

DIE
SYMMETRIE
IM
REICHE DER KRYSTALLE.

INAUGURATIONSREDE

GEHALTEN IN DER AULA AM 4. NOVEMBER 1901

VON

PROF. DR. ALOIS CATHREIN

D. Z. RECTOR DER K. K. UNIVERSITÄT ZU INNSBRUCK.



INNSBRUCK
SELBSTVERLAG DER K. K. UNIVERSITÄT
1901.

Hochansehnliche Versammlung!

Durchdrungen von dem Gefühle des Dankes für das Vertrauen der Herren Collegen, durch welches die höchste akademische Würde auf mich übertragen wurde, gereicht es mir zu besonderer Ehre und Freude, eine so hochschätzbare Gesellschaft in den Mauern unserer Alma Mater herzlichst willkommen zu heissen; namentlich richtet sich mein Willkommgruss an alle die werthen Gäste, Gönner und Freunde unserer Universität, ferner an den akademischen Senat, an die übrigen Herren Collegen und an die Herren Studierenden.

Um diesem meinem Festgrusse einen akademischen Ausdruck zu verleihen, will ich den hochverehrten Anwesenden einen Einblick verschaffen in ein für die meisten geheimnisvolles Reich, in das Reich der Krystalle, ich will, wenn auch nur auf kurze Zeit, den Schleier lüften, der über den Reizen der Krystallnatur schwebt; ich will einen akademischen Vortrag halten, der einen Beitrag liefern soll zum Fortschritt der Wissenschaft, einen Vortrag, in dem allerdings nur gedrängt zum Ausdruck gebracht werden kann das Ergebniss mannig-

facher Studien auf dem Gebiete der Krystallkunde, einem wesentlichen Theile jenes Faches, welches ich an der hiesigen Hochschule zu vertreten habe. Es wird also diese Darstellung beitragen zur Ergründung des wahren Wesens der Krystalle, gleichwohl aber in solcher Form gefasst sein, dass alle die hochgeschätzten Anwesenden ein Verständniss dafür finden und ein lebhaftes Interesse. Deshalb habe ich auch ein Thema gewählt, welches nicht einseitig in der Mineralogie und Krystallographie dasteht, das vielmehr auch sonst im ganzen Leben von Bedeutung ist; einen Begriff habe ich zu erläutern, den jeder Mensch gewissermassen schon aufgefasst hat, jeder Mensch in sich trägt, den Begriff der Symmetrie.

„Die Symmetrie im Reiche der Krystalle“ ist sohin der Gegenstand meines Vortrages. Symmetrie ist, wie das griechische Wort schon sagt, ein Begriff, der sich auf Maasse bezieht, es ist ein Zusammenhang der Maasse, eine Vereinigung derselben. Symmetrie ist eine Richtung, ein Verhältniss der Maasse. Man kann Symmetrie am besten ins Deutsche übersetzen durch das Wort Ebenmaass oder Gleichmaass. Es handelt sich also um die Anordnung der Maasse, der Dimensionen, die wir an den Körpern beobachten. Diese Gleichstellung der Maasse können wir auch so ausdrücken, dass wir sagen, es sei Symmetrie die Harmonie der Maasse.

Wenn wir jetzt fragen, wo diese Symmetrie sich beobachten lässt, so treffen wir vorerst auf das Nächstliegende, auf das menschliche Leben. Der Raum, in dem wir uns befinden, offenbart schon Symmetrie; er-

heben wir die Augen zur Decke dieses Saales, so sehen wir Gleichmaass in den Umrissen, in den Decorationen derselben, senken wir den Blick zu Boden, so bemerken wir noch mehr Gleichmaass in den Parketten. Lassen wir die Augen im Raume herumschweifen, so entdecken wir Symmetrie in den Fenstern, in den Vorhängen, Bildern, Lüstern und Stühlen, in den Heizvorrichtungen, in dieser Rednerbühne, kurz überall, wohin wir auch schauen mögen. Verlassen wir diesen Raum, so begegnen wir wieder der Symmetrie auf den Gängen und Treppen, an den Thoren und auf der Strasse. Symmetrie liegt in allen Gebäuden, in der Anlage der Städte, in den Verkehrsmitteln, den Dampfschiffen und Eisenbahnen, in den Wagen und Rädern. Es würde zu weit führen, noch mehr auf diese verbreitete Symmetrie im menschlichen Leben und in seinen Producten hinzuweisen, nur einige Hauptpunkte will ich noch herausheben, welche die Entwicklung hervorragender Symmetrie zum Ausdruck bringen. Symmetrie liegt ganz besonders in der Kunst, in der Malerei, in der Musik, in der Baukunst, und gerade durch die Symmetrie erreicht die Kunst ihre höchste Entfaltung, erreicht sie die Befriedigung und das Wohlgefallen des Beschauers. Jeder Mangel an Symmetrie wird hier empfunden und wenn auch eine gewisse Asymmetrie oft absichtlich in Scene gesetzt wird, so geschieht es, um Abwechslung zu schaffen und dadurch wieder eine vollendete Symmetrie zu wohlthuedster Empfindung zu bringen.

