

Franz PERTLIK

A contribution to the historical development of crystallography: A collection of relevant scientific curiosities from the 18th and 19th century

Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Kristallographie: Eine Sammlung einschlägiger wissenschaftlicher Kuriositäten aus dem 18. und 19. Jahrhundert

Franz PERTLIK, Institut für Mineralogie und Kristallographie der Universität, Wien, franz.pertlik@univie.ac.at

Summary

For each empirical science as a first step the individual investigators create a special terminology. Crystallography is a typical example for such a development. During the centuries under discussion - 18th and 19th century - in German-speaking Europe for the geometrical crystallography a lot of different, sometimes obscure, expressions were used. But also the reputation of this science changed from an "unnecessary" to a modern applied science. Beneath a compilation of the mentioned obscure expressions also some crystallographic errors are topics of the present article, e. g. the creation of the "diclinic" crystal system.

Einleitung

Beginnend etwa mit dem Ende des 17. / Anfang des 18. Jahrhunderts, ist im deutschen Sprachraum ein deutlicher Anstieg des intellektuellen Interesses an den Naturwissenschaften zu beobachten. Einer der Gründe dafür liegt darin, dass die Verwüstungen durch den 30 jährigen Krieg zu dieser Zeit im Wesentlichen beseitigt waren, die Bevölkerungszahl wieder angestiegen und eine Zeit relativen Friedens eingeleitet war. Ein weiterer Grund ist in der schrittweisen Einführung der allgemeinen Schulpflicht und der damit verbundenen Alphabetisierung immer weiterer Bevölkerungskreise, von Preußen bis in die Habsburgerländer, zu sehen. Damit wurde einem kontinuierlich wachsenden Personenkreis der Zugang zu Bildung, höheren Studien und in der Folge auch zu Anstellungen an Universitäten ermöglicht, was bis dahin fast nur den höchsten Gesellschaftsschichten vorbehalten gewesen war. Eine wichtige Rolle spielte schließlich die in Europa immer mehr an Bedeutung gewinnende philosophische Bewegung der Aufklärung, die sich, von England kommend, über Frankreich etwas Zeit verzögert auch im deutschen Sprachraum durchzusetzen und zu etablieren begann. Da eine höhere Schul- und Universitätsbildung zu dieser Zeit eine fundierte altphilologische und philosophische Ausbildung inkludierte, verstanden sich die meisten Intellektuellen auch als Philosophen. Daher setzten sie sich, einerseits fußend auf guter griechischer philosophischer Tradition, andererseits geprägt von der neu postulierten Gedankenfreiheit im Sinne der Aufklärung, nunmehr ohne Rücksicht auf bisherige religiöse und gesellschaftliche Tabus in hohem Maß mit der Natur, ihren Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten und mit neuen Definitionen des Schöpfungsgedanken auseinander. Daraus resultierte dann in weiterer Folge nicht nur der Wunsch nach Neuerforschung naturwissenschaftlicher Teilgebiete, sondern in Zusammenhang damit auch das Bestreben nach neuen Aspekten bezüglich Ordnung, Systematisierung und Kategorisierung der gewonnenen Erkenntnisse bzw. des erforschten Materials. Nicht anders als heute wurde auch zu diesen Zeiten der wissenschaftliche Diskurs teilweise sehr kontraversiell geführt.

Dass dies durchaus nicht nur Personen betraf, die sich von ihrem Schaffensschwerpunkten her als Naturwissenschaftler verstanden, dafür ist Johann Wolfgang v. GOETHE (1749 - 1832) ein prominentes Beispiel. Vor allem in seinen beiden paradigmatischen großen Romanen „*Wilhelm Meisters Lehrjahre*“ (1795/96) und „*Wilhelm Meisters Wanderjahre*“ (1821), die im deutschen Sprachraum den Ro-

man als Literaturgattung „salonfähig“ machten, finden sich immer wieder Einschübe, die sich mit naturwissenschaftlichen Themen beschäftigen. Besonders interessant für die Erdwissenschaften ist in diesem Zusammenhang das Kapitel „Aus Makariens Archiv“ aus den „Wanderjahren“, in dem der Autor Betrachtungen über die Kristallographie als Wissenschaft anstellt.

