

PHYSIKALISCHE
KRYSTALLOGRAPHIE

UND EINLEITUNG
IN DIE
KRYSTALLOGRAPHISCHE KENNTNISS
DER
WICHTIGEREN SUBSTANZEN
VON
P. GROTH.

ZWEITE, UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.
MIT 631 HOLZSCHNITTEN IM TEXT UND EINER BUNTDRUCK-TAFEL.

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1885.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Das vorliegende Lehrbuch ist besonders für Studirende der folgenden Fächer bestimmt:

1) der Chemie. Die Wichtigkeit, welche für diese Wissenschaft die Krystallographie bereits seit der Entdeckung des Gesetzes der Isomorphie besass, auf welches so zahlreiche Schlüsse über die chemische Constitution unorganischer Verbindungen aufgebaut worden sind, ist noch ausserordentlich vermehrt worden durch die in den letzten 15 Jahren erfolgte Ausdehnung des krystallographischen Studiums der organischen Verbindungen. Dieses hat gelehrt, dass kaum durch irgend eine andere Eigenschaft ein Körper mit gleicher Sicherheit erkannt werden kann, als durch seine Krystallform, daher deren Bestimmung ganz besonders bei der so oft vorkommenden Frage, ob identische oder isomere Körper vorliegen, von entscheidender Bedeutung ist. Andererseits haben die ebenfalls den letzten Jahren angehörigen Untersuchungen O. Lehmann's gezeigt, wie ausserordentlich zahlreich die Fälle sind, in denen organische Substanzen, unter ungleichen Umständen erhalten, verschiedene Schmelzpunkte zeigen, während sie doch chemisch identisch sind und nur die Fähigkeit besitzen, in mehreren »physikalisch isomeren« Modificationen aufzutreten, — so dass die Bestimmung des Schmelzpunktes ihren bisher so allgemein angenommenen Werth als Mittel zur Erkennung einer Substanz fast ganz eingebüsst hat. Aus alledem geht hervor, dass heutzutage die Bekanntschaft mit der Krystallographie für den wissenschaftlich gebildeten Chemiker unentbehrlich geworden ist, wenigstens so weit, dass er durch dieselbe in den Stand gesetzt wird, diejenigen Fälle zu erkennen, in welchen ihm eine krystallographische Untersuchung

seiner Producte von Nutzen sein kann, und in denen es nothwendig ist, sich der Unterstützung durch einen eigentlichen Krystallographen zu bedienen. Es ist ein Hauptziel des Verfassers gewesen, es nicht nur den Chemikern zu ermöglichen, die hierzu erforderlichen Kenntnisse aus vorliegendem Buche in ausreichendem Maasse zu schöpfen, sondern auch Diejenigen unter ihnen, welche dasselbe recht genau durchstudiren, sogar in den Stand zu setzen, einfachere krystallographische Bestimmungen, wie sie zu chemischen Zwecken gewöhnlich vorkommen, selbst auszuführen. Wünschenswerth wäre es allerdings in hohem Grade, wenn an mehreren Universitäten, an denen sich eine grössere Zahl Chemie Studirender befindet, nicht bloss ausführlichere Vorlesungen über physikalische und chemische Krystallographie, sondern auch eigene praktische Curse eingerichtet würden (wie es in München der Fall ist), in denen diejenigen, welche sich die im vorliegenden Buche niedergelegten Vorkenntnisse erworben haben, systematische Anleitung zur Ausführung krystallographischer Messungen, optischer Untersuchungen u. s. w. erhielten.

2) Eine zweite Kategorie Studirender, für welche das vorliegende Buch bestimmt ist, bilden diejenigen der Physik. Die Lehrbücher und Vorlesungen über diese Wissenschaft behandeln, wie es bei der grossen Ausdehnung des Gebietes nicht anders sein kann, die physikalischen Eigenschaften der Krystalle meist nur in abgekürzter Weise, während die Kenntniss derselben und ihres Zusammenhanges mit der Krystallform doch für die Physiker wichtig und interessant genug ist, um eine nähere Beschäftigung mit denselben zu rechtfertigen. Dass hierbei zum Zwecke einer zusammenhängenden Darstellung auch manche Dinge aufgenommen werden mussten, welche ebenso ausführlich in jedem Lehrbuche der Physik zu finden sind, versteht sich von selbst, doch möchte es für angehende Physiker nicht überflüssig sein, sie hier in einem anderen Zusammenhange kennen zu lernen. Den Praktikanten physikalischer Laboratorien wird vielleicht die in der III. Abtheilung enthaltene ausführliche Anleitung zu krystalloptischen Arbeiten nicht unwillkommen sein.

