

ÜBER UNSERE KENNTNISSE

OPTISCHEN EIGENSCHAFTEN DER KRYSTALLE.



V O R T R A G

GEHALTEN IN DER FEIERLICHEN SITZUNG DER KAISERLICHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN

AM XXX. MAI MDCCCLXVIII

VON

VIKTOR VON LANG,

WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Bei der Entwicklung, welche in neueren Zeiten die Untersuchung der Krystalle genommen und bei den vielen interessanten Ergebnissen, die dabei herauskamen, mußte man sich mit Recht wundern, daß jene merkwürdigen Gebilde der Natur, die Krystalle, so lange von der exacten Forschung unbeachtet blieben. Während die Alten den Himmel durchforschten, den Weg des Lichtes verfolgten, die Schwingungsverhältnisse der Töne ermittelten, widmeten sie den Krystallen dagegen nur vereinzelte, oberflächliche Beobachtungen. Man hat den Alten darum auch schon Flüchtigkeit vorgeworfen, als fühlten sie sich nur von dem angezogen, was die Sinne durch Glanz blendet oder sie durch Nützlichkeit gewinnt. Und das leisteten die Krystalle allerdings nicht; ihre Form wird durch trockene mathematische Gesetze bestimmt, und ihr praktischer Nutzen kam erst durch die Fortschritte der übrigen Wissenschaften zu Tage.

Allein der Grund warum die Krystalle den Forschungseifer der Alten nicht anregten, dürfte vielleicht doch ein anderer sein und mit dem eigenthümlichen Reiz zusammenhängen, den von allen Naturerscheinungen besonders die der Bewegung auf uns ausüben. Der beschauliche Anblick der ruhenden Landschaft erquickt höchlichst unsere Sinne, und doch eilen wir von da weg an den Strand des brausenden Meeres zu einer vielleicht

unschönen Scenerie und zu einem wenig befriedigenden Schauspiel. Das Treiben der Wellen bietet uns aber ein lebendiges Räthsel dar, wir suchen nach der Ursache der Bewegung solcher Wassermassen und fragen nach der Bedeutung dieses wechselvollen Spieles.

So haben von je die Erscheinungen der Bewegung die Phantasie der Menschen angeregt. Das Rauschen des Windes, das Plätschern des Baches, der Flug der Vögel, ihre Bewegungen waren nicht Spiel des Zufalles, sondern wurden von dem Geschicke gelenkt, sie wurden so zu Zeugen der Gegenwart und zu Propheten der Zukunft.

Diese Neigung der Menschen macht es wohl begreiflich, warum auch die systematische Erforschung der Natur mit den Problemen der Bewegung begann. Und da war es vor allem die herrliche Sonne und der wechselnde Mond und der unermeßliche Sternenhimmel, in einer Nacht den weiten Weg um die Erde beschreibend, welche zur Erforschung ihrer Bahnen aufforderten. So schon im Kindesalter der Menschheit von ihr zum Lieblingsstudium erhoben, hat die Astronomie im Laufe der Zeit diesen hohen Punkt der Vollendung erreicht. Den Planeten, den Monden und Kometen, ja selbst den schnell verglimmenden Sternschnuppen sind nunmehr am Himmel ihre Bahnen vorgezeichnet, die Arbeit von 40 Jahrhunderten.

Bei so großartigen Problemen konnte die Untersuchung wohl lange nicht auf die Krystalle verfallen. Ewig gleich, boten sie nicht den Reiz des Wechsels, sie schienen nicht Producte der lebenden Natur, höchstens ihre Auswürflinge, mißlungene Bildungen dem starren Tode verfallen, Wenn der kalte Nord über die Alpen zieht, so gefriert das Wasser und wird durch die Hartnäckigkeit längerer Kälte mehr und mehr verdichtet, bis es nach Ausschluß aller Luft ganz in sich zusammengedrängt ist, und was vorher Flüssigkeit, zum Krystalle wurde. So denkt sich

Seneca die Entstehung des Bergkrystalles, denn dieses Mineral war es, welches die Alten wegen seiner Reinheit und seiner vermeintlichen Entstehung mit dem Worte Krystall bezeichneten, ein Wort, welches ursprünglich Eis bedeutete.