Wenn wir nun vom menschlichen Leben auf den menschlichen Körper übergehen, so finden wir auch hier Symmetrie und zwar jene Symmetrie, welche die

gewöhnlichste in der Natur ist, die Monosymmetrie: ein Gleichmaass, eine Vertheilung der Maasse rücksichtlich einer Ebene, also eine Planomonosymmetrie. Beim Menschen ist dies die verticale Mittelebene seines Körpers, rechts und links von ihr haben wir Gleichheit der Lage und der Organe, gleiche Gliedmassen, gleiche Sinneswerkzeuge. Diese Symmetrie im menschlichen Körper ist einerseits ein Erklärungsgrund für die Symmetrie der menschlichen Erzeugnisse, anderseits fordern wohl auch die Gleichgewichtsgesetze die Symmetrie, sowohl in unserem Körper, wie auch sonst in der Natur und in der Kunst.

Die Symmetrie erstreckt sich weiterhin auf das Thierreich, es ist in der Mehrheit der Fälle wieder die Monosymmetrie, die Planosymmetrie im thierischen Organismus zur Entwicklung gelangt. Die meisten Thiere besitzen eine Medianebene, nach welcher die Maasse gleich vertheilt sind nach rechts und nach links. Es giebt aber im Thierreiche auch bereits höhere Symmetrie mit mehreren Ebenen und noch anderen Symmetrieelementen; ich erinnere an die bekannten Seeesterne, an die Quallen u. dgl.

Viel weiter gedeiht die Ausbildung der Symmetrie, wenn wir vom Thierreich zum nächstverwandten Pflanzenreich übergehen. Hier hat man Symmetrie in den Blumen, in den Blättern, in den Zweigen und Stämmen, im ganzen Bau. So zeigen die Bäume, auch wenn wir ihnen nicht durch Cultur einen bestimmten Wuchs verleihen, schon vermöge ihrer natürlichen Entwicklung ein Bestreben nach Erreichung symmetrischer Gestaltung. Am feinsten gegliedert ist allerdings die Sym-

metrie in den Blüten, sie offenbaren zahlreiche Symmetrieebenen und Symmetrierichtungen in verschiedener Gruppierung.

Nun sind wir auch schon an der Grenze des Krystall- und Mineralreiches angelangt, jenes Reiches, welches den anderen Naturreichen zur Unterlage, zum Ausgangspunkt ihrer Existenz dient. Im Krystallreiche gewinnt aber die Symmetrie ihre reichste Entfaltung und Gliederung, erreicht sie ihr Ideal, ihre höchste Potenz. Im Krystallreiche häuft sich nicht nur die Zahl der Symmetrieebenen, es treten vielmehr noch andere Symmetrieeigenschaften hinzu, welche wir jetzt näher verfolgen wollen.

Die Symmetrie im Krystallreiche ist nicht allein eine Symmetrie der Ebene und des Raumes, also eine planimetrische und eine stereometrische, so wie wir sie eben gesehen haben in den Producten der Kunst und der Technik, sie ist vielmehr eine dreifache Symmetrie, und das ist ein Punkt in der Krystallsymmetriehlehre, welcher auch heute noch immer nicht genug hervorgehoben erscheint. Die Krystallsymmetrie ist keine oberflächliche, keine ledigliche Körpersymmetrie, denn dann wären die Krystalle nur todte mathematische Polyëder und es würde die geometrische Gestaltung genügen, um ihr Wesen zu begründen. Das Wesen des Krystalls liegt aber nicht in der äusseren Form, in der Begrenzung durch Flächen, Kanten und Ecken; ein solches Gebilde ist bei aller mathematischen Genauigkeit der Form, und selbst, wenn es aus Mineralsubstanz hergestellt wäre, noch immer kein Krystall, es fehlt ihm gleichsam eine Seele, ein inneres Leben, und das ist sein Gefüge, die

physikalische Natur, die chemische Constitution als Existenzprincip. Alle mathematischen und physikalischen Eigenschaften, die wir an den Krystallen verfolgen können, sind nichts als Folgeerscheinungen, Wirkungen einer Grundursache, welche eben ist der Stoff des Krystalls, sein chemischer Bestand. Deshalb ist auch die Symmetrie der Krystalle, welche wir zunächst als eine gestaltliche ins Auge fassen, ein Ausfluss, eine Function des Stoffes, beziehungsweise seines qualitativen und quantitativen Gefüges. Wenn wir dies auch nicht Fall für Fall zu beweisen vermögen, so muss darin doch zweifellos ein Axiom anerkannt werden. Der Zukunft wird es vorbehalten sein, die volle Beweisführung dafür zu liefern, dass die äusserliche Symmetrie nur der Effect der innerlichen ist, der Symmetrie der Grundstoffe oder der chemischen Symmetrie.