3) Das Studium der Geologie muss, wenn es nicht in einseitiger Weise nur einen Theil derselben umfassen soll, gegründet werden auf wenigstens allgemeine Kenntnisse der Physik und Chemie und besonders auf eingehende Beschäftigung mit den mineralogischen Wissenschaften. Namentlich derjenige Theil der Geologie, welcher sich mit den Gesteinen

beschäftigt, die Petrographie, erfordert als Vorbedingung das Studium der Krystalloptik und der Krystallographie. Durch Aufnahme der mikroskopischen Untersuchungsmethoden hat der Verfasser speciell auch diesem Bedürfnisse Rechnung zu tragen gesucht und Alles dasjenige in den Kreis der Betrachtung gezogen, was zum Vorstudium der mikroskopischen Physiographie der gesteinsbildenden Mineralien unerlässlich erscheint.

Was endlich diejenigen betrifft, welche sich speciell der Mineralogie widmen wollen, so soll Diesen das vorliegende Werk nur zur Einführung in die Krystallographie dienen. Wenn dasselbe auch für die gewöhnlich vorkommenden Fälle alles Nöthige enthält, so ist es doch wünschenswerth, dass die zukünftigen Mineralogen sich weitergehende Kenntnisse in der Physik und Mathematik verschaffen, als sie hier vorausgesetzt werden, um auch schwierigere krystallographische Werke, auf welche an mehreren Stellen hingewiesen wird, zum Gegenstande ihres Studiums machen zu können.

Die allgemeine Anordnung des Stoffes ist die gleiche geblieben, wie in der ersten Auflage.

Die I. Abtheilung bildet die Beschreibung der physikalischen Eigenschaften der Krystalle, in welcher z. B. die Abschnitte über die Einwirkung mechanischer Kräfte und die Capitel über die optische Elasticität eine wesentlich andere und, wie der Verfasser glaubt, übersichtlichere Gestalt gewonnen haben. Eine mathematisch strenge Behandlung des Gegenstandes, besonders der Theorie der optisch zweiaxigen Medien, war durch die Bestimmung des Buches für Anfänger ausgeschlossen. Zur Erleichterung des Verständnisses hat der Verfasser die Elasticitätsfläche, deren Radien $= \sqrt{e}$, als Ellipsoid bezeichnet, was sie streng genommen nicht ist (es ist eine Fläche 4. Ordnung, und das eigentlich als »Elasticitätsfläche« zu bezeichnende Gebilde, dessen Radien proportional e , eine solche 6. Grades), und hat als »Wellenfläche« dasjenige Gebilde behandelt, welches in der theoretischen Physik jetzt als »Strahlenfläche« bezeichnet wird. Da in den Krystallen die Axenverhältnisse aller dieser Flächen so wenig von der Einheit abweichen, dass die erwähnte Substitution in jedem Falle, in welchem es sich nicht um sehr genaue Rechnung handelt, eine hinreichende Annäherung an die

Wahrheit darstellt, und da die substituirtten Flächen mit den anderen gewisse Schnitte und Eigenschaften in aller Strenge gemeinsam haben, so zog der Verfasser diese Substitution, welche übrigens auch in grösseren physikalischen Lehrbüchern noch adoptirt ist, aus pädagogischen Gründen vor. Durch die in Folge dessen erzielte Vereinfachung der Betrachtung und dadurch, dass in allen optischen Erörterungen die Verhältnisse des »Strahles« (welcher ja eigentlich etwas Fingirtes darstellt) zu Grunde gelegt wurden, glaubt der Verfasser es nämlich erreicht zu haben, dass auch Anfänger, welche nur über die elementarsten mathematischen Kenntnisse verfügen, ein Verständniss der optischen Erscheinungen der Krystalle, soweit es für die krystallographische Praxis unentbehrlich ist, aus dem Buche gewinnen können, und dieser Vortheil dürfte eine kleine Abweichung von mathematischer Strenge wohl aufwiegen. Bei den Erwägungen über diese Fragen hatte der Verfasser sich vielfacher belehrender Hülfe seines früheren Strassburger Collegen Prof. Dr. Braun (jetzt in Tübingen) zu erfreuen; und Prof. Dr. Kundt in Strassburg hatte die Gefälligkeit, den Abschnitt über die electricischen Eigenschaften einer Revision zu unterwerfen. Beiden Herren Collegen sagt der Verfasser auch an dieser Stelle seinen besten Dank. — Das Interesse, welches die optischen Anomalien der Krystalle in neuerer Zeit, namentlich durch die wichtigen Forschungen Mallards, erlangt haben, liess es gerechtfertigt erscheinen, die Einwirkung von Druck und Spannung auf die optischen Eigenschaften der festen Körper etwas eingehender zu behandeln, da es dem Verfasser wahrscheinlich dünkt, dass ein Theil jener Erscheinungen auf derartige Einflüsse zurückzuführen ist. Wenn auch diese Frage in ihrer Allgemeinheit noch nicht beantwortet werden konnte, so dürfte doch eine Auseinandersetzung der Gründe, welche für die eine oder die andere Erklärungsweise sprechen, auch in einem elementaren Lehrbuche nicht ganz fehlen.