Den Krystallen eine wunderbare Entstehung anzudichten, ihnen fabelhafte Eigenschaften zuzuschreiben, darauf beschränkte sich die Untersuchung derselben auch noch lange Zeit nachdem Griechen und Römer untergegangen waren. Albertus Magnus sagt von den Krystallen, sie erhielten ihre Form virtutibus coelestibus et propriæ elementorum commistioni. Und Paracelsus schreibt: „Aber von Crystallen und Beryllen ist zu wissen und auch von den Citrinen, daß sie geboren werden auß den Schneesternen, von denen der Schnee kompt. In Schneesternen ist eine solche Coagulationskraft, daß sie etwan zweyfacher Arth sind: das ist, daß etwan ein Schnee und Gefrieren in ihm hatt und sind doppelt Stern. Wo also ein solcher Stern ist, der also Coagulationskraft zu sampt dem, daß er ein Schneestern ist, hat: leichtlich ein Crystallen, Citrinen oder Beryllen macht.“

Freilich finden sich inmitten dieser abenteuerlichen Phantasien Spuren einer rationelleren Betrachtung der Krystalle. So erregte die 6eckige Form des Bergkrystalles schon die Aufmerksamkeit des Plinius, er begnügte sich aber mit der Bemerkung, daß es schwer sei, den Grund hiefür anzugeben. Auch die Spaltbarkeit des Gypses kannte Plinius schon. In späteren Zeiten fing man an, die 6eckigen Formen des Quarzes und der Schneesterne näher zu beschreiben, Farbe, Härte, Elektrizität der Mineralien zu untersuchen. Das eigentliche Studium der Krystalle aber knüpft sich wohl erst an die Entdeckung des Doppelspathes, das sind jene großen wasserhellen Krystalle, in welcher Form der sonst so gemeine kohlen saure Kalk in Island auftritt. Der selbe wurde ungefährr um das Jahr 1669 von dieser Insel nach Dänemark gebracht. Man hatte da eine Substanz, die verschie-

dene, den Krystallen eigenthümliche Eigenschaften in höherem Grade besitzt. Ich erwähne z. B. die nach drei Richtungen gleich ausgezeichnete Spaltbarkeit. Natürlich konnte diese Spaltbarkeit einem Erasmus Bartholinus nicht entgehen, welcher der erste den neu entdeckten Doppelspath untersuchte, hatte er doch schon früher eine Untersuchung über die Form des Schnees ausgeführt und war mit gediegenen mathematischen Kenntnissen ausgerüstet. Er fand, daß die drei Spaltungsrichtungen gleiche Winkel mit einander bilden und bestimmte die Neigung zweier Spaltungsebenen zu 101° , nicht allzu sehr von dem jetzt angenommenen Werthe von $105^\circ 5'$ verschieden. Derselbe untersuchte aber auch die chemischen Eigenschaften des Doppelspathes, prüfte das elektrische Verhalten und entdeckte im Laufe dieser Untersuchungen die Doppelbrechung des Doppelspathes, die auch gerade an dieser Substanz bemerkenswerth stark ist. Grosses Staunen mußte natürlich Bartholin bei dieser Entdeckung empfinden. Nachdem man sich durch 2 Jahrtausende bemüht hatte um endlich das Gesetz der Brechung für die gewöhnlichen Körper zu finden, hatte er hier eine Substanz in Händen, welche dieses Gesetz neuerdings in Frage zu stellen schien. Wir begreifen es daher, wenn Bartholin in der Widmung seiner Untersuchungen an König Friedrich III. von Dänemark diese Eigenschaft des Doppelspathes das Geheimniß der Dioptrik nennt, ein Schauspiel vollkommen neu auf der Erde, von dessen Wahrheit sich zwar die Augen, nimmermehr aber der Verstand überzeugen könne.

