derselbe wie auch, wenn in successiven Übergängen allmählig ein Theil des Schleifers um den andern zum Angriff kömmt. Zugestanden muss jedoch dabei immer werden, dass sich in einem

solchen Falle die Zeitdauer und die darauf zu verwendende Mühe und Sorgfalt nicht unbedeutend steigern.— Was aber weiter noch bei andern Flächen in Betracht kömmt, bei denen die Krümmung nicht an allen ihren Theilen dieselbe ist, möge nunmehr erwogen werden. Es sei Fig. 9 *AMB* ein Stück irgend einer Curve, z. B. einer Ellipse, so dass im letztern Falle *A* und *B* die beiden Scheitel derselben bedeuten mögen. *BD* dagegen sei der Schleifer, von dem hier vorerst angenommen wird, dass er in Folge einer gewissen mechanischen Vorrichtung stets in der Normale auf das Curvenstück *AMB* schleifend einwirke, wodurch er hinter einander in die Lagen *CD'* und *CD''* kömmt. Ferner werde angenommen, dass man demselben schon gleich anfänglich eine dem kleinsten Krümmungshalbmesser des ganzen Bogenstücks gleiche Abrundung gegeben habe. Unter diesen Voraussetzungen ist es klar, dass der Schleifer bei seiner Fortbewegung das zu schleifende Bogenstück immer nur an einer und derselben Stelle seiner Krümmung berühre. Es ist auch nach Obigem kaum zu bezweifeln, dass ein eigentliches Schleifen Statt hat und eine gewisse Fläche dadurch zu Stande kömmt, um so mehr als man annehmen muss, dass bei sich so nahe kommenden Flächen die Schichte des dem Drucke des Schleifers ausgesetzten Schleifmittels weit über ihre eigentliche Berührungsfläche sich hinaus erstreckt. Hinaus folgt aber noch keineswegs die Brauchbarkeit einer derartigen Schleifvorrichtung, vielmehr muss erst noch weiter untersucht werden, ob nicht in eben diesem in der Richtung der Normalen vor sich gehendem Einwirken des Schleifers auf den Gegenstand *AMB* eine fortwährende, durch Nichts zu beseitigende Zerstörung der richtigen Form desselben liege. Und in der That, befindet sich z. B. anfänglich der Schleifer an dem weniger gekrümmten Curventheil bei *B*, so wird er selber, durch die Rückwirkung des zu schleifenden Gegenstandes bei *B*, die Krümmung dieses Bogenstücks anzunehmen genöthigt sein, und statt dasselbe gleichsam nur in einem Punkte, es durch Abschleifen der jedenfalls höchst kleinen Stelle γ in der ganzen Ausdehnung $\alpha\beta$ berühren, wozu aus erwähntem Grunde selbst schon eine ganz kurze Zeit hinreicht. Indem *CD* nun nacheinander nach *M* und *A* gelangt, kann derselbe die betreffenden Curventheile wegen der bei *B* erfahrenen Abplattung nicht mehr in dem Punkte γ , sondern er muss sie zugleich an den Punkten α, β (oder vielmehr in einer in sich zurückkehrenden Linie) berühren, und seine schleifende Wirkung auf *M* und *A* ausüben, wodurch die eigenthümliche Form an diesen Stellen bedeutend leidet. Die Rückwirkung auf den Schleifer an diesen Stellen ist dagegen eine solche, dass sie gänzlich ohne allen Einfluss bleibt auf den Erfolg des Schleifers bei *B*, falls der Schleifer von *A* und *M* wieder nach *B* zurückgeführt wird. Denn gewiss ist, dass wie lange oder wie kurz auch *CD* in *A* verweilt, die Wirkung, die er an diesem Orte erfährt, jedenfalls nur darin bestehen kann, ihm wieder seine frühere mehr convexe Form zu geben. Kehrt demnach *CD* von *A* nach *B* zurück, so kömmt jedenfalls nur wieder die Stelle γ zum Angriff, sie mag in *A* bereits eine Abnützung erfahren haben und somit in *B* einer Nachstellung bedürfen oder aber nicht. Während demnach in *B*, d. i. an dem Orte der geringsten Krümmung, das Constructionsprincip in seiner vollkommensten Reinheit auftritt, und selbst durch ein noch so oftmaliges Zurückkehren des *CD* von *A* über *M* nach *B* nicht im Entferntesten leidet, muss hingegen jeder selbst noch so kurze Aufenthalt von *CD* in *B*

oder überhaupt an jeder weniger gekrümmten Stelle auf die nach der Fig. 9. mehr links stehenden, mehr gekrümmten Stellen als ein die Form alternirendes und zerstörendes Princip einwirken, welches natürlich in A , an dem Orte der grössten Krümmung sich am nachtheiligsten äussern wird, und allmählig die Curve AMB in AmB verändert. Diese Wirkung ist eine um so nachtheiligere, als sie wesentlich darin besteht, alle Krümmungsverschiedenheit der einzelnen Curvelemente gleisam zu nivelliren, und mit dem Beginn des Schleifens ihren Anfang nehmend während der ganzen Dauer desselben sich fortsetzt, also sich addirt; ferner als sie eine ungleichförmige ist, in Bezug auf die verschiedenen Stellen der Curve AMB , die Form derselben mithin wesentlich verändert und somit ihren Einfluss auf den optischen Vorgang auf die möglichst nachtheiligste Weise äussert. Da nun das hier Gesagte von allen Curven von nicht durchaus gleicher Krümmung gilt, es mögen diese übrigens gegen AO concav oder convex gekrümmt sein: so folgt hieraus die sehr wichtige und häufig verkannte, ja sogar mit der allgemeinen Meinung im Widerspruch stehende Wahrheit: »dass jede wie immer geartete Schleifvorrichtung für eine völlig unbrauchbare gehalten werden muss, bei welcher der als Schleifer wirkende Bestandtheil in jeder seiner Positionen normal auf der durch das Princip der Bewegung bedingten Curve steht.« Diese übrigens ganz allgemeine Wahrheit findet, wie aus dem Früheren folgt, nur auf jene Schleifvorrichtungen keine Anwendung, welche zur Erzeugung ebener oder sphärisch gekrümmter Flächen dienen.

§. 11.

Ganz etwas Anderes dagegen erfolgt bei einer Bewegung des Schleifers, in welcher er eine von der normalen Richtung abweichende Lage gegen die verschiedenen in Angriff kommenden Curvelemente annimmt. Um sich für alle Fälle eine richtige Ansicht von dem stattfindenden Vorgange zu bilden, wollen wir die beiden Hauptfälle betrachten, in die sich jede anders geartete Bewegung des Schleifers sofort wird auflösen lassen, nämlich jener, wo sich wie in Fig. 10. der Schleifer, er mag übrigens mit den andern Maschinentheilen wie immer in Verbindung gedacht werden, mit seiner anfänglichen Lage in B parallel von B gegen A bewegt, und sodann, wo wie in Fig. 11. der Schleifer P sich von A gegen B um O drehend bewegt, und dabei keiner andern Bewegung fähig erachtet wird, als noch eines Zurück- und Vorwärtsgehens in der Drehungsachse AO . — Im ersteren Falle wird ganz augenscheinlich der Schleifer, den wir uns hier vorläufig als den kleinsten Krümmungskreis zu denken haben, indem er nach und nach in die Positionen 1, 2, 3, 4. kömmt, in successiven Übergängen alle Theile des Umfangs von α durch β und γ bis zu δ dergestalt mit dem zu schleifenden Gegenstande in Berührung bringen. Im zweiten Falle dagegen findet von B ausgehend und gegen A sich drehend, anfänglich in den Positionen 1, 2, 3, eine Succession von Berührungen statt, die mit jenen im ersten Falle vorgekommenen in umgekehrter Richtung erfolgen, d. h. von links gegen rechts, während sie im ersteren Falle von rechts gegen links vor sich gehen. Diess währet aber nur bis zu einer gewissen Stelle etwa

in (3), von wo an wieder ein Zurückkehren der früheren Berührungen in umgekehrter Richtung Statt hat. — Die in unserer Schleifvorrichtung dem Schleifer ertheilte Bewegung, und so auch jede andere, ist eine blosse Zusammensetzung der beiden bisherigen, und der resultirende Vorgang wird Fig. 12 in Nachfolgendem bestehen. Da zu Anfang der Bewegung in *B* offenbar die drehende die vorherrschende ist, so wird auch der Erfolg mit dem in Fig. 11 übereinstimmend, d. h. es wird eine successive Berührung von links gegen rechts Statt finden. Erst wenn bei der Annäherung gegen *A* die fortschreitende über die drehende Bewegung die Oberhand gewinnt, beginnt wieder ein Zurückweichen der Berührungsstellen in entgegengesetzter Richtung, d. i. von rechts gegen links. Es lässt sich diese Stelle oder dieser Umkehrungspunct *K* Fig. 13. im Allgemeinen leicht bestimmen. Es ist nämlich jedesmal diejenige, für welche der Winkel $\psi = \omega + \varphi$, welchen die Richtungslinie des Schleifers *KL* mit der gemeinschaftlichen Tangente *RK* des Berührungspunctes *K* einschliesst, ein Minimum ist. Während daher der Schleifer von *A* bis *K* sich bewegt, kommen alle Punkte von α angefangen bis β mit dem Curvenstücke *AK* dergestalt in Berührung, dass jedem bestimmten Punkte von $\alpha\beta$, ein gewisser Punct (oder vielmehr eine physische Stelle) von *AK* entspricht. Bewegt sich derselbe weiter gegen *B* hin, so treten allmählig wieder die Stellen von β angefangen gegen und bis zu α in Berührung, welches letztere wie gesagt im Punkte *B* zum zweiten Male eintritt. Auch hier wieder entspricht jeder Stelle zwischen α und β des Schleifers eine gewisse Stelle von *KB*. Hätte man also ein ganzes Halbellipsoid als Spiegel zu schleifen, so würde allerdings jede Stelle von $\alpha\beta$ bei seinem Fortschreiten von *B* gegen *A* oder umgekehrt zweien und zwar ungleich gekrümmten Stellen von *AB* zu entsprechen haben, wovon eine diessseits, die andere jenseits *K* liegt, welches, wenn gleich in einem ungleich mindern Grade wie bei einer normalen Richtung des Schleifers, nachtheilig auf die richtige Form einwirken müsste. Allein da man zu optischem Gebrauche immer nur einen kleinen Theil des Ellipsoids bedarf, und der Punct *K*, wie ich mich durch Zeichnung und angenäherte Rechnung überzeugte, jedenfalls immer nahe genug bei *A* liegt, so fällt die von uns in Anspruch genommene Spiegelpartie noch ganz innerhalb *KB*. — Innerhalb dieser Grenze aber entspricht jedem Punkte des Schleifers nur ein bestimmter Punct des elliptischen Bogens, und es entfällt alle und jede Ursache zu einer die Verschiedenheit der Krümmung an den verschiedenen Stellen der Curve (worin eben ihr eigenthümlicher Charakter besteht) fortwährend ausgleichenden Wirkung des Schleifers. Da nun das Gesagte von allen derartigen Vorrichtungen und von allen Curven in vollem Masse gilt, so folgt hieraus die zweite ebenfalls bisher verkannte wichtige Wahrheit: »dass nämlich nur solche mechanische Schleifvorrichtungen von der allernachtheiligsten, d. i. von der alle Krümmungsverschiedenheit immer mehr und mehr nivellirenden Wirkung der Schleifschale freigesprochen werden können, bei welchen zu Folge des zu Grunde liegenden phoronomischen Principis nachweislich immer nur eine bestimmte Stelle derselben auf eine gleichfalls bestimmte des zu schleifenden optischen Gegenstandes einzuwirken hat.« — Wenn es daher einer Schleifvorrichtung (S. Hessler's encyclopädische Zeitschrift Jahrgg. 1841 pag. 61

und 1842 pag. 121) zum Nachtheile angerechnet wird, dass ihr Schleifer in einer andern wie normalen Richtung auf sein Schleifobject einwirke, so dürfte man wohl nach dem bisher Gesagten dafürhalten, dass solche Urtheile zu den nicht genug erwogenen zu zählen seien. —

§. 12.