Die II. Abtheilung, die Betrachtung der geometrischen Eigenschaften der Krystalle, hat geringere Aenderungen gegen die erste Auflage erfahren. Auch hier waren es pädagogische Gründe, welche den Verfasser hinderten, die in neuester Zeit in mehreren Werken adoptirte Definition der Krystallsysteme durch die »Axen und Centren der Symmetrie« zu Grunde zu legen, mit welcher der für den Anfänger das Verständniss so wesentlich erleichternde Zusammenhang der geometrischen und physikalischen Symmetrieebene verloren geht. Entsprechend der seit

Gründung der »Zeitschrift für Krystallographie« immer allgemeiner werdenden Annahme der Miller'schen Bezeichnungsweise, musste diese mehr als in der ersten Auflage in den Vordergrund treten; dieselbe ist selbstverständlich consequent in der Art angewendet, wie sie durch jene Zeitschrift eingeführt worden ist. Der Berechnung wurde die stereographische Projection zu Grunde gelegt und letztere daher bereits im allgemeinen Theile erläutert. Denjenigen Studirenden, welche vorläufig nicht bis zu den Berechnungsmethoden vorschreiten wollen, räth der Verfasser, den allgemeinen Theil § 39—48 nur cursorisch zu lesen, um sich eine allgemeine Kenntniss der krystallographischen Grundbegriffe zu verschaffen, und dann sofort zum Studium der einzelnen Krystalssysteme überzugehen, in deren Behandlung die Abschnitte über Projection und Berechnung so eingefügt sind, dass das Uebrige auch ohne sie als selbständiges Ganze studirt werden kann. Bei den einzelnen Abtheilungen der Krystalle sind wie früher die wichtigsten dahin gehörigen Substanzen als Beispiele erwähnt mit Angabe ihrer Krystallformen und physikalischen Eigenschaften, welche letztere so vollständig als möglich aufgenommen wurden. Die Anzahl dieser Beispiele ist gegen die erste Auflage nicht erheblich vermehrt, weil sonst das Werk allzu umfangreich geworden wäre, und weil der Verfasser hofft, demselben baldigst die Ausarbeitung eines vollständigen Handbuches der chemischen Krystallographie folgen zu lassen, in welchem die Resultate der krystallographischen und physikalischen Untersuchungen aller krystallisirter Substanzen zusammengestellt werden sollen. Die allgemeinen Grundbegriffe der chemischen Krystallographie, wie sie zum Verständniss der chemischen Beziehungen zwischen den in das vorliegende Buch aufgenommenen, wichtigeren Substanzen nöthig sind, findet man in der Einleitung zu des Verfassers »Tabellarische Uebersicht der Mineralien nach ihren krystallographisch-chemischen Beziehungen«, Braunschweig 1882.

Eine gänzliche Neubearbeitung erforderte die III. Abtheilung, die Beschreibung der Apparate und Methoden zu krystallographisch-physikalischen Untersuchungen, weil auf diesem Gebiete die Fortschritte der letzten Jahre so ausserordentlich grosse gewesen sind, wie in keiner früheren Periode. Die Präcisionstechnik, auf krystallographischem Gebiete in Deutschland in erster Linie repräsentirt durch die Werkstätte von R. Fuess in Berlin, liefert jetzt so vervollkommnete Instrumente, dass die Untersuchung der Krystalle nach den verschiedensten

Richtungen hin in früher ungeahnter Weise erweitert und erleichtert worden ist. Auch bei Abfassung dieses Abschnittes wurde darauf Rücksicht genommen, dass der Anfänger durch das Selbststudium desselben in den Stand gesetzt werde, die Apparate und ihren Gebrauch kennen zu lernen. Die Darstellung wurde zu möglicher Erleichterung des Verständnisses unterstützt durch zahlreiche, in den Text aufgenommene Abbildungen, welche an Stelle der beiden lithographirten Tafeln der ersten Auflage getreten sind.