Die vorliegende Arbeit soll einen kleinen Auszug aus der Fülle von Theorien, Synonymen, Systematiken, aber auch Fehlinterpretationen von Experimenten bringen, die im ausgehenden 18. und im 19. Jahrhundert, die Kristallographie betreffend, von verschiedenen Autoren im deutschen Sprachraum aufgestellt bzw. verfasst wurden.

Etablierung und Anerkennung der Kristallographie im 19. Jahrhundert

Die Kristallographie als eigenständige Wissenschaft wurde Ende des 18. Jahrhunderts noch eher geringgeschätzt betrachtet. Erst im Laufe des 19. Jahrhunderts erfuhr sie eine allmähliche Aufwertung im Kanon der Wissenschaften, wie die nachfolgenden Literaturzitate zeigen. Einleitend zwei - eher abwertende - Kommentare zur Stellung der Kristallographie zwischen 1790 und 1830.

Beginn der Vorrede bei BEKKERHINN & KRAMP (1793):

Vorrede

Was nützt die Kristallographie? Gar nichts. Die Abänderungen der Kristallformen gehen schon beim nämlichen Mineral ins unendliche; groß ist die Zahl der bestimmten, noch größer die der unbestimmten Kristallformen; viele tragen keine Merkmale irgend einer Kristallisation an sich; viele andere sind überhaupt keiner Kristallisation fähig. Diese hängt ausserdem von so vielen, auf verschiedene Art und jeden Augenblick anders wirkenden Ursachen ab; sogar die Temperatur der äusseren Luft und das Sonnenlicht spielen ihre Rolle dabei; so dass es am Ende gar keine den Bestandtheilen der Körper eigne Kräfte, sondern ein ungefähres Werk des Zufalls, ein gewisser Fortuitus concursus atomorum war, der den Kristallen ihre Bildung gab. Und überhaupt, alle die Dreiecke, Vierecke, so klein, dass man sie oft kaum sieht, gehören in die Mathematik, und sind ganz unter der Würde der Mineralogie. Der ächte Naturforscher bleibt nicht auf der Oberfläche stehen; er dringt ins Innre der Natur hinein, von der Fackel der Chemie beleuchtet erforscht er die jedem Körper eignen Verhältnisse seiner Bestandtheile; und auf diese, nicht auf die vergängliche Form, gründet er seine Klassifikation der natürlichen Erzeugnisse.

Eine etwas andere Betrachtungsweise bringt J. W. GOETHE (1821) in seinem Roman „Wilhelm Meisters Wanderjahre“ im Kapitel aus „Makariens Archiv“:

Die Kristallographie als Wissenschaft betrachtet gibt zu ganz eigenen Ansichten Anlass. Sie ist nicht produktiv, sie ist nur sie selbst und hat keine Folgen, besonders nunmehr, da man so manche isomorphe Körper angetroffen hat, die sich ihrem Gehalte nach ganz verschieden erweisen. Da sie eigentlich nirgends anwendbar ist, so hat sie sich in dem hohen Grade in sich selbst ausgebildet. Sie gibt dem Geist eine gewisse beschränkte Befriedigung und ist in ihren Einzelheiten [sic] so mannigfaltig, dass man sie unerschöpflich nennen kann, deswegen sie auch vorzügliche Menschen so entschieden und lange an sich fest hält.

Etwas Mönchisch-Hagestolzartiges hat die Kristallographie und ist daher sich selbst genug. Von praktischer Lebenseinwirkung ist sie nicht; denn die köstlichen Erzeugnisse ihres Gebiets, die kristallinen Edelsteine, müssen erst zugeschliffen werden, ehe wir unsere Frauen damit schmücken können.