Bartholin ließ es jedoch nicht bei der Bewunderung bewenden, sondern studirte die Gesetze dieser neuen Erscheinung aufs Eifrigste. Er erkannte schon, daß einer der Strahlen, in die ein Lichtbündel durch den Doppelspath zertheilt wird, immer den Gesetzen der gewöhnlichen Brechung folgt und bestimmte das Brechungsverhältniß für diesen ordentlichen Strahl

ziemlich genau. Es ist aber doch als ein zweiter glücklicher Zufall zu betrachten, daß die Entdeckung Bartholins noch rechtzeitig genug kam, um von einem Forscher wie Huyghens studirt werden zu können. Als die Untersuchung die Hände dieses Forschers verließ, war sie vollendet. Denn das ist die Eigenschaft großer Männer, daß sie dem was sie beginnen den Stempel ihres Geistes aufdrücken; mag der Gedanke Jahre lang in ihrem Kopfe sich bilden, er wird schließlich an das Licht des Tages treten, nicht scheu und zaghaft, nein eine gerüstete Minerva.

Huyghens zeigte, daß die Erscheinungen des Doppelspathes sich erklären lassen unter der Annahme, daß wenn von einem Punkte im Innern des Krystals eine Lichtbewegung ausgeht, dieselbe sich in 2 Wellen fortpflanzt. Die eine Welle hat die Gestalt einer Kugel, wie in den gewöhnlichen Körpern, wo das Licht sich nach allen Richtungen gleich schnell fortpflanzt. Die andere Welle hat die Gestalt eines abgeplatteten Rotationsellipsoides, sieht also beiläufig wie eine an entgegengesetzten Punkten zusammengedrückte Kugel aus. Die erstere Welle heißt die ordentliche, die letztere die außerordentliche Welle. Beide Wellen aber berühren sich in den Endpunkten der Rotationsaxe des Ellipsoides; nach dieser Richtung findet daher keine Doppelbrechung statt; und diese optische Axe des Doppelspathes ist, wie Huyghens zeigte, auch zugleich die geometrische Axe desselben, indem sie gleich geneigt ist zu allen 3 Spaltungsebenen.

Huyghens war mit seinen Untersuchungen seiner Zeit auf lange voraus geeilt. Selbst Newton verstand ihn nicht. Allerdings beschäftigte sich letzterer nicht eingehend mit diesem Gegenstande, woher es kommen mag, daß die Construction, welche Newton gibt, um die Richtung der gebrochenen Strahlen im Doppelspath zu finden, unrichtig ist, während Huyghens schon früher den wahren Weg angegeben hatte. Ja die Entdeckungen Huyghens' geriethen immer mehr in Vergessenheit,

so daß zuletzt die Pariser Akademie einen Preis auf die Lösung der Aufgabe stellte, deren Beantwortung schon längst von Huyghens gegeben worden war. Malus erhielt jenen Preis, er hatte das Verdienst die Übereinstimmung der Huyghens'schen Gesetze mit der Beobachtung in aller Strenge nachgewiesen zu haben.

Von dieser nicht allzufernen Zeit an wendete sich die Forschung mit Eifer den optischen Erscheinungen der Krystalle zu. Da zeigte es sich bald, daß die von Huyghens für den Doppelspath gefundene Lichtbewegung keineswegs der allgemeinste Fall ist, sondern daß es doppelbrechende Krystalle gibt, bei denen keine der beiden Wellen mehr den Gesetzen der ordentlichen Brechung folgt. Topas, Gyps, Zucker sind solche Krystalle. Die Gesetze der Lichtbewegung in diesen Krystallen gefunden zu haben ist das Verdienst Fresnel's, dem ja auch andere Gebiete der Optik so große Bereicherungen verdanken. Derselbe zeigte, daß diese Lichtbewegung von drei zu einander senkrechten Richtungen, den sogenannten Elasticitätsaxen und von drei Zahlen, den sogenannten Hauptbrechungsquotienten abhängt. Kennt man die Richtung der Elasticitätsaxen und die Werthe der Hauptbrechungsquotienten eines Krystalles, so kann man sich mit Hilfe der von Fresnel gefundenen, verhältnißmäßig einfachen Relation die Geschwindigkeit des Lichtes für jede Richtung dieses Krystalles berechnen. Man findet hiebei nach jeder Richtung zwei Werthe der Lichtgeschwindigkeit, entsprechend der doppelbrechenden Eigenschaft des Krystalles. Nur zwei Richtungen gibt es, für welche wir nur einen Werth erhalten, nach welchen Richtungen also keine Doppelbrechung stattfindet: es sind dies die sogenannten zwei optischen Axen des Krystalles.

