

Zwillinge: Orientierte Verwachsungen von Einzelkristallen

© 2017-2025 Klaus Schilling, Speyer

Einleitung

Unser Vorstand hat mich mit Nachdruck überzeugt, doch etwas zu meinem Lieblingsthema ZWILLINGE vorzutragen. Nun soll es heute so sein.

Zu Beginn möchte ich den Vortrag in das umfangreiche Fachgebiet der orientierten Verwachsungen von Mineralien einordnen.

Ich beschäftige mich als Autodidakt über 30 Jahre mit diesem Thema. Meine Begeisterung ist immer noch ungebrochen und ich bin weiter fleißig auf der Jagt nach Belegstücken für meine Sammlung.

In der Vergangenheit bremsten **drei Umstände** meinen Eifer für einen Vortrag:

1. gibt es **keine allgemeingültige Definition** für Zwillinge. Je nach Untersuchung der Kristalle wird konventionell gegliedert in eine innere und eine äußere Betrachtung. Bei der inneren Betrachtung ist die **Kristallstruktur** z.B. die Lage der Kristallgitter zueinander der Forschungsgegenstand. Bei der äußeren Betrachtung steht die **Kristall-Morphologie** hier besonders die Kristallflächen, Kanten und Winkel im Focus. Daher ergeben sich bei den Untersuchungen auch verschiedene Fragen.
2. sind die **Probleme** so **komplex**, dass nur ein kleiner Ausschnitt für einen Vortrag an einem Abend vorgenommen werden kann.
3. bin ich als **Autodidakt** für die Aufklärung von Widersprüchen in der Literatur **nicht der richtige Ansprechpartner**.

Da wir in postfaktischen Zeiten leben, treten heute Abend die Fakten - also die Wissenschaft - in den Hintergrund. Ich erlaube mir, meine Begeisterung für die Kristall-Morphologie in den Vordergrund zu rücken.

Vorstellen werde ich ausgewählte Beispiele, die auch ohne technischen Aufwand per Augenschein studiert werden können und anhand dieser Beispiele Regeln zur Beschreibung der Morphologie von gesetzmäßigen Verwachsungen von Kristallen erläutern.

Noch eine Anmerkung: Bei den Fotos sind Hinweise auf die Quellen angegeben. Ich bedanke mich bei allen Fotografen für die uneigennützig Unterstützung. Beispiele ohne Hinweise und alle Zeichnungen sind vom Autor.

Geminographie = Wissenschaft der Zwillingbildung

Folie-01: Wiederholungsprinzip

Ich werde oft gefragt: “ Was sind Zwillinge?“

>>> Dazu ein Auszug aus Niggli Seite 408

>>> Wenn sich übereinstimmende morphologische Merkmale am selben oder mehreren Beispielen und dazu noch von verschiedenen Fundstellen wiederholen, dann ist eine gesetzmäßige Verwachsung sehr wahrscheinlich gegeben.

Beim Pyrit liegen gleichwertige Flächen von allen Individuen parallel zueinander. Dazu verlaufen auch äquivalente Kanten parallel zueinander.

Bei der Quarzstufe sind zwei Reihen von Kristallen zu beobachten, deren Individuen je Reihe gleich ausgerichtet sind. Dazu liegen die Reihen spiegelbildlich zueinander.

Die durch mehrere Individuen wiederholt gezeigte Morphologie zeigen die Pyrit- und Quarzstufe mit großer Wahrscheinlichkeit eine gesetzmäßige Verwachsung.

Bei dem rechten Beispiel kann nach dem Wiederholungsprinzip keine Orientierung vermutet werden. Bleibt die Frage ob es für den gegebenen Feldspat weitere Beispiele vor Ort oder anderen Fundorten gibt. Dazu später eine nähere Betrachtung.

Folie-02: Gliederung

>>> Zuerst ein kurzer Exkurs über die **Symmetrieelemente** und **Symmetrioperationen**. Diese sind von grundlegender Bedeutung für die Beschreibung der Kristallmorphologie.

Als **Gliederung** für den Vortrag bietet sich die Unterscheidung in gesetzmäßige Verwachsungen mit einer und zwei Mineralarten an, da dazu die Beschreibung der Orientierung verschieden ist.

eine Mineralart untergliedert in **Zwillinge** und **Parallelverwachsungen**
zwei Mineralarten untergliedert in **Epitaxien** und **Endotaxien**.

Hier noch einmal der Hinweis, dass damit nur ein kleiner Auszug zur Problematik orientierte Verwachsungen vorgestellt wird.

Folie 2a: Feldspat und Quarz

Seit 2006 werden auf verschiedenen Börsen Stufen mit **Rauchquarz auf Feldspat** aus Namibia angeboten.

In einer Beschreibung von 2007 in der *MineralienWelt* benennen die Autoren die Verwachsungen als **GITTERQUARZE**.