Die Bunttafel der letzteren wurde unverändert beibehalten.

Der Erfolg, dessen sich die erste Auflage dieses Buches zu erfreuen hatte, lässt den Verfasser hoffen, dass derselbe auch dieser neuen Bearbeitung, bei welcher er bestrebt war, manche Mängel der ersten zu beseitigen, nicht ganz fehlen werde.

München, Ostern 1885.

P. Groth.

Inhaltsverzeichniss.

I. Abtheilung.

Die physikalischen Eigenschaften der Krystalle.

	Seite
§. 1. Definition der physikalischen Krystallographie	3

Die Einwirkung mechanischer Kräfte auf die Krystalle.

§. 2. Dichte, Elasticität	4
§. 3. Cohäsion, Härte	8
§. 4. Aetzfiguren	10

Gesetze der Schwingungsbewegungen.

§. 5. Begriff der Schwingungsbewegung	11
§. 6. Interferenz der Wellenbewegungen	13
§. 7. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellenbewegungen	15
§. 8. Ausbreitung der Wellenbewegung in einem homogenen, isotropen Medium. Wellenfläche	17
§. 9. Reflexion und Brechung der Wellen	19

Die optischen Eigenschaften der Krystalle.

§. 10. Undulationstheorie des Lichtes	26
§. 11. Reflexion des Lichtes	27
§. 12. Brechung des Lichtes in isotropen Körpern	29
§. 13. Interferenz des Lichtes.	38
§. 14. Elasticitätsverhältnisse des Lichtäthers, Polarisation und Doppelbrechung. Eintheilung der Krystalle nach ihren optischen Eigenschaften	43
§. 15. Doppelbrechung des Lichtes im Kalkspath	47
§. 16. Doppelbrechung (Forts.) und Wellenfläche des Lichtes im Kalkspath.	54
§. 17. Allgemeine Eigenschaften der optisch einaxigen Krystalle	59
§. 18. Herstellung polarisirten Lichtes durch einaxige Krystalle; Interferenz desselben; Polarisationsapparat	63
§. 19. Interferenzerscheinungen einaxiger Krystallplatten im parallelen Lichte	71
§. 20. Interferenzerscheinungen einaxiger Krystallplatten im convergenten Lichte	75
§. 21. Circularpolarisation	83
§. 22. Optische Elasticitätsverhältnisse der zweiaxigen Krystalle	89
§. 23. Wellenfläche der zweiaxigen Krystalle	92
§. 24. Bestimmung der Brechungsexponenten zweiaxiger Krystalle	99
§. 25. Interferenzerscheinungen zweiaxiger Krystallplatten	104
§. 26. Bestimmung des optischen Axenwinkels	114
§. 27. Bestimmung des Zeichens der Doppelbrechung bei ein- und zweiaxigen Krystallen	122

	Seite
§. 28. Herstellung einaxiger und circularpolarisirender Medien aus Combinationen zweiaxiger	130
§. 29. Doppelbrechung in amorphen Körpern durch Druck oder Spannung her- vorgebracht	133
§. 30. Aenderung der optischen Eigenschaften der Krystalle durch Druck oder Spannung	137
§. 31. Die Absorption des Lichtes in Krystallen	144

Die thermischen Eigenschaften der Krystalle.

§. 32. Wärmestrahlung, Wärmeleitung	157
§. 33. Ausdehnung durch die Wärme	161
§. 34. Messung der thermischen Ausdehnung der Krystalle	170
§. 35. Einfluss der Wärme auf die optischen Eigenschaften	173

Die magnetischen und elektrischen Eigenschaften der Krystalle.

§. 36. Magnetische Eigenschaften der Krystalle	177
§. 37. Elektrische Eigenschaften der Krystalle	179

Schluss.

§. 38. Zusammenhang der physikalischen Eigenschaften der Krystalle	183
--	-----

II. Abtheilung.

Die geometrischen Eigenschaften der Krystalle.