Aus dem Gesetze für die Geschwindigkeit des Lichtes nach den verschiedenen Richtungen dieser sogenannten zwei-axigen

Krystalle muß sich offenbar die davon abhängige Gestalt der Wellenfläche berechnen lassen, d. h. derjenigen Oberfläche, über welche sich das Licht ausbreitet, das von einem Punkt im Innern des Krystalles ausging. Allein obwohl Fresnel die Gestalt der Wellenfläche errieth, so konnte er sie doch nicht aus den von ihm selbst gefundenen Gesetzen der Lichtbewegung ableiten. Die Besiegung dieser rein mathematischen Schwierigkeit gelang erst Ampère, aber nur auf einem äußerst langwierigen Wege. Und doch läßt sich die Ableitung der Wellenfläche auf einem kleinen Stückchen Papier geben, wie später Archibald Smith zeigte, der diesen Erfolg dadurch errang, daß er beim Rechnen möglichst wenig rechnete und diese wenige Rechnung vollkommen symmetrisch nach den drei Hauptbrechungsquotienten anlegte.

Die Größe dieser Brechungsquotienten gibt die Gestalt der Wellenfläche, die Richtung der Elasticitätsaxen aber die Lage derselben im Krystalle; die Wellenfläche ist nämlich symmetrisch nach den drei Ebenen, welche durch die Elasticitätsaxen hindurch gelegt werden können. Um aber drei zu einander senkrechte Richtungen im Raume zu fixiren d. h. so zu bestimmen, daß jeder Andere unzweifelhaft herausfindet wie sie gehen, dazu braucht man, wie eine einfache Überlegung gibt, 3 Größen. Um also die Richtungen der Elasticitätsaxen in einem Krystalle zu kennen, müssen uns 3 Größen gegeben sein; rechnen wir zu diesen 3 Größen noch die 3 Hauptbrechungsquotienten, so haben wir im Ganzen 6 Größen, welche zur Bestimmung der Lichtbewegung nöthig sind. Allein wir können durch solche 6 Größen nur die Bewegung für eine ganz bestimmte Lichtsorte angeben, für jede andere Lichtsorte haben diese 6 Größen auch andere Werthe. Da nun das weiße Licht aus unzähligen Farbennüancen besteht, so sieht es so aus, als ob auch eine unbegrenzte Zahl von Größen nothwendig wäre, um die Bewegung des Lichtes in den

Krystallen vollständig zu bestimmen. Allein diese verschiedenen Lichtsorten sind nicht ganz unabhängig von einander. Wissen wir z. B. für ein Glasprisma die Stellen wo zwei bestimmte Farben in dem Spectrum hinfallen, das von diesem Prisma entworfen wird, so können wir auch schon das ganze Spectrum construiren, wenigstens mit einer Genauigkeit, welche unseren Beobachtungsmitteln vollkommen adaequat ist. Der Ort einer Farbe im Spectrum ist also, wie Sie sehen, von 2 Größen abhängig, die für einen bestimmten Körper einen constanten Werth haben; kennen wir diese Constanten, so sind wir im Stande in dem Spectrum dieses Körpers die Stelle jeder Farbe anzugeben. Dieses Gesetz für die Abhängigkeit der Farben im Spectrum, das sogenannte Dispersionsgesetz, wurde von Cauchy gefunden und gilt, wie theoretische und praktische Untersuchungen lehren, auch für die Bestimmungsstücke der Doppelbrechung. Kennt man die Lichtbewegung in einem Krystalle für zwei bestimmte Farben, so kann man sie auch für jede andere Farbe angeben. Da jede Farbe, wie wir gesehen, 6 constante Größen zu ihrer Bestimmung erfordert, so erhalten wir also im Ganzen 12 Größen, deren Werthe für einen bestimmten Krystall bekannt sein müssen, soll die Lichtbewegung in diesem Krystalle vollkommen gegeben sein.