Dieser Begriff wurde in einer Beschreibung 1980 im Aufschluss von Herrn Beyer für Stufen aus Namibia eingeführt. Diese dort beschriebene orientierte Verwachsung entspricht auch dem Fersmannschen Gesetz nach A.

Bei der gezeigten Stufe sind die Individuen der Quarze nach dem Verwachsungsgesetz -B orientiert.

Ich fand den Begriff Gitterquarze - insbesondere mit Blick auf Sagenitgitter oder Cerussitgitter - für die beschriebenen Stufen nicht passend.

Eine Interpretation nach dem **Fersmann'schen** Gesetz (1928), im Aufschluss 2009 veröffentlicht, ist mein Beitrag dazu. Eine ausführliche Ableitung steht auch auf meiner Homepage.

Diese Ableitung wurde von Prof. **Miletich** (damals Kristallograph in Heidelberg) und Prof. **Pöhlmann** (damals Schriftleiter beim Aufschluss) akzeptiert.

Folie 2b: Hämatit und Rutil

Eine Unterscheidung der Mineralien in **Wirt** und **Gast** ist erforderlich, da die Symmetrie des Wirts ggf. eine wiederholte Anordnung des Gastes bestimmt.

Beim Hämatit (trigonal) ist eine dreizählige Symmetrieachse gegeben - für die Rutilkristalle sind somit auf dem Hämatit drei gleichwertige Lagen möglich.

Folie 2c: Quarz und Rutil

Der **Asterismus** (sternförmige Lichtreflexe) beim Rosenquarz wird durch orientiert eingewachsene feine Rutilnadeln verursacht.

Beim Quarz (trigonal) ist eine dreizählige Symmetrieachse [00.1] gegeben - für die Rutilnadeln sind somit drei äquivalente Lagen im Quarz möglich - die Folge ist der sechsstrahliger Stern. Im Diopsid (monoklin) liegen Ilmenitkristalle zu den Kristallsystemachsen orientiert - es wird ein vierstrahliger schiefwinkliger Stern reflektiert.

Bei der Quarzkugel in derselben Lage wandert der Stern beim Verändern des Einfallwinkels der Lichtquelle auf der Kugeloberfläche. Das ist ein Beleg für die natürliche orientierte Verwachsung.

Natürlich oder künstlich???

Folie 2d: Parallelverwachsungen

Kristallografisch gleichwertige Flächen und Kanten liegen parallel.

Oder allgemein betrachtet:

Alle Individuen können auf dasselbe Kristallsystem bezogen werden - sie sind im Kristallsystem nur verschoben.

Welche Gesetzmäßigkeit gilt für Zwillinge?

>>> Dazu ein Auszug aus Klockmann Seite 72

In der Literatur sind noch weitere (fragwürdige?) Zwillingengesetze zu finden.

Zwillinge geometrisch betrachtet

Folie-03: Ebenenzwillinge

Bei Ebenenzwillingen bildet die **Zwillingsebene** (Spiegelebene) ein **zusätzliches Symmetrieelement** das am Einzelkristall nicht auftreten kann. Im Beispiel ergibt das Zwillingengesetz (111) als Kristallform ein Oktaeder. Alle Flächen dieses Oktaeders können als Zwillingselemente auftreten.

Folie-04: Achsenzwillinge

Bei Achsenzwillingen bildet die **Zwillingssachse** (zweizählige Achse - Drehung um 180°) ein **zusätzliches Symmetrieelement** das am Einzelkristall nicht auftreten kann.

Im Beispiel ergibt die Symmetrie des Kristalls für die Zwillingssachse [310] eine zweite Zwillingssachse [3-10].

Zwillinge morphologisch betrachtet

Folie-05: Kontakt- und Durchdringungszwillinge

Bei Kontaktzwillingen entspricht die Verwachsungsebene in der Regel der Zwillingsebene (Spiegelebene).

Häufig ist die Lage der Zwillingsebene an der sogenannten Zwillingssnaht zu erkennen.

Bei Penetrationszwillingen durchdringen sich die Individuen mit zumeist unregelmäßigen Grenzen.

Folie-06: mimetische oder Ergänzungszwillinge

Beim Pyrit wird durch die Symmetrieeoperation nach dem Zwillingengesetz (110) eine am Einzelkristall gegebene **zweizählige** als eine **vierzählige Symmetrieachse** vorgetäuscht.

Mit fortschreitender Spiegelung und entsprechendem Habitus steht der Phillipsit scheinbar im orthorhombischen, tetragonalen oder dem kubischen Kristallsystem.

Im Lapis (1980) 2 beschreibt Frau Prof. Tennyson, Berlin „**Das Streben nach höherer Symmetrie**“ an Harmotom- bzw. Phillipsitzwillingen.