Es sei nur auf ein Paar solcher Beweise hingewiesen, die in der Krystallochemie schon gewonnen worden sind. Man hat beobachtet, dass durch die gegenseitige Stellung der Atome, durch die räumliche Anlage derselben die krystallographische Symmetrie beeinflusst wird; so haben wir bei den Mineralien Hämatit und Ilmenit eine Mittelkette von drei Sauerstoffatomen, während die seitlichen Flügelatome aus Eisen und Titanium bestehen. Liegt nun rechts und links von der Sauerstoffreihe je ein Eisenatom, so besteht qualitatives und quantitatives Gleichmaass der Stoffe, es entwickelt sich eine „stereochemische“ Symmetrieebene, welche die Gestaltung des Hämatits bedingt. Aendert sich diese Atomconstellation, indem ein Eisenatom durch ein Titanatom ersetzt wird, so ist die stereochemische Sym-

metrie aufgehoben, mit ihr aber auch die morphologische Symmetrie erniedrigt, wie es der Ilmenit zeigt. Ein anderes Beispiel dieser Art bieten Kalkspath und Dolomit, wobei in ganz analoger Weise in Folge Vertretung eines Atoms des Grundstoffes Calcium durch ein solches von Magnesium seitlich von den zwei mittelständigen Kohlensäuremolekülen die Krystallform von einer höheren zu einer niedrigeren Symmetrie herabsinkt.

Ungleich mehr beschäftigt uns, weil eben mehr Beweise und Beobachtungen dafür vorliegen, die Abhängigkeit der morphologischen Symmetrie von der physikalischen. Die morphologische Symmetrie wird unterstützt, ja eigentlich begründet durch die physikalische und darin haben wir einen Hauptunterschied der Symmetrie im Reiche der Krystalle gegenüber der Symmetrie in den Kunstproducten, während in den Naturproducten manche Anklänge an diese physikalisch-morphologische Symmetrie zu erkennen sind. Die physikalischen Eigenschaften erscheinen in den Krystallen auch symmetrisch vertheilt wie die geometrischen, wenn man also spricht von der Gleichheit der Lage rechts und links von einer Ebene, so genügt dies beim Krystall noch nicht, wir verlangen vielmehr auch die physikalische Uebereinstimmung, das heisst, besitzt ein Krystall auf der einen Seite einer Symmetrieebene eine gewisse Härte, Farbe, einen bestimmten Glanz, so muss er dieselben physikalischen Eigenschaften auch auf der anderen Seite zeigen, sonst besäße er eine unvollkommene Symmetrie, eine nur mathematische Symmetrie. Das nennt man Pseudosymmetrie, sie kann Täuschungen, Verwechslungen veranlassen gegen-

über der eigentlichen, der wahren Symmetrie, die immer zugleich physikalisch und auch chemisch bestehen muss. Eine dreiseitige Doppelpyramide z. B. zeigt einen hohen Grad von Symmetrie vom rein geometrischen Gesichtspunkt; wir sehen Symmetrie nach einer Horizontalebene, sowie nach drei Verticalebenen und doch besitzt ein Krystall nach diesem Modell gar keine Symmetrieebene, jene scheinbaren Symmetrieebenen sind eben lediglich mathematische nicht auch physikalische Symmetrieebenen. Physikalische Beobachtungen und Experimente bringen die Entscheidung für wahre oder Pseudosymmetrie.

Die Symmetrie im Reiche der Krystalle ist somit eine dreifache, vor allem eine chemische, in Folge dessen eine physikalische und schliesslich eine mathematische. Allerdings haben wir, wie schon angedeutet wurde, auch ausserhalb des Krystallreiches Analogien in diesem Sinne zu verzeichnen. Bei Pflanzen und Thieren entsprechen auch die Zellenreihen des inneren Baues, die Säftebewegung, die Lebensfunctionen der äusseren Symmetrie. Nehmen wir dann unseren Organismus, so ist dessen Symmetrie auch durchaus keine rein äusserliche, sie ist zugleich eine innerliche, eine physikalische und eine chemische. Die Anlage der Blutgefässe, Muskeln, Nerven entspricht der Aussensymmetrie, selbst die Wellenstösse des Blutes erfolgen symmetrisch nach beiden Körperseiten hin, so wie in den Krystallen die Wellenbewegungen des Lichtes, der Wärme, der Electricität.