Diese Lichtbewegung ist also ein ungleich verwickelteres Problem als die Bewegung eines Planeten; letztere hängt ja nur von 6 Constanten, den sogenannten Bahnelementen ab. Es ist immer schwierig aus 6 Beobachtungen eines Planeten die Elemente seiner Bahn zu berechnen, es gelang die Lösung dieses Problems überhaupt erst dem großen Mathematiker Gauß. Wollte man auf ähnliche Weise die 12 Constanten der Doppelbrechung eines Krystalles aus 12 beliebigen Beobachtungen der Lichtgeschwindigkeit in diesem Krystalle berechnen, so würde man natürlich noch viel längere Rechnungen durchzu-

führen haben und es ist wahrscheinlich, daß die Complication der sich hiebei ergebenden Formeln überhaupt jede directe Lösung dieser Aufgabe unmöglich macht. Die Gesetze der Doppelbrechung sind zwar, wie ich früher erwähnte, auch ziemlich einfacher Natur, aber während bei den Planetenbahnen nur die Ellipse in Betracht kommt, hängt die Doppelbrechung von einem Ellipsoide ab, von jener krummen Oberfläche, deren Schnitt nach jeder Richtung eine Ellipse ist.

Auf diesem allgemeinen Wege die optischen Constanten eines Krystalles zu ermitteln, darauf müssen wir verzichten, allein wir können dieselben mehr oder weniger direct beobachten, ein Verfahren, das bei dem astronomischen Problem nicht anwendbar ist. Wir können nicht die Länge der großen Axe einer Planetenbahn mit der Meßkette messen oder die Neigung dieser Bahn zur Ekliptik mit dem Transporteur bestimmen, wir müssen diese Größen aus Beobachtungen des Standes des Planeten berechnen, welche Beobachtungen nur während der meist kurzen Zeit seiner Sichtbarkeit angestellt werden können. Anders ist es bei einem Krystalle, da können wir das Licht zwingen nach einer uns beliebigen Richtung durch den Krystall zu gehen; treffen wir nur die gehörige Richtung, so gibt uns die Geschwindigkeit des Lichtes nach derselben allsogleich eine der zwölf Constanten. Um dieß zu erreichen, müssen wir die Krystalle freilich auf mannigfache Weise zerschneiden und schleifen, ihnen die Gestalt von Prismen oder Platten geben, ja bisweilen sogar Cylinder und Kugeln aus denselben bilden. Zur Ausführung solcher Operationen braucht man natürlich große und schöne Krystalle, wie sie noch unter den natürlich vorkommenden am ersten angetroffen werden. Freilich ist diese Art der Behandlung der Krystalle nicht im Einklange mit der nur äußerlichen Betrachtung, die ihnen frühere Mineralogen angedeihen ließen. Mineralogen, die schon diejenigen, welche die Spaltbarkeit der

Krystalle untersuchten, mit dem Spottnamen Krystalloklasten, Krystallzerbrecher benannten. Im Suchen nach dem Gesetzmäßigen hat aber nun die Mineralogie ihr Herz soweit abgehärtet, auch diese schönen Gegenstände ihrer Sammlungen einer einschneidenden Untersuchung zu unterziehen. Es bleibt uns ja keine Wahl, wollen wir in das Wesen eines Gegenstandes eindringen, so muß die Form zu Grunde gehen.

Der bisher betrachtete allgemeine Fall von zwölf Constanten findet allerdings nur an einer bestimmten Classe von Krystallen statt, an solchen, die gar keine Symmetrie in ihren äußeren Formen zeigen, wie z. B. Kupfervitriol, chromsaures Kali. Andere Krystalle zeigen in ihren Formen eine gewisse Regelmäßigkeit. Auch das Studium dieser Symmetrieverhältnisse, die specielle Aufgabe der Krystallographie ist eine Frucht der neueren Zeit, und auf diesem Felde war die Forschung in der That sehr glücklich. Die geometrischen Verhältnisse der Krystalle sind unzweifelhaft festgestellt und nur einzelne Details mögen noch einer weiteren Aufklärung harren.