Folie-07: Habitus und Tracht

Für die Einschätzung der gegebenen Zwillingausbildung, ist die richtige **Aufstellung** zu suchen. Dabei sind Angaben (Literatur, Datenbanken ...) zur Tracht und den Habitus der Kristalle zu der vorliegenden Mineralart hilfreich. Das erste Bild rechts unten zeigt deutlich die zweizählige Drehachse [001] und keine Spiegelebene (100) als Zwillingsgesetz. Die Kristallwinkel zwischen den Kopfflächen (10-1) und dem ersten Pinakoid (001) unterscheiden sich rechnerisch um $1,8^\circ$.

Wer ist Rechter oder Linker??

Hier kann der Feldspat-Zwilling auf dem Titelblatt eingeordnet werden.

Folie-08: multiple Zwillinge nach einem Gesetz

Multiple (mehrfache) Zwillinge mit einer Wiederholung der Zwillinge **im Raum bzw.** in einer **Ebene**. Hier zwei sehr reizvolle Wiederholungen aus Calcitvierlingen und als Cerussitgitter. Die Zwillingsebenen am Cerussit liegen in einer Zone.

Folie-09: multiple Zwillinge nach zwei Gesetzen

Bei diesem Beispiel stehen zwei Sagenitgitter als multiple (mehrfache) Zwillingbildungen rechtwinklig zueinander. Diese Art der Ausbildung ist an die vierzählige ($360^\circ:4=90^\circ$) Symmetrieachse im tetragonalen Kristallsystem gebunden. Im Sagenitgitter sind die Individuen nach zwei Zwillingsgesetzen orientiert.

Folie-10: geschlossene Zwillinge

Das bevorzugte Wachstum in **einspringenden Winkeln** an Kristallen füllt bei diesen Beispielen diese Winkel ggf. bis zur Ausbildung von konvexen Kristallkörpern aus und verdeckt so den idealen Zwilling.

Folie-11: Orientierung gesucht

Zwei Calcite von **Rio Maior**, Portugal. An beiden Beispiele ist eine umlaufende „**Zwillingснаht**“ gegeben.

Auf den Dreiecken am linken Kristall erscheint die Oberflächenstruktur unten wolkig und oben gestreift. Das lässt vermuten, dass diese Flächen **verschiedenen Kristallformen** angehören.

Auf dem rechten Kristall ist auf beiden Dreiecken die Oberfläche gestreift. Dies weist auf Flächen **derselben Kristallform** hin.

Der Vergleich mit den idealen Ausbildungen zeigt, dass im rechten Bild ein Basiszwilling abgebildet ist. Im linken Bild könnte eine Parallelverwachsung vermutet werden. Damit ist jedoch nicht die scheinbare Zwillingснаht geklärt. Eine vermutete Zwillinglamelle passt hier besser zum Erscheinungsbild.

Folie-12: verzwillingte Zwillinge

Zwei Karlsbader, mit gleicher Tracht und Habitus, sind weiter nach (110) orientiert verwachsen. Die beiden Karlsbader sind zueinander verschoben. Dies verändert nicht die Zwillingstellung (110). Die Morphologie zum Zwillingstock aus Strzegom (Striegau) wird auf der nächsten Folie gezeigt.

Folie-13: Zwillingstock

Bei dieser Stufe stehen alle Kristalle morphologisch in Beziehung zueinander.

Folie-14: Skelettkristalle

Links ein orientiert verwachsenes Calcitskelett verzwillingt nach (021). Rechts Silberskelette als Parallelverwachsungen - parallel zu den Kristallsystemachsen und nach [111] oder auch als Zwillinge nach (111) interpretiert.

Folie-15: Abschluss

Parallelverwachsung von Calcit und epitaktische Verwachsung von Pyrit auf Calcit.

>>> Kristalline Aggregate:

>>> Gwindel

linke und rechte pro cm um 1° bis 5° gewandelt

>>> Natrolith und Pyritrose>

frei nach Klockmann Seite 193: Sphärolithe sind von einem Aggregationskern aus radial gewachsene strahlige bis kugelige Aggregationsformen.

>>> Fasergips >

Gemeinsames der Epitaxien, Endotaxien, Parallelverwachsungen, Zwillingen, kristallinen Aggregaten und andere natürliche und orientierte Verwachsungen.

nach Niggli Seite 395: „Die Gestalt ist die Resultante des eigenen Gestaltungsvermögens der Materie und des Einflusses der von außen wirkenden Umstände.“

xenomorphe Kristalle = fremdgestaltig („fremdbestimmt“)

idiomorphe Kristalle = Eigengestalt voll entwickelt („selbstbestimmt“)

frei nach Klockmann Seite 192: So zeigen die radialstrahligen und -faserigen Aggregate von Pyrit, dass sie schwebend in einer teilweise nachgiebigen Matrix gewachsen sind.