§. 39. Einleitung	189
§. 40. Das Grundgesetz der Krystallographie	193
§. 41. Zonenlehre	200
§. 42. Projection der Krystalle	207
§. 43. Die Symmetrie der Krystalle	212
§. 44. Eintheilung der Krystalle nach den Hauptsymmetrieebenen. Das Grund- gesetz der physikalischen Krystallographie.	216
§. 45. Die Krystallsysteme	220
§. 46. Einfache Krystallformen und Combinationen. Krystallreihe	222
§. 47. Holoëdrie und Hemieëdrie. Hemimorphie	226
§. 48. Regelmässige Verwachsungen der Krystalle. Pseudosymmetrie	230

A. Krystalle mit drei Hauptaxen.

I. Das reguläre Krystallsystem.

§. 49. Einleitung.	235
§. 50. Herleitung und Bezeichnung der regulären Krystallformen	238
§. 51. Die Beziehungen der regulären Krystallformen zu einander	246
§. 52. Beschreibung der regulären Krystallformen und ihrer Combinationen	251
§. 53. Projection und Berechnung der regulären Formen	260
§. 54. Zwillinge des regulären Systems	269
§. 55. Beispiele holoëdrisch regulär krystallisirender Substanzen	271
§. 56. Die tetraëdrische Hemieëdrie	273
§. 57. Beispiele tetraëdrisch-hemieëdrischer Substanzen	280
§. 58. Die pentagonale Hemieëdrie	284

	Seite
§. 59. Beispiele pentagonal-hemiëdrischer Substanzen	289
§. 60. Die plagiëdrische Hemiëdrie	291
§. 61. Die Tetartoëdrie des regulären Systems	296
§. 62. Beispiele tetartoëdrisch regulär krystallisirender Substanzen	302
§. 63. Die physikalischen Eigenschaften der regulären Krystalle	307

B. Krystalle mit einer Hauptaxe.

(Optisch einaxige Krystalle.)

§. 64. Einleitung	312
-----------------------------	-----

II. Das hexagonale Krystallsystem.

§. 65. Grundform, Ableitung und Bezeichnung der hexagonalen Formen durch ihre Indices.	313
§. 66. Auswahl der Grundform und Unterscheidung der Krystallreihen	319
§. 67. Beschreibung der holoëdrisch-hexagonalen Formen und ihrer Combinationen	323
§. 68. Projection und Berechnung der hexagonalen Formen	331
§. 69. Beispiele holoëdrisch hexagonal krystallisirender Substanzen	336
§. 70. Die rhomboëdrische Hemiëdrie	337
§. 71. Die abgekürzte Naumann'sche und die Miller'sche Bezeichnung der rhomboëdrischen Formen	348
§. 72. Projection und Berechnung der rhomboëdrisch-hemiëdrischen Formen	353
§. 73. Beispiele rhomboëdrisch-hemiëdrischer Substanzen	356
§. 74. Die pyramidale Hemiëdrie. Beispiele	365
§. 75. Die trapezoëdrische Hemiëdrie	368
§. 76. Mögliche Arten der Tetartoëdrie des hexagonalen Systems	370
§. 77. Die rhomboëdrische Tetartoëdrie. Beispiele	372
§. 78. Die trapezoëdrische Tetartoëdrie	376
§. 79. Beispiele trapezoëdrisch-tetartoëdrischer Substanzen	381

III. Das tetragonale Krystallsystem.

§. 80. Grundform, Ableitung und Bezeichnung der tetragonalen Formen	391
§. 81. Beschreibung der holoëdrischen tetragonalen Formen und ihrer Combinationen	397
§. 82. Projection und Berechnung der tetragonalen Formen	403
§. 83. Beispiele holoëdrisch tetragonal krystallisirender Substanzen	405
§. 84. Die sphenoidische Hemiëdrie. Beispiele	409
§. 85. Die pyramidale Hemiëdrie. Beispiele	414
§. 86. Die trapezoëdrische Hemiëdrie	418
§. 87. Mögliche Arten der Tetartoëdrie des tetragonalen Systems	421

Die physikalischen Eigenschaften der hexagonalen und tetragonalen Krystalle.

§. 88. Specielle Darstellung des Zusammenhanges zwischen dem physikalischen Verhalten und der Form bei den einaxigen Krystallen	423
---	-----

C. Krystalle ohne Hauptaxe.

(Optisch zweiaxige Krystalle.)