Was insbesondere die Symmetrieverhältnisse betrifft, so kann man zeigen, daß die Anzahl von Symmetrie-Ebenen, die mit den übrigen geometrischen Verhältnissen der Krystalle im Einklange sind, nur 9, 7, 5, 3 oder 1 sein kann. Rechnen Sie hiezu noch den Fall gar keiner Symmetrie-Ebene, so haben Sie sechs Fälle, welchen die sechs verschiedenen Krystalssysteme entsprechen. Das ganze Wesen eines Krystalles muß symmetrisch sein nach seinen Symmetrie-Ebenen, natürlich auch seine optischen Verhältnisse, dadurch reducirt sich die Zahl jener zwölf Constanten beziehungsweise auf 8, 6, 4 und 2. Die Zahl 2 entspricht dem System mit neun Symmetrie-Ebenen, diese Krystalle, wie z. B. das Steinsalz, unterscheiden sich also nicht mehr von den gewöhnlichen, einfach brechenden Körpern.

Für diese speciellen Fälle finden sich allerdings scharfe Beobachtungen vor, aus denen sich die Constanten der Doppelbrechung mit Genauigkeit berechnen lassen. So hat Rudberg den Kalkspath und den Quarz, für welche wir vier Constanten haben, genau untersucht; auch Aragonit und Topas bestimmte derselbe, beiden entsprechen sechs Constanten; der ebenfalls hierher gehörige Schwerspath wurde von Heusser gemessen. Aber schon für den Fall wo acht Constanten zu bestimmen wären, finden sich keine vollkommen befriedigenden Beobachtungen vor, noch viel weniger natürlich für den allgemeinen Fall von zwölf Constanten. Sie sehen hieraus, daß trotz der vielen Untersuchungen die über die optischen Eigenschaften der Krystalle publicirt wurden, unsere Kenntniß von den wahren Werthen der optischen Constanten noch sehr mangelhaft ist. Sie ist um so mangelhafter als es noch Reihen anderer optischer Constanten gibt, von denen fast gar keine Bestimmungen vorliegen. Jene zwölf Constanten, von denen wir bisher gesprochen, repräsentiren zwar die Doppelbrechung, aber noch lange nicht die übrigen optischen Eigenschaften der Krystalle, wie Reflexion, Absorption, Fluorescenz u. s. w.

Die Reflexionserscheinungen erfordern zum Mindesten sechs neue Constanten. Um die Intensität des gespiegelten Lichtes zu bestimmen, genügt in erster Annäherung die Kenntniß des Brechungsquotienten des Körpers, an welchem die Reflexion stattfand. Genauere Bestimmungen erfordern die Kenntniß noch einer Constante, des sogenannten Ellipticitätscoefficienten, wie Cauchy auf theoretischem, Jamin aber dann auf praktischem Wege nachgewiesen hat. Es ist sehr wahrscheinlich, daß dieser Ellipticitätscoefficient für verschiedene Farben verschiedene Werthe hat, daß aber auch hier aus den Werthen für zwei Farben sich die entsprechenden Werthe für die übrigen Farben

ergeben. Die Reflexionserscheinungen erfordern also schon an den einfach brechenden Körpern, außer dem Brechungsquotienten noch die Kenntniß zweier Constanten. Bei den Krystallen aber haben wir drei Hauptbrechungsquotienten und haben demzufolge auch 3mal 2, d. i. sechs neue Constanten für die Reflexionserscheinungen nöthig. Die Zahl der zwölf Constanten steigt hiedurch auf achtzehn.

Ähnlich verhält es sich mit den Absorptionserscheinungen. Durch welchen Körper auch das Licht hindurchgehen mag, es erleidet immer eine Schwächung. Auch Körper, die wir für gewöhnlich vollkommen durchsichtig halten, zeigen in dicken Schichten Farben. So ist Glas in dicken Lagen grün oder blau, zum Beweise, daß jedenfalls gewisse Farben des weißen Lichtes beim Durchgange geschwächt wurden, so daß der Rest nicht mehr weiß gibt. Man nimmt an, gestützt auf Versuche, daß diese Schwächung in jedem Punkte des durchstrahlten Körpers proportional ist der jedesmaligen Lichtintensität. Wir müssen also den Werth einer Proportionalitätsconstante kennen, wollen wir für eine ganz bestimmte Lichtsorte die Abnahme der Intensität angeben, die sie beim Durchgange durch einen Körper erleidet. Für jede Farbe wird diese Absorptionsconstante einen anderen Werth haben und im Allgemeinen einen sehr verschiedenen. Ein nur etwas dickes rothes Glas absorbirt alles blaue Licht, läßt aber das rothe fast ungeschwächt hindurchgehen; bei diesem Glase ist also der Absorptionscoefficient für rothes Licht sehr klein, während er für blaues Licht sehr groß ist. Bei fehlenden Beobachtungen läßt sich nicht mit Sicherheit behaupten, daß auch hier aus den Werthen, welche die Absorptionsconstante für zwei Farben hat, sich auch ihre Werthe für die übrigen Farben berechnen lassen, jedenfalls geht es nicht mit wenigen. Wir bekommen also jedenfalls zwei Constante der Absorption für gewöhnliche Körper, für doppelt brechende

