

€ 10,00

Das Magazin für Mineraliensammler

28. Jg., Heft 4 • Juli-Aug. 2017

Österreich € 12,00 • Niederlande € 12,00 • Schweiz CHF 12,50 • USA \$ 12,00

# MINERALIEN

## anWelt

Mineralien von der Fundstelle Leibnitz-Dante im Bergischen Land  
Hyalophan und weitere Mineralien von Busovača, Bosnien-Herzegowina • Rottleberode - klassischer Fundort für Fluorit • Seltene Erz-Mineralien von der Grube Ludwig im Adlersbach, Hausach • Kjørholt

4/2017



Spezial: Die Fluorit-Fundstelle Rottleberode im Harz

# Hyalophan und weitere Mineralien von Zgradski Potok bei Busovača, Zentralbosnien (II)



Mirjan Žorž  
Friedrich Dohr  
Igor Dolinar  
Gregor Kobler  
Aleksander Rečnik

**Prismatische Hyalophan-Einkristalle auf oxidiertem Ankerit. Die völlig durchsichtigen Kristalle haben Einschlüsse von Hämatit. Breite 5,5 cm. Sammlung J. Lenič.**

Quarz ist bereits ein Meister der Zwillingsbildung und der tektonischen Verzerrung. Wenn man jedoch die Komplexität verzerrter Hyalophan-Kristalle betrachtet, kann man nur ehrfürchtig den Hut ziehen. Also, tief durchatmen mit diesem 2. Teil des Artikels, bevor man in dieses komplexe Gebiet einsteigt. In den folgenden Beschreibungen ist es empfehlenswert, jeweils die Realkristalle und deren idealisierte Zeichnungen parallel zu betrachten.

*Übersetzung ins Deutsche von Olaf und Ulrike Medenbach*

### Hyalophan

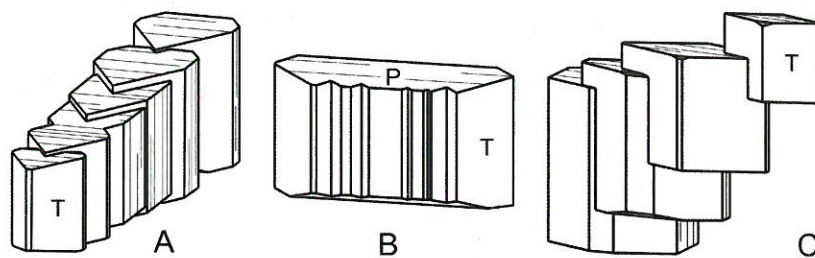
Der größte physikalische Unterschied zwischen Quarz und Hyalophan liegt in ihrer Spaltbarkeit. Während diese beim Quarz nur schlecht zum Rhomboeder (101) entwickelt ist und daher für die Verzwillingung und Verzerrung fast ohne Bedeutung ist, liegen die Fakten beim Hyalophan ganz anders. Er verfügt über eine sehr gute Spaltbarkeit parallel zu (001) und eine zweite, weniger gute Spaltbarkeit parallel zu (010). Beide kann man manchmal schon in den Kristallen als Reflexe erkennen. Daher sind die Kristalle durchwoben mit parallelen Flächen parallel zu diesen kristallographischen Richtungen, die etwa senkrecht aufeinander stehen. Außerdem sind diese Richtungen auch Zwillings Ebenen für Manebacher und Karlsbader Zwillinge, die eine hervorragende Rolle bei der Bildung komplexer, verzerrter Hyalophane bilden.