IV. Das rhombische Krystallsystem.

§. 89. Die Symmetrie der rhombischen Krystalle	427
§. 90. Wahl der Axen und der Grundform	428

	Seite
§. 91. Ableitung und Bezeichnung der rhombischen Pyramiden	431
§. 92. Ableitung und Bezeichnung der rhombischen Prismen und Pinakoide	433
§. 93. Projection und Berechnung der rhombischen Formen	440
§. 94. Die physikalischen Eigenschaften der rhombischen Krystalle	443
§. 95. Beispiele holoëdrisch-rhombisch krystallisirender Substanzen	450
§. 96. Hemiedrie des rhombischen Systems. Beispiele	465

V. Das monosymmetrische Krystallsystem.

§. 97. Die Symmetrie der monosymmetrischen Krystalle	470
§. 98. Wahl der Axen und der Grundform	473
§. 99. Ableitung und Bezeichnung der monosymmetrischen Formen	475
§. 100. Projection und Berechnung der monosymmetrischen Formen	481
§. 101. Die physikalischen Eigenschaften der monosymmetrischen Krystalle	486
§. 102. Beispiele monosymmetrisch krystallisirender Substanzen	502

VI. Das asymmetrische Krystallsystem.

§. 103. Einleitung. Wahl der Axen und der Grundform	515
§. 104. Ableitung und Bezeichnung der asymmetrischen Formen	516
§. 105. Projection und Berechnung der asymmetrischen Formen	519
§. 106. Die physikalischen Eigenschaften der asymmetrischen Krystalle	525
§. 107. Beispiele asymmetrisch krystallisirender Substanzen	528

Anhang.

§. 108. Unvollkommenheiten in der Ausbildung der Krystalle	533
§. 109. Beschaffenheit der Krystallflächen	539

III. Abtheilung.

Die Apparate und Methoden zu krystallographisch-physikalischen Untersuchungen.

A. Goniometer und Refractometer.

§. 110. Contactgoniometer: 1) Das Anlegegoniometer, 2) das Fühlhebelgoniometer, 3) Mikrogoniometer	545
§. 111. Reflexionsgoniometer mit verticalem Kreise	553
§. 112. Reflexionsgoniometer mit horizontalem Kreise	560
§. 113. Methode der Messung mit dem Reflexionsgoniometer	571
§. 114. Anwendung des Goniometers als Refractometer	585
§. 115. Bestimmung der Brechungsexponenten durch Totalreflexion: 1) F. Kohlrausch's Totalreflectometer, 2) Ch. Soret's Refractometer, 3) Totalreflectometer nach Wollaston	591
§. 116. Spectralphotometer	609

B. Polarisationsapparate.

§. 117. Polarisationsinstrumente nach Nörremberg	613
§. 118. Das Stauroskop	618
§. 119. Einrichtung des optischen Universalapparates zur Axenwinkelmessung	626
§. 120. Einrichtung des optischen Universalapparates als Goniometer und Refractometer	634
§. 121. Der Adams'sche Polarisations- und Axenwinkelapparat	637
§. 122. Grosser Axenwinkelapparat von Fuess	644

C. Mikroskope und mikroskopische Messapparate.

§. 123. Mikroskope zu krystallographischen Untersuchungen	647
§. 124. Das Lehmann'sche Krystallisationsmikroskop	658
§. 125. Apparat zur Bestimmung der Elasticitätscoëfficienten	660

D. Schneide- und Schleifapparate.

§. 126. Das Schneiden, Schleifen und Poliren der Krystallplatten	667
--	-----

E. Darstellung der Resultate krystallographischer Untersuchungen.

§. 127. Gang einer krystallographischen Untersuchung und Darstellung der Resultate.	675
§. 128. Zeichnung der Krystallformen	683

Anhang I.

Vergleichungstabelle der krystallographischen Bezeichnungen von Nau- mann, Miller, Weiss und Levy	689
--	-----

Anhang II.

Preisverzeichnisse der vom Verf. empfohlenen Lieferanten von Apparaten, Modellen u. s. w.	694
Namenregister	699
Sachregister	704

I. ABTHEILUNG.

DIE PHYSIKALISCHEN EIGENSCHAFTEN
DER KRYSTALLE.