Nachdem wir sohin erkannt haben, dass die Symmetrie der Krystalle dreifach ist ihrem Wesen und ihrer Natur nach, so will ich nunmehr den hochver-

ehrten Anwesenden zeigen, dass diese Symmetrie auch dreifach ist in ihren Elementen. Alle Definitionen von Symmetrieelementen müssen sich auf die dreifache Natur der Krystall-Symmetrie beziehen, der Mangel dieser Berücksichtigung verursacht so manche Einseitigkeit und Unrichtigkeit der Darstellungen. Unter den Symmetrieelementen tritt am auffälligsten, klarsten hervor die Symmetrieebene, sie ist jedenfalls das primitivste Symmetrieelement. Für diese Ebene der Symmetrie gilt die Bedingung, dass sie nicht nur stereometrisch, sondern auch physikalisch, beziehungsweise chemisch als solche bestehe, sonst wäre sie eine Pseudosymmetrieebene. Die so häufig betonte „Gleichheit der Lage“ erschöpft nicht das Wesen der wahren Symmetrieebene, es muss auch herrschen Gleichheit der Structur, der physikalischen Eigenschaften; die Symmetrieebene muss sein eine Spiegelungsebene im vollen Sinne, sie soll widerspiegeln nicht allein die Formen, sondern auch die Farben, den Glanz, die Spaltbarkeit des Krystalls.

Im Krystallreiche haben wir jedoch ausser dieser bis jetzt besprochenen Symmetrie nach Ebenen andere Symmetrieelemente niedrigeren Grades. Man beobachtet zunächst Richtungen, nach welchen Symmetrie stattfindet, d. h. Axen, um welche herum ein Gleichmaass in der Vertheilung der Krystallelemente eintritt. Die Polaraxe dieser dreiseitigen Doppelpyramide z. B. ist eine solche Symmetriearche, weil in ihrem Umkreise Flächen und Kanten gesetzmässig angeordnet sind, sodass je drei gleichwerthige derselben in gleichen Abständen sich wiederholen. Meistens definirt man die

Symmetrieaxe als „Deckdrehungsaxe“. Diese Definition ist indessen eine secundäre, für den experimentellen Nachweis an Modellen besonders geeignet, bei den Krystallen jedoch meistens nicht zutreffend, weil einseitig stereometrisch.

Auch die Symmetrieaxen gliedern sich in wahre und falsche, bei ersteren sind die umliegenden Krystalltheile nicht bloss geometrisch, sondern auch physikalisch gleich; die Deckung erfolgt nicht einseitig stereometrisch.

Gemäss unserer Definition der Symmetrieaxe bezieht sich der Begriff der sogenannten Zähligkeit der Symmetrieaxen auf die Anzahl der sich im Umkreise derselben wiederholenden gleichwerthigen Krystallelemente; danach ergeben sich 2-, 3-, 4- und 6zählige Symmetrieaxen. Figuriren die Symmetrieaxen als Deckdrehungsaxen, so bestimmt die Grösse der Deckdrehung oder die Zahl der Deckstellungen im Kreise die Zähligkeit.

Endlich haben wir an den Krystallen noch ein drittes Symmetrieelement, das ist der Symmetriepunkt oder das „Centrum der Symmetrie“. Es äussert sich dadurch, dass an diametral entgegengesetzten Punkten des Krystalles sich stets gleichwerthige Begrenzungselemente einfinden. Ein Beispiel dieser centrischen Symmetrie oder Antimetrie bietet dieses triklone Krystallmodell, welches weder eine Ebene noch eine Axe, wohl aber ein Centrum der Symmetrie besitzt, dies prägt sich aus durch den Parallelismus gleicher Flächen, Kanten, Ecken. Doch müssen diese gegenüberliegenden Flächen beim Krystall gleichen Glanz, gleiche Farbe haben, d. h. es muss auch das Symmetriecentrum zugleich ein phy-

sikalisches sein, denn ein nur geometrisches ist ein Pseudosymmetriecentrum.

Dieses so einfache und klare Symmetrieelement hat man zu verdrängen und zu ersetzen gesucht, allerdings gelang dies nur durch complicirtere Symmetrieelemente. Noch unglücklicher ist die Substitution verwickelter Vorstellungen an Stelle der so leicht fasslichen Symmetrieebene.