Diese beinahe herabwürdigende Einstellung zu einer Wissenschaft änderte sich im so genannten Vormärz schrittweise. Die Kristallographie wurde als universitäres Lehrfach anerkannt und etabliert. Im Rahmen des Unterrichtsfaches Naturgeschichte fanden Vorlesungen über die Mineralogie und als deren Teilgebiet auch über Kristallographie statt. Über den Unterricht des Faches Naturgeschichte - mit den Teilgebieten Mineralogie und Kristallographie - an der Universität Wien wurde von PERTLIK und SEIDL (2008) und SVOJTKA (2010) ausführlich referiert. Ganz allgemein wurde die Kristallographie

zu Beginn des 19. Jahrhundert überwiegend als Teilgebiet der Kristallogologie und rein beschreibende Wissenschaft dargestellt und definiert. Beispielsweise führt NAUMANN (1830, Seite 16) in seinem Lehrbuch an:

Die Krystallogologie ist die Wissenschaft von den Gesetzmässigkeiten der natürlichen Eigenschaften der Krystalle, oder die Physiologie der anorganischen Individuen.

Dieser Systematik schloss sich auch FRÖBEL (1843, Seite 15) in seinem Lehrbuch voll inhaltlich an. Bereits 1849 verfasste KOPP ein Lehrbuch „*Einleitung in die Kristallographie*“ (1849, S. 3), worin er eine erweiterte Definition des Begriffes „*Kristallogologie*“ gibt und diese in drei Untergruppen gliedert:

Die Lehre von den Eigenschaften der Krystalle im Allgemeinen hat man als Krystallogologie benannt; es zerfällt diese in drei Unterabtheilungen:

- 1. Die Krystallographie oder die Lehre von den äußeren Eigenschaften der Krystalle; sie hat zu untersuchen nach welchen Symmetriegesetzen die Krystalle durch Flächen begrenzt sind.*
- 2. Die Krystallophysik die Lehre von dem Zusammenhange zwischen den krystallographischen und den physikalischen Eigenschaften der Krystalle.*
- 3. Die Krystallochemie oder die Lehre von dem Zusammenhange zwischen den krystallographischen und chemischen Eigenschaften der Krystalle.*

Fast vier Jahrzehnte später stellt BAUER (1886, Seiten 1 - 8) eine andere Systematik auf. Er gliedert den allgemeinen Teil seines Lehrbuches in die drei Kapitel Krystallographie, Mineralphysik und Mineralchemie, wobei der Begriff *Krystallogologie* interessanter Weise keine Erwähnung mehr fand. Die Inhalte der drei Kapitel wurden von BAUER in seinem Werk entsprechend der zu dieser Zeit üblichen Systematik aufgebaut. Besonders hervorzuheben ist in diesem Werk jedoch eine Auflistung der wichtigsten Lehrbücher und Zeitschriftenartikel mineralogisch-kristallographischen Inhaltes, die im Zeitraum von etwa 1770 bis 1880 erschienen waren. Diese Auflistung stellt eine Weiterführung und Komplettierung der bereits von KENNGOTT (1855, Seiten XXIII - XXVII) vorgestellten Literaturliste dar.

Synonymik für Begriffe der geometrischen Kristallographie

Mit der zunehmenden universitären Etablierung der Kristallographie als Lehrfach gewann auch die Synonymik und Systematisierung der Kristallsysteme an Bedeutung. Für die Kristallsysteme wurden in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts unterschiedliche Bezeichnungen verwendet. In seinem Werk *Kristallographie* listet KOPP (1849, Seiten 44 - 45) folgende Bezeichnungen auf:

- I. Das reguläre (tessulare, tessularische, isometrische) System.*
- II. Das quadratische (tetragonale, pyramidale, monodimetrische, zwei- und einaxige, viergliedrige) System.*
- III. Das hexagonale (rhomboëdrische, monotrimetrische, drei- und einaxige, sechsgliedrige oder drei- und dreigliedrige) System.*
- IV. Das rhombische (orthotype, holoedrisch=rhombisch=trimetrische, zwei- und zweigliedrige, ein- und einaxige, isoklinische) System.*
- V. Das monoklinometrische (monoklinoëdrische, monoklinische, hemiorthotype, hemiëdrisch=rhombisch=trimetrische, zwei- und eingliedrige, klinorhombische, augitische) System.*
- VI. Das diklinometrische (diklinoëdrische, diklinische, hemianorthotype) System [sic!].*
- VII. Das triklinometrische (triklinoëdrische, triklinische, anorthotype, tetartoedrisch=rhombisch=trimetrische, ein- und eingliedrige, klinorhomboidische) System.*

In dem Werk „*Die Krystallographie oder Formenlehre der stoffeigenen Naturkörper*“ führte VOLGER (1854) an Stelle der zu dieser Zeit bereits gebräuchlichen und auch heute benutzten Nomenklatur eine neuartige Synonymik für einige Kristallsysteme und für alle in diesen auftretenden Flächenformen ein, die sich aber nicht allgemein durchsetzen konnte. Für die einzelnen Kristallsysteme wur-

den von ihm folgende Bezeichnungen angeregt (in Klammern die Gegenüberstellung mit heute verwendeten Bezeichnungen):

isometrischer Charakter (kubisch), monodimetrischer Charakter (tetragonal), monotrimetrischer Charakter (trigonal/hexagonal), trimetrischer Charakter (orthorhombisch), hemiedrisch trimetrischer Charakter (monoklin), tetartoedrisch trimetrischer Charakter (triklin).

Als Beispiel für die kubischen Flächenformen, die von VOLGER (1854, Seiten 35 - 37) in einem Abschnitt „*Krystallformen kugelmässigen Charakters*“ angeführt wurden, sind die heute international üblichen Bezeichnungen neben jenen von VOLGER in Tabelle 1 wiedergegeben.

Eine weitere Wortschöpfung VOLGERS stellen Bezeichnungen für spezielle Flächenformen (nicht Kristallklassen) dar, welche durch vergleichbare Lagen zu den kristallographischen Achsen ausgezeichnet sind, z. B.:

Vollflächner... Gänzling
Halbflächner... Hälbling
Viertelflächner... Viertling.

Als Beispiele für das kubische System wurden angeführt (Hälbling...Gänzling; in Klammern die Anzahl der jeweiligen Flächen):

Timpling... Eckling (4...8)
Höckertimpling... Buckling (12...24)
Buckeltimpling... Höckerling (12...24)
Kugeltimpling... Kugling (24...48)
Stelling... Kipling (12...24)
Schübling... Kugelimpling oder Kugelstelling (12...24)
Schübling... Kugling (12...48).

In seiner „*Synonymik der Krystallographie*“ kommentierte KENNGOTT (1855, Seiten XXVIII - XXXV) ausführlich das Werk VOLGERS. Im folgenden Absatz aus dem Werk KENNGOTTS ist die Ironie nicht zu übersehen:

Durch diese Bereicherung der Nomenklatur glaubte VOLGER die Symbolik entbehrlich gemacht zu haben, welche nach seiner Ansicht bei Weitem nicht das leistet, was durch seine Benennung erreicht wird, „da diese eine bequeme Ausdrucksweise für Schrift und Rede ergibt“. Nach seinen eigenen Worten ist seine Benennung der Combinationsgestalten stets die genaueste und „die bei dieser äussersten Genauigkeit sich ergebende Länge und Unbequemlichkeit derselben dürfte doch noch immer übertroffen werden von allen hergebrachten Bezeichnungsweisen, auch wenn dieselben sich weit von einer ähnlichen Genauigkeit entfernt halten“.

KENNGOTT zeigt auch in diesem Zusammenhang an Hand von zwei Beispielen, wie die zu seinen Lebzeiten verwendete internationale Symbolik in der Beschreibung eines Bleiglanzkristalles „Combinationsgestalt $O.\infty O.\infty.mO.\infty O$ “ und eines Fahlerzkristalles, Tetraedrit in der „Combinationsgestalt $O/2.\infty O.\infty.2O2/2.\infty O.\infty O3.2O2/2$ “ nach VOLGER lauten müsste:

Knöchlig-höckerliger, würfliger Bleiglanz-Eckling.
Rechtsknöchelhöckertimplig-knöchlig-flachkippliger, linksknöchelhöckertimplig-würfliger linker Fahlerz-Timpling.

Fehlinterpretationen naturwissenschaftlicher Experimente

Die unterschiedlichen Auffassungen bezüglich der Kristallsysteme durch verschiedene Autoren führten zwangsläufig auch immer wieder zu Fehlschlüssen bzw. Fehlinterpretationen (PERTLIK 2006). So definierte MITSCHERLICH (1826) ein diklines Kristallsystem, welches er auf Grund der kristallographischen Charakterisierung der chemischen Verbindung „*unterschweflichtsaurer Kalk*“ (=Calcium

Thiosulfat Hexahydrat, $\text{CaS}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) und der von ihm dabei durchgeführten Messung der zu einer Beschreibung der Kristalle notwendigen Achsenwinkel postulierte. Innerhalb der zu dieser Zeit möglichen Exaktheit der Winkelmessung ergaben sich für diese Verbindung für zwei der drei nicht koplanaren Achsenwinkel Werte $\neq 90$ Grad und für einen exakt 90 Grad. Während SCHRAUF erstaunlicher Weise noch 1866 an einem diklinen Kristallsystem festhielt, hatte HESSEL bereits 1830 die Existenz des diklinen Kristallsystems an Hand geometrischer Überlegungen unter Berücksichtigung der in drei Dimensionen möglichen Symmetrieelemente widerlegt. Eine ausführliche Zusammenstellung der Kommentare, welche ein diklines Kristallsystem ad absurdum führten, wurde unter anderem von GADOLIN (1867) veröffentlicht.

Literatur

- BAUER, Max (1886): Lehrbuch der Mineralogie. - Berlin und Leipzig, Verlag von J. Guttentag.
- BEKKERHINN, Karl und KRAMP, Christian (1793): Kristallographie des Mineralreichs. - Wien, bei Joseph Stahel.
- FRÖBEL, Julius (1843): Grundzüge eines Systemes der Krystallogie oder der Naturgeschichte der unorganischen Individuen. - Zürich und Winterthur, Druck und Verlag des Literarischen Comptoirs.
- GADOLIN, Axel (1867): Abhandlung über die Herleitung aller krystallographischer Systeme mit ihren Unterabtheilungen aus einem einzigen Prinzip. - Deutsch herausgegeben von P. Groth. Leipzig. Verlag von Wilhelm Engelmann 1896 (Seiten 46 - 49).
- GOETHE, Johann Wolfgang von (1821): Wilhelm Meisters Wanderjahre oder die Entsagenden. Drittes Buch. Aus Makariens Archiv (5. Auflage 1997, Seite 970). Hrsgb.: Artemis & Winkler Verlag, Düsseldorf / Zürich.
- HESSEL, Johann Friedrich Christian (1830): Krystallogometrie oder Krystallogonomie und Krystallographie, auf eigenthümliche Weise und mit Zugrundelegung neuer allgemeiner Lehren der reinen Gestaltenkunde sowie mit vollständiger Berücksichtigung der wichtigsten Arbeiten und Methoden anderer Krystallographen bearbeitet. Leipzig 1831. (Durch Angabe der vielen Druckfehler, Vorrede und Inhaltsverzeichnis veröffentlichter Abdruck des 1830 erschienenen Artikels „Krystall“ in Gehler's physikalischem Wörterbuche, Band 5, II, Seiten 1023 - 1340)
- KENNGOTT, Adolf Gustav (1855): Synonymik der Krystallographie. Ein zum Verständnis krystallographischer Arbeiten und Schriften unentbehrliches Lehr- und Hilfsbuch für Mineralogen und Chemiker und für Alle, welche sich mit der Naturgeschichte der Krystalle beschäftigen. - Wien. Verlag und Druck von Carl Gerold und Sohn.
- KOPP, Hermann (1849): Einleitung in die Krystallographie und in die krystallographische Kenntniß der wichtigsten Substanzen. - Braunschweig. Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn.
- MITSCHERLICH, Eilhard (1826): Ueber eine neue Klasse von Krystallformen. - Annalen der Physik **84**, 427 - 442.
- NAUMANN, Carl Friedrich (1830): Lehrbuch der reinen und angewandten Krystallographie. 1. Band. - Leipzig: F. A. Brockhaus.
- NIGGLI, Paul (1941): Lehrbuch der Mineralogie und Kristallchemie. Teil 1. - Dritte, vollständig umgearbeitete Auflage. Berlin-Zehlendorf. Verlag von Gebrüder Bornträger.
- PERTLIK, Franz (2006): Argumente für die Existenz eines diklinen Kristallsystems in der Fachliteratur des 19. Jahrhunderts. Ein Beitrag zur Geschichte der Kristallographie. - Mitt. der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft **152**, 17 - 29.
- PERTLIK, Franz und SEIDL, Johannes (2008): Lehrveranstaltungen an der Universität Wien mit Bezug zur Mineralogie von 1786 bis 1848. - Mitt. der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft **154**, 69 - 82.
- SCHRAUF, Albrecht (1866): Lehrbuch der Krystallographie und Mineral-Morphologie. - Wilhelm Braumüller. Wien (Seiten 179 - 184).
- SVOJTKA, Matthias (2010): Lehre und Lehrbücher der Naturgeschichte an der Universität Wien von 1749 - 1849. - Berichte der Geologischen Bundesanstalt **83**, 50 - 64.
- VOLGER, Georg Heinrich Otto (1854): Die Krystallographie oder Formenlehre der stoffeigenen Naturkörper. - Stuttgart: Rieger'sche Verlagsbuchhandlung.

Table 1: Gegenüberstellung der in den fünf kubischen Kristallklassen (Punktgruppen) möglichen Flächenformen (oberste Zeile: internationales Symbol der jeweiligen Klasse, erste Spalte MILLERSche Indizes). Angegeben sind des Weiteren die international gebräuchlichen Bezeichnungen der Flächenformen, Anzahl der Flächen, die jeweilige Form bildend, und die von Volger (1854) vorgeschlagene Synonymik (für das Pentagonikositetraeder fehlt bei Volger die Synonymik). (*): Synonymik auch Triakisoktaeder und Triakistetraeder (NIGGLI 1941).

	4/m -3 2/m	2/m -3	4 3 2	-4 3m	2 3
{100}	Würfel, Hexaeder (6) Würfeling	Würfel, Hexaeder (6) Würfeling	Würfel, Hexaeder (6) Würfeling	Würfel, Hexaeder (6) Würfeling	Würfel, Hexaeder (6) Würfeling
{110}	Rhombendodekaeder (12) Knöchling	Rhombendodekaeder (12) Knöchling	Rhombendodekaeder (12) Knöchling	Rhombendodekaeder (12) Knöchling	Rhombendodekaeder (12) Knöchling
{111}	Oktaeder (8) Eckling	Oktaeder (8) Eckling	Oktaeder (8) Eckling	Tetraeder (4) Timpling	Tetraeder (4) Timpling
{hk0}	Pyramidenwürfel (24) = Tetrakishexaeder Kippling	Petagondodekaeder (12) Stelling	Pyramidenwürfel (24) = Tetrakishexaeder Kippling	Pyramidenwürfel (24) = Tetrakishexaeder Kippling	Pentagondodekaeder (12) Stelling
{hhl}	Pyramidenoktaeder (24) = Trisoktaeder (*) Höckerling	Pyramidenoktaeder (24) = Trisoktaeder (*) Höckerling	Pyramidenoktaeder (24) = Trisoktaeder (*) Höckerling	Deltoiddodekaeder (12) Buckeltimpling	Deltoiddodekaeder (12) Buckeltimpling
{hll}	Deltoidikositetraeder (24) Buckling	Deltoidikositetraeder (24) Buckling	Deltoidikositetraeder (24) Buckling	Pyramidentetraeder (12) = Tristetraeder (*) Höckertimpling	Pyramidentetraeder (12) = Tristetraeder (*) Höckertimpling
{hkl}	Hexakisoktaeder (48) Kugling	Disdodekaeder (24) Kugelstelling	Pentagonikositetraeder (24) - - - -	Hexakistetraeder (24) Kugeltimpling	tetr. Pentagondodekaeder (12) Schübling