§. 1. Definition der physikalischen Krystallographie. Die Mineralogie ist die Kenntniss der physikalischen Eigenschaften der in der Natur vorkommenden festen Substanzen; sie ist ein Theil der descriptiven Chemie, d. h. der Kenntniss der physikalischen Eigenschaften aller Körper, auch der künstlich dargestellten. Die Methoden, welche dieselbe zur Erforschung jener Eigenschaften benutzt, sind selbstverständlich physikalische; demnach ist die Physik eine ihrer wichtigsten Hilfswissenschaften. Da allen festen Körpern von bestimmter chemischer Zusammensetzung die Fähigkeit zukommt, in bestimmten, ebenflächig begrenzten Formen (krystallisirt) aufzutreten, — da ferner die Krystallform eines Stoffes diejenige seiner Eigenschaften ist, durch welche er im Allgemeinen am sichersten wieder erkannt werden kann, — so ist diejenige geometrische Disciplin, welche sich mit den regelmässigen Formen der festen Körper beschäftigt, die Krystallographie, eine nicht minder unentbehrliche Hilfswissenschaft der Mineralogie, als die Physik.

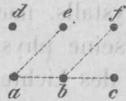
Physik und Krystallographie treten nun in eine weitere Beziehung zu einander dadurch, dass die äusseren Formen der Krystalle in einem streng gesetzmässigen Zusammenhang stehen mit den physikalischen Eigenschaften ihrer Masse, so zwar, dass in denjenigen Richtungen eines Krystalls, nach welcher seine geometrische Form eine gleichartige ist, auch seine physikalischen Eigenschaften (z. B. die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes) übereinstimmen, während krystallographisch ungleichwerthige Richtungen sich im Allgemeinen auch in physikalischer Beziehung unterscheiden. Durch diesen letzteren Umstand bieten die Krystalle besonders complicirte physikalische Probleme dar, deren Lösung der Gegenstand zahlloser theoretischer und experimenteller Untersuchungen von Seiten vieler der bedeutendsten Physiker gewesen ist. In Folge dessen sind die physikalischen, ganz besonders aber die optischen Eigenschaften der Krystalle, sowie auch die Gesetze des Zusammenhanges, in welchem jene Eigenschaften mit den Krystallformen stehen, bereits so weit bekannt, dass sie dazu benutzt werden können, die Krystallform in solchen Fällen zu bestimmen, in denen die rein geometrische Bestimmung besonders erschwert oder ganz unmöglich gemacht ist. So kann man z. B. sehr häufig mit Hülfe der optischen Eigenschaften an einem höchstens 1 Quadratmillimeter grossen durchsichtigen Splitter eines Krystalles, an welchem keine Spur der äusseren Form

mehr erhalten ist, mit Sicherheit bestimmen, welcher Abtheilung von Krystallformen der ganze Krystall angehörte. Es leuchtet hiernach ein, wie grosse praktische Wichtigkeit für die Krystallographie die genaue Kenntniss des gesetzmässigen Zusammenhanges zwischen Krystallform und physikalischen Eigenschaften besitzt. Nicht minder wichtig ist aber diese Kenntniss in theoretischer Beziehung für die Krystallographie, indem nämlich deren Gesetze sich meist als natürliche Consequenzen der physikalischen Eigenschaften der Krystalle ergeben. Es ist demnach die Behandlung der geometrischen Eigenschaften der Krystalle nicht mehr zu trennen von der ihrer physikalischen, und beide in ihrem gesetzmässigen Zusammenhange darzustellen, ist der Gegenstand der physikalischen Krystallographie.

Die Einwirkung mechanischer Kräfte auf die Krystalle.

§. 2. **Dichte, Elasticität.** Die allgemeine Eigenschaft der Zusammenrückbarkeit der festen Körper zeigt, dass dieselben gedacht werden müssen als zusammengesetzt aus, von einander abstehenden, kleinsten Theilchen, Molekülen, deren Abstand der Gleichgewichtslage der zwischen ihnen existirenden anziehenden und abstossenden Kräfte entspricht. Dieser Abstand ist bei einem und demselben Körper abhängig von der Temperatur desselben; eine Aenderung der letzteren (ebenso wie ein auf den Körper ausgeübter Druck oder Zug) bewirkt somit eine Aenderung der Dichte, wenn wir unter »Dichte eines Körpers« verstehen: die in der Volumeneinheit desselben enthaltene Masse. Die physikalischen Eigenschaften der Krystalle führen auf die Annahme, dass die Moleküle derselben in regelmässiger Weise netzförmig angeordnet sind; alsdann müssen nothwendiger Weise die Abstände der Theilchen nach verschiedenen Richtungen verschieden sein.

Fig. 4.