Es ist nun nur noch zu untersuchen, welche Form der Schleifer durch die Rückwirkung des geschliffenen Gegenstandes annimmt, und ob nicht in dieser Form insbesondere bei dem in Rede stehenden Schleifapparate selber ein Grund zu einer Formabweichung anderer Art liege, d. h. ob wohl auch von allen übrigen schleifenden Stellen desselben dieselbe Curve (hier eine bestimmte Ellipse) beschrieben werde, wie diess in Bezug auf den Punct α wirklich der Fall ist. — Findet sich aber auch eine solche, so ist der daraus entspringende Fehler doch ungleich weniger nachtheilig und überhaupt von einer ganz andern Art, wie derjenige, der aus der normalen Richtung des Schleifers entspringt, wie man sogleich sehen wird. — Denkt man sich für einen Augenblick den Spiegel AKB Fig. 13. in seiner vollendeten Form und von absoluter Härte, als Schleifschale dagegen einen belichigen unförmlichen, der Abnützung unterworfenen Körper an dem Schleifer angebracht, der unserer frühern Beschreibung gemäss wohl zwar etwas zurückweichen, aber nicht über eine gewisse Grenze vordringen kann, und setzt man sofort den Schleifapparat in Thätigkeit: so wird bei hinreichend lange andauernder Arbeit diese Schleifschale eine Krümmung annehmen, die von da an, bei noch so lange fortgesetztem Schleifen, durchaus keiner weitem Änderung mehr unterworfen ist. Diese Krümmung des Schleifers ergibt sich aus den Durchschnitten der aneinanderfolgenden Tangenten der Ellipse, die zugleich auch jene eben dieser gesuchten Curve sind, bezogen auf die in Bewegung begriffene Längsachse des Schleifers KL Fig. 13. — Es dürfte nicht ungeeignet sein, zu bemerken, dass diese Curve des Schleifers von jener durch das Schleifen erzeugten im Allgemeinen wesentlich verschieden ist, und zu ihr in einer ähnlichen Beziehung steht, wie die Evolvente zur Evoluten. In gleicher Weise würde auch, falls eine nach eben erwähneter Krümmung geformte mit dem Schleifapparate in Verbindung gebrachte Schleifschale auf einen abnützbaeren Gegenstand lange genug einwirkte, eben jener frühere Spiegel in seiner ganzen Vollkommenheit erzeugt werden. Man wird endlich noch fragen können, ja sogar fragen müssen, was dann geschehen wird, wenn Schleifschale und der zu schleifende Gegenstand, beide der Abnützung gleich fähige, dabei aber unförmige Körper sind. In diesem Falle wird kraft des in der Schleifvorrichtung liegenden phoronomischen Gesetzes sich vorerst eine angenäherte Form des Gegenstandes sowohl wie des Schleifers bemerklich machen, die von da an unter dem fortwährenden Einflusse des Bewegungsgesetzes stehend sich wechselseitig corrigiren und so allmählig dem Zustande ihrer möglichen Vollendung entgegengehen. Fährt man nämlich mit dem Schleifen lange genug fort: so nehmen Spiegel und Schleifschale die in obigem Wechselfalle erwähnten vollkommensten Formen an, und es erweist sich diese unter andern schon durch den Charakter der Beharr-

lichkeit. Denn einmal angelangt bei diesem Punkte, ändert ein auch noch so lange fortgesetztes weiteres Schleifen durchaus nichts mehr an ihrer beiderseitigen Form. Dieser letztere Fall ist aber eben derjenige, der bei unserer und fast allen übrigen Schleifvorrichtungen in Anwendung kommen muss, da es unmöglich ist, die eine oder andere der obigen Bedingungen mit dem gehörigen Grade von Genauigkeit zum Voraus zu erfüllen. — Aber dieser Vollkommenheit und Beharrlichkeit ungeachtet kann man gleichwohl noch fragen, ob denn die so entstandene Krümmung des Spiegels, da sie nicht allein durch den Punct α , sondern durch alle zwischen α und β Fig. 13. liegende Punkte zu Stande kam, in der That auch mit jener durch den Punct α erzeugten identisch, in unserm Falle also eine Ellipse von dem bekannten Achsenverhältnisse sei? — Leider muss diese Frage verneint werden, denn ein Blick auf Fig. 13. zeigt offenbar, dass in keinem Falle $mL = nL = OL$ sein kann. Selbst auch βn wird von αm stets verschieden sein. Und dennoch ist an eben diese Bedingungen die Erzeugung einer bestimmten Ellipse gebunden. Die erzeugte Curve ist daher wirklich keine Ellipse, sondern eine von ihr um ein Geringes abweichende. Doch ist der Nachtheil, der daraus für die Präcision hervorgeht, vor der Hand wenigstens nur ein problematischer, denn es könnte ja immerhin sein, dass, während ein derartig gekrümmter Spiegel in der That die Strahlen, welche vom Brennpuncte ausgehen, minder scharf wieder zu einem Punkte vereinigt, er gleichwohl von allen ausserbrennpunctlichen Theilen des Objectes schärfere Bilder erzeugt, wie der rein elliptische, somit im Ganzen vollkommener ist, wie dieser. Gesetzt aber auch, es sei diess hier nicht der Fall: so ist doch jedenfalls der daraus für die Präcision hervorgehende Nachtheil ein ohne Vergleich viel geringerer, wie jener, der aus der normalen Lage des Schleifers entspringt. Jener besteht in einer Zerstörung jeder bestimmten Form durch ohne Ende fortgesetztes Nivelliren der verschiedenen Krümmung; diese äussert sich vielmehr in einem beständigen Conserviren einer bestimmten, wenn gleich etwas fehlerhaften Form; — jener ist für Ellipsen jeder Dimension gleich gross, das Endziel hievon ist Herstellung der Kreisform; diese vermindert sich mit der Zunahme der absoluten Grösse der Ellipse, und kann schon dadurch verschwindend klein gemacht werden; — ersterem endlich ist, so lange die normale Lage des Schleifers fortbesteht, auf keinerlei Weise abzuhelpen, ja auch nur zu ermässigen; diesem dagegen dürfte, wie es scheint, auf eine mehrfache Art zu begegnen sein. — Ein Mittel, wenigstens diese Abweichung völlig insensibel zu machen, bestünde z. B. darin, dass man durch sich excentrisch drehende Gelenkscheiben in L und n Fig. 13. die Linien Ln und Kn um ebenso viel verlängerte, als um wie viel sie durch den obigen Umstand verkürzt wurden. Diess kann keiner besondern Schwierigkeit unterliegen, sobald man nur die absolute Verkürzung von KL und nK durch Rechnung ausgemittelt hat, insbesondere dann, wenn es nur auf eine ausreichende Approximation abgesehen ist *).

*) Dieser Anforderung lässt sich auf eine mehrfache Weise genügen. Ich will hier jedoch eines poronomischen Bewegungsprincips gedenken, das auch für andere Zwecke, z. B. bei der Construction von Zeicheninstru-

§. 13.

Alles diess wohl erwogen, muss man anerkennen, dass mehre Umstände bei dieser Vorrichtung zusammentreffen, die das Gelingen dieses Vorschlages in einem hohen Grade wahrscheinlich machen. Wäre es in der That eine strenge Anforderung des Principis, die oben beschriebene Schleifvorrichtung mit einem solchen Grade von Genauigkeit zu construiren, dass obige Massangaben bis auf Hundertel einer Linie, und die Winkel bis auf Bruch-

menten, Drehvorrichtungen u. s. w. eine nützliche Anwendung finden dürfte. Es liegen diesem Principe nachfolgende Gedanken zu Grunde. — Es sei $AEDCB$ Fig. 23 ein beliebiges Curvenstück, o ein beliebig angenommener unveränderlicher Punct, um welchen sich die Gerade Bbb' so drehe, dass ihr Endpunct B stets in der Linie $BCDA$ verbleibt, während die zwei Puncte b und b' , deren Abstand von B unveränderlich ist, die Bahnen $bada$, $b'e'd'a$ beschreiben. Es ist demnach Bb' eine gerade durch o gehende Linie, welche zwei unveränderliche Puncte b und b' enthält, deren Abstand von B sowohl, wie auch ihr Abstand von einander, d. i. bb' , stets derselbe ist. Diese Linie bewege sich nun dergestalt, dass ihr Endpunct B stets längs der Curve $ACDB$ fortgleitet, und dabei stets durch den Punct O geht. Indem sie nun so nach und nach in die Lagen Cc' , Dd' , Ee' , Aa' kömmt, beschreiben einerseits der Punct b und anderseits der zweite angenommene b' die beziehungsweise Curven $aedcb$ und $a'e'd'c'b'$. — Im Allgemeinen werden diese zumeist getrennte Curvenstücke vorstellen. Für jede besondere Curve $ACEDB$ aber lassen sich der Punct O und die beiden Fixpuncte bb' so annehmen, dass diese Curven in einander übergehen. Man hat in diesem Falle z. B. nur den Halbierungspunct der Verbindungslinie AB als Punct O zu wählen, und von diesem die beiden Puncte b und b' in gleich grossem Abstände aufzutragen. So ist z. B. Fig. 24 für die halbe Ellipse ABC , die geschlossene herzförmige krumme Linie $abcd$ die erzeugte Curve, und O ist diessfalls der fixe Punct. — Kann man demnach diese letztere als gegeben oder wenigstens als leicht darstellbar voraussetzen: so könnte man durch die Bewegung der Geraden ANV die halbe Ellipse ABC erzeugen, indem man dieselbe bloss nöthigte, einestheils stets durch den Punct O zu gehen, anderseits aber dafür sorgte, dass die festen Puncte P und Q längs der Leiteurve $abcd$ fortgleiten und so in allen andern Fällen. — Die Bedingung, dass jene Linie durch O gehe, ist eine nothwendige, da es Fälle gibt, wo die zweite Bedingung für sich allein zur Feststellung der Lage von NM nicht ausreichte, wie diess z. B. aus Fig. 26 ersichtlich ist. Ohne hier auf die unzähligen Fälle, wo dieses Princip eine nützliche Anwendung finden kann, einzugehen, begnüge ich mich hier nur von einer speciellen Anwendung desselben zu reden, die uns sofort dem im Contexte erwähnten Falle näher bringen wird. Oft nämlich wünscht man aus gewissen Ursachen, durch die Bewegung einer Linie bb um den Punct O Fig. 25 nicht sowohl eine Kreislinie ACB , als vielmehr eine von ihr nur ungemein wenig abweichende Curve $AAMB$ zu beschreiben, die in M ihre grösste Abweichung hat und in A und B dagegen wieder mit dem Kreise zusammenfällt. In diesem Falle hat man nur statt des Kreises $aba'b'$ als Leitlinie die $am'bm$ wählen, die in m und m' um dieselbe Grösse von der Kreislinie abweicht, so dass $Nm' = mP = GM$ ist. Ist diese Abweichung von der Kreislinie nicht ganz unbedeutend, so wird man sich einer mechanischen Vorrichtung wie der in Fig. 27 bedienen, wo m und m' aufrechtstehende feste Eisenstücke, sogenannte Nasen, vorstellen, die nach Massgabe des kleinsten Krümmungshalbmessers desjenigen Curvenstücks abgerundet sind, welches sie beziehungsweise zu durchlaufen haben; cd ist eine Nuth, in welcher der vierkantige, um seine Achse drehbare Centralstift o sich hin und her bewegt. Beträgt die Abweichung, wie diess in unserm Falle eintritt, nur äusserst wenig, z. B. nur einige Zehntel einer Linie, so dürfte eine Anordnungsweise, wie sie in Fig. 28 angedeutet ist, noch den Vorzug verdienen. Werden demnach bei unserer Schleifvorrichtung die Drehpuncte bei L und m Fig. 13 in angedeuteter Weise construirt, so dass sich Ln und nK nach Massgabe ihrer Verkürzung wieder verlängern, so sieht man leicht, dass der oben angedeutete Fehler, wenu er ja noch vorhanden, völlig insensibel werden muss.

theile einer Minute einzuhalten wären, wie ähnliche Anforderungen bei den genaueren dioptrischen Kunstproducten und den sie erzeugenden Vorrichtungen vorkommen: so hätte man allerdings mehr Grund zu der Befürchtung, dass dieses Unternehmen an den Schwierigkeiten der Ausführung vielleicht scheitern werde. Allein diess ist keineswegs hier der Fall. Vielmehr kann sowohl AB und BC als auch CF und der Winkel φ Fig. 8 merklich kleiner oder grösser ausfallen, und von den beziehungsweise Werthen, nämlich von $AB = BC = 1''$, $7''2$; $CF = 2''$, $2''4$ und $\varphi = 39^\circ 6' 25''$ mehr oder weniger abweichen, ohne dass hiedurch ein merkbarer Nachtheil für den Erfolg zu befürchten stünde. Denn der so gewonnene Spiegel ist mit Berücksichtigung der oben erwähnten Correctur und so lange nur AB und BC möglichst gleichlang gemacht werden, noch immer ein Stück eines vollkommenen Ellipsoids. Alles, was sich hierbei ändern würde, bestünde darin, dass die Vergrößerung nicht mehr genau die 10fache wäre, und dass der reflectirte und auffallende Strahl nicht mehr genau einen rechten Winkel einschliessen würden, — Abänderungen, die, wenn sie nicht allzubedeutend sind, gar nicht in Betracht gezogen zu werden verdienen, indem namentlich letztere sich durch eine geringe Verstellung des Objectivisches völlig beheben lässt. Anders würde sich alles diess verhalten, wenn der Schleifer normal auf den Spiegel einwirkte, wo schon die blosse unvermeidliche Abnützung desselben auf die Spiegelkrümmung einen entartenden und zerstörenden Einfluss ausüben muss, was hier gleichfalls völlig entfällt.