Krystalle aber die dreifache Anzahl sechs. Wir haben somit jetzt schon 24 Constanten.

Wir sind jedoch mit den verschiedenen optischen Eigenschaften noch nicht zu Ende. Da haben wir z. B. die Fluorescenz-Erscheinungen, aber trotz des prachtvollen Effectes, den sie geben, sind sie noch so wenig der messenden Beobachtung unterworfen worden, daß wir gar keine Vermuthung aufzustellen wagen über die Zahl der Constanten, durch welche diese Erscheinung repräsentirt wird.

Noch zu erwähnen sind von den optischen Eigenschaften der Flächenschiller, Asterismus, Lamellarpolarisation, Circularpolarisation, letztere allerdings nur für einzelne Krystallssysteme. Wir erhalten so eine ungeheure Anzahl von Constanten, um die optischen Verhältnisse vollkommen zu verstehen. Und erst gelten alle diese Constanten nur für eine bestimmte Temperatur, da sie sich mit derselben ändern, einzelne so rasch, daß schon der Wechsel der Zimmertemperatur einen merklichen Einfluß auf sie ausübt. Wir haben also noch die Abhängigkeit dieser Constanten von der Temperatur zu ermitteln und es ist dazu nothwendig, daß wir ihre Werthe für drei, zum mindesten aber für zwei bestimmte Temperaturen kennen. Die Zahl der Constanten verdoppelt sich hiedurch, ja sie verdreifacht sich, falls wir etwas strengere Anforderungen an die Genauigkeit stellen.

Der Erforschung der Krystalle ist also ein weites Feld geöffnet und es wird lange Zeit und viele Mühe kosten, bis wir zu einer befriedigenden Kenntniß der optischen Constanten der Krystalle kommen. Daß aber diese Mühe keine verlorene sein wird, ist nicht zu bezweifeln. Erst auf die Beobachtungen Tycho de Brahe's war es möglich die Kepler'schen Gesetze zu gründen und so wird auch die Ermittlung der optischen Constanten der verschiedenen Krystalle zu interessanten Beziehungen zwischen den letzteren führen. Den Entdeckern dieser Be-

ziehungen wird wohl nicht dieselbe Popularität werden, wie den Männern, welche die Gesetze des Himmels entdeckten, aus Gründen, die ich anfangs entwickelte, sie aber werden doch auch Großes geleistet haben, sie werden zur Erkenntniß des Gesetzmäßigen beigetragen haben.

Und dies, das Gesetzmäßige, suchen wir ja nicht nur in der Erforschung der Natur, wir suchen es auch in den Beziehungen des Einzelnen zu seinen künstlerischen Idealen, in dem Streben der Menschheit nach ihrer sittlichen Vollendung. Unsterblicher Ruhm folgt den Gesetzen, die der Menschheit Fesseln brechen und ihr die Bahn offen stellen zum Lichte.

Meine Herren! Der Wege zur Wahrheit sind viele; der Einzelne kann nur einen derselben wandeln, er wird ihm aber zum Lieblingspfade, sei es, daß er mit Rosen bestreut ist oder mit Disteln. Und gewiß muß der Weg, wovon ich Sie ein kurzes Stück zu führen unternahm, Ihnen öde dünken und dürftig; mir aber wird er um so freundlicher strahlen, als ich ihm die Erinnerung danken werde, zu Ihnen gesprochen zu haben von diesem Platze und in feierlicher Stunde.