### Einkristalle

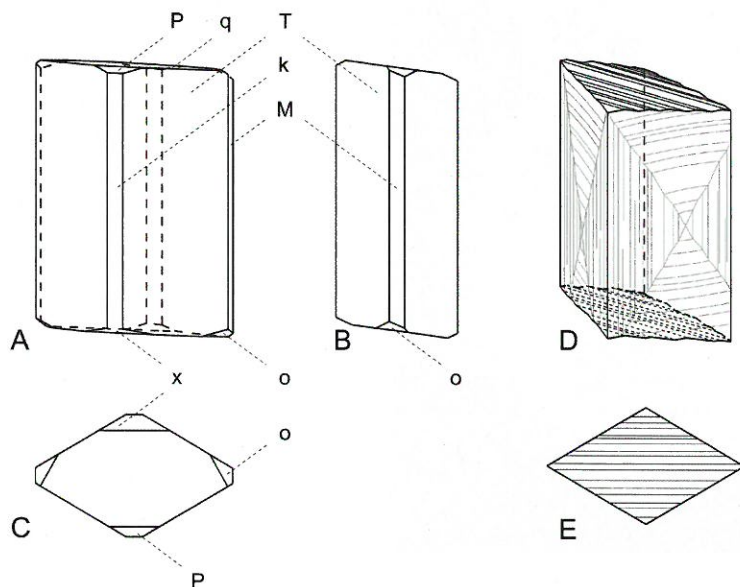
In der Regel sind Einkristalle in Zagradski Potok kleiner als Zwillingstöcke. Wenn sie auf einer Matrix sitzen, sind sie durchsetzt von Ankerit-, Hämatit- und Rutil-Einschlüssen. Die größeren sind relativ flächenarm und werden höchstens

bis zu 6 cm groß, während die meisten nur zwischen 0,5 und 2 cm erreichen. Die kleinen Kristalle bis zu 5 mm sind farblos, völlig durchsichtig und flächenreich. Ihre Bildung erfolgte im letzten Stadium der Hyalophan-Bildung. Morphologisch sind

▷ Hyalophan-Kristall, dessen Verzerrung in einer Richtung zwischen der a- und der c-Achse erfolgte. Dies führte zu einer stufenartigen Ausbildung des Pinakoids P (reflektierende parallele Flächen im Bild) und vielen einspringenden Winkeln zwischen T- und M-Flächen (rechts im Bild). Unverzwillingte Hyalophan-Kristalle gehören zu den jüngsten Bildungen und hatten nicht genügend Zeit, nach ihrer Fadenbildung zu idealen Kristallen auszuheilen. Höhe 3,2 cm. Sammlung M. Žorž.



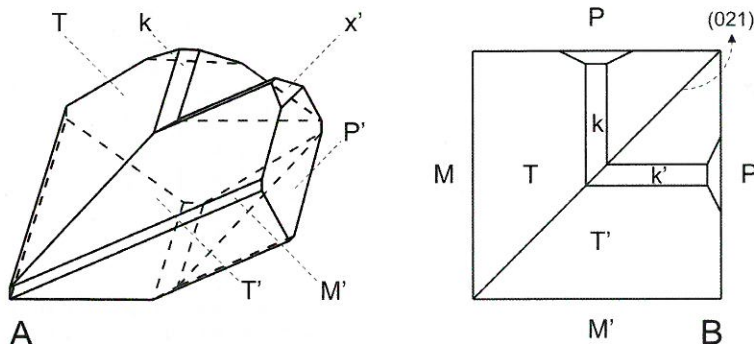
A. In a-Richtung verzerrter Hyalophan Kristall. Die Pinakoide P und M sind stark vergrößert, wobei die P-Flächen durch alternierendes Wachstum der Pinakoide q und x gestreift sind. Die M-Flächen sind durch alternierendes Wachstum mit dem Prisma T gestreift. B. Kristall mit Verzerrung in Richtung der b-Achse. C. Verzerrung entlang einer beliebigen Raumrichtung, was zu einer sägezahnartigen Verwachsung führt.



A. Idealisierter Hyalophan-Kristall. B. Projektion auf (010). C. Kopfbild des gleichen Kristalls. D und E. Perspektivische Zeichnung und Kopfbild eines Realkristalls. Durch alternierendes Wachstum von P, q und x erscheinen die Endflächen flach mit einer stark entwickelten Flächenstreifung. Die Prismenflächen sind leicht konvex durch flache Anwachsypyramiden. Auch sie zeigen eine Flächenstreifung durch alternierendes Wachstum von T und M. Kristallographische Formen: Pinakoide  $k\{100\}$ ,  $M\{010\}$ ,  $P\{001\}$ ,  $q\{203\}$  und  $x\{101\}$  sowie Prismen  $T\{110\}$  und  $o\{11\}$ .