§. 14.

Wenn nun gleich die in den vorhergehenden Paragraphen geführten Betrachtungen einen bedeutenden Grad von überzeugender Kraft mir zu besitzen scheinen, und für mich wenigstens schon eine ziemliche Garantie für das Gelingen eines solchen Unternehmens darbieten: so will ich doch gerne zugeben, dass man noch immer einige Zweifel darüber hegen könne, ohne deshalb sich eben dem Vorwurfe, für fremde Argumentation unzugänglich zu sein, auszusetzen. Es ist mir daher sehr lieb, noch eine andere Gewährung für die Richtigkeit der wesentlichsten Punkte meines bisherigen Raisonnements ausfindig gemacht zu haben, welcher selbst ein Aristoteles, ist sie nur das, wofür sie sich ausgibt, seine volle Anerkennung nicht versagen würde; — ich meine nämlich die Erfahrung. — Ein hierortiger Freund und Kenner der praktischen Optik, Hr. J. Schön, hat schon vor mehreren Jahren eine, von der obigen durchaus und schon dem Principe nach verschiedene Schleifmaschine erdacht und ausgeführt, um Linsen und Spiegel mit Kegelschnittskrümmungen zu verfertigen. Er hat diese Vorrichtung in Hessler's encyklopädischer Zeitschrift, Jahrgang 1841, pag. 61 beschrieben, und in einem der nachfolgenden Bände dieser Zeitschrift, Jahrg. 1842, pag. 121, versucht er, einigen Einwüfen und Bedenken zu begegnen und durch Berufung auf die hierüber gemachten eigenen Erfahrungen zu entkräften, und es ist nur zu bedauern, dass seiner Schleifvorrichtung eben das zum grossen Nachtheile angerechnet wurde, was ihr im Gegentheile zufolge §. 11 und §. 12 zum grössten Lobe gereichen musste, während hingegen des Hauptfehlers seiner Maschine nicht einmal einer Erwähnung geschieht. Diesen Fehler hat

indessen diese Vorrichtung mit allen jenen gemein, bei welchen die rotatorische Bewegung dem zu schleifenden Glase oder Spiegel, die formgebende, in der Achsen-Ebene vor sich gehende dagegen einem davon unabhängigen Mechanismus übertragen wird, und der in der ausserordentlichen Schwierigkeit, wo nicht Unmöglichkeit besteht, mit Sicherheit und zureichender Genauigkeit die Rotationsachse des Schleifobjects mit der Achse der durch jenen Mechanismus repräsentirten fingirten Kegelschnittlinie zur Coincidenz zu bringen. Sowohl der Augenschein als auch Versuche zeigten, dass nicht nur wenigstens die zuletzt verfertigten Gläser von Streifen und Ringen gänzlich frei waren, sondern dass dieselben als Objectiv-Gläser bei Fernröhren und Mikroskopen gebraucht, nach Versicherung des Verfertigers die gehegten Erwartungen selbst noch übertrafen. Auch sollen sie sich mit Ausnahme der mittelsten Stelle des Glases, die bei einigen mehr, bei andern weniger sich fehlerhaft zeigte, auch bei einer genauern Untersuchung sich als tadellos erwiesen haben. Und diese Fehler führten, wer könnte daran wohl noch zweifeln, ganz offenbar von eben jener nicht ganz vollkommenen Centrirung des Glases her, die natürlich unter übrigens gleichen Umständen bei der Hyperbel am nachtheiligsten und bei der Ellipse am mindesten schädlich sich zeigen musste. — Es ist sehr wichtig für unsern Zweck, von ihm zu erfahren, dass er seine Gläser sowohl versuchsweise mittels einer stumpfen Spitze, als auch wie gewöhnlich mittels einer kleinen Fläche erzeugte, welche letztere, wie ich mich durch den Augenschein überzeugete, jedenfalls eine Quadratlinie an Grösse übertraf, da er sich der Randseite der nächst besten dicken Kupfermünze als Schleifschale zu bedienen pflegte. Die ehrenwerthe Persönlichkeit des Hrn. Schön aber hält jeden Zweifel bezüglich der Wahrheit dieser Angaben ferne.

Da die Möglichkeit anders wie sphärisch gekrümmte Flächen zu schleifen anderseits unmittelbar durch die Möglichkeit bedingt ist, mittels einer sogenannten physischen Spitze oder auch mittels einer Fläche, von der aber immer nur eine Stelle um die andere zum Angriff gelangt, und die also gleichfalls nur wie eine derlei Spitze wirkt: so ist endlich noch die Behauptung Amici's selber hiefür ein Zeugniß von höchstem Belange. Amici hat bekanntlich jederzeit behauptet, im Besitze der Kunst zu sein, elliptische Spiegel zu schleifen, hat jedoch sein Verfahren niemals bekannt gemacht. Das Wort eines solchen Mannes, unterstützt noch überdiess durch die Vortrefflichkeit und ausgezeichnete Güte seiner Instrumente lässt wohl keinen Zweifel darüber aufkommen, dass sich dieses in der That auch so verhalte, und bei der Bestimmtheit seines Ausspruchs bleibt selbst auch kaum mehr der letzte Ausweg offen, nämlich anzunehmen, er habe damit eigentlich nur ein angenähertes indirectes Schleifverfahren gemeint. Und so scheint es denn zu Folge dieser ausführlichen theoretisch-praktischen Beleuchtung dieses hochwichtigen Gegenstandes im hohen Grade wahrscheinlich, dass auf dem bezeichneten Wege und durch die in Vorschlag gebrachte Schleifvorrichtung elliptische Spiegel verfertigt werden können.

Gesetzt aber, es würde alles von §. 8 an bis hierher über die Möglichkeit, elliptische Spiegel zu erzeugen, Gesagte irrig und unhaltbar, die gehegten Hoffnungen also als voreilig und unbegründet befunden, — kurz man wäre sofort vor wie nach auf die blosserzeugte von sphärischen und Plan-Spiegeln beschränkt: so müsste gleichwohl der hier ge-

machte Vorschlag zu einer verbesserten Construction der katoptrischen Mikroskope der Hauptursache nach noch immer als ausführbar erkannt werden. — Diess wird sich ganz augenscheinlich aus dem Inhalte des nächstfolgenden Paragraphs ergeben.

§. 15.

Betrachtet man mittels eines gewöhnlichen sphärischen Spiegels *AB* Fig. 14 einen gewissen Gegenstand *G* in der Weise, dass die von dem Spiegel auffallenden Strahlen mit den von ihm reflectirten ins Auge gelangenden einen rechten Winkel einschliessen, so wird man Nachfolgendes gewahr werden. So lange der Gegenstand *G* eine solche Entfernung von dem Mittelpuncte des Spiegels hat, dass das erzeugte physische Bild den Gegenstand an Grösse nicht übertrifft, so erblickt man immer nur ein Bild desselben, welches, wenn schon nicht mit dem unbewaffneten Auge, doch jedenfalls mittels einer vergrössernden Linse betrachtet, sich als ein in die Breite verzerrtes Abbild des Gegenstandes erweist. — Diese Verzerrung nimmt mit der Annäherung des Gegenstandes und der damit verknüpften Vergrösserung sehr rasch und dergestalt zu, dass jenes Bild sich endlich sogar in 2, 3 und mehrere Bilder auflöst, die fast immer eine mehr oder weniger strahlenförmige Stellung zu einander einnehmen. Diese Verzerrung des Bildes und die Auflösung in mehr andere rührt ganz augenscheinlich daher, dass selbst gänzlich abgesehen von dem Fehler, welcher durch die Substituierung des sphärisch gekrümmten Erzeugungsbogens *AB* für einen elliptischen nothwendig herbeigeführt werden muss, — bei einem Spiegel, welcher wie hier unter einem rechten Winkel zu wirken hat, die Rotationsachse von dem Krümmungsdurchmesser wesentlich verschieden sein muss, oder mit andern Worten, dass in diesem Falle die Umdrehung nicht um den Durchmesser, sondern um eine Sehne zu geschehen hat, und die Erzeugungsfäche demnach auch nicht der Halbkreis, sondern ein Kreissegment vorstellt. — Soll das Bild dem Gegenstande an Grösse bloss gleich kommen, so ist aus Fig. 15. ersichtlich, dass wegen: $e = b$; und $a^2 = b^2 + e^2 = 2b^2$ ist, und da der Krümmungshalbmesser für den zweiten Scheitel d. i. $q' = \frac{a^2}{b}$ ist, so findet man dafür in diesem Falle $q' = \frac{2b^2}{b} = 2b$. — Es zeigt sich demnach, dass die Höhe des Segments, d. i. *MP*, nur halb so gross sein dürfe, wie der Krümmungshalbmesser *MO* für den Mittelpunct des Spiegels *M*. — Kein Wunder daher, wenn Verzerrungen, ja durch die Wirkung der Seitenpartien des Spiegels sogar mehrfache Bilder des Objectes entstehen. — Will man, wie in dem frühern Falle, einen Theil der Vergrösserung schon dem Spiegel übertragen, so hat man statt der Scheitelpartie, wie vorhin, einen andern Theil des Ellipsoids, wie z. B. Fig. 17 *AMB* als Spiegel zu benützen, daher man für den Punct *M* den Krümmungsradius sowohl seiner Grösse als Lage nach zu bestimmen hat. Während sich daher in diesem Falle die Schleifschale um den Punct *O* dreht, ist die Ebene des Erzeugungsbogens selber um die Rotationsachse *SS'* drehbar, und man sieht leicht, dass in diesen beiden Fällen die Schleifschale von jeder beliebigen Grösse sein kann, ja grösser selbst als der Spiegel selber. — Die Schleifvorrichtung für diese beiden Fälle ist im höch-

sten Grade einfach und bedarf bei der Hinweisung auf die Fig. 16 und Fig. 18 kaum noch einer weitem Erläuterung. Bei ersterer ist $ab = bc$, bei letzterer, wenn in Übereinstimmung mit unserm früher berechneten Beispiele eine 10fache Vergrößerung beabsichtigt wird, ist: $OR = 2'' \cdot 59$ und $\omega = 39^\circ 6' 25''$. — Die Ausführbarkeit derartiger Spiegel kann denn doch wohl kaum mehr bezweifelt werden, und der Fehler, welcher von der Substituierung der Sphäricität statt der Ellipticität herrührt, wird um so unmerklicher, je bedeutender bei sich gleichbleibender Apertur die absoluten Dimensionen der Krümmung werden.

§. 16.