Unsere drei Elemente der Symmetrie, das Centrum, die Axe und die Ebene können sich nun in wechselnder Anzahl und Art combiniren, dadurch entstehen die Symmetriegrade und man nennt dann die Summe aller Krystallformen, welche denselben Symmetriegrad besitzen, Symmetrieclassen. Diese sind die Gruppeneinheiten des Krystallsystems auf Grund der Symmetrieeigenschaften. Es giebt, wie mathematisch nachgewiesen wurde, 32 solcher Symmetrieclassen. Sie ergeben eine Reihe aufsteigender Symmetriegrade, vom niedrigsten, dem asymmetrischen bis zum höchstsymmetrischen. Diese 32 Symmetrieclassen bilden heute eine sehr moderne Systematik der Krystallformen. Wie mit jeder neuen Errungenschaft in der Wissenschaft geht es auch mit dieser, man überschätzt gerne ihren Werth und setzt ihre Herrschaft über alles Aeltere, oft Richtige. Früher sprach man, wie manchem von den hochverehrten Zuhörern noch in Erinnerung sein wird, nur von „Krystallsystemen“, jetzt spricht man oft nur mehr von „Krystallclassen“ und bezeichnet sogar die Krystallsysteme als künstliche und willkürliche Abtheilungen. Das sind offenbar zu weitgehende Zugeständnisse an die Mode in der Wissenschaft. Obgleich

natürlich der Symmetrie ein classificatorisches Recht in erster Linie zukommt, so ist doch auch die ältere Eintheilung der Krystalle keineswegs zu verwerfen. Die Krystallsysteme sind durch die Symmetrie durchaus nicht begraben, im Gegentheil sie werden durch dieselbe zu neuem Leben erweckt. In jedem Krystallsystem ist eine bestimmte Anzahl von Symmetrieclassen enthalten, welche in einer stetigen Abhängigkeit und innigen Zusammengehörigkeit sich befinden, während diese Classengruppen gegeneinander eine bestimmte Abgrenzung offenbaren, durch welche die Continuität der Reihe der 32 Symmetrieclassen unterbrochen wird. Den Classenbestand bedingen die Symmetrieeigenschaften, die Classenverbindungen werden begründet durch die Axenkreuze der Krystallsysteme. Die in einer Classengruppe oder einem Krystallsystem vereinigten Symmetriegrade möchte ich als Symmetrietypus bezeichnen, er ist also eine Function des Axenkreuzes. Die ganze Eintheilung in Symmetrieclassen und Krystallsysteme lässt sich dadurch versinnlichen, dass man sie mit einer zusammengesetzten oder Schubleiter vergleicht; die Theile oder Glieder dieser Leiter stellen die Krystallsysteme dar, ihre Sprossen aber die Krystallclassen. Die tiefste Einzelleiter entspricht dem triklinen System und die unterste Sprosse seiner asymmetrischen Classe, wogegen der höchste Leitertheil das höchstsymmetrische reguläre System und die letzte Sprosse die höchstsymmetrische Classe darstellt. Die Schubleiter entbehrt einer continuirlichen Einheitlichkeit, sie besteht aus Leiterstücken, die theilweise übereinander geschoben sind, so ist auch die Symmetrieclassenreihe

keine stetige, vielmehr eine ruckweise vor- und zurückgreifende, indem die höchste Symmetrie eines Systems nicht übertroffen wird von der niedersten des nächstfolgenden. Unsere Schubleiter besteht nun aus 6 Einzelleitern, deren Länge, bez. Sprossenzahl wechselt; so hat der tiefste Leitertheil nur 2 Sprossen entsprechend den beiden Classen des triklinen Systems, das zweite und dritte Leiterstück zeigt je 3 Sprossen, dies sind die je 3 Classen des monoklinen und rhombischen Systems, die 7 Classen des tetragonalen und die 12 Classen des hexagonalen Systems werden veranschaulicht durch das vierte siebensprossige und das fünfte, längste Leiterglied mit 12 Sprossen, endlich kommt das sechste oberste Leiterstück mit seinen 5 Sprossen als Ausdruck der Classen des tesseraleen Systems. Die ganze Leiter zählt somit 32 Sprossen als die Summe der Krystallclassen.