Betrachten wir z. B. mehrere benachbarte Massentheilchen in einer Ebene, welche so geordnet sind, wie in Fig. 4, so ist der Abstand der Theilchen in der Richtung ae ein anderer, als in der Richtung ab .

Diejenigen Abstände der Moleküle von einander, in welchen ihre gegenseitige Anziehung und Abstossung sich das Gleichgewicht halten, sind unter bestimmten Verhältnissen nur ganz bestimmte. Versucht man, diese Abstände zu erweitern (den Körper auszudehnen), so tritt ein Widerstand desselben auf, demzufolge die Theilchen ihre frühere Lage, der ganze Körper seine frühere Gestalt wieder anzunehmen bestrebt sind. Bei grösseren Abständen der Theilchen, als sie dem Gleichgewicht von Anziehung und Abstossung entsprechen, ist also die erstere Kraft die überwiegende. Ein gleicher Widerstand zeigt sich, wenn man versucht, die Moleküle einander zu nähern; in diesem Falle müssen also die abstossenden Kräfte die anziehenden überwiegen. Beide Arten der

zwischen den kleinsten Theilchen wirkenden Kräfte müssen sich also mit den Abständen jener nach verschiedenen Gesetzen ändern.

Die allgemeine Eigenschaft der Körper, einer Aenderung ihrer Dichte, d. h. der Abstände ihrer Moleküle, einen Widerstand entgegenzusetzen, nennt man ihre Elasticität. Die Erfahrung lehrt, dass, wenn ein stabförmiger Körper durch ein Gewicht dilatirt oder comprimirt wird, die eingetretene Verlängerung oder Verkürzung proportional ist dem die Veränderung bewirkenden Gewichte und der Länge des Körpers, umgekehrt proportional seinem Querschnitt, und ausserdem abhängt von der Beschaffenheit der Substanz des Stabes selbst. Diese letztere Abhängigkeit wird ausgedrückt durch das Verhältniss eines Gewichtes P zu der Verlängerung δ , welche ein Stab der betreffenden Substanz von der Einheit der Länge und der Einheit des Querschnittes durch Anhängen desselben Gewichtes erfährt. Diese Verlängerung ändert sich aber nur innerhalb einer gewissen Grenze mit dem wirkenden Gewichte diesem proportional, innerhalb dieser bleibt also das Verhältniss beider

$$e = \frac{P}{\delta}$$

constant (das Gewicht $2P$ giebt die Verlängerung 2δ , das Verhältniss $\frac{2P}{2\delta}$ ist aber gleich $\frac{P}{\delta}$ u. s. f.) für eine und dieselbe Substanz und heisst deren Elasticitätscoefficient oder Elasticitätsmodulus*). Dieser ist also das Maass des Widerstandes, welchen die betreffende Substanz einer Aenderung des Abstandes ihrer kleinsten Theilchen entgegensetzt.

Da die Grenze, innerhalb deren jene Proportionalität besteht, im Allgemeinen eine sehr enge ist, so handelt es sich bei der Bestimmung der Grösse des Elasticitätscoefficienten um die Messung sehr kleiner Verlängerungen, hervorgebracht durch sehr kleine Gewichte. Um trotzdem den Quotienten dieser kleinen Grössen mit möglichster Genauigkeit zu erhalten, bestimmt man die Verlängerung indirect durch die Biegung, welche ein dünnes Stäbchen des Körpers erfährt. Zu diesem Zwecke wird ein solches mit seinen beiden Enden auf zwei horizontale Schneiden von bekanntem Abstände aufgelegt und in der Mitte von oben her mittelst einer dritten Schneide, welche, wie diejenige einer Wageschale auf dem Lager, so auf dem Stäbchen balancirt, mit einem bestimmten Gewichte belastet. Der zwischen den beiden Schneiden, auf denen das Stäbchen ruht, befindliche Theil desselben wird dadurch gebogen, und aus der Grösse dieser Biegung in der Mitte und den Dimensionen des Stäbchens lässt sich die Verlängerung, welche dasselbe hierbei in seiner Längsrichtung erfahren hat, berechnen. Es leuchtet nun ein, dass einer ziemlich beträchtlichen Senkung

*) Setzt man $\delta = 1$, so wird $e = P$, d. h. der Elasticitätscoefficient ist gleich demjenigen Gewichte, welches die Länge des Körpers verdoppeln würde, wenn auch dann noch die Verlängerung proportional dem Gewichte bliebe.