Nach einer so ausführlichen den katoptrischen Mikroskopen gewidmeten Untersuchung dürfte es bei der so nahen Verwandtschaft der katoptrischen Teleskope mit den Mikroskopen nicht eben unangemessen erscheinen, mit wenigen Worten und gleichsam nur in beiläufigen Umrissen derjenigen wesentlichen Vortheile zu gedenken, welcher selbst auch die Spiegelfernrohre durch Adoptirung dieses Constructionsprincips sich zu erfreuen haben werden. Wenn ich mir nun gleich die genauere Erwägung dieses Gegenstandes für eine demnächstige Bearbeitung vorbehalte, so dürften doch wohl schon die folgenden Bemerkungen zureichen, um die Wichtigkeit dieser Verbesserungen auch hier schon in das gehörige Licht zu stellen. — So wie bei der Ellipse, so scheint man nämlich auch bei der Parabel bei Bestimmung der Abweichung von dem in gewisser Beziehung allerdings zu rechtfertigenden Grundsatz ausgegangen zu sein, die Abweichung der von verschiedenen Spiegeltheilen kommenden Strahlenbündel, oder vielmehr deren Vereinigungspuncte von dem in der Achse liegenden, der eigentlichen Scheitelregion zugehörigen Brennpuncte nach ihrer Längen- und Breitendifferenz zu bestimmen, — und man hält folgerecht diejenigen Partien des Spiegels für die vollkommeneren, für welche selbst bei etwas schief einfallenden Strahlen diese beiden Abweichungen kleiner ausfallen. So lange man ein für allemal nur die Scheitelpartie als Spiegel zu benützen entschlossen ist, ist eine derartige Behandlung jedenfalls eine ganz geeignete. Sobald man aber zu der viel allgemeineren Untersuchung und Beantwortung der Frage schreitet, welche Partie einer Rotationsfläche die für Spiegel zu optischem Gebrauche tauglichste sei, hat man natürlich nicht mehr jene Längen- und Breitenabweichungen insgesamt auf den Achsenstrahl, sondern einzelnweise auf die betreffenden Mittelpunctsstrahlen zu beziehen, und man wird mit Recht diejenige Partie für die vollkommenste halten, bei welcher für gleichweit entfernte Stellen diese am geringsten sind. — So kann es also geschehen, dass z. B. Fig. 19. die Abweichungen des Spiegels aSb , bezogen auf dessen Mittelpunctsstrahl SU , grösser sind, wie des gleichgrossen Spiegels AMB rücksichtlich seines Hauptstrahls MK . — Diese letztere Annahme ist nichts weniger wie eine unmögliche, ja sie ist zu Folge einer ganz ähnlichen Betrachtungsweise, wie sie im §. 5. durchgeführt wurde, vielmehr eine im höchsten Grade wahrscheinliche, da die Gruppen der physischen Bilder in der Richtung MK eine geringere Diffusion zeigen, wie jene des gleichgrossen Spiegels aSb längs der Achse SU . — Da der Parameter bei jeder Parabel auf dem Achsenstrahle senkrecht

steht mit der ihm entsprechenden Tangente dagegen einen Winkel von 45° macht, so würde das betreffende Teleskop eine äussere Construction, wie in Fig. 20. erhalten, wo bei *ab* nur eine kurze Ansatzröhre zur Abhaltung des störenden Nebenlichtes und in *O* das Oculare angebracht erscheint. Vor dem Newton'schen, Gregory'schen und Cassegrain'schen Teleskopen hat das hier erwähnte unstreitig den Vorzug einer vermehrten Lichtstärke wegen der nur einmaligen Reflexion und einer grössern Präcision ihrer Bilder, wegen der geringern Abweichung. — Hier ist der Ort zu bemerken, dass man es auch bei der Anwendung des Paraboloids als Brenn- und Beleuchtungsspiegel in allen mir bekannt gewordenen Fällen hierin versah, welches ihrer Wirksamkeit bedeutenden Eintrag thun musste, und bei Beleuchtungsspiegeln für Mikroskope um so mehr Berücksichtigung verdient, als der allgemeinen Erfahrung zufolge bei diesen alles Licht, welches nicht unmittelbar zur Erleuchtung der Objecte verwendet wird, immer die Deutlichkeit beeinträchtigt. Diess ist aber jedesmal dann der Fall, wenn wie in Fig. 29. mittels der direct auf den parabolischen Spiegel auffallenden Sonnenstrahlen Verbrennungsversuche vorgenommen, oder wie beim Mikroskope, Gegenstände durch dieselben von einer seitwärts liegenden Lichtquelle erleuchtet werden sollen. Hier liegen demnach weder die auffallenden Sonnen- oder Lichtstrahlen *SSS'*, noch auch der Focal-Raum in der Achse der Parabel, wie diess doch bei einem Spiegel, der dem Scheitel derselben entspricht, nothwendig vorausgesetzt werden muss. Ein soleher Brenn- und Beleuchtungsspiegel wird daher auch nie das zu leisten vermögen, was er leisten soll und leisten kann, wenn ihm die dem Curventheile *AMB* Fig. 19 entsprechende Krümmung gegeben wird. Geschieht diess nicht, so leidet er an einer höchst bedeutenden seitlichen Verzerrung und sofortigen Schwächung des Brennraums. (Man vergleiche übrigens damit §. 15.) — Nach diesen absehweifenden Bemerkungen kehren wir wieder zu unserm Hauptgegenstande zurück.

Bei der Vergleichung des Mikroskops mit dem Teleskope dringen sich noch die beiden folgenden Fragen auf: erstlich, sind es die Mikroskope oder die Teleskope, welchen der Vorzug einer grösseren Wichtigkeit zuerkant werden muss? — und sodann, sind es diese oder jene, welche in Folge der Eigenthümlichkeiten ihres Baues und mehr noch wegen der Beschaffenheit ihrer Beobachtungsobjecte eine grössere Aussicht auf eine noch weiter zu treibende Perfectibilität darbieten?? — Der Beantwortung dieser wichtigen Fragen seien sofort die beiden nächsten Paragraphe gewidmet.

§. 17.

Die Entscheidung der Frage, welches von zwei oder mehren Bestimmungsobjecten unter gewissen Umständen den Vorzug verdiene, ist selbst auch für den Physiker und Naturforscher überhaupt mit oft nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft. Untersucht man diese etwas genauer, so findet man sie fast immer in einer gewissen unlöslichen Disparität der Vergleichungsobjecte begründet. In dem gegenwärtig vorliegenden Falle trifft diess glücklicher Weise nicht ein. Denn niemand nimmt einen Anstand, die Mikroskope als

Teleskope für nahe Gegenstände gelten zu lassen, und hinwieder die Fernröhre für Mikroskope entfernter Objecte. Ist doch in der That ihr Constructionsprincip selber das nämliche. Nun hält man aber allgemein, wie durch ein stillschweigendes Übereinkommen, ein gewisses Etwas für um so wichtiger, auf je mehre und mannigfaltigere Dinge es sich unter übrigen gleichen Umständen bezieht, in einer je nähern Beziehung eben diese Dinge zu unserm physischen Wohle, und zu unserer geistigen Entwicklung als Bildungsmittel stehen, und endlich je grösser die Aussicht und je begründeter die Hoffnung ist, dass sich durch eine hierdurch vermittelte glückliche Enthüllung der betreffenden Beobachtungsobjecte, neue Gebiete des menschlichen Wissens aufschliessen und in segensreicher und fruchtbringender Entwicklung gedeihen werden.

Der vorzüglichste, wichtigste, wo nicht einzige Gebrauch sehr grosser und sehr stark vergrössernder Fernröhre und Teleskope, um die es sich hier doch zunächst handelt, ist unstreitig derjenige, den die Sternkunde von ihnen zu machen weiss. Wie hoch man aber auch die erhabenste menschliche Doctrin, die Astronomie setzen möge, und wie in gleichem Masse werth zu achten daher auch das raumdurchdringende Auge derselben, das Fernrohr nämlich, ist: dennoch muss letzteres dem Mikroskope gegenüber bei einer strengern Prüfung bezüglich ihrer relativen Wichtigkeit unterliegen. Denn wer wollte es wohl in Abrede stellen, dass die uns so nahe, so unmittelbar umgebende Welt im Kleinen die kosmischen Gebilde an Mannigfaltigkeit, Verschiedenartigkeit und Vielheit fast unendlichmal übertrifft; dass die uns umgebende Natur einen ohne allen Vergleich grössern Einfluss auf unser physisches Wohl und Wehe ausübt, als die so viele tausend Meilen weit von uns entfernten Gestirne des Himmels; und dass wir, was selbst den Einfluss auf unsern Geist und auf die moralische Erquickung unseres Gemüths anbelangt, den wir dem Fernrohre in der Hand des Astronomen verdanken, die erhebenden und staunenswürdigen Aufschlüsse und Belehrungen, die wir jetzt schon, und wie sehr erst in nächster Zukunft, dem Mikroskope zu schulden haben werden, würdig zur Seite stellen können. — Und wenn die Astronomie, wie sich ein deutscher Genius ausdrückt, dem Menschen ein erhabenes Herz gibt, und ein Auge, das über die Erde hinausreicht, und Flügel, die in die Unermesslichkeit heben, und einen Gott, der nicht endlich, sondern unendlich ist: so steht der Mikroskopie eine Zukunft bevor, in der man von ihr wird sagen können, dass sie unser Gemüth durch Blicke in das geheimnissvolle Innere der Natur mit heiliger Bewunderung erfüllt, aber zugleich auch mit jenem geläuterten Glauben, der uns in dem Wirken der kleinsten Atome denselben allmächtigen Willen erkennen lässt, dem zufolge die Welten sich bewegen. — Denn wer vermag wohl all' die Folgen auch nur zu ahnen, die aus einer sehr bedeutenden Verbesserung und Vervollkommnung der bisherigen Mikroskope sich ganz unzweifelhaft ergeben müssten. Wer kann es auf sich nehmen, alle jene Räthsel aufzuzählen, zu deren Lösung uns vorzugsweise die Mikroskopie behilflich sein wird. — Was würden nicht schon der Physiologie und Anatomie, und durch sie der praktischen Medicin, der Botanik und vielleicht auch der Mineralogie zum wenigsten durch eine genauere Kenntniss der Structur der Körper für Erweiterungen, Belehrungen und Berichtigungen bevorstehen? — Selbst die Chemie, die Lehre von der Wärme, dem Lichte und jene des Schalls etc., so sehr sie auch derartigen Unter-

suchungen ferne zu stehen scheinen, würden kaum ganz leer an wissenschaftlichem Gewinne dabei ausgehen! — Es scheint demnach kaum bezweifelt werden zu können, dass den Mikroskopen eine noch ungleich höhere und wichtigere wissenschaftliche Mission geworden ist, als den Teleskopen und Fernröhren. — Bei einer so grossartig sich gestaltenden Aussicht auf wissenschaftlichen und selbst praktischen Gewinn, lässt sich die Beantwortung der weitern Frage, rücksichtlich der Möglichkeit einer nochmaligen bedeutenden Verbesserung dieser Instrumente, nicht mehr hintanhaltend.

§. 18.

Man kann mit gutem Grunde die Frage aufstellen, ob die Fernröhre oder ob die Mikroskope von ihrem gegenwärtigen Zustande an gerechnet einer grössern Vervollkommnung fähig sind? Denn die Eigenthümlichkeiten und doch theilweise Verschiedenheit ihres Baues und ihrer Beobachtungsobjecte kann gar wohl ein weiteres Fortschreiten hierin bei der einen Classe von Instrumenten als sehr möglich erscheinen lassen, das bezüglich der andern Apparate als unthunlich sich erweist. Aber auch diese Frage muss, bringt man selbst die in gegenwärtiger Abhandlung in Vorschlag gebrachten, wie ich vermeine, eben nicht unwesentlichen Verbesserungen gänzlich in Abschlag, auf das bestimmteste zu Gunsten der Mikroskope entschieden werden. Es wird sich diess am einfachsten aus Nachfolgendem ergeben. Vorers^t muss bemerkt werden, dass der Anfertigung sehr grosser Teleskope, d. i. solcher, welche das Herschel'sche und Ross'sche an Grösse noch bedeutend übertreffen sollen, fast unübersteigliche Hindernisse in den Weg treten. Mag man deren Ausführung gleichwohl noch für möglich halten, für möglicher wenigstens jedenfalls, wie Refractoren von gleicher Kraft, so wird man doch zugeben müssen, dass schon der blosse fehlerfreie Guss von 5'—6' im Durchmesser haltenden Spiegeln mit fast unglaublichen Schwierigkeiten verknüpft ist. Da man ihnen doch eine angemessene Dicke geben muss, so wiegt die hiezu verwendete Metallmasse wohl 30, 40 und mehr Centner. Welche Vorkehrungen man aber auch beim Gusse treffen mag, so ist eine so bedeutende Masse geschmolzenen Metalls immer doch nur einer langsamen Abkühlung fähig und bedarf hierzu einer um so längern Zeit, je grösser sie ist. Es ist aber durch vielfache Versuche ermittelt, dass die Güte des Spiegelmetalls, d. i. dessen Reflexionsvermögen in directem Verhältnisse zur Compactheit desselben steht, diese aber von der Schnelligkeit der Auskühlung und der hiedurch bewirkten Zerstörung des krystallinischen Gefüges abhängt. Es gibt also eine gewisse Grenze, von wo an, wegen zunehmender Verschlechterung des Metalls, eine Vergrösserung des Spiegels keine weitere Zunahme der Helligkeit oder Vermehrung der Lichtintensität mehr bewirkt, wiewohl man eben diese vorzugsweise hiedurch bezweckt. — Bekanntlich aber ist Mangel an Lichtstärke eine der gewöhnlichsten Klagen von Seite derjenigen, die mit stark vergrössernden terrestrischen wie astronomischen Fernröhren umzugehen haben. Nun können wir aber die Beobachtungsgegenstände der Fernröhre nicht wie jene der Mikroskope nach Belieben mehr oder weniger stark beleuchten, sondern müssen sie nehmen, wie sie nun einmal sind. Sollen sie nicht gar für uns unsichtbar werden, so muss die wirksame Öffnung des Spiegels

oder vielmehr die Wirkung desselben eine gewisse Grösse erreichen, und da diese nach Obigen an eine gewisse nicht überschreitbare Grenze gebunden ist: so erscheint jede darüber hinausgehende beabsichtigte Vergrösserung als unerreichbar, und die diese bezweckende Dimensions-Vermehrung des teleskopischen Hauptspiegels als völlig nutzlos. Grössere Teleskop-Spiegel aber aus kleineren Metallstücken zusammensetzen (vielleicht der einzige noch zum Ziele führende Ausweg) gibt anderen fast nicht geringeren Bedenklichen und Befürchtungen Raum. Auch darf man für nicht gering die Schwierigkeiten ansehen, sogar grossen Spiegeln durch Schleifen eine fehlerfreie Form zu geben. Und wie weit man es auch in der Montirung der mathematischen und physicalischen Instrumente immer gebracht hat, gewiss ist doch, dass auch sie mit zunehmender Grösse jedenfalls unbehilflicher und weniger bequem wird. — Dieses und manches Andere scheint sofort zu dem Schlusse zu berechtigen, dass man bereits in der Construction der Fernröhre und Teleskope nahezu bei jener Grenze angelangt sei, von wo aus jeder selbst auch noch so kleine Fortschritt in der Construction dieser Instrumente mit ganz unverhältnissmässigen, menschliche Geduld und Zeit erschöpfenden Anstrengungen verbunden sein wird! — So wenigstens erscheint uns diese Sache, von dem Standpuncte des gegenwärtigen Zustandes der Wissenschaft und ausübenden Kunst aus betrachtet, und ich befürchte nicht, hinsichtlich dieses fast entmuthigenden Urtheils der Übertreibung beschuldigt zu werden.

Bei den Mikroskopen dagegen ist diess alles ganz anders. Ich will hier gar nicht einmal von denjenigen Verbesserungen sprechen, deren die Mikroskope durch Annahme des neuen Constructionsprinzips theilhaftig werden dürften, sondern will vorerst die ganze Aufmerksamkeit des Lesers auf den höchst wichtigen Umstand lenken, wie man nämlich durch eine bloss sehr bedeutende Dimensions-Vergrösserung derselben, selbst mit Beibehaltung der bisherigen jedenfalls mangelhaften Constructionsweise ganz Ausserordentliches zu leisten vermögen wird. Betrachtet und vergleicht man Amici's und der andern zwerghafte katoptrische Mikroskope mit Ross's und Herschel's Riesenteleskopen, so möchte man fürwahr fast glauben, es sei der ungemeine Abstand ihrer Grösse schon nun einmal so ihre Bestimmung, es erheischen diess ihr Constructionsprincip oder sonstige äussere Verhältnisse. — Allein von dem Allen findet sich keine Spur. Vielmehr leuchtet es Jedermann ein, man mag Spiegel mit Kegelschnittskrümmungen voraussetzen, oder dafür sphärische substituiren, dass man es hier wie dort mit denselben Schwierigkeiten zu thun habe. Denn es ist um nichts schwieriger, grosse Objectivspiegel für Mikroskope anzufertigen als für Teleskope. Nebst den ungemein wichtigen Vortheilen, welche den Mikroskopen durch eine verbesserte Construction und durch eine möglichst weit getriebene Vergrösserung zufließen, haben sie vor den Teleskopen noch andere voraus, die in der Eigenthümlichkeit ihrer Objecte ihren Grund haben. Vorerst ist es bei den Mikroskopen, wie gross sie auch sein mögen, gestattet, sie völlig standfest und immobil zu bauen, da man nicht genöthigt ist, sie nach den Objecten, sondern umgekehrt, diese jenen gemäss einzustellen, was jederzeit sehr leicht geschehen kann. Endlich gestatten die Beobachtungsgegenstände bei Mikroskopen eine künstlich verstärkte Beleuchtung durch concentrirtes Sonnen-, Tages- oder Lampenlicht, wodurch die Möglichkeit einer vermehrten

Vergrößerungskraft bei gleicher Dimension des Objectivspiegels oder bei Verkleinerung desselben ein höherer Grad von Präcision, bei gleicher Vergrößerung bedingt wird. Auch ist selbst schon die Modification des Beleuchtungsgrades nach dem individuellen Bedarf des Beobachters ein Vorthail, der nur diesen Instrumenten allein zukömmt. — Während demnach die Teleskope bereits nahezu bei jenem Punkte ihrer möglichen Vollendung angelangt zu sein scheinen, wo sich nach dem dermaligen Zustande der Wissenschaft und ausübenden Kunst ihrer weitem Vervollkommnung Schritt für Schritt immer neue unübersteiglichere Schwierigkeiten entgegenstellen, haben dagegen die Mikroskope bis zu gegenwärtigem Augenblicke sich in einer fast allzubeseidenen Entfernung von diesem Zustande möglicher Vollendung gehalten. Aber eben desswegen muss ihnen auch bezeugt werden, dass sie einer sehr bedeutenden Vervollkommnung noch fähig sind, durch Mittel, die für die gegenwärtige praktische Optik noch recht wohl erschwinglich sind.

§. 19.

Nachdem in beiden vorhergehenden Paragraphen nachgewiesen wurde, wie erstlich ohne allen Vergleich wichtiger die Vervollkommnung der Mikroskope ist, als jene der Fernröhre, und sodann, wie eine solche nicht etwa durch erst zu erprobende neue Methoden, — nein, wie sie selbst schon durch die gewöhnlichen bisher im Gebrauche stehenden Mittel, wenigstens theilweise sich hätte erreichen lassen, — kann man nicht anders als sich sehr darüber wundern, dass man nicht schon lange einer so hochwichtigen Angelegenheit die verdiente Aufmerksamkeit geschenkt hat. Auf allen bedeutenden Punkten unserer bewohnten Erde, die als Sitze der Cultur uns bezeichnet werden, oder die auch nur der Gesittung überhaupt zugänglich sind, von Upsala bis zum Cap, von Rio bis Sydney allerwärts findet man Uraniens Tempel oft mit königlicher Munificenz errichtet und mit den kostbarsten Instrumenten ausgerüstet. München sendet seine Riesen-Refractoren in alle Welt, und Herschel der Vater und Herschel der Sohn haben allen ihren Scharfsinn, all' ihre Geduld und ihren gesammten Fleiss aufgeboden, die allerlichtschwächsten Himmelsobjecte durch die concentrirende Macht ihrer Instrumente noch zur Wahrnehmung zu bringen. Indem ich diese Worte niederschreibe, ist in dem Lande der grossartigsten Unternehmungen, in dem Geburtsorte der fruchtbarsten wissenschaftlichen Conceptionen, in England nämlich, Sir John Ross, ein würdiger Nacheiferer weiland Herschels d. ä., beschäftigt mit der Anfertigung und Aufstellung eines alle früheren an Grossartigkeit weit übertreffenden Riesen-Teleskops. Nirgends dagegen findet man für den andern uns noch näher liegenden, für uns noch ungleich wichtigeren Theil der Naturforschung, für die Mikroskopie, auch nur eine vereinzelte derartige Anstalt vor. Der Ort, wo das erste katoptrische Riesen-Mikroskop, oder wie man dieses zu Folge der weiter unten zu gebenden Beschreibung noch passender benennen könnte, wo das erste mikroskopische Observatorium stehen wird, muss erst gefunden werden! — Man wende nicht ein, dass ja derselbe Zweck durch die in neuerer Zeit wieder häufiger in Gebrauch gekommenen Sonnen- und Lampen-Mikroskope erstrebt werde. Abgesehen davon, dass die genannten Instrumente weit näher dem Megaloskop und der Zauberlaterne, wie dem eigentlichen Mikro-

skope stehen, zu dem sie sich verhalten, wie die *Camera obscura* zum Fernrohre, sind sie noch dormalen mit grossen Unvollkommenheiten behaftet, deren Behebung eine ganz ähnliche Umgestaltung ihrer Construction erheischt, wie das im gegenwärtigen Aufsatze bezüglich der eigentlichen Mikroskope geschehen ist. Bis dahin aber ist wohl wenig Hoffnung vorhanden, dass der eigentlichen Wissenschaft ein grosser Gewinn durch sie zufließen wird. — Woher, so möchte man in Verwunderung fragen, kömmt diess, da es sich doch dabei um eine offen daliegende Wahrheit handelt, die den Naturforschern unmöglich entgangen sein konnte? — Ich gestehe unverhohlen, dass ich diese Frage auf eine mir selbst vollkommen genügende Weise nicht zu beantworten weiss. Vielleicht aber ist sie dahin zu beantworten, dass man das Bedürfniss stark vergrössernder Mikroskope erst in neuerer Zeit besonders lebhaft fühlte, wo man bereits die katoptrischen Mikroskope, die sich doch hiezu fast allein eignen, zur Seite gelegt hatte; — dass man es für unbequem halten mochte, den Objectivtisch in allzuweite, für den Beobachter nicht mehr erreichbare Entfernung gerückt zu sehen, ohne zu erwägen, dass dieser unbedeutende Übelstand unendlichmal durch die Leistungen eines solchen Instrumentes und durch andere Bequemlichkeiten aufgewogen werde, es auch überdiess dabei, was wohl zu bemerken ist, nicht darauf abgesehen sein kann, die Mikroskope von jetzt gebräuchlicher Grösse für den gewöhnlichen Gebrauch entbehrlich zu machen. — Vielleicht auch hat es theilweise darin seinen Grund, dass, so wie die Teleskope in den Händen der Astronomen, so die Mikroskope vorzugsweise nur im Gebrauche der Anatomen, Physiologen und Botaniker und überhaupt derjenigen sind, die sich mit dem beschreibenden Theile der Naturforschung befassen, und die ihre volle Aufmerksamkeit andern nicht minder wichtigen Gegenständen zuwendend, den theoretischen Betrachtungen über die zweckmässigste Construction der Mikroskope mehr ent-rückt sind, als dieses bezüglich der Fernröhre bei den Astronomen der Fall sein dürfte. Endlich darf wohl auch nicht unerwähnt bleiben, dass insbesondere bei einer Adoptirung der in dieser Abhandlung ausführlich besprochenen Construction der katoptrischen Mikroskope die Möglichkeit, ja selbst relative Leichtigkeit der Ausführung, so wie die Überschwenglichkeit der hiedurch zu erreichenden Vortheile erst recht deutlich in die Augen springen. — Ich erlaube mir gleichsam im Rückblick auf das bisher Gesagte und zur bessern Übersicht desselben zu bemerken, dass sich diese meine neue Constructionsweise von der bisher üblichen wesentlich darin unterscheidet, dass sie statt zwei Spiegeln nur einen gebraucht; dass dieser nicht senkrecht, sondern schief auf dem Achsenstrahle steht, und endlich nicht die Scheitelregion der grossen Achse, sondern irgend einen andern Theil des Rotationsellipsoids vorstellt.

§. 20.

Es mag sich aber dabei mit Obigem wie immer verhalten, so ist doch so viel gewiss, dass hierin jedenfalls eine sehr starke und beredete Aufforderung liegt, das Versäumte zum Nutzen der Wissenschaften und selbst des gemeinen Lebens ohne weitem Aufschub sofort

nachzuholen. — Ohne deshalb einem gediegenern anderweitigen Urtheile vorgreifen zu wollen, möge es mir gestattet sein, meine diessfallsigen Ansichten über die Einrichtung eines solchen stabilen katoptrischen Riesen-Mikroskops in flüchtigen Unrissen hier niederlegen zu dürfen.

Ein solches mikroskopisches Observatorium hätte nach meiner Ansicht im Wesentlichen aus nachfolgenden Bestandtheilen zu bestehen:

Fig. 1. stellt ein einstöckiges Gebäude vor, welches bei einer beabsichtigten dem Objectivspiegel aufzuerlegenden unmittelbar 20maligen linearen Vergrösserung eine Länge von beiläufig 40° , jedoch nur eine nothwendige Breite von höchstens 5° Grad zu haben brauchte, bei einer Höhe von 24 — 30 Fuss. — *A* ist das Zimmer mit dem Objectivische *dc*, auf welchem das Object *o* sich befindet. Es muss gegen Süden liegen, und ausgerüstet sein mit allem Nöthigen zur Beleuchtung opaker sowohl, wie transparenter Gegenstände, sei diess durch concentrirtes Sonnen- und Tageslicht, oder durch eine Hydrooxygengas-Flamme. Daher der Heliostat *pq* mit der Sammellinse *r*, die Gasröhre *h* mit dem parabolischen Reflector *fg*. — Ich erlaube mir hier zu bemerken, da die so wünschenswerthe Beleuchtung mittels stark concentrirten Sonnenlichtes, soll diese bedeutend weit getrieben werden, bisher an dem hohen Hitzgrade des Focalraums scheiterte, indem, wie die Erfahrung beim Sonnen-Mikroskope es herausstellt, diese sich selbst bis zur Verflüchtigung des als Object dienenden Körpers steigern kann. Ich glaube jedoch ein ganz untrügliches, im höchsten Grade einfaches und leicht ausführbares Mittel angeben zu können, das Sonnenlicht mit Absonderung fast ihrer sämtlichen Wärmestrahlen bis auf's Äusserste zu concentriren. Indem ich mir die Besprechung dieses Mittels für eine andere Gelegenheit vorbehalte, glaube ich doch erwähnen zu müssen, dass ich darunter keineswegs eine prismatische Zerlegung und nachherige Zusammensetzung mit Ausscheidung der bloss wärmenden Strahlen verstanden wissen will, noch auch dabei die Wärme absorbirende Eigenschaft der sogenannten diathermanen Medicin zu benützen gedenke. — *D* ist ein Präparaten- und Präparationszimmer und *J* das Laboratorium zur Erzeugung des Hydrooxygengases mit den Gasometern *HH*, aus denen dasselbe durch die suterrainen Röhren *h*, durch *D* nach dem Focalzimmer *A* geleitet wird. — *B* ist das Zimmer, wo der elliptische Spiegel *bc* unter einer Neigung von 45° befestigt und mit Correctionsschrauben versehen ist; *uv* ist eine hinreichend grosse runde Öffnung in der als erstes Diaphragma dienenden Wand. — Die Grösse des Spiegels dürfte, je nach Massgabe seiner Vollkommenheit auf 2' Länge und 14' Breite und vielleicht darüber angenommen werden. Die Focaldistanz *en* dagegen ist 12 Fuss. — *F* ist ein langer vollkommen finsterner Gang, innerhalb welchem nöthigenfalls noch in *xy* ein zweites Diaphragma zur Abhaltung der äussersten Strahlen angebracht werden kann. — *C* ist das eigentliche Observationszimmer mit der Ocularröhre *a*. — *E* ist ein Besprechungszimmer und *G* die Wohnung für den Custos, Präparateur oder Laboranten des Observatoriums. Es möge den ausschliesslich mit diesem Gegenstande sich Beschäftigenden überlassen bleiben, zu entscheiden, ob nicht die Einstellung des Gegenstandes gänzlich durch das Oculare soll bewerkstelligt werden, und ebenso die Verrückung des Gesichtsfeldes, so dass sofort der zu untersuchende Gegen-

stand bloss an den, ein für allemal bestimmten und genau ausgemittelten Ort des Objectiv-Tisches, als Focus des ellipsoidischen Spiegels, zu bringen wäre, alles Weitere der Beobachter in *C* auszuführen sich in dem Stande sähe. Würde man darauf einzugehen nicht für gut finden, so müsste entweder durch eine leicht ausführbare mechanische Vorrichtung die Verbindung zwischen dem Beobachter in *C* und dem Objectivtische in *A* nach seiner dreifach nothwendigen Bewegung hergestellt, oder durch eine Sprachröhre die Wünsche des Beobachters nach *A* hin übermittleit werden. Die anfängliche und angenäherte Ermittlung der beziehungsweise Lage von *bc* gegen *O*, und von *a* gegen *n* geschieht durch Benützung der gefundenen Rechnungsresultate. Da es aber insbesondere von der allergrössten Wichtigkeit ist, den Focus *o* gegen *bc* mit der möglichst grössten Schärfe zu bestimmen, so wird man auch noch zu einem directen auf Versuche sich stützenden Verfahren seine Zuflucht zu nehmen haben, gestützt auf die Wahrheit, dass man jenen Punct *o* für den wahren Brennpunct zu halten hat, für welchen in der Nähe von *a* die präzisesten Bilder von in *o* befindlichen Gegenständen entstehen. Ist die genauere Lage von *o* einmal bestimmt, so kann die von *a* leicht dadurch mit der nöthigen Schärfe ermittelt werden, dass man in den Focus höchst feine Quecksilber-Kügelchen bringt, diese durch concentrirtes Sonnenlicht möglichst stark erleuchtet, und ihr Bild bei *a* mittels eines durchscheinenden Schirmes aufsucht, was ohne Schwierigkeit geschehen kann. — Da man nun für so präzise und stark erleuchtete optische Bilder leicht einen Ocular-Einsatz von 1000facher Vergrösserung wird in Anwendung bringen können, so folgt hieraus eine lineare Vergrösserung von wenigstens 20,000 oder eine Flächenvergrösserung von voraussichtlich mehr als 400 Millionen Mal. — Die Überschwenglichkeit der sich herausstellenden Vorzüge eines solchen mikroskopischen Observatoriums wird es entschuldigen, wenn wir diese zur bessern Übersicht unter nachfolgenden Gesichtspuncten zusammenfassen.

1. Müssen diesem Riesen-Mikroskope, unter Voraussetzung der als möglich sich herausstellenden Verfertigung elliptischer Spiegel, alle jene schon im §. 7 aufgezählten ungemein wichtigen Vorzüge zugesprochen werden. Nebst diesen aber noch die nachfolgenden, die nicht minder beachtenswerth in den aussergewöhnlichen Dimensionsverhältnissen ihren Grund haben, und zwar:

2. Geben die Objecte wegen ihrer relativen Kleinheit im Vergleiche mit ihrer Entfernung von dem Spiegel ausserordentlich präzise und ungemein scharfe physische Bilder, und gestatten daher auch eine ungeheure bis jetzt noch nicht gesehene Vergrösserung.

3. Sind sie einer ungewöhnlichen Erleuchtung sowohl durch Sonnen- als Hydroxygengaslicht fähig.

4. Können selbst Körper von sehr bedeutender Grösse, z. B. Theile lebender Thiere, ja selbst solche eines gesunden oder kranken Menschen in ihren Lebensäusserungen der mikroskopischen Untersuchung unterzogen, und so vielleicht der ärztlichen Diagnose hilfreiche Dienste geleistet werden.

5. aus gleichem Grunde sind sie auch nicht dem bisherigen Übelstande unterworfen, welcher darin besteht, dass sich bewegende Infusorien und andere bewegte Körperchen alle

Augenblicke verschwinden und wieder zum Vorschein kommen, oft aber kaum wieder aufgefunden werden können, überhaupt wegen ihrer Bewegung kein lang andauerndes Beobachten gestatten. Denn da hier eine Distanz-Änderung von etwa nur $\frac{1}{10}$ Linie gegen die Focallänge des Spiegels von 12 Fuss fast ganz verschwindet, so wird man auch das Object in diesem Falle fast immer gleich gut sehen;

6) darf es, wiewohl aus derselben Quelle fliessend, nicht minder als ein Vorzug hervorgehoben werden, dass man bei dem grossen Abstände vom Spiegel und bei den sonstigen Räumlichkeiten Experimente jeder Art, physikalische, chemische etc. im Focalraume mit aller nur möglichen Bequemlichkeit vornehmen kann.

7) endlich scheint noch folgender Umstand einige Beachtung zu verdienen. Wenn wir mit dem unbewaffneten Auge irgend einen Gegenstand recht genau ansehen und betrachten wollen, so pflegen wir sehr häufig, ja meistens, gewöhnlich aber unbewusster Weise, denselben etwas zu drehen, wodurch wir statt einer einseitigen eine mehrseitige und eben deshalb eine vollständigere Ansicht desselben gewinnen, — ein Verfahren, wodurch viele Sinnestäuschungen, veranlasst durch falsches Licht, Schatten etc., hintangehalten werden. Diess lässt sich bei unserm mikroskopischen Observatorium, falls es wünschenswerth erscheint, mit der grössten Leichtigkeit durch einen einfachen Mechanismus am Objectivische erreichen.

§. 21.

Solche Observatorien, in den bedeutendsten Haupt- und Universitäts-Städten Europas errichtet, könnten nicht verfehlen, auf das rascheste Emporblühen der verschiedenen, das menschliche Wohl so naheberührenden Naturwissenschaften, den wohlthätigsten Einfluss auszuüben. Und würden wir auch nicht, wie Newton wohl zu kühn prognosticirte, selbst schon bei einer 3000 — 4000maligen Vergrösserung gleichsam die constituirenden letzten Körpermolekel selber erblicken, so ist doch das gewiss, dass eigens diesem Gegenstande gewidmete wissenschaftliche Zeitschriften des reichsten und interessantesten Stoffes nicht entbehren würden. Damit solche mikroskopische Anstalten aber auch den vollen Nutzen stifteten, müsste dafür Sorge getragen werden, dass sie zugänglich und disponibel blieben für alle, deren regem Eifer die nöthige wissenschaftliche Bildung zur Seite steht.

Nach dem Gesagten bleibt nun nur noch das letzte mögliche Bedenken zu beseitigen übrig, nämlich, ob der Bau der beiden in Fig. 8 und Fig. 18 dargestellten Schleifvorrichtung, angewandt auf Spiegel von so grossartigen Dimensionen, in der Ausführung nicht neuen Schwierigkeiten unterliegen werde. Ich glaube mit aller Bestimmtheit dieses verneinen zu können, muss jedoch die Motivirung dieses Urtheils, da sie diese Abhandlung über die Gebühr ausdehnen würde, vorläufig für mich behalten. So viel kann hier angeführt werden, dass sich diese Hoffnung einestheils darauf gründet, dass ich ein ungemein leichtes und dennoch hinreichend festes Material für die Maschine angeben zu können glaube, anderntheils, dass sich selbst der Überschuss des Gewichtes bei der in etwas abgeänderten Stellung und Adjustirung des die Hauptachse vorstellenden Maschinenbestandtheils durch eine passend angebrachte Balancirung und Equilibrirung, soweit dieses wünschenswerth erscheint, beheben lässt.

§. 22.

Die merkwürdigen Irrthümer, in welche Newton und Euler bei ihren optischen Untersuchungen verfielen; die Schwierigkeiten, welche Clairaut und d'Alembert und viele andere vortreffliche Mathematiker bei ihren mühsam geführten Rechnungen und Raisonnements schon vor Euler fanden, — endlich die harten Proben von Geduld und ausharrendem Fleiss, denen sich Herschel d. ä., John Hadley, Short, Jacob Gregory, Cassegrain, Frauenhofer, Schröter von Lilienthal und andere mit der ausübenden Optik sich befassende Gelehrte bei ihren Arbeiten zu unterziehen hatten, sind wohl ganz dazu geeignet, ein gerechtes Misstrauen gegen eigene und fremde neue Ansichten und Versuche auf diesem so schwierigen Gebiete des menschlichen Wissens zu erwecken und zu aller nur immer möglichen Vorsicht aufzufordern. Ich bin von dieser Überzeugung allzusehr durchdrungen, als dass ich glauben könnte, ich hätte im vorliegenden Falle überall und jeden Orts das Richtige getroffen. Ist es nur der Hauptsache nach wahr, und gebe ich sofort nur eine Veranlassung zu weiteren Untersuchungen, so halte ich mich für die kleine Mühe, die vorliegenden Gedanken mitgetheilt zu haben, reichlich belohnt. Damit diess um so sicherer geschehe, habe ich nur noch nachfolgende Schlussbemerkungen beizufügen.

Bei Abhandlungen nämlich, die Gewissheiten, Wahrscheinlichkeiten und blosser Vermuthungen und Wünsche enthalten, läuft man leicht Gefahr, das Kindlein mit dem Bade verschütten zu sehen. Wo diess geschieht, da liegt der Fehler zumeist darin, dass man die verschiedenartigen Bestandtheile derselben dem Leser nicht hinreichend klar vor Augen gelegt hat. Es wird daher Entschuldigung finden, wenn ich dieser meiner Verpflichtung mit wenigen Worten hiermit nachkomme.

Für eine ausgemachte Gewissheit halte ich es, dass man schon durch ein nach grossartigen Dimensionen construirtes katoptrisches Mikroskop der bisherigen Art, nämlich mit doppelter Reflexion sehr bedeutende Erfolge erzielen wird. — Für höchst wahrscheinlich halte ich es, dass man nicht bloss den ersten Scheiteltheil eines Ellipsoids, sondern auch gleichgütig, ja vielleicht noch besser, jeden andern Theil desselben zu optischen Spiegeln benützen könne, und hat es damit seine Richtigkeit, so scheint es mir sodann wieder gewiss zu sein, dass sich durch Befolgung des neuen Constructionsprinzips alle die dort aufgeführten Vortheile müssen erreichen lassen, vorausgesetzt, dass der mechanischen oder künstlerischen Ausführung der elliptischen Spiegel keine unübersteiglichen Hindernisse entgegenstehen. Was aber diesen letzten Punct anbelangt, so glaube ich dargethan zu haben, dass die Möglichkeit einer annäherungsweise Bearbeitung fast gar keinem Zweifel unterliegt, die genaue elliptische wenigstens in einem hohen Grade wahrscheinlich ist. — Von Wünschen aber dürfte ich hier wohl noch den aufführen, dass der hier angeregte und zur Sprache gebrachte wichtige Gegenstand von den Physikern, Naturforschern, Optikern und Ärzten sofort in ernstliche Überlegung gezogen werden möchte.



Fig. 1.

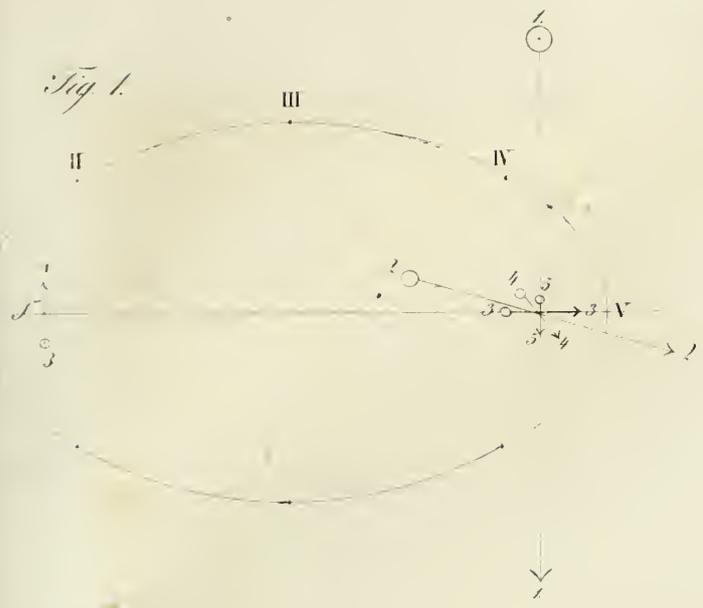


Fig. 2.

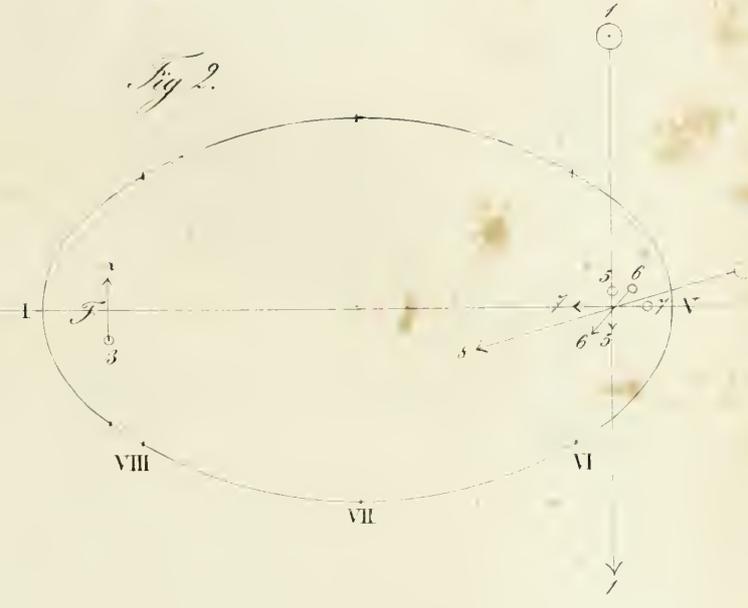


Fig. 3.

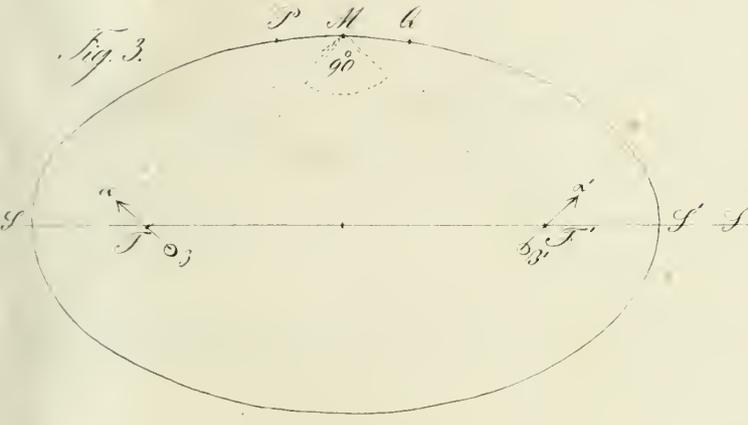


Fig. 4.



Fig. 5.

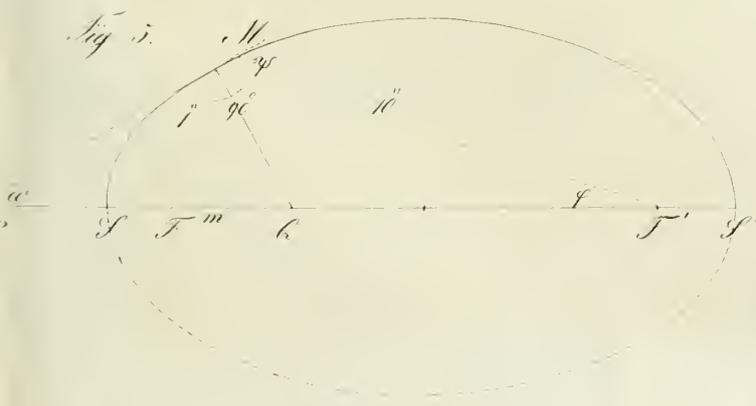
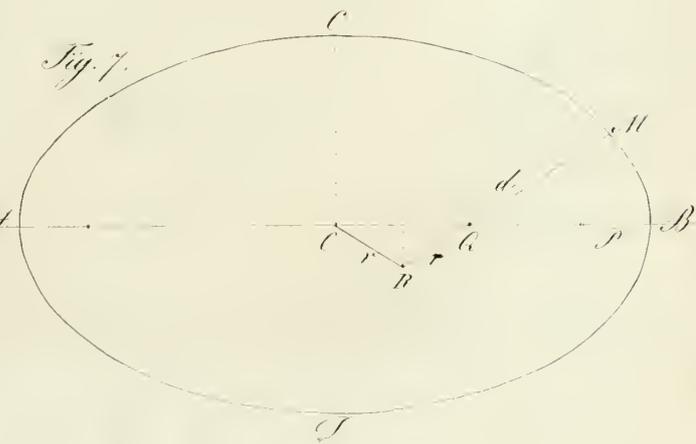
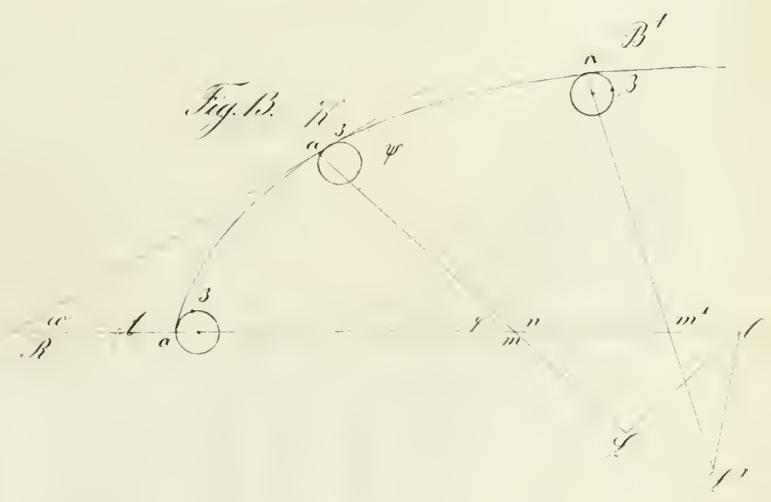
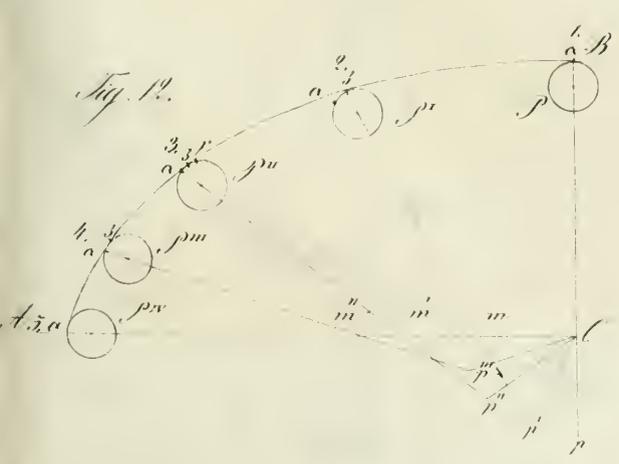
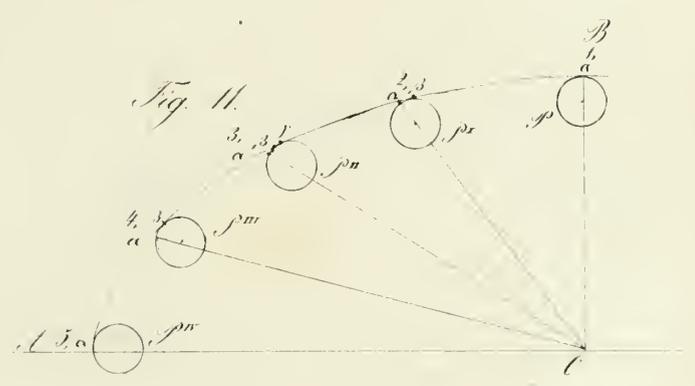
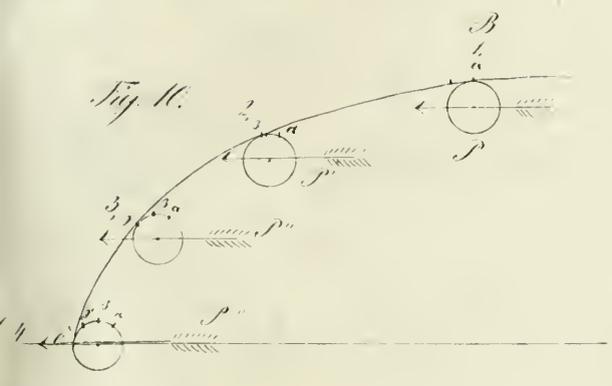
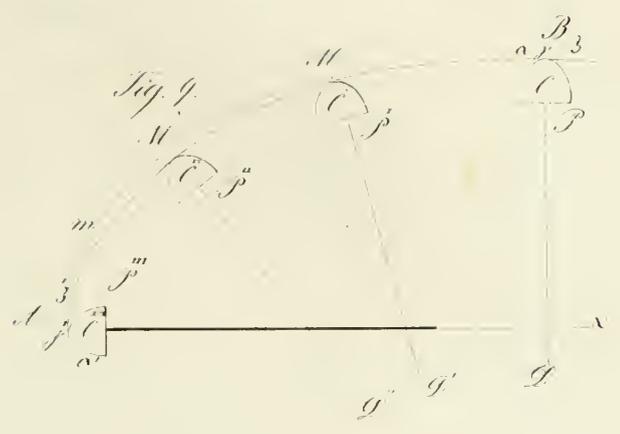
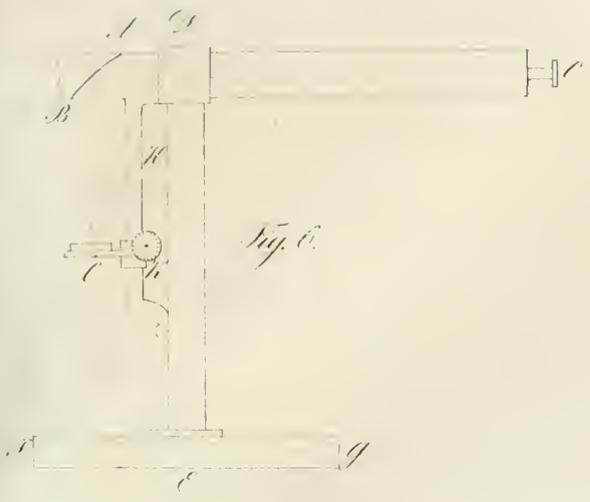
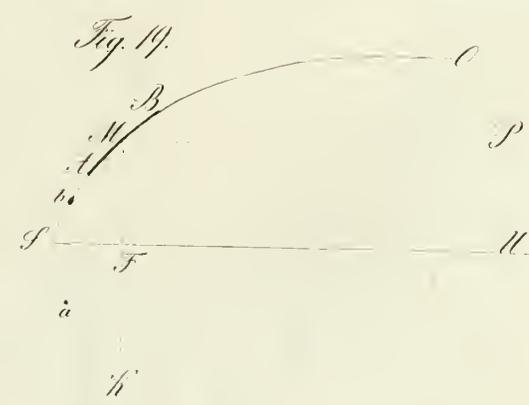
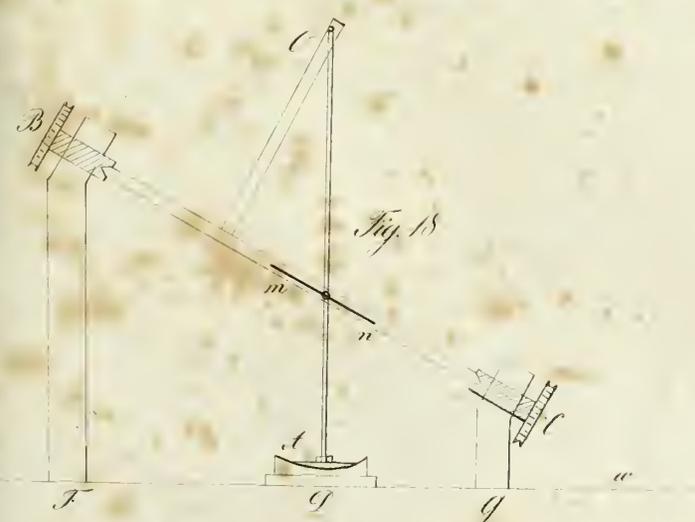
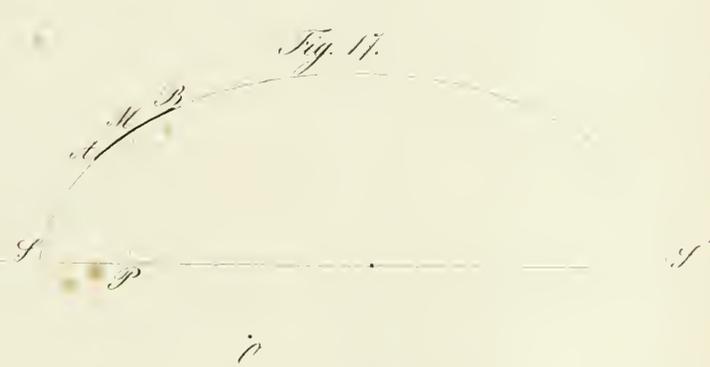
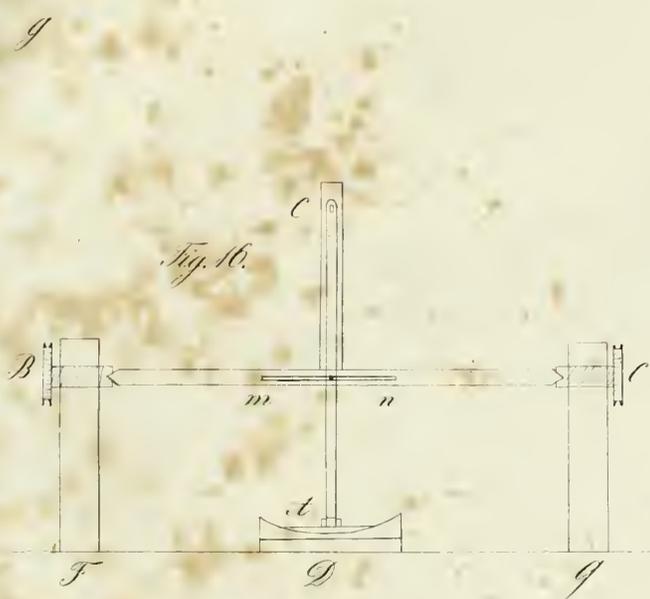
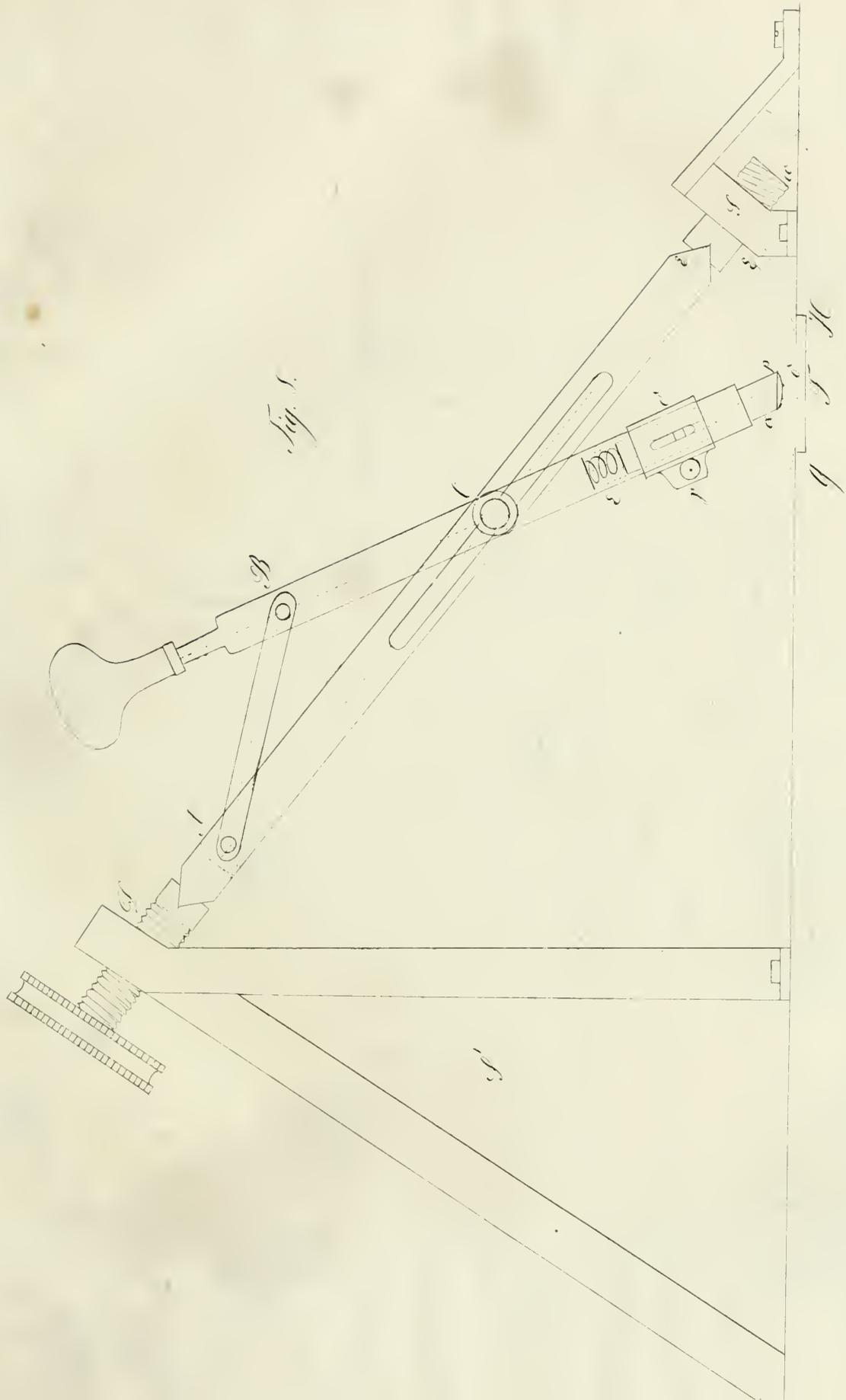