Die 6 Leitertheile bezeichnen durch ihre Länge, bezw. Sprossenzahl die in den 6 Krystallsystemen vereinigten Symmetriegrade, welche vermöge einheitlichem Symmetriotypus die Classengruppen bilden. Um nur ganz kurz die 6 Symmetriotypen zu charakterisiren, möchte ich folgendes hervorheben. Das trikline System zeigt uns Asymmetrie oder als Symmetrieminimum das Symmetriecentrum. Im monoklinen System erscheinen auch die beiden anderen Symmetrieelemente, Axe und Ebene, und zwar in der Einzahl, so dass eigentliche „Monosymmetrie“ vorliegt. Das rhombische System ist ausgezeichnet durch die Trimetrie der Symmetrie oder durch Trisymmetrie, während den beiden nächsten Systemen, nämlich dem tetragonalen und hexagonalen dimetrische Symmetrie gemeinsam ist. Zur

Unterscheidung dient im Tetragonalsystem die Zwei- und Vierzähligkeit, im Hexagonalsystem die Drei- und Sechszähligkeit. Für das reguläre System endlich ist Iso- oder Monometrie der Symmetrie bezeichnend in Verbindung mit Zwei-, Drei- und Vierzähligkeit.

Nach dem Gesagten erscheint natürlich ganz unzulässig die auch heute noch gebräuchliche Charakterisirung der Krystallsysteme mittelst ihres Symmetriemaximums oder mittelst der ihrer höchstsymmetrischen Classe zukommenden Symmetrieebenen, es ist dies eine mangelhafte und einseitige Charakteristik.

Hochverehrte Herrschaften! Was ich ihnen bis jetzt von der Krystallsymmetrie dargestellt habe, betraf vornehmlich die Einzelkrystalle, oder die Individuen des Krystallreiches. Damit ist aber das Walten der Symmetrie nicht abgeschlossen, sie tritt auch zwischen die Krystalle ein und beherrscht ihre Wechselbeziehungen, sei es, dass die Krystallindividuen getrennt oder sei es, dass sie verwachsen erscheinen. Hiermit eröffnet sich ein reiches, interessantes Symmetriegebiet, dessen Erforschung uns noch wichtige Resultate in Aussicht stellt.

Was zunächst die Symmetrie getrennter Krystalle anbelangt, so könnte man sie vergleichen mit der Symmetrie gegenüberliegender Gebäude eines Platzes oder mit der Symmetrie der Theile eines Objectes, beispielsweise der Thürme eines Domes, der Räder eines Wagens, der paarigen Organe des Körpers. Dergleichen Symmetrie liegt auch in der gegenständigen Blatt-, Ast- und Blüthenstellung des Pflanzenreichs. In allen diesen Fällen kommt die Symmetrie der gegenseitigen Lage, oder die relative Symmetrie in Betracht. Im Krystallreiche wird nun die Gegenstellung getrennter

Individuen durch gleiche und entgegengesetzte Flächenorientierung bedingt und durch die Symmetriegesetze fixirt. Man bezeichnet die in einem solchen Abhängigkeitsverhältniss stehenden, Uebereinstimmung und Gegensätze zeigenden Krystalle als Gegenformen. Sie erscheinen als Paare und Doppelpaare isoparametrischer Formen. Wie bei der individuellen Symmetrie hat man auch bei der relativen Symmetrie der Gegenformen die Natur und die Elemente zu berücksichtigen und danach zu unterscheiden, einerseits wahre und Pseudosymmetrie, anderseits Centrum, Axe und Ebene dieser Symmetrie zwischen den Individuen. Schliesslich ist auch die individuelle Symmetrie der Gegenformen ins Auge zu fassen, wodurch eine doppelte, eine combinirte Symmetrie zum Vorschein kommt. Auch hier können wir Symmetriegrade feststellen und auf diese Weise eine Classification der Symmetrie der Gegenformen entwickeln. So giebt es Gegenflächner mit relativen, echten Symmetrieebenen und wahren Symmetriecentrum, jedoch ohne relative Symmetrieebenen, wogegen individuelle Ebenen und Centrum der Symmetrie fehlen, Symmetrieebenen aber vorhanden sind. Solche Gegenformen sind wirklich, d. h. mathematisch und physikalisch (speciell optisch) spiegelbildlich zu einander gestellt, indessen nicht deckbar, da ihnen eine relative Deckdrehungsaxe abgeht, sie verhalten sich also wie rechte und linke Hand, und man nennt diesen Gegensatz der Gestaltung Enantiomorphie. Beispiele hiefür bieten die rechts- und linkswendigen Krystalle des Quarzes, die Keilformen des Bittersalzes. Einer anderen Abtheilung von Gegenflächnern wird zwar relative „Spiegelbildlichkeit“ und „Deckbarkeit“ zuge-

schrieben, thatsächlich bestehen aber diese Eigenschaften nur stereometrisch und nicht zugleich physikalisch, denn in dieser Hinsicht zeigen diese Gegenformen stets grosse Verschiedenheit. Zu solchen Gegenflächern gehören z. B. die Tetraëder der Blende und des Fahlerzes, die Sphenoides des Kupferkieses, die Pyritoëder.