die Einkristalle begrenzt von den dominanten Prismen  $T\{110\}$ , die von den Pinakoiden  $P\{001\}$ ,  $q\{203\}$  und  $x\{101\}$  begrenzt werden. Durch alternierendes Wachstum dieser Pinakoide erscheinen die Endflächen der Kristalle oft sehr stark gestreift. Das Pinakoid  $M\{010\}$  ist in der Regel sehr schmal ausgebildet oder fehlt ganz. Unverzerrte Kristalle sind meistens doppelt so lang in der  $c$ -Richtung wie in der  $b$ -Richtung. Die tektonisch verzerrten Hyalophan-Einkristalle haben eine nur gelegentlich sichtbare Fadenbildung im Inneren. Diese werden in der Regel verschleiert durch Spaltflächen, die die Transparenz verhin-



**A. Bavenoer Zwilling. B. Projektion in Richtung der Spiegelebene (021) mit dem typisch quadratischen Querschnitt. Bavenoer Zwillinge sind durch zwei Paare von P- und M-Flächen gekennzeichnet, die senkrecht zueinander stehen. Die Spiegelebene (021) ist durch einen Pfeil markiert.**



**Interessante Stufe von verzerrten Hyalophan-Kristallen in beliebiger Orientierung. Einige Individuen sind so transparent, dass man ihre milchigen Fäden erkennt. Die gesamte Stufe ist gekrümmt, weil der Öffnungsmechanismus der Kluft mit einer Scherbewegung einherging. Im unteren Bereich der Stufe sind die einspringenden Winkel der verzerrten Kristalle bereits völlig ausgewachsen, was man an dem großen, leicht gekrümmten idiomorphen Einkristall erkennt. An der linken Seite unten ist ein Baveno-Manebacher Zwilling angewachsen, der von der Kluftwand abgebrochen war. Höhe 8,7 cm. Sammlung A. Rečnik.**

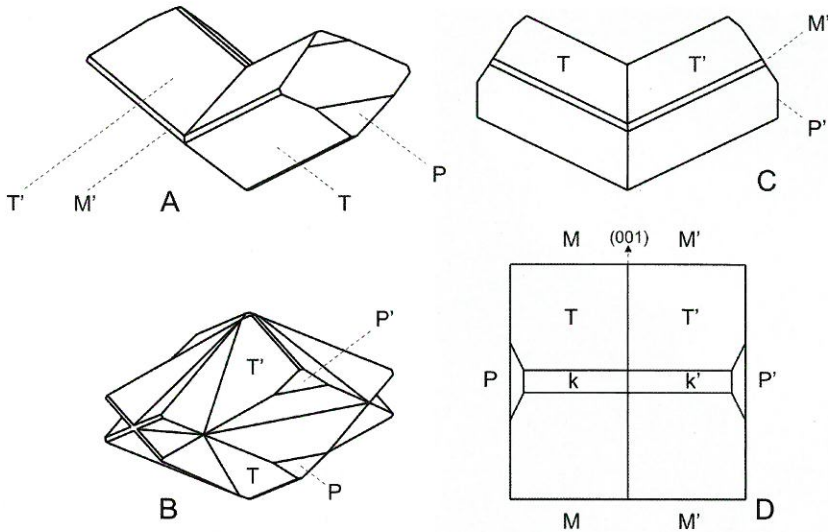
dern. Wenn die Verzerrung parallel zur  $a$ -Achse erfolgt, werden die Pinakoide  $P$  und  $M$  ausgelängt, wodurch relativ breite matte und gestreifte Endflächen entstehen. Erfolgt die Verzerrung in Richtung der  $c$ -Achse, ändert sich die Grundmorphologie nicht sehr stark, sondern die Kristalle werden einfach nur länger. Eine Verzerrung in  $b$ -Richtung ergibt Kristalle, die durch ihre einspringenden Winkel zwischen den Prismen  $T$  so aussehen, als wären sie aus zahlreichen Einkristallen zusammengesetzt. