Neue Untersuchungen
über die
Polarisations-Erscheinungen
der Krystalllinsen
des
Menschen und der Thiere
von
G. Valentin.

Die Beobachtungen, welche ich hier mittheile, bilden die Fortsetzung einer früheren Studienreihe, deren Hauptergebnisse an einem andern Orte*) kurz angedeutet wurden. Diese neuen Erfahrungen führten zur Erkenntniss einzelner Erscheinungen, die weitere Anwendungen in mehrfacher Hinsicht gestatten. Sie belehren über Eigenthümlichkeiten des Baues, welche die gewöhnliche mikroskopische Untersuchung gar nicht oder unvollkommen anzeigt. Man stösst auf einzelne optische Verhältnisse, von denen ein Theil kein Parallelstück in der unorganischen Natur hat, ein anderer dagegen nur als seltene Ausnahme in den doppeltbrechenden Krystallen vorkommt.

*) Grundriss der Physiologie. 4. Aufl. Braunschweig 1855. 8. S. 457—459.

§. 1. Die frische Linse.

Bringt man die Krystalllinse des frischen Auges eines Menschen, oder eines Wirbelthieres in ein Gefäss mit planplanem Glasboden, und füllt das Ganze mit Wasser so weit an, dass man einen ebenen, den höchsten Punkt der Linse überragenden Flüssigkeitsspiegel erhält, so sieht man in der Regel ein dunkles Kreuz*) mit hellen Zwischenquadranten bei senkrechter Stellung der Polarisationsebenen der Nicol.

Dieses Bild lässt sich noch auf einem anderen Wege zur Anschauung bringen. Man legt eine frische Linse des Menschen, des Pferdes oder des Rindes in ein mit ebenem Boden versehenen Glasnäpfchen, dessen Seitenwände niedriger, als die Linsendicke sind, bestreicht den Rand mit einer Mischung von Wachs und Unschlitt, und drückt eine ebene Glasplatte so auf, dass das Ganze luftdicht schliesst und die Linse oben und unten Planflächen bekömmt. Sie bewahrt dann ihre Durchsichtigkeit Wochen lang in dieser feuchten Kammer und zeigt dabei ebenfalls die Kreuzfigur mit grosser Deutlichkeit in dem dunklen Gesichtsfelde.

Man untersucht am Besten die kleineren Linsenpraeperate unter dem Mikroskope. Die grösseren lassen ihre Polarisationsbilder erkennen, wenn man die zur Convergenz der Strahlen passendste Entfernung des freien Auges vom Analysator aufgesucht hat.

Es ist nicht immer möglich, das Kreuz der frischen Linse zur Anschauung zu bringen. Man stösst auf Fälle, in denen man es zuerst nicht sieht, später, wenn sich die Linse unter dem Einflusse des Wassers getrübt hat, bemerkt und es endlich in der Folge bei

*) C. v. Erlach in Müllers Archiv 1847. Taf. XVII. Fig. 17. (Kalb.) Fig. 19. (Meerschweinchen.) Grundriss der Physiologie Taf. I. Fig. 5. (21jähriger Mann.)

noch stärkerer Undurchsichtigkeit des Praeparates von Neuem vermisst. Die Arme desselben reichen bisweilen im Anfange minder weit hinaus, als nachher. Sie sind in manchen misshandelten Linsen nur paarweise verbunden, ohne im Mittelpunkte zusammen zu stossen.

Diese Erfahrungen, die man an den verschiedensten Thierlinsen häufig macht, erklären die Erscheinungen, welche die Menschenlinsen darzubieten pflegen. Nimmt man sie aus einem drei bis vier Tage alten Leichname, so haben sie häufig denjenigen Trübungsgrad erreicht, der sich zur deutlichen Erkenntniss der Kreuzfigur am besten eignet. Frischere Linsen von Selbstmördern dagegen müssen oft erst einige Zeit im Wasser liegen, um genügende Bilder zu liefern. Viele ältere Linsen endlich eignen sich gar nicht zur Untersuchung der Polarisationserscheinungen.

So deutlich das dunkle Kreuz bei rechtwinkliger Stellung der Polarisations Ebenen der beiden Nicol ist, so unbestimmte Bilder zeigen sich meistens bei hellem Gesichtsfelde. Man sollte hier ein durchsichtiges Kreuz an der Stelle des früheren dunkeln erhalten. Die Zwischenquadranten müssten undurchsichtiger bleiben. Die Lichter und die Schatten sind aber so unbestimmt, dass man meist keine genügende Anschauung gewinnt oder selbst nur zwei helle und zwei dunkle Felder*) in der ganzen Linse wahrzunehmen glaubt. Schloss man hieraus, dass die optischen Wirkungen der Säugethierlinsen, nicht denen eines doppelbrechenden Körpers, sondern denen eines Plattensatzes einfacher Ablenkungskörper entsprechen**), so beweisen die Bilder, welche die mässig getrübbten und vorzugsweise die, welche die präparirten Linsen bei jeder Stellung der Nicol geben,

*) C. v. Erlach a. a. O. Taf. XVII. Fig. 16 u. 18.

**) C. v. Erlach a. a. O. S. 374.

die doppeltbrechenden Eigenschaften des festen Rückstandes der Krystalllinsen.

Versenkt man die Linse eines frisch getödteten Frosches, die ein nur unvollkommenes Kreuz unter Wasser liefert, in Terpentinöl, so erscheint oft zuerst das Kreuzbild vollständiger und deutlicher. Dieser Vortheil geht aber nach längerem Aufenthalte der nicht getrockneten Linse in jener Flüssigkeit verloren. Das Kreuz erhielt sich ungefähr zwölf Stunden lang in feinem Baumöl, das durch Ausfrieren fast farblos geworden war. Verdünnte Essigsäure, Lösungen von Klee-säure, Kochsalz, Salmiak, Chlorealcium, phosphorsaurem Natron, Milchzucker oder Rohrzucker, sehr wässriger Weingeist, Leinöl und Glycerin wirkten meist schädlich. Eine dunkel-weingelbe Lösung von Chromsäure trübte die Linse so rasch und durchgreifend, dass gar kein Kreuzbild darzustellen war. Die Nutzlosigkeit aller dieser Reagentien bestätigte sich in den Linsen der verschiedensten Fische, der Frösche und der Kaninchen.

Wässriges Ammoniak kann die Durchsichtigkeit und das Kreuz in einer Linse, die durch kurzen Aufenthalt in Weingeist oder Kleesäurelösung getrübt worden, für einige Zeit herstellen. Die Ammoniaklösung oder verdünnte Essigsäure beseitigen dagegen nicht die stärkeren Grade der Undurchsichtigkeit, welche durch Chromsäure, oder andere der oben erwähnten Reagentien erzeugt worden.

§. 2. Präparationsverfahren.

Die frischen Linsen haben höchstens ein bis zur Peripherie reichendes Kreuz; nicht aber die schönen isochromatischen Ringe, wie sie Platten einachsiger Krystalle, die senkrecht auf die optische Achse geschliffen sind, bei dem Gebrauche weissen Lichtes darbieten.

Thomas*) hat sich daher ein wesentliches Verdienst dadurch erworben, dass er Dorschlinsen darstellte, die das Kreuz und die Farbenringe bei hellem und dunklem Gesichtsfelde auf das Schönste angaben**). Die Linsen wurden von ihm zuerst getrocknet und dann längere Zeit in Oel gesotten, das bis zum Kochpunkt des Wassers erwärmt war. Die auf diese Art bereiteten Präparate, von denen ich mehrere durch Czermak erhalten habe, besitzen eine grau-gelbliche bis gelbe Farbe und gehören zu dem Vorzüglichsten, das man auf diesem Gebiete erreichen kann.

Meine Bemühungen waren vorzugsweise dahin gerichtet, wo möglich ein Verfahren zu finden, das sich auf alle Arten von Linsen anwenden liesse. Es zeigte sich hierbei als durchgreifende Norm, dass die Krystallinsen von Wasserthieren z. B. von Cephalopoden und Fischen die mannigfaltigsten Behandlungsweisen besser ertragen, als die von Landgeschöpfen.

Die erste unerlässliche Vorbereitung besteht in dem Eintrocknen der Linsen. Je allmählicher dieses geschieht, um so besser gerathen die Präparate. Die Versuche, die Wasserentziehung in geschlossenem Raume über Schwefelsäure oder Chlorcalcium vorzunehmen, die Linse mit dem letzteren Salze, oder mit Kochsalz zu bestreuen, führten desshalb nur zu unglücklichen Ergebnissen. Ich kann auch das schnelle Erhärten in höherer Temperatur aus dem gleichen Grunde nicht empfehlen. Ein allmähliges, recht langsames Austrocknen bei 8°–20° liefert die besten Präparate. Gelungene Fischlinsen können dann ohne Weiteres zu planplanen

*) Brücke in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie. Bd. VI. 1851. S. 286 u. 287. Thomas in der Prager Vierteljahrschrift. Jahrgang XI. Prag 1854. 8. Bd. I. ausserordentliche Beilage. S. 7.

**) Grundriss der Physiologie. Taf. I. Fig. 1 u. 2.

Platten oder zu Würfeln auf einem feinen Schleifsteine verarbeitet werden. Die im Wasserbade vorgenommene Digestion in Oel, machte nur einzelne Fischlinsen durchsichtiger, hatte dagegen keinen wesentlich fördernden Einfluss auf andere Exemplare.

Das Eintrocknen bildet einen gefährlichen Vorgang für die frischen Linsen der Landthiere. Sie schrumpfen häufig sehr ungleich zusammen, werden rissig und sind deshalb nicht mehr zu gebrauchen. Diese Unglücksfälle kommen besonders am Ende des Eintrocknens vor. Der Ochse, der Hund, der Bär, zum Theil das Kaninchen, vorzüglich aber die verschiedenen Arten der Ratten und der Mäuse geben verhältnissmässig noch die günstigsten Präparate. Die Linsen der Menschen springen sehr häufig und zerbröckeln nicht selten, so wie man sie mit dem Messer, der Feile oder dem Schleifstein zu behandeln sucht. Viele werden so undurchsichtig oder in ihrer Masse so ungleich, dass man sie gar nicht mehr gebrauchen kann. Terpentinöl, das sonst aufhellend wirkt, ist hier häufig ohne allen Einfluss, oder macht selbst z. B. die Linsen von Neugeborenen trüber, als sie früher waren.

Da die meisten störenden Risse erst dann eintreten, wenn die schon ziemlich lufttrockene Linse ihren letzten Rest von Wasser zu verlieren anfängt, so rettet man viele Präparate, vorzugsweise der Säugethiere, wenn man die planplanen Platten, oder die Würfel früher anfertigt, als die äusserste Grenze des Trocknungsprozesses eingetreten ist. Ein zweites Sicherungsmittel vor zerstörenden Sprüngen besteht darin, das man das ganze Auge und nicht die herausgenommene Linse an der Luft trocknet.

Alle Versuche, die frischen, noch mit Wasser durchtränkten Linsen mit Baumöl, Leinöl oder Terpentinöl zu kochen, das Wasser auf diese Art zu verdrängen und

durch eine jener Flüssigkeiten zu ersetzen, missglückten gänzlich. Weder die später getrockneten, noch die in denselben Oelen aufbewahrten Präparate lieferten irgend genügende Bilder.

Die Behandlung mit Aether führte zu befriedigenden Ergebnissen. Liess man frische Linsen des Kaninchens oder des Frosches einige Tage in Schwefeläther liegen, so trübte sich ihre Rindenschicht. Das Innere behielt aber noch einen gewissen Grad von Durchsichtigkeit. Gelang es die Präparate glücklich zu trocknen, so gaben die planplanen Platten des Frosches sehr scharfe Kreuze und selbst einzelne Farbenringe. Die des Kaninchens zeigten beide mit hinreichender Deutlichkeit.

Trocknet man die Linsen eingesalzener Häringe und schleift sie dann parallel planplan, so liefern sie ein deutliches Kreuz in dem dunklen Gesichtsfelde, man mag sie in Glycerin oder in Canadabalsam aufbewahren. Das Gleiche gelingt mit den Linsen gekochter Fische, wie des Hechtes, der Quappe, des Rochns und dgl.

Diese Erfahrungen führten mich auf den Gedanken, ob man nicht die Linsen von Thieren, die in Weingeist aufbewahrt worden, zu Polarisationspräparaten gebrauchen könnte. Der Erfolg übertraf die Erwartungen, die ich mir gemacht hatte. Die Linsen der Wasserthiere nehmen auch hier den ersten Rang ein. Man wählt am besten Exemplare, die Monate oder Jahre lang in gewöhnlichem, keineswegs gutem Weingeist gelegen haben, und lässt sie an der Luft vollständig trocknen. Sie werden dabei braungelb bis braunschwarz, und besitzen in der Regel eine undurchsichtige Rinde und einen helleren Kern. Es kommt in Einzelfällen vor, dass sich Sprünge erzeugen, oder das Ganze zu undurchsichtig ist und sich nicht durch Canadabalsam, Glycerin oder einen mehrwöchentlichen Aufenthalt in Terpentinöl auf-

hellen lässt. Präparate, die diesen Klippen entgangen sind, liefern die schärfsten dunkeln Linien und die brennendsten Polarisationsfarben.

Die grössten, wie die kleinsten Linsen führen hier zum Ziele. Die hiesige anatomische Sammlung besitzt z. B. eine planplane Platte der Linse von *Lepidoleprus tachyrhynchus* vom 14 bis 15 Mm. Durchmesser, die ein achtfaches Ringsystem bei einer Dicke von 6 bis 7 Mm. zeigt. Ein fünffaches findet sich an einem Linsenwürfel von *Chimaera monstrosa*, dessen Basis einem Quadrate von 7 Mm. Grundlinie entspricht. Ebensoviel Ringe besitzt andererseits ein Schliff von *Torpedo Galvanii* von kaum 2 Mm. Durchmesser, und 1 bis 2 Mm. Dicke.

Ich habe vergleichungsweise Linsen von frischen Quappen (*Lota vulgaris*) und solchen, die länger als acht Jahre in Weingeist gelegen haben, zu Polarisationspräparaten benutzt. Die Letzteren gaben noch schönere Bilder, als die frischen Linsen, obgleich sich diese schon durch ihre lebhaften Farben auszeichneten. Platten letzterer Art brachten es auf 5 bis 6, solche aus Weingeist-Linsen dagegen auf 7 bis 8 Ringe bei gleicher Dicke. Frische Linsen des Barsches (*Perca fluviatilis*) gaben in dieser Hinsicht nur $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{6}$ der Ringzahl von Linsen, die in Weingeist gelegen hatten. Man wird nicht sobald farbige Ringe, sondern höchstens ein Kreuz in den frischgetrockneten Linsen des Frosches erzielen. Präparate von Weingeistlinsen unseres gewöhnlichen Frosches (*Rana esculenta*) und der indischen Kröte (*Bufo asper*) zeigten schöne isochromatische Ringe. Der gleiche Vortheil wiederholte sich im Allgemeinen für die Linsen der Vögel, der Säugethiere und des erwachsenen Menschen. Nur die des Neugeborenen und die der Mäuse machten hier eine vielleicht von Zufälligkeiten abhängende Ausnahme.

Die getrockneten Weingeistlinsen vertragen in der Regel nicht die Nachbehandlung mit Oel. Kocht man sie in dieser Flüssigkeit und setzt sie dann der Luft aus, so springen sie häufig oder werden undurchsichtiger.

Präparate, die sich beim Eintrocknen zu sehr getrübt haben, hellen sich hin und wieder auf, wenn sie eine Zeit lang in Terpentinöl gelegen. Kommen sie von Neuem an die Luft; so werden sie abermals undurchsichtig und oft, wie die Pferde- und Rindslinsen brüchig. Ein Ueberzug von weingeistiger Mastixlösung oder besser von Damarfirniss schützt sie vor diesem Unfall. Man gebraucht auch jene Firnisse am Besten für getrocknete durchsichtige Würfel, weil sie die Polaritationsfiguren weit deutlicher machen; ja oft erst klar hervortreten lassen. Die Aufbewahrung in Canadabalsam leistet die gleichen Dienste für planplane Linsenplatten. Ich muss dagegen vor der Anwendung des Copaivabalsams warnen. Ungefähr 20, zum Theil sehr schöne Präparate sind mir durch dieses Mittel zu Grunde gegangen. Gasblasen waren im Laufe weniger Monate in grosser Menge frei geworden. Ein eigenthümlicher Auflösungsprozess hatte sich eingeleitet. Die Linsenschliffe zeigen die Farbenringe am Prachtvollsten, wenn eine gelbliche oder weissgelbe halb durchsichtige bis undurchsichtige Kruste den durchsichtigern Innentheil umgiebt. Jene bildet bisweilen den Sitz aller, oder der lebhaftesten Farbenringe. Der Copaivabalsam hatte den peripherischen Theil so angegriffen, dass die Ringe nicht mehr wiedererschienen, wenn man selbst die gereinigten Platten unter Canadabalsam prüfte.

§. 3. Polarisationsfiguren und Richtung der optischen Achse.

Die meisten Linsenpräparate des Menschen, der Wirbelthiere und der Cephalopoden sind gross genug, um wenigstens die allgemeinsten Umrisse ihrer Polarisationsbilder, ohne Hilfe des Mikroskopes erkennen zu lassen. Bringt man eine Platte, oder einen Würfel in die Turmalinzange, so braucht man nur die nöthige, in der Regel ziemlich beträchtliche Entfernung vom Auge aufzusuchen, bei der das Kreuz und die Ringe deutlich erscheinen.

Wie eine senkrecht auf die optische Achse geschliffene parallel planplane Platte von Kalkspath, Quarz, Salpeter, Zucker oder ein rasch abgekühlter Glascylinder als Polariskop dienen kann, so kehrt das Gleiche für unsre sämtlichen Linsenpräparate wieder. Hält man eines derselben gegen den vollkommen klaren wolkenlosen Himmel und schaltet zwischen ihm und dem Auge ein Nicol oder eine Turmalinplatte ein, so sieht man die der Stellung des Analysators entsprechenden Polarisationsbilder mit grosser Deutlichkeit, obwohl schwächer, als wenn man einen Polarisator von Kalkspath oder von Turmalin gebraucht. Man kann sich auch auf diesem Wege überzeugen, wie nur der reine Himmel, nicht aber die Wolken beträchtliche Mengen polarisirten Lichtes in unser Auge senden. Die Polarisationssebene desselben lässt sich aus der erblickten Figur unter Berücksichtigung der Stellung des Analysators leicht bestimmen. Dreht man sich im Freien um die Längsachse seines Körpers herum, so wechselt die Lage der Figur mit der der Polarisationssebene und man kann die Orte der neutralen Punkte mit den thierischen Linsenpräparaten eben so gut ermitteln, als mit jedem andern Polariskope.

Der Gebrauch schwacher Vergrößerungen eines einfachen oder eines zusammengesetzten Polarisationsmikroskopes erleichtert die Untersuchung der Linsenschliffe in hohem Grade. Man hat dann nicht blos den Vortheil grössere und deutlichere Bilder zu erhalten, sondern auch unmittelbar die passendere Augenstellung zu gewinnen, wenn man zuerst den Focus auf die Oberfläche des Schliffes einrichtet und dann den Analysator aufsetzt. Nimmt man als letzteren eine Turmalinplatte, statt eines Nicol, so gewinnt man an Grösse des Gesichtsfeldes, verliert aber natürlich an Farbenreinheit der isochromatischen Ringe. Ein gutes Präparat muss übrigens schon deutliche, obgleich schwächere Figuren geben, wenn man das polarisirende Nicol hinweglässt und das Licht des wolkenlosen Himmels, durch den Mikroskopspiegel, den man ungefähr unter den Polarisationswinkel einstellt, zuleitet.

Ein vollkommenes Linsenpräparat liefert Bilder, wie eine senkrecht auf die optische Achse geschliffene planplane Kalkspathplatte, d. h. man hat bei dem Gebrauche weissen Lichtes ein dunkles Kreuz und isochromatische Ringe bei senkrechter, ein helles Kreuz mit complementären Ringfarben bei paralleler Stellung der Nicol und die acht Octanten bei einer Neigung der Polarisationssebene des Analysators von 45° . Es versteht sich von selbst, dass die Ringe sparsamer werden oder hinwegfallen, so wie man die Platte dünner schleift. Allein auch die Masse des Präparates übt natürlich in dieser Hinsicht einen wesentlichen Einfluss aus.

Die Linsen des Menschen und der Säugethiere haben in der Regel gar keinen oder wenige Ringe. Nur die des Bären machten eine Ausnahme hiervon. Die Ringe der Linsenplatten der Reptilien und der Fische reichen meist weiter nach innen, als jene oben erwähnte peripherische Kruste.

Die Würfel eignen sich natürlicherweise am Besten, die Verschiedenheit der Polarisationsfiguren, je nach den mannigfachen Durchgangsrichtungen des Lichtes durch die Linsenmasse nachzuweisen. Man stösst auch hierbei auf eigenthümliche Verhältnisse, die mit den einzelnen Thierklassen wechseln.

Schleift man sich einen Würfel aus einer passend präparirten Linse von *Chimaera monstrosa*, *Zeus faber*, *Gadus Callarias*, *Abramis Brama* oder *Lota vulgaris*, ohne auf die besondern Beziehungen zu achten, in denen die Begränzungsflächen zu den idealen Ebenen der Linse stehen, so sieht man ein dunkles Kreuz, oder zwei hyperbolische Büschel*) bei rechtwinkliger Stellung der Polarisations Ebenen der Nicol. Vollkommen kreisförmige oder aus verschobenen Quadranten bestehende Ringe oder auch unregelmässigere bogenähnliche Curven treten im Umkreise auf. Dieses Hauptbild ändert sich nicht wesentlich, es wechselt höchstens in den untergeordneten Verhältnissen, man mag, durch welches der drei Flächenpaare man wolle, hindurchsehen. Jede beliebige, aus einer solchen Fischlinse parallel planplan geschnittene Platte, die in allen Stellungen ein Kreuz und ununterbrochene Ringe giebt, lässt sich daher im Allgemeinen mit einer doppeltbrechenden einachsigen Krystallplatte vergleichen, deren Durchsichtsflächen auf der optischen Achse annähernd senkrecht stehen. Denkt man sich eine solche Fischlinse nahebei kugelförmig und aus concentrischen Schichten zusammengesetzt, und die Molecüle einer jeden dünnsten Lage so geordnet, dass die optischen Achsen in der Richtung aller möglichen Halbmesser dahingehen, so hat man den Schlüssel zur allgemeinen Erklärung jener eigenthümlichen Erscheinung. Jedes beliebig her-

*) Vergleiche schon Brewster in den *Philosophical Transactions*, For the Year 1816. London 1816. 4. p. 313.

ausgeschnittene Flächenpaar wird in der Mitte auf einer optischen Achse senkrecht stehen, und die übrigen um so weniger schief schneiden, je näher man sich der Mitte hält. Die Erscheinungen müssen von der Wirklichkeit insofern abweichen, als die Linse selbst keiner vollkommenen schaaligen Kugel entspricht. Eine ähnliche Einrichtung kommt, so viel ich weiss, in der unorganischen Natur nicht vor. Nur die entglasten Massen erinnern entfernt an sie.

Ein Würfel, den man aus der vorderen oder der hinteren Linse eines Cephalopoden-Auges geschliffen hat, verhält sich anders, als der einer solchen regelmässigen Fischlinse. Nur die Durchsicht durch die beiden Flächen, welche auf der Sehachse senkrecht stehen, giebt das gewöhnliche dunkle Kreuz mit den concentrischen Ringen bei senkrechten Polarisations Ebenen der Nicol. Jedes der beiden übrigen parallelen Flächenpaare eines Würfels, z. B. von *Loligo vulgaris*, lieferte mir das gleiche Bild, wie eine planplane parallel zur optischen Achse geschliffene Kalkspathplatte, d. h. vier in weissem Lichte farbige und in einfarbigem dunkle Hyperbelsysteme, deren Scheitel paarweise einander zugekehrt sind und einen rhombenähnlichen Raum zwischen sich lassen*). Drehte man den Würfel in seiner eigenen wagerechten Ebene herum, so ging auch hier die Lichtstärke der Hyperbeln nach je 45° abwechselnd in ein Maximum und ein Minimum über, und diese Erscheinung verschwand, wenn man circular polarisirte Licht zuleitete und linear analysirte. Es zeigte sich in anderen Würfeln, dass die vier Hyperbeln nicht symmetrisch vertheilt waren, sondern die, deren Tangenten auf der Richtung der Sehachse senkrecht standen, am

*) Siehe z. B. F. V. G. Radicke. Handbuch der Optik. Bd. I. Berlin 1839. 8. S. 364. Fig. 63. 64. Pouillet-Müller. Lehrbuch der Physik. 4. Aufl. Braunschweig 1853. 8. S. 612. Fig. 765. 766. Wilde in Poggendorff's Annalen. Bd. 89. 1853. Taf. II. Fig. 16.

Rande der Linse isolirter verliefen und flacher erschienen. Die Zeichnung wechselte übrigens wieder mit der Drehung des Präparates um seine Längsachse. Parallel planplane Linsenplatten von *Octopus vulgaris* und *Sepia officinalis* führten zu ähnlichen Erscheinungen, je nachdem man die Schnitte senkrecht auf die Sehachse oder ihr parallel gemacht hatte. Man stösst daher hier nicht auf jene Vielseitigkeit der Richtung der optischen Achse, wie in den regelmässigen Fischlinsen. Sie geht vielmehr von vorn nach hinten, oder ungefähr in der Bahn der Sehachse dahin. Diese Einseitigkeit erinnert an diejenige, die man in den einachsigen, doppelt brechenden Krystallen wahrnimmt.

Die Würfelflächen der Fischlinsen, die das Kreuz und die Ringe geben, zeigen in gewöhnlichem Lichte concentrische Kreise eines oder mehrerer Mittelpunkte*) und Faserstücke, die in der Ebene der Schlifffläche dahingehen. Ein solches Bild vollständiger concentrischer Kreise liefern nur mit Bestimmtheit diejenigen Flächen der Cephalopodenlinsen, die auf der optischen Achse senkrecht stehen.

Es gelang in einigen Fällen eine planplane Platte anzufertigen, die beide Linsenabtheilungen von *Octopus vulgaris* ungefähr parallel der Sehachse gleichartig durchsetzte. Untersuchte man sie bei gekreuzten Nicol, so gab jede der beiden Hälften zwei dunkle Hyperbeln, die oben und unten durch Bogenlinien verbunden waren, wenn die längste Achse des Präparates einen Winkel von 45° mit der Polarisationssebene eines jeden Nicol bildete. Drehte man die Platte um 45° , so hatte man in der Mitte eine schwarze Linie, die sich durch die beiden Linsenabtheilungen gleichförmig fortsetzte. Man sah seitlich je zwei hyperbolische Büschel für je-

*) Thomas a. a. O. S. 11—23. Czermak in Siebold und Köllikers Zeitschrift. Bd. VII. Hft. 3. Leipzig 1855. S. S. 185—192.

des Stück, oben und unten Bogenlinien, und in der hintern grösseren Linse noch eine Querlinie, welche die erwähnte Längslinie ungefähr senkrecht durchsetzte.

Was den Menschen und die Säugethiere betrifft, so nähern sich ihre Verhältnisse in mancher Hinsicht denen der Fischlinsen. Die nicht kugelige Form führt aber zu eigenthümlichen Abweichungen. Man verfolgt die Erscheinungen am Besten an den grösseren Linsen des Pferdes und des Rindes. Haben diese einen oder mehrere Tage in wässrigem Weingeist gelegen, so lässt man sie an der Luft nicht ganz vollständig trocknen und schneidet mit einem scharfen Messer einen Würfel so aus, dass ein Flächenpaar auf der Sehachse senkrecht steht, die beiden andern dagegen ihr parallel laufen. Jenes zeigt das gewöhnliche schwarze Kreuz bei der Untersuchung in dem dunklen Gesichtsfelde. Die der Sehachse parallelen Flächenpaare dagegen liefern der Abplattung der Linse entsprechend ein Kreuz, das aus einem längern und einem kürzern Arme besteht und in zwei lange wechselseitig entfernte Hyperbeln bei einer Drehung um 45° auseinander geht. Vergleicht man aber die beiden Flächenpaare unter einander, so zeigen sich die ähnlichen Wirkungen um je 45° verschoben. Das eine Flächenpaar giebt das Kreuz, wenn die grosse und die kleine Achse des elliptischen Querschnittes in der Richtung der Polarisations Ebenen der beiden Nicol dahin gehen, und die Maximalabstände des hyperbelähnlichen Büschel, wenn jene unter 45° gegen diese geneigt sind. Das Andere dagegen liefert die umgekehrten Beziehungen.

Schneidet man aus einer Pferde- oder einer Rindslinse zuerst eine planplane Platte, welche die Sehachse senkrecht, und dann eine, die sie unter einem mässig spitzen Winkel trifft, so sieht man in glücklichen Fällen immer ein Kreuz, das höchstens in der Mitte

einen kleinen Schattenrhombus darbietet und keine sehr durchgreifenden Aenderungen bei der Drehung des Präparates um seine senkrechte Achse erleidet. Rhomben, die schiefer ausgeschnitten werden, liefern wieder die Abwechselung von Kreuz und Hyperbelbüscheln.

Die Linsen des Kaninchens, des Hundes und des Menschen bieten ähnliche Verhältnisse dar. Ihre Kleinheit verhindert jedoch die sichere Anfertigung der nöthigen Schnitte.

Die einzelnen Linsenpräparate der verschiedensten Geschöpfe zeigen zweierlei Verhältnisse, wenn man sie in ihrer eigenen Ebene herumdreht. Die einen, die wir mit dem Namen der homöotropen Platten belegen wollen, ändern hierbei die Gestalt ihres Kreuzes und ihrer Ringe nicht. Die anderen dagegen, die man kurz mit dem Namen der allotropen bezeichnen kann, liefern nur das vollständige Kreuz und kreisförmige Ringe bei 0° , 90° , 180° und 270° . Dreht man sie aber innerhalb dieser Quadranten, so weicht das Kreuz in zwei hyperbelähnliche Büschel auseinander, deren gegenseitiger Abstand nach je 45° Entfernung oder bei 45° , 135° , 225° und 315° sein Maximum erreicht. Die Ringe verschieben sich dann quadrantenweise und zwar in den vollkommensten Präparaten so, dass ein diametral gegenüberstehendes Quadrantenpaar um ein Viertel Ringbreite nach innen und ein anderes um eben so viel nach aussen rückt. Unvollkommenere Präparate geben eine unsymmetrische Verschiebung oder zeigen zwei hyperbolische Büschel selbst an den Anfängen des Quadranten.

Die Auflösung des Kreuzes in Hyperbeln, die auseinander weichen, und die Verschiebung des diametral gegenüber stehenden Quadranten erinnern zunächst an die Einwirkung elliptisch polarisirten Lichtes auf eine senkrecht auf die optische Achse geschnittene Kalkspath-

platte, deren Polarisationsbild linear analysirt wird. Man kann bekanntlich die Ueberführung des linear polarisirten Lichtes durch das Elliptische in circular polarisirtes nach Dove*) durch die Pressung von Gläsern oder die Erwärmung eines eingeschalteten Glaswürfels erreichen. Man gelangt noch einfacher zum Ziele, wenn man ein Glimmerblättchen von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge Gangunterschied für gelbe Strahlen zwischen der Kalkspathplatte und einem der beiden Nicol einschaltet. Steht der Hauptschnitt desselben der Polarisationsebene des polarisirenden oder des unteren Nicol parallel, so hat man linear polarisirtes Licht. Kreuzt er sie unter 45° , so bekommt man angeblich circular polarisirtes Licht, wenn man die Untersuchung im dunkelen Zimmer, bei dem Gebrauche des gelben Lichtes einer Weingeistflamme, deren Docht mit Kochsalz abgerieben worden, vornimmt. Die Zwischenstufen geben elliptisch polarisirtes Licht. Ein Fresnel'sches Parallelepiped liefert das sicherste Mittel, um circular polarisirtes Licht zu erzeugen.

Das hellere schmalere Kreuz neben der Verschiebung der diametral gegenüberstehenden Ringquadranten, wie man es dann in der Kalkspathplatte bei linearer Analyse des circular polarisirten Lichtes wahrnimmt**), kommt in den allotropen Linsenplatten als Regel nicht vor. Man hat dagegen hier häufig Bilder, wie man sie auch in einer senkrecht auf die optische Achse geschliffenen Kalkspathplatte erzeugt, indem man ein Glimmerblättchen von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge für Gelb so einschaltet, dass ein Hauptschnitt, einen zwischen 0° und

*) Dove in Poggendorff's Annalen Bd. 35. Leipzig 1835. S. 579. Dessen Darstellung der Farbenlehre. Berlin 1853. 8. S. 224—233.

**) Airy in Poggendorff's Annalen Bd. 33. Leipzig 1831. 8. S. 211. Taf. 2. Fig. 4. Radicke a. a. O. Bd. I. Taf. 3. Fig. 68. u. 69. Wilde in Poggendorff's Annalen Bd. LXXXV. Taf. 2. Figur 15.

45° liegenden Winkel mit der Polarisationssebene des unteren Nicol bildet. Die Hornhaut und die frische Krystalllinse können sogar in dieser Hinsicht, wie ein Glimmerblättchen wirken. Hat man die Linse eines Menschen, des Pferdes oder des Rindes auf die oben S. 228 angegebene Weise in einer feuchten Kammer eingeschlossen und bringt das Ganze zwischen dem Polarisator und der Kalkspathplatte, die Kreuz und Ringe zeigt, so kann man es durch Verschiebung, vorzüglich wenn das Licht durch die Seitentheile der Linse geht, dahin bringen, dass sich das Kreuz in zwei entfernte Hyperbeln auflöst und die diametral gegenüberstehenden Ringquadranten wechselseitig verschieben. Benachbarte Stellen der Linse sind im Stande die Auflösung in Hyperbeln und das Vorgehen der Quadranten in entgegengesetztem Sinne zu bewirken, wie ein Glimmerblättchen, je nachdem sein Hauptschnitt zwischen 0° und 45° oder zwischen 90° und 135° steht, Man kann endlich die durch die Linse bewirkte Veränderung durch ein passend eingestelltes Glimmerblättchen, das man zwischen der Kalkspathplatte und dem Analysator anbringt, aufheben.

Dreht man das Glimmerblättchen in seiner Ebene um 90°, so dass sein Hauptschnitt statt einer bestimmten Stelle zwischen 0° und 45° eine solche zwischen 90° und 135° einnimmt, so kehrt sich die Verbindung je zweier Kreuzesarme zu einem hyperbolischen Büschel und die Quadrantenverschiebung um, weil man dann z. B. links statt rechts elliptisch polarisirten Lichtes hat, oder umgekehrt. Die vollkommenen allotropischen Linsenplatten zeigen das gleiche. Es kommen aber auch Präparate der Art vor, in denen die Uebereinstimmung mangelt, in welchen z. B. nur ein Quadrant und zwar einer dem Endpunkte derselben Achse entsprechend verschoben wird oder sich die später noch zu erwähnenden Schlingenfiguren erzeugen. Ein Glimmerblättchen liefert

in dieser Hinsicht entgegengesetzte Bilder, je nach dem man es zwischen dem Polarisator und der Krystallplatte oder zwischen dieser und dem Analysator anbringt. Kehrt man dagegen die Linsenplatte so um, dass ihre frühere untere Fläche zur oberen wird und keine Drehung der Achsen in wagerechter Ebene stattfindet, so erhält man nicht die entgegengesetzten Verhältnisse der hyperbolischen Büschel und der Quadrantenverschiebung.

Bietet eine allotrope Platte das Kreuz und die ununterbrochenen Ringe dar, so würde hiernach die Richtung, welche einer der beiden Polarisationsebenen der zwei Nicol entspricht, der eines Hauptschnittes gleichen. Sie liegt im Azimuthe von 45° , wenn die Scheitel der hyperbolischen Büschel das Maximum ihres gegenseitigen Abstandes erreicht haben.

Die frischen Linsen des Menschen und der Wirbelthiere zeigen in der Regel homöotrope Eigenschaften, und ihr Kreuz geht erst bei linearer Analyse des circular-polarisirten Lichtes in zwei Hyperbeln auseinander. Ich habe aber auch als Ausnahmefall ein Mal eine frische, scheinbar nicht misshandelte Menschenlinse angetroffen, die sich unmittelbar nach der Entfernung aus dem Leichname und nur, kurz vorher in Wasser gebracht, allotropisch zeigte, ohne dass sie vorher zusammengedrückt worden wäre.

Die einzelnen Würfel und Plattenpräparate der Linsen liefern so zahlreiche untergeordnete Eigenthümlichkeiten ihrer Polarisationsfiguren, dass selbst eine grössere Reihe von Abbildungen zu deren Versinnlichung nicht hinreichen würde. Die Ungleichheiten des Eintrocknens, die Verbiegung der Schichten, Sprünge und andere Nebenverhältnisse führen zu den mannigfachsten Abweichungen. Man stösst hier auf eine fast eben so grosse Mannigfaltigkeit, als in den gepressten oder gekühlten Gläsern.

Die Linsenpräparate der gleichen Thierart haben meistens die Neigung, ähnliche Polarisationsfiguren darzubieten. Ich untersuchte in dieser Hinsicht mehr als 200 trockene Platten und Würfel, und gebe in dem Folgenden eine Uebersicht wenigstens der Hauptgruppen, die mir dabei aufstießen. Die in Parenthese beigefügten Zahlen drücken die Menge der gelungenen Schliffe aus, welche die verzeichneten Merkmale darboten. Ich habe die Thiere selbst nur im Allgemeinen nach ihrer zoologischen Reihenfolge angeführt, in den einzelnen Tiergruppen dagegen so geordnet, wie sie sich nach ihren Polarisationsfiguren an einander reihten.

Betrachten wir zunächst die regelmässigen Gestalten, so haben wir:

Erste Form. Schwarzes nach dem Umkreise allmählig breiter werdendes Kreuz, das bei allen Drehungen des Präparates in der Horizontalebene gleich bleibt. (Homöotrope Platten.)

Weingeistlinsen. — *Python hieroglyphicus* (1). *Labrus turdus* (1). *Cottus gobio* (1). *Serranus scriba* (1). *Octopus vulgaris* (1). *Sepia officinalis* (1).

Zweite Form. Wie die erste Form. Nur in der Mitte ein undurchsichtiger Ring oder eine schattige Kreisscheibe.

Frische Linsen. — *Rana esculenta* (5).

Eingesalzene Linsen. — *Clupea harengus* (2).

Weingeistlinsen. — *Trochili* sp. (2).

Dritte Form. Dunkles Kreuz und Ringe, wie eine auf die optische Axe senkrecht geschliffene Kalkspathplatte. Das Kreuz bei allen Drehungen des Präparates in seiner Horizontalebene gleich bleibend. Die Ringe nicht in verschobene Quadranten getheilt. (Homöotrope Platten.)

FrISChe Linsen. — *Leuciscus erythrophthalmus* (2).
Abramis brama (1). *Perca fluviatilis* (1). *Gadus callarias* (von Thomas) (3).

Weingeistlinsen. — *Hyla leucomystax* (1). *Labrus turdus* (1). *Labrus Giofredi* (1). *Lutjanus Enthias* (1). *Serranus gigas* (1). *Gadus merlangus* (1). *Lota vulgaris* (1). *Scomberesox Camperi* (1). *Holocentrus marinus* (2). *Holocentrus serra* (1). *Sparus Hoffara* (1). *Ammodytes Tobianus* (1). *Boops salpa* (1). *Lophius piscatorius* (1).

Vierte Form. Wie die erste oder die dritte. Nur Auseinandergehen des Kreuzes bei der Drehung des Präparates in zwei Hyperbeln, deren Scheitel ihre gegenseitige Maximalentfernung bei 45° darbieten, und Verschiebung der diametral gegenüberstehenden Quadrantenpaare. (Allotrope Platten.)

FrISChe Linsen. — Mensch (5). *Equus caballus* (2).
Bos taurus (3). *Mus rattus* (1). *Canis familiaris* (2). *Leuciscus erythrophthalmus* (3). *Chondrostoma nasus* (3). *Tinca chrysites* (1). *Coregonus Wartmanni* (5). *Perca fluviatilis* (1). *Gadus callarias* (von Thomas) (1). *Lota vulgaris* (3). *Esox lucius* (1).

Weingeistlinsen. — *Coronella venustissima* (1). *Labrus turdus* (1). *Cottus gobio* (1). *Pleuronectes argus* (1). *Pleuronectes solea* (1). *Gobius bicolor* (1). *Squali* sp. (1). *Squalus catulus* (1). *Torpedo Galvanii* (1). *Petromyzon marinus* (1). *Octopus vulgaris* (7). *Sepia officinalis* (3). *Loligo vulgaris* (4).

Fünfte Form. Wie die vierte. Nur sind die Ringe ausgeschweift, im Zickzack oder sonst regelmässig oder unregelmässig gebogen, in einzelnen, nicht gerade diametral gegenüberstehenden Quadranten verschoben.

Form und Farbe mit den Drehungen des Präparates in der Horizontalebene wechselnd.

Frische Linsen. — Mensch (1). *Perca fluviatilis* (2).
Esox lucius (1).

Weingeistlinsen. — *Bufo asper* (1). *Trigla syra* (1).
Belone longirostris (1). *Caranx trachurus* (1).
Ophicephalus Spallanzanii (1). *Lepidoleprus tachyrhynchus* (1). *Scyllium catulus* (1). *Zygaena malleus* (1).

Sechste Form. Ein oder mehrere Arme des Kreuzes sind immer in einzelnen Stellungen wellig gekrümmt oder sonst unregelmässig gestaltet oder zwei Kreuzesarme vereinigen sich durch ungewöhnliche Bogen. (Allo trope Platten.)

Frische Linsen. — *Leuciscus erythrophthalmus* (6).
Abramis brama (3). *Tinca chrysites* (1). *Coregonus albula* (2).

Eingesalzene Linsen. — *Clupea harengus* (3).

Weingeistlinsen. — *Dendrophis ornata* (1). *Herpetodryas Olfersii* (1). *Muraene anguilla* (1).

Siebente Form. Dunkles Kreuz, dessen Arme im Umkreise am schärfsten. In der Mitte ein grösserer oder kleinerer schattiger Rhombus. Die Lichtintensität der Letzteren wechselt bei der Drehung einzelner Präparate in der Horizontalebene.

Frische Linsen. — *Arctomys marmotta* (im Winterschlaf) (1). *Lepus cuniculus* (4). *Bos taurus* (2).
Equus caballus (1). *Canis familiaris* (3). *Ursus arctos* (2). *Leuciscus erythrophthalmus* (1). *Tinca chrysites* (1). *Coregonus albula* (2). *Coregonus Wartmanni* (4). *Salmo thymallus* (2). *Esox lucius* (1).

Eingesalzene Linsen. — *Clupea harengus* (1).

Weingeistlinsen. — *Mustela foina* (1). *Trochili* sp. (2). *Torpedo Galvanii*.

Die Linsenplatten, in denen die Verzerrung der Theile bei dem Eintrocknen, und die Spaltbildungen tiefere Unregelmässigkeiten erzeugten, lassen sich nur nach ganz allgemeinen Umrissen beschreiben und gruppenweise zusammenstellen, weil fast jedes Exemplar eine Reihe von Eigenthümlichkeiten darbietet. Ich will versuchen, sie unter drei Hauptklassen den früheren anzureihen.

Achte Form. Allotrope Platten mit einzelnen in den verschiedenen Quadranten abweichenden Farbeflecken, die ungleiche Längen und Breiten haben.

FrISCHE Linsen. — *Leuciscus erythrophthalmus* (1.).

Weingeistlinsen. — *Squalus spinax* (1).

Neunte Form. Die zwei Hyperbeln verzerrt, mit Einbiegungen oder accessorischen Linien, vorzüglich an den Spaltstellen versehen. Ausnahmsweise zierlich gezackt. Mit oder ohne Farbenringe oder Farbeflecke.

FrISCHE Linsen. — Mensch (4). *Arctomys marmotta* (1). *Mus rattus* (1). *Mus musculus* (1). *Lepus cuniculus* (2). *Coregonus albula* (1). *Salmo thymallus* (1).

Eingesalzene Linsen. — *Clupea harengus* (2).

Weingeistlinsen. — *Vespertilio murinus* (1). *Lepidoleprus tachyrhynchus* (1).

Zehnte Form. Ausser den zwei hyperbolischen Linien noch andere, die ein Trapezoid, sehr unregelmässige Bogen- oder Netzzeichnungen erzeugen. Mit oder ohne Farbeflecke, oder mit Bruchstücken von Farbenringen.

FrISCHE Linsen. — *Cavia cobaya* (1). *Cervus capreolus* (1). *Equus caballus* (1). *Galeotes variabilis* (1). *Rana esculenta* (2).

Man sieht zuvörderst, dass der grösste Theil der eingetrockneten regelmässigen Linsenpräparate allotropisch ist. Untersucht man vergleichend Würfel statt

der Platten, so kann es vorkommen, dass z. B. zwei oder ein Flächenpaar homöotropisch und das dritte oder die beiden andern allotropisch sind. Man ist übrigens im Stande, die Allotropie durch Druck künstlich zu erzeugen. Nimmt man eine homöotrope Linsenplatte, die in Canadabalsam zwischen zwei Gläsern gefasst ist, und drückt sie unter dem Polarisationsmikroskope so zusammen, dass die Druckrichtung auf den Durchschnitflächen senkrecht steht, so sieht man, wie die zwei Armpaare des Kreuzes in zwei mit ihren Scheiteln immer auseinander weichende Hyperbeln übergehen. Hat sich der Druck in mässigen Grenzen gehalten, so kehrt die frühere Kreuzform nach dem Aufhören desselben wieder. Ist er hingegen zu stark gewesen, so wurde die homöotrope Platte für immer in eine allotrope umgewandelt.

Schneidet man sich einen Würfel oder eine Platte aus einer nicht ganz ausgetrockneten Pferde- oder Rindslinse, so geben in der Regel die auf die optische Achse senkrechten Flächen ein homöotropes Kreuz. Dieses ändert sich wenig oder gar nicht, wenn man später die Schnitte schief macht.

Der bei der zweiten Form vorkommende undurchsichtige centrale Ring oder die ihn vertretende Scheibe, rührt nicht von Polarisationswirkungen, sondern von dem Mangel an Transparenz her. Jene Gebilde erscheinen deshalb in der weissen Farbe, die ihnen bei auffallendem Lichte eigen ist, wenn man ein dunkelrothes Glas unter dem Polarisator anbringt. Ein Theil, oder die ganze Linsenmasse kann sich bei dem Eintrocknen so ändern, dass sie keine Polarisationsfiguren zeigt, wenn sie selbst durchsichtig geblieben, oder es durch einen Aufenthalt in Terpentinöl geworden. Dieser Uebelstand kehrt in Menschen- und Säugethierlinsen am häufigsten wieder. Der schattige Rhombus der siebenten

Form bildet den Ausdruck der Polarisationswirkung und bleibt auch dunkel bei der Untersuchung in rothem Lichte.

Man hat die zierlichsten unregelmässigen Bildungen, wenn benachbarte, bei dem Trocknen entstandene Spalten die Schichten eine Strecke weit gleichartig verworfen haben. Stücke der Ringe verlaufen dann in Zickzack- oder in Wellenlinien. Man sieht dunkle Schlangenlinien statt der Hyperbeln (Hering). Die Spaltbildungen liefern neue Ausgangspunkte für Bogen oder hyperbolische Kurven (Kaninchen, *Salmo thymallus*). Es zeigen sich bisweilen neben ihnen neue farbige Flecke oder Ringe, die von den Hauptfiguren unabhängig sind. Eine Kaninchenlinse hatte die Eigenthümlichkeit, dass drei sich verbreiternde schwarze bogenförmige Büschel von einem der Peripherie nahen Punkte ziemlich rechtwinklig ausgingen, während die übrige Masse keine Polarisationsfigur in dem dunklen Gesichtsfelde darbot.

Die Farben der Ringe, wie sie bei dem Gebrauch des weissen Lichtes unter gekreuzter Stellung der Nicol auftreten, kommen natürlich reiner zum Vorschein, wenn das Linsenpräparat farblos, als wenn es gelblich oder bräunlich ist. Hält man sich an die gelungenen Stücke, so hat man von innen nach aussen: (Schwarz, Weiss), Gelborange, Purpurroth, Blau, Grün, Weissgelb, Roth, Blau, Grün (Weissgelb sehr schmal), Roth, Grün, Roth und Grün. (*Gadus Callarias* von Thomas, *Leuciscus erythrophthalmus*, *Lota vulgaris*, *Perca fluviatilis*, *Sparus Hoffara*, *Ammodytes Tobianus*, *Scomberesox Camperi*, *Serranus gigas*, *Labrus turdus*, *Lutjanus Enthias*, *Chimaera monstrosa*.) Man bemerkt also die gleichen Farben, wie in einer planplanen, senkrecht auf die optische Achse geschliffenen Kalkspathplatte. Vergleicht man sie mit den Farben der Newtonschen Ringe, wie sie in dem zurückgeworfenen Lichte erscheinen, so

sieht man, dass die Farben der schmalen Ringe in den günstigsten Fällen mit dem letzten Drittheil der Farben erster Ordnung beginnen und sich durch die der zweiten und dritten zu denen der vierten Ordnung fortsetzen. Das Blau in der Umgebung des Kreuzes ist undeutlicher als in einer Kalkspathplatte von 4 Mm. Dicke.

Manche unvollkommnere Präparate fangen später an oder brechen früher ab, als das oben gegebene Farbenverzeichniss reicht, Andere schalten noch ein Weissgelb im dritten Ringe ein. Noch Andere wechseln nur zwischen Roth und Blaugrün ab. Es ereignet sich bisweilen, dass man keine isochromatischen Ringe sieht, sondern der eine Theil des Ringes eine andere Farbe besitzt, als ein zweiter, oder selbst ein Abschnitt desselben farblos erscheint. Einzelne Farbenflecke verschiedener Art treten in der Peripherie vieler unvollkommener Linsenplatten auf.

Die Farbenreihe der Ringe der Platten doppeltbrechender Körper stimmt, wie man weiss, selbst in den günstigsten Fällen nur annäherungsweise mit der der Newton'schen Farbenringe. Manche Körper, wie der überschwefeligsaurer Kalk oder einzelne Exemplare einachsigen Apophyllits zeigen wesentliche Abweichungen von der Reihe der Newton'schen Ringfarben*). Dieser Fall kommt in den Linsenpräparaten selten vor. Eine Platte der frischeingetrockneten Linse von *Leuciscus erythrophthalmus* lieferte z. B. von Innen nach Aussen: Gelb, Purpurroth, Dunkelblau, Hellblau, Grün (sehr breit), Blau, Gelb, Rothbraun. Sind die Linsen von Thieren, die in Weingeist gelegen haben, nach der Präparation zu undurchsichtig geworden, so hat man nur dunkle Ringe, die durch braungelbe Zwischen-

*) J. Herschel vom Licht. Uebersetzt v. Schmidt. Stuttgart und Tübingen 1831. 8. 499 — 500. Vgl. auch Descloizeaux in den Comptes rendus. Février 1857. p. 322—325.

räume getrennt werden, selbst bei dem Gebrauche weissen Lichtes (*Lophius piscatorius*). Diese Erscheinung erinnert zwar an die Verhältnisse des gewöhnlichen Apophyllits, unterscheidet sich aber doch wesentlich von ihnen; denn die Ringe der Linsenpräparate zeichnen sich dann nicht durch ihre ungewöhnliche Menge oder Schmalheit aus. Es kommt ziemlich häufig vor, dass ein Theil eines isochromatischen Ringes bei einer gewissen Stellung der Platte in die benachbarten Arme des dunklen Kreuzes überzugehen scheint. Es kann auf diese Weise mehr oder minder eine Achterfigur hergestellt werden. Dieses ist wahrscheinlich das Gleiche, wie es Dove*) aus manchen Zwillingskrystallen beschrieben hat.

Ich habe einen Theil der Präparate unter einfarbigem Lichte untersucht. Ich prüfte sie im dunklen Zimmer bei der gelben bis gelbvioletten Flamme einer Weingeistlampe, deren Docht mit Salz abgerieben worden, und verglich sie später im Hellen nach der Einschaltung farbiger Gläser und zwar zunächst eines reinen dunkelrothen, und wenn dieses zu wenig Licht durchliess, eines gleichförmig himmelblauen. Die einfarbige Beleuchtung führt bisweilen zur Entdeckung neuer äusserer Ringe, oder zur Wahrnehmung von Figuren, welche die Krystallplatten in weissem Lichte undeutlich oder gar nicht zeigen. Ich könnte nicht sagen, dass sich der zweite Fall für die Linsenpräparate wiederholte. Das Einzige, was ich hierbei bemerkte, war, dass sich bisweilen das schwarze Kreuz des weissen Lichtes in zwei durch einen dunklen rhomboidalen Fleck verbundene Hyperbeln unter einfarbiger Beleuchtung auflöste.

Die meisten Linsen, deren Figuren in dunkelrothem Lichte undeutlich sind, lassen sich in himmelblauem

*) Dove Darstellung der Farbenlehre S. 237.

leichter untersuchen. Der braungelbe Würfel einer Weingeistlinse von *Loligo vulgaris* machte hier eine eigenthümliche Ausnahme. Sein Kreuz, seine Hyperbelen und seine Ringe stellten sich in dem dunkelrothen Lichte bei Weitem schärfer, als im himmelblauen dar.

Prüft man die Präparate vergleichungsweise in rothem und in violettem Licht, so zeigt sich in allen gut gelungenen Platten, dass die Durchmesser der dunkeln Ringanfänge in dem rothen Lichte grösser, als im violetten sind. Einen Fall, wie ihn der Glauberit darbietet, dass man einen einachsigen Körper im violetten, einen zweiachsigen dagegen im rothen Lichte hat, ist mir bei der Untersuchung der Linsenpräparate nicht vorgekommen. Ebenso wenig habe ich je idiocylophanische Erscheinungen angetroffen. Die oben erwähnten Verzerungen der optischen Figuren dagegen erinnern allerdings an Bilder, welche die idiocylophanischen Zwillinge ebenfalls geben können*).

Probemessungen, die ich an verschiedenen Linsenpräparaten der gleichen Fischart mittelst eines in der Blendung des Oculars angebrachten Fadenquadratnetzes anstellte, und dann unter Berücksichtigung der wahren Grössen verglich, führten nicht zu dem Ergebnisse, dass sich die Quadrate der Halbmesser der Ringe der gleichen Ordnung umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Dicken der Platten verhielten. Die Ursache dieser Erscheinung ist mir unbekannt geblieben. Sie liegt aber wahrscheinlich in den ungleichen Ablenkungscoefficienten.

Ich habe noch mehrere Keile aus verschiedenen Linsen untersucht, ohne jedoch hierbei zu erheblichen Resultaten gelangt zu sein. Ein Keil von *Loligo vul-*

*) Dove in Poggendorffs Annalen Bd. 35. Leipzig 1835. S. 592 bis 94 und dessen Darstellung der Farbenlehre. Berlin 1853. 8. S. 236–39.

garis hatte das Kreuz, das sich in zwei Hyperbeln nach einer Drehung von 45° auflöste und einen dunkeln peripherischen Bogen an der dickern Seite. Zwei Keile von *Leuciscus erythrophthalmus* lieferten zierlich verschlungene Linien, deren Stellung sich nach einer Drehung von 90° gerade umkehrte. Etwas Aehnliches aber mit ganz anderen Linienformen zeigte ein Keil einer Kaninchenlinse. Keile, die man sich aus Pferde- oder Rindslinsen gefertigt, liefern häufig noch ziemlich regelmässige homöotrope Kreuze, wenn selbst die Durchsichtsf lächen die Sehaxe unter ziemlich spitzen oder stumpfen Winkeln schneiden.

§. 4. Vergleich mit einachsigen Körpern.

Die in dem vorigen Paragraphen beschriebenen Figuren führen schon zu dem Schlusse, dass die Linsenpräparate nicht zu den zweiachsigen doppeltbrechenden Körpern gehören. Es handelt sich mithin nur um die Untersuchung, ob sie positiv oder negativ einachsig sind.

Betrachtet man eine gelungene planplane Linsenplatte des Dorsches, des Barsches u. s. w., in dunkelrothem Lichte, und bringt dann eine senkrecht auf die optische Achse geschliffene Doppelspathplatte zwischen den Polarisator und die Linse, so sieht man, dass sich die dunklen Ringe verkleinern. Man hat das Entgegengesetzte, wenn man die Kalkspathplatte mit einer senkrecht auf die optische Achse geschliffenen rechts- oder linksdrehenden Quarzplatte vertauscht und den Analysator um so viel wendet, als die Drehung der Polarisation ausmacht. Es ergibt sich hieraus, dass die entsprechenden Linsenpräparate zu den negativ einachsigen Körpern gehören.

Dieses Verfahren führt in vielen Fällen zu keinen sichern Ergebnissen. Die Methode, ein Glimmerblättchen mit seinem Hauptschnitte unter 45° einzuschalten, und das Sinken oder Steigen der Farben zu beobachten,

lässt sich meistens nicht anwenden. Die Vorschrift von Dove*) dagegen gestattet einen allgemeinen Gebrauch. Man legt hiernach ein Glimmerblättchen, dessen Gangunterschied $\frac{1}{4}$ Wellenlänge bei dem Austreten der gelben Strahlen beträgt, zwischen die senkrecht gekreuzten Nicol, so dass sein Hauptschnitt 45° mit den Polarisationsebenen derselben bildet, und daher das Gesichtsfeld nicht dunkel bleibt. Man hat dann, sofern das Glimmerblättchen nie ganz genau ist, annähernd circular-polarisiertes Licht zunächst für Gelb, und nur wenig abweichend für die anderen Farben. Die Analyse wird aber mit linearem Lichte vorgenommen. Bringt man dann abwechselnd ein Linsenpräparat und eine senkrecht auf die optische Achse geschliffene Kalkspathplatte zwischen das Glimmerblättchen und den Analysator, so ist die Linse negativ einachsigt, wenn die Bildung des hyperbolischen Büschel und die Quadrantenverschiebung in beiden Fällen gleichsinnig ausfallen. Ist sie aber der Kalkspathplatte entgegengesetzt, so gehört die Prüfungsmasse zu den positiv einachsigen Substanzen. Die allotropischen Linsenplatten werden so eingeschaltet, dass sie ursprünglich das Kreuz und vollkommene Kreise zeigen.

Halten wir uns an die früher dargestellten Hauptformen, so konnten die Merkmale der negativen Beschaffenheit bemerkt werden:

Dritte Form. — *Labrus turdus* (1). *Labrus Giofredi* (1). *Lutjanus Enthias* (1). *Leuciscus erythrophthalmus* (1). *Serranus gigas* (1). *Perca fluviatilis* (1). *Gadus callarias* (von Thomas) (4). *Gadus merlangus* (1). *Lota vulgaris* (4). *Scomberesox Camperii* (1). *Holocen-*

*) Dove in Poggendorfs Analen. Bd. 40. Leipzig 1838. 8. S. 457 und Darstellung der Farbenlehre. Berlin 1853. 8. S. 242–247. Radicke a. a. O. Bd. I. S. 392–394.

trus serra (1). Sparus Hoffara (1). Ammodytes Tobianus (1). Lophius piscatorius (1).

Vierte Form. — Labrus Julus (1). Leuciscus erythrophthalmus (3). Chondrostoma nasus (1). Tinca chrysites (1). Coregonus Wartmanni (3). Perca fluviatilis (1). Esox lucius (1). Gadus callarias (1). Pleuronectes argus (1). Pleuronectes solea (1). Gobius bicolor (1). Lepidoleprus tachyrhynchus (1). Squalus catulus (1). Torpedo Galvanii (1).

Fünfte Form. — Bufo asper (1). Trigla hirundo (1). Trigla syra (1). Perca fluviatilis (2). Esox lucius (1). Belone longirostris (1). Caranx trachurus (1). Scyllium catulus (1). Zygaena malleus (1).

Sechste Form. — Leuciscus erythrophthalmus (1).

Siebente Form. — Leuciscus erythrophthalmus (2). Coregonus Wartmanni (3). Salmo thymallus (1). Torpedos Galvanii (2).

Neunte Form. — Lepidoleprus tachyrhynchus.

Linsenwürfel von Lota vulgaris, Zeus faber, Chimaera monstrosa und Octopus vulgaris zeigten ebenfalls Verschiebungen im Sinne einer Kalkspathplatte.

Die Prüfung mit dem eingeschalteten Glimmerblättchen von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge Gangunterschied gab mir nur einen Ausnahmefall von der entschieden negativen Beschaffenheit der Linsenpräparate. Es betraf einen allotropischen Schliff einer Rattenlinse. Die Quadrantenverschiebung erfolgte in entgegengesetztem Sinne des Kalkspathes und stimmte mit der des Quarzes (abgesehen von der Circularpolarisation) und des Eises überein. Sie kehrte sich bei circularer Analyse des zugeleiteten linear polarisirten Lichtes um. Das allotropische Präparat zeigte überdies schon ohne Glimmerblättchen bei der Einstellung von 45° eine geringe Verschiebung der Quadranten des peripherischen dunkelen

Umkreises, die der eines positiven einaxigen Körpers entsprach.

Die negative Beschaffenheit allotroper Linsenschliffe lässt sich noch oft indirect bestätigen. Stellt man sie so ein, dass die Quadrantenvorschiebung ihr Maximum darbietet, so nimmt sie oft zu, wenn man eine auf die optische Achse senkrecht geschliffene Kalkspathplatte, und ab, wenn man eine ähnliche Quarzplatte zwischen dem Polarisator und dem Präparate einschaltet und wiederum die Wirkungen der Drehung der Polarisationsebene in dem letzteren Falle verbessert.

Ein Verfahren endlich, das weniger in den Linsenpräparaten, als bei anderen thierischen Geweben zu Statten kommt, besteht darin, dass man eine auf die optische Achse senkrechte Kalkspathplatte als Ausgangspunkt nimmt und dann nachsieht, ob das eingeschobene Gewebepreparat als positiver oder als negativer Körper wirkt. Man hat hier ein Mittel, die nähere Beschaffenheit von Gebilden, die keine Ringe zeigen, kennen zu lernen. Knochenschliffe z. B., die wagrecht aus den Röhrenknochen geschnitten worden, erweisen sich auf diese Art negativ, wie der phosphorsaure Kalk.

Es versteht sich von selbst dass die Linsenpräparate ihre Quadrantenverschiebung umkehren, je nachdem man das Glimmerblättchen ober- oder unterhalb derselben einschaltet und daher das eine Mal das circular polarisirte Licht linear und das andere Mal das lineare Licht circular polarisirt untersucht. Man kann sie durch die Einfügung eines Glimmerblättchens oberhalb und eines zweiten gleich gerichteten derselben Art unterhalb des Präparates beseitigen. Da die allotropen Präparate nur ein Glimmerblättchen zu diesem Zwecke nöthig haben, so besässe man hierin ein

Mittel, die Richtung und die Grösse der Allotropie, wenn sie in einem Einzelfalle von Interesse wäre, zu ermitteln.

Brewster*), der die frische Kabaljaulinse unter Canadabalsam untersuchte, fand hierbei, dass ein eingeschaltetes, mit seinem Hauptschnitte das Kreuz halbirendes Gypsblättchen (von Blau zweiter Ordnung) das Weiss des Mittelfeldes zu Grün zweiter Ordnung erhöhte, das des Kernes und der äussersten peripherischen Lage dagegen zu Orangeroth der ersten Ordnung herabsetzte. Er schloss hieraus, indem er den Vergleich mit erwärmten Gläsern zum Grunde legte, dass sich der Kern und die äussersten Lagen der Linse in einem Zustande der Ausdehnung, der Mitteltheil dagegen in einem solchen der Zusammenpressung befinden**). Beide Verhältnisse hängen aber nicht, wie in Gläsern mit künstlicher Doppelbrechung, gegenseitig ab. Der Kern und die äussersten Lagen würden hiernach einem positiven, die Mittelschichten dagegen einem negativen Krystalle gleichen. Es ist mir bis jetzt nicht gelungen, ein sicher bestätigendes Beispiel dieser Angaben im Menschen oder in einem Wirbelthiere aufzufinden, obgleich ich die Beobachtungen mit Gyps- und Glimmerblättchen in ähnlicher Weise anstellte. Kaninchenlinsen gaben bisweilen einen gelborangen Centraltheil, während der mittlere Abschnitt bläulich erscheint. Menschenlinsen aus 3 bis 4 Tage alten Leichen zeigten hin und wieder einen röthlichen Randkreis, während das Uebrige blaugrün war. Eine dreifache Farbengliederung, wie sie vom Kabaljau angegeben worden, konnte ich nicht finden, wenn ich selbst die

*) Brewster in den Philosophical Transactions. For the Year 1816. London 1816. 4. p. 312—314. Vergl. auch Radicke a. a. O. Bd. I. S. 407 u. 408.

**) Brewster eben daselbst S. 104 u. 105.

frische oder die möglichst getrocknete Menschenlinse unter Damarfirniss prüfte.

Wir wollen nun die Hauptergebnisse dieser Untersuchungen übersichtlich zusammenstellen und zugleich einige sich unmittelbar anknüpfende Bemerkungen bei dieser Gelegenheit einschalten;

1) Die Linsenmasse des Menschen, der Wirbelthiere und der Cephalopoden besitzt doppelt brechende Eigenschaften. Diese treten aber in der frischen, vollkommen durchsichtigen Linse weniger hervor. Man kann häufig nicht die dunkle Kreuzfigur bei rechtwinkliger Stellung der Nicol zum Vorschein bringen, sondern erhält dann keine genügenden Bilder oder scheinbar nur Zeichnungen, wie sie ein Plattensatz liefern würde.

2) Hat sich die Linse unter irgend einem Einflusse schwach getrübt, so tritt das Schattenkreuz bei dunklem Gesichtsfelde sogleich hervor. Ein höherer Grad von Undurchsichtigkeit dagegen hebt es wieder auf und macht binnen Kurzem die Beobachtung bei durchfallendem Lichte unmöglich. Wasser, Baumöl, Terpentinöl und viele andere Flüssigkeiten können hier gebraucht werden, um jenen Wechsel von Durchsichtigkeit zu erzeugen und zugleich die planplane, die Beobachtung wesentlich erleichternde Form des Untersuchungsgegenstandes herzustellen. Schliesst man die Linse in einer feuchten Kammer ein und drückt sie hier schwach und planplan zusammen, so bewahrt sie Wochen lang das Kreuzbild in dem dunklen Gesichtsfelde.

Bedenkt man, dass manche Menschen die Haidinger'schen Lichtbüschel unter keinerlei Bedingung, Andere sie nur bei vorgehaltenem Nicol und noch Andere ohne Weiteres sehen, so liegt die Vermuthung nahe, dass diese Unterschiede von den ungleichen Gra-

den der Durchsichtigkeit der Linse abhängen. Die Augenheilkunde hätte in jenen Büscheln ein Mittel, um niedere Stufen der Linsentrübung nachzuweisen. Die zu trockenen Präparaten verarbeiteten beiden Krystalllinsen einer Bärin, die erblindet war, lieferten die schönsten Polarisationsplatten mit Kreuz und Ringen, die ich bis jetzt von irgend einem Säugethiere erhalten habe. Man konnte dabei eine dem freien Auge auffallende Trübung in der frischen Linse nicht bemerken. Da sich jede Asymmetrie des Baues in der Form der Polarisationsfiguren verräth, so geben diese ein Mittel, krankhafte Abweichungen der Structur nachzuweisen, die sich sonst durch kein Verfahren verrathen.

3) Die frischen Linsen, die in einer planplanen Schicht von Wasser, eines ätherischen oder fetten Oeles, eines durchsichtigen Harzes oder Firnisses eingeschlossen sind, zeigen höchstens das Kreuz mit schwachen Färbungen, vorzüglich der Randtheile, nicht aber isochromatische Ringe in weissem Lichte. Will man diese erhalten, so muss man die Linse trocknen und dann passend behandeln. Die Vorbereitung ist mit einer gewissen Gefahr für alle Linsen verbunden. Ungleiche Grade des Einschrumpfens, zu starke Trübungen, die sich durch kein späteres Mittel aufhellen lassen, die Abblätterung grösserer Stücke und störende Sprünge machen viele Präparate unbrauchbar. Es kommt gerade in Menschenlinsen häufig vor, dass die Masse frisch oder nach der anhaltenden Behandlung mit Terpentinöl durchsichtig wird, nichts desto weniger aber keine Spur einer Polarisationsfigur bei den verschiedensten, sonst gelingenden Behandlungsarten darbietet.

Linsen von Säugethieren, die eine Zeitlang in Aether gelegen haben, oder die von eingesalzenen Heringen, eignen sich in der Regel zur Herstellung befriedigender Präparate. Man kann schöne die Kreuze darbietende

Würfel erhalten, wenn man frische Pferde- oder Rindslinsen so lange in Weingeist liegen lässt, bis eine peripherische Schicht undurchsichtig geworden, das Innere dagegen sich schwach getrübt hat, das Ganze dann an der Luft allmählig, aber nicht ganz vollständig trocknet und einen Würfel aus der noch nicht spröde gewordenen Innenmasse schneidet. Die schönsten Präparate liefern aber die Linsen von Augen, die Jahre lang in Weingeist gelegen haben. Die Platten und Würfel von diesen geben häufig prachtvollere Bilder, als die der frischen Linsen der gleichen Thierart. Sie besitzen isochromatische Ringe, wenn diese sonst durch kein anderes Mittel erhalten werden.

4) Die Linsen der Wasserthiere, wie der Fische und der Cephalopoden, dienen am Besten, um parallel planplane Platten, oder um Würfel herzustellen, welche die überraschendsten Polarisationsbilder zeigen. Die Reptilien folgen im Allgemeinen in zweiter, die Säugethiere in dritter und die Vögel in letzter Reihe.

5) Gelungene Würfelpräparate von Fischlinsen liefern das Kreuz und die Ringe, wie eine planplane senkrecht auf die optische Achse geschliffene Kalkspathplatte, man mag durch welches der drei Flächenpaare man will, hindurchsehen. Das Bild ändert sich nicht merklich in den vollkommensten Würfeln, wenn man diese bei senkrecht gekreuzten Nicol in ihrer Ebene oder um ihre senkrecht herabgehende Achse dreht. Man hat daher homöotrope Präparate. Dieser Fall lässt sich im Allgemeinen begreifen, wenn man sich vorstellt, dass die Fischlinse nahebei kugelförmig und die Molecüle einer jeden unendlich dünnen Lage so geordnet sind, dass eine optische Achse in der Richtung eines jeden beliebigen Halbmessers dahingeht.