Der zweite Fall, in welchem die gegenseitige, die relative Symmetrie der Krystalle zum Ausdruck gelangt, liegt in ihrer Verwachsung; darin erkennen wir eine ganz besondere Eigenthümlichkeit, sozusagen ein Privilegium des Krystallreiches von der grössten Bedeutung. Allerdings erinnern daran Blätter- und zumal Blütenvereinigungen, wie die schöne Compositenblume, ferner die symmetriereichen Verwachsungen der Korallenthiere, dann auch symmetrische Gebäudecomplexe. Bei den Krystallverbindungen erreicht die Symmetrie ihren Höhepunkt, sowohl bezüglich der Mannigfaltigkeit als bezüglich der Häufigkeit ihrer Ausbildung. Die betreffenden Krystallverwachsungen sind nicht zufällig, sondern gesetzmässig, gleichwohl nicht parallel, vielmehr symmetrisch, ihre Gesetzmässigkeit beruht in der Symmetrie, sie begründet diese Vereinigungen der Krystalle, die man Zwillinge nennt. Die Symmetrie ist es daher auch, welche den Schlüssel bietet zur Ent-räthselung dieser höchst verwickelten und interessanten Erscheinung im Reiche der Krystalle. Durch die Verzwilligung entsteht eine Combination der Symmetrie, wir haben nicht allein die Symmetrie der Individuen, der Theile, sondern auch die Symmetrie des Ganzen, des Zwillings zu betrachten, und so entwickelt sich eine complexe Symmetrie, eine Zwillings-symmetrie, welche eben ist das Product der Synthese von indivi-

dueller und relativer Symmetrie. Letztere folgt aus dem Gesetze der Zwillingsbildung. Die Zwillingsymmetrie ist keine falsche, vielmehr eine echte Symmetrie und, wenn sie mitunter als „Pseudosymmetrie“ bezeichnet wird, so erklärt sich dies durch Verkennung ihres Wesens, durch Verwechslung mit individueller Symmetrie. In Folge von Zwillingsbildung entsteht nämlich Symmetrie oder es erhöht sich die vorhandene, schreibt man nun diese Erfolge der individuellen Symmetrie zu, so tritt allerdings eine Täuschung ein.

Unter den Wirkungen der Zwillingsbildung auf die Krystalsymmetrie tritt am auffälligsten hervor die Vermehrung der Symmetrie. Betrachten wir dieses Gypskrystallmodell, so hat es zunächst eine einzige Symmetrieebene, die Verwachsung zweier solcher Krystallformen zu einem Zwilling ergibt aber zwei Symmetrieebenen, indem zu der ursprünglichen, individuellen Symmetrieebene eine neue, relative, die Zwillings-Symmetrieebene hinzukommt. Dieser neue Symmetriegrad deckt sich mit einem aus dem rhombischen System. Trikliner Feldspath erreicht durch Verzwillingung Monosymmetrie, der rhombische Stauolith Pentasymmetrie, und so kann man durchweg ein stufenweises Vorrücken der Symmetriegrade von Classe zu Classe, ja von System zu System verfolgen, denn die complexe oder Zwillingsymmetrie überbrückt selbst die Kluft zwischen den Krystallsystemen, sie verschmilzt die Systeme. So entstehen complexe oder Zwillings-Symmetrieclassen, deren Symmetriegrade völlig analog sind jenen der einfachen Symmetrieclassen der Krystallindividuen. Gegenüber der Steigerung der Symmetrie bewirkt die Verzwillingung oft auch eine Ver-

minderung derselben, so sinkt z. B. die tetragonale Symmetrie eines Rutil- oder Zinnsteinkrystals in Folge der Zwillingsbildung zu rhombischer Symmetrie herab, das höchstsymmetrische Oktaëder nimmt durch das Spinellzwillingsgesetz hexagonale Symmetrie an. Diese Erniedrigung der Symmetrie ist namentlich in der höchstsymmetrischen Classe naturgemäss. Indessen wird auch im Falle einer in Folge Verzwilligung eintretenden Verminderung der Symmetrie durch Wiederholung der Zwillingsbildung, durch sogenannte Vielingsbildung oder Polysynthese eine Potenzierung der Symmetrie bewirkt. Auf diese Weise gewinnen viele rhombische Krystalle (wie Aragonit, Cersussit) hexagonale Symmetrie. Sowie die Anzahl der verzwilligten Individuen trägt auch die Art ihrer Verwachsung zur Erhöhung der Symmetrie bei; einfache Anlagerung (Apposition) führt zu niedererer, Durchkreuzung (Penetration) zu höherer Symmetrie, wie uns die Spheuzwillinge beweisen.