Fig. 7.









Plate

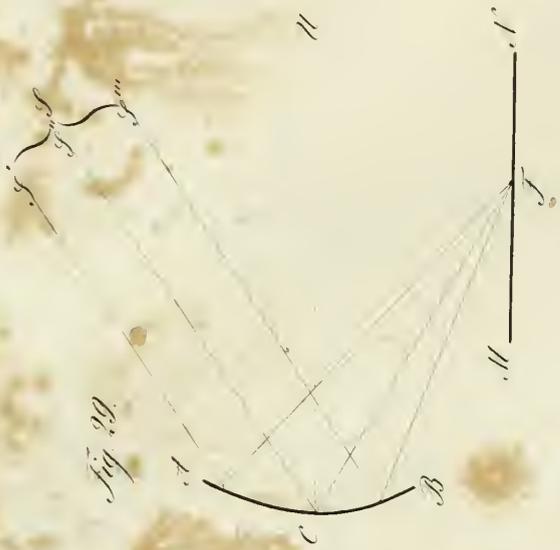


Fig. 20.

Fig. 22.

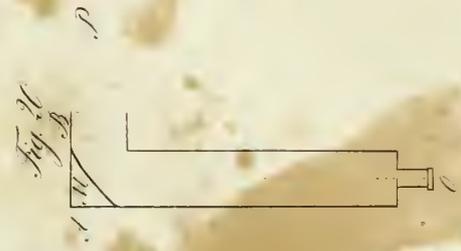


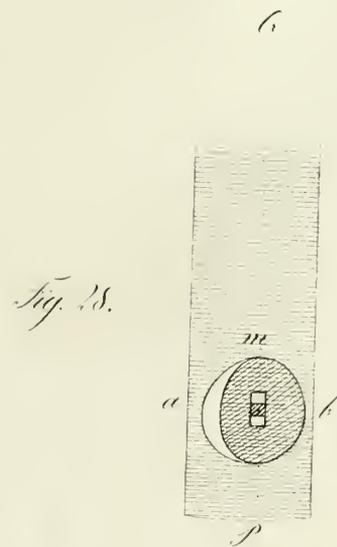
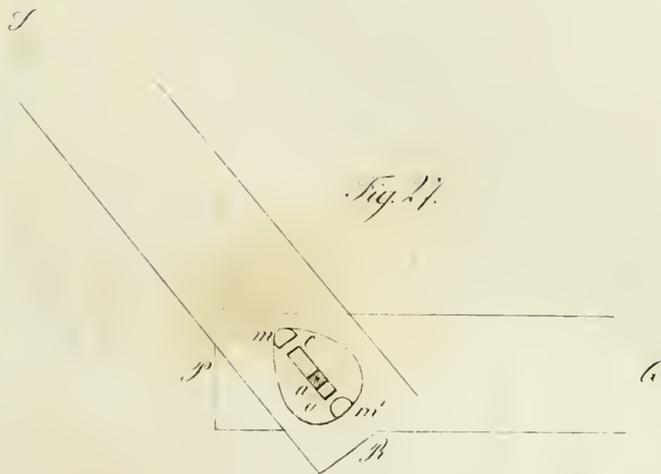
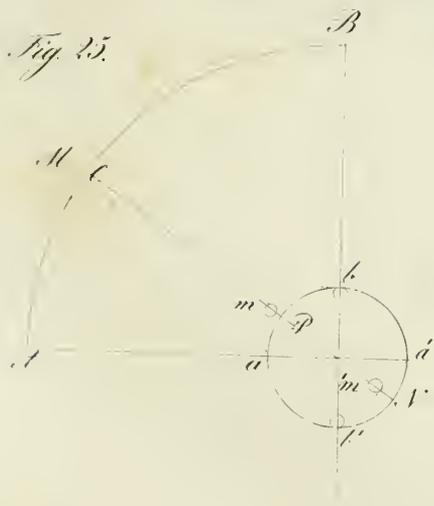
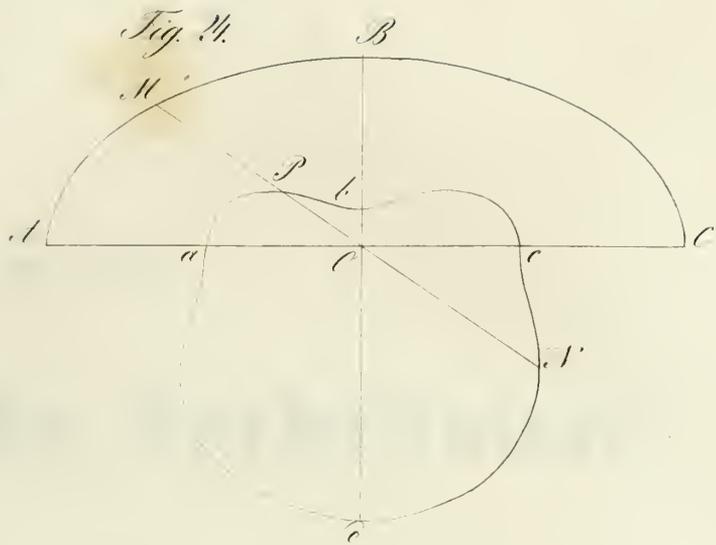
Fig. 21.

Fig. 24.



g





ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der königl.- böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften](#)

Jahr/Year: 1847

Band/Volume: [5_4](#)

Autor(en)/Author(s): Doppler Christian Andreas

Artikel/Article: [Über eine wesentliche Verbesserung der katoptrischen Mikroskope 91-128](#)