6) Viele Linsenschliffe zeigen die Eigenthümlichkeit, dass das dunkle Kreuz, welches bei senkrechten Pola-

risationsebenen der Nicol zum Vorschein kommt, nur dann regelmässig erscheint, wenn die Platte oder der Würfel auf einem der vier Quadrantenpunkte des Objecttisches, die wir mit 0° , 90° , 180° und 270° bezeichnen wollen, eingestellt worden. Die Ringe sind auch nur in diesem Falle in den gelungenen Präparaten kreisförmig. Dreht man dagegen die Platte oder den Würfel in seiner eigenen Ebene von einem Quadrantenpunkte nach dem anderen zu, während alles übrige unverändert bleibt, so öffnet sich das Kreuz und es entstehen zwei Hyperbeln, deren Scheitel sich immer mehr wechselseitig entfernen und das Maximum ihres Abstandes nach einer Wendung von einem halben Rechten oder unter den Azimuthen 45° , 135° , 225° und 315° erreichen. Die Ringe verschieben sich zugleich quadrantenweise, so dass dann zwei einander diametral gegenüberstehende Quadrantenabschnitte weiter nach innen und die beiden anderen mehr nach aussen liegen. Da sich auf diese Art die Form der Polarisationsfiguren mit der Lage des Präparates ändert, die Trennung der Kreuzesarme und die gegenseitige Entfernung der Hyperbeln, so wie die Verückung der Quadrantenpaare von 0° bis 45° steigt und von 45° bis 90° abnimmt, so wollen wir diese Art von Präparaten der Kürze wegen mit dem Namen der *alotropen* belegen. Man findet den Uebergang in Hyperbeln in einzelnen Quarzen und Beryllen, deren Axen ihre Lagen in den verschiedenen Theilen der Platte ändern*). Die ovale Form der Ringe dagegen, welche dann nach Herschel in jenen Mineralien vorkommt und die auch in den schief z. B. unter 70° zur Axe geschnittenen einaxigen Kalkspathplatten auftritt, kehrt als charakteristisches Merkmal in den Linsenpräparaten nicht wieder.

*) Biot-Fechner, Lehrbuch der Experimental-Physik. Bd. V. Leipzig 1829. 8. S. 208.

Manche Linsenschliffe, die in weissem Lichte homöotrop erscheinen, liefern einen geringen Grad von Allotropie, wenn man sie in einfarbigem rothen Lichte, oder noch besser in dem gelb-violetten einer Weingeistlampe, deren Docht mit Kochsalz abgerieben ist, betrachtet.

Schaltet man eine frische Linse des Menschen, des Pferdes oder des Rindes zwischen dem Polarisator und einer senkrecht auf die optische Axe geschliffenen Kalkspathplatte ein, so gelingt es bei dem Durchgange des Lichtes durch die Seitentheile der Linse, das Kreuz in zwei wechselseitig abstehende hyperbolische Büschel aufzulösen und die Ringe quadrantenweise zu verschieben. Benachbarte Linsenstellen können diese doppelte Veränderung in entgegengesetztem Sinne hervorrufen.

Dieser erinnert in seinen wesentlichen Merkmalen an die Erscheinungen, welche die Zuleitung elliptisch polarisirten Lichtes bedingt, und die man z. B. erzeugt, indem man ein Glimmerblättchen von $\frac{1}{4}$ Wellenlänge Gangunterschied für Gelb zwischen dem Polarisator und der doppeltbrechenden Platte so einschaltet, dass sein Hauptschnitt um mehr als 0° und weniger als 45° von einer der Polarisations Ebenen der gekreuzten Nicol abweicht. Die Umkehr der Betheiligung der Kreuzesarme an der Bildung der hyperbolischen Büschel und die entgegengesetzte Verschiebungsweise der diametral gegenüberstehenden Quadranten wiederholt sich in vielen Linsenplatten, wie unter dem Einflusse des Glimmerblättchens, wenn man jene oder dieses um 90° in der eigenen Ebene dreht. Ebenso können oft die Quadrantenverrückungen eines allotropischen Linsenpräparates durch die passende Einstellung eines Glimmerblättchens zwischen ihm und dem Analysator aufgehoben werden. Es gelingt dagegen nicht die Umkehr der Hyperbeln und der Quadrantenverschiebung zu erzeugen, indem man die untere Fläche

des Linsenpräparates zur oberen macht, ohne dabei die Axenrichtung der Stellen der grössten Allotropie zu ändern.

Die Axenrichtung einer allotropischen Platte liegt in einer der Polarisations Ebenen der Nicol, wenn das Präparat so eingestellt ist, dass es das Kreuz und die ununterbrochenen Ringe in dem dunklen Gesichtsfelde zeigt.

7) Drückt man eine homöotrope Linsenplatte in der Richtung von oben nach unten zusammen, so sieht man, wie die Kreuzesarme in zwei sich entfernende hyperbelähnliche Büschel auseinander weichen. Der Abstand der Scheitel derselben vergrössert sich mit der Zunahme des Druckes. Hat dieser nicht zu stark gewirkt, so wird das Präparat wiederum homöotrop nach dem Aufhören der Pressung. Sonst dagegen bleibt es für immer allotrop.

8) Die mit dem Eintrocknen der Linsen verbundenen Veränderungen, die Schichtverschiebungen, die Spaltbildungen, führen häufig zu den unregelmässigsten Figuren, deren Mannigfaltigkeit in dem Texte dieser Abhandlung wenigstens im Allgemeinen erläutert worden. Die Linsen der gleichen Thierart besitzen oft die Neigung, gewisse Unregelmässigkeiten häufiger darzubieten. Man hat übrigens hier eine nicht minder grosse Mannigfaltigkeit der Zeichnungen, als in den gepressten oder den rasch gekühlten Gläsern.

9) Schleift man sich einen Würfel aus den beiden Linsenhälften eines Cephalopoden oder aus einer derselben, so vermisst man jene Allseitigkeit, die unter No. 5 für die Fischlinsen angeführt worden. Nur dasjenige Flächenpaar, welches auf der von vorn nach hinten gehenden Axe oder ungefähr auf der Sehaxe senkrecht steht, giebt das Kreuz und die Ringe. Die beiden anderen Flächenpaare dagegen liefern in den vollkom-

mensten Präparaten vier oder zahlreichere durch einen mittleren gebogenen vierseitigen Raum getrennte Hyperbeln, wie sie eine planplane parallel zur optischen Axe geschnittene Kalkspathplatte zeigt. Dieses führt zu dem Schlusse, dass hier die optische Axe in einseitiger Richtung, wie in den einaxigen doppelt brechenden Krystallen, und zwar in der von vorn nach hinten oder ungefähr parallel der Sehaxe dahingeht. Die in dem Texte erwähnten Bilder, welche die der Sehaxe parallel verlaufenden Flächen einzelner Würfel oder Platten von Cephalopoden darbieten, deuten aber auch auf verwickeltere untergeordnete Verhältnisse selbst in diesen Geschöpfen hin.

10) Die Linsen der Säugethiere (und des Menschen) nähern sich in mancher Hinsicht den Fischlinsen. Das Flächenpaar eines Würfels einer Rinder-, Pferde-, Kaninchen- oder Hundslinse, das ungefähr auf der Sehaxe senkrecht steht, giebt ein ziemlich gleicharmiges, meist homöotropes Kreuz. Die beiden seitlichen Flächenpaare haben ungleiche lange Kreuzesarme, und zwar so, dass der längere Arm der längeren Axe des ellipsenähnlichen Durchschnittsrandes der abgeplatteten Linse entspricht. Diese Flächenpaare zeigen eine eigenthümliche Allotropie, indem die hyperbolischen auseinander weichenden Büschel den längeren Axen des Durchschnittes entsprechen. Ein Flächenpaar ergiebt in dieser Hinsicht Verschiebungen um 45° im Vergleich mit dem Anderen. (Siehe oben S. 241.) Ein schief aus der Linse geschnittener Rhombus kann noch ähnliche Unterschiede darbieten.

11) Alle Linsenflächen, bei deren Durchsicht das Kreuz zum Vorschein kommt, zeigen bei der gewöhnlichen mikroskopischen Untersuchung eine concentrische Schichtung um einen, oder scheinbar mehrere Mittelpunkte. Man kann aber hierdurch nicht erkennen, ob das Präparat homöotrop oder allotrop ist.

12) Die Ringfarben, welche die vollkommensten Linsenpräparate, vorzüglich der Fische und nächst dem der anderen Geschöpfe nach passender Behandlung bei dem Gebrauche weissen Lichtes und senkrechter Kreuzung der Nicol geben, stimmen mit denen einer senkrecht auf die optische Achse geschliffenen planplanen Kalkspathplatte überein. Hält man sich an die annähernd richtige Parallele mit den Farben der Newtonschen Ringe, wie sie in dem zurückgeworfenen Lichte auftreten, so beginnen die Färbungen der schmalen Ringe innen mit dem letzten Drittheil der Farben erster Ordnung und gehen durch die zweiter und dritter in diejenigen vierter Ordnung über. Unvollkommenere Präparate fangen die Farbenreihen später an oder brechen früher ab. Einzelne endlich haben Farbenfolgen, die von denen der Newtonschen Ringe wesentlich abweichen.

13) Keines der Linsenpräparate lieferte den im Glauberit beobachteten Fall, dass die Masse in rothem Lichte einaxig und in violettem zweiaxig erschien. Idiocyclophonische Erscheinungen sind bis jetzt nicht beobachtet worden, obgleich die Möglichkeit ihres Auftretens nicht ganz unwahrscheinlich ist. Die S. 253 erwähnte bisweilen vorkommende Achterfigur erinnert an ähnliche Bilder mancher Zwillingskrystalle.

14) Alle geprüften Linsenpräparate verriethen die Merkmale negativ einaxiger Körper, so dass sie in dieser Hinsicht mit Kalkspath, Beryll, phosphorsauerm Kalk und dgl. übereinstimmten. Nur eine aus einer Rattenlinse gefertigte Platte lieferte nicht ganz unzweifelhafte Zeichen positiver Natur. Nie dagegen fand sich ein Fall, der an zweiaxige doppelt brechende Körper erinnerte.

15) Die gelungenen Linsenpräparate können als Polariskope gleich den doppeltbrechenden planplanen

und senkrecht auf die optische Achse geschliffenen Krystallplatten gebraucht werden.

16) Es ist bis jetzt nicht gelungen, das Gesetz, welches die Beziehungen der Ringhalbmesser zu den Dicken der Krystallplatten beherrscht, in den Linsenpräparaten nachzuweisen. Die Hauptursache liegt wahrscheinlich in den Verschiedenheiten der Brechungsverhältnisse zweier Linsenpräparate derselben Thierart und der einzelnen Schichten der gleichen Platten.