In Folge der Analogie der Zwillingsymmetriegrade mit den einfachen Symmetrieclassen entsteht in der complexen Symmetrie eine Nachahmung, eine Mimesie, welche besonders gefördert wird durch Vielingsbildung, durch polysynthetische und kryptomere Verwachsung. Ihr Studium ist ausserordentlich bedeutsam für die Ergründung der Krystallnatur.

Die Zwillingsymmetrie ist wie die Symmetrie der Einzelkrystalle geometrisch-physikalisch, auch sie besitzt die drei Elemente Centrum, Axe und Ebene.

Schliesslich möchte ich die hochansehnliche Versammlung noch auf eine interessante Eigenschaft der Symmetrie im Reiche der Krystalle aufmerksam machen,

welche sie wesentlich unterscheidet von der künstlichen Symmetrie, zum Theile auch von der natürlichen Symmetrie bei Mensch, Thier und Pflanze. Bei letzteren bemerken wir indessen schon gewisse Anfänge jener Eigenschaft, wie z. B. die Abweichungen zwischen rechter und linker Hand, zwischen rechtem und linkem Auge, zwischen den Blatthälften der Ulme, Linde u. a. Diese charakteristische Eigenthümlichkeit der Krystalsymmetrie ist ihre Elasticität. Die Symmetrie ist zwar, wie wir gesehen haben, eine sehr bestimmte, eine streng gesetzmässige Erscheinung, trotzdem ist dieselbe mit ungemeiner Freiheit entwickelt, sie ist durchaus nicht so gebunden an die örtliche Lage, wie es die Modelle illustriren. Am Krystall kann eine Symmetrieebene sich beliebig oft wiederholen, allerdings immer in derselben parallelen Stellung; die Krystalsymmetrie ist nicht gefesselt an die Mittellage. Diese Elasticität der Symmetrie bildet durchaus nicht einen Widerspruch zu ihrer ausserordentlichen Gesetzmässigkeit, es liegt darin nur eine schwungvolle Entwicklungsweise der unerschütterlichen Naturgesetze. Namentlich richtet sich die Freiheit der Krystalsymmetrie gegen die zu streng mathematische Auffassung derselben; unabhängig von den Dimensionen und den Distanzen erscheinen die Symmetrieelemente, aber stets abhängig von den Neigungsverhältnissen und von der physikalischen Uebereinstimmung. Die Symmetrieebene ist daher keine eigentliche Spiegelungsebene, der so übliche Begriff der „Spiegelbildlichkeit“ gilt nur mit Beschränkungen auf Orientirung und Physik der Krystalltheile. Ebenso dürfen auch die Ausdrücke „Deckdrehungsaxe“, „Deckstellung“ nicht wörtlich und vor allem nicht streng

stereometrisch aufgefasst werden. Auch das Symmetriecentrum ist beim Krystall kein wahres „Centrum“, es ist unabhängig von den Centraldistanzen und von den Grössenverhältnissen der Begrenzungselemente.

An dem Schlusse meines Vortrages angelangt, erlaube ich mir, hochverehrte Anwesende, nur noch wenige Worte in Bezug auf die Anwendung der Erfahrungen, welche wir aus der Betrachtung über die Symmetrie im Reiche der Krystalle gewonnen haben. Diese Krystallsymmetrie mit ihrer mannigfachen Ausbildungsweise und Vertiefung, mit ihrer ausserordentlichen Gesetzmässigkeit einerseits, mit ihrer Elasticität und Freiheitlichkeit anderseits, sie giebt uns das Vorbild für das akademische Leben. In unserer wissenschaftlichen Thätigkeit als Forscher und Lehrer soll Exactheit sich vereinigen mit genialem Aufschwung, als Schüler und Jünger der Alma Mater sollen wir üben Gründlichkeit und Selbständigkeit in den Studien, als akademische Bürger sollen wir einhalten die Gesetze nicht ohne Freiheit in ihren Grenzen. Ordnungsliebe und Pflichttreue soll unser Ideal sein, nicht nur äusserlich, sondern auch innerlich; dann wird, wenn Lehrer und Lernende in diesem Sinne sich ausbilden, eine Harmonie der Bestrebungen nach den Grundsätzen des Wahren und Edlen, dann wird eine geistige Symmetrie sich entwickeln und mein Schlusswunsch erfüllt werden: *vivat academia, semper sit in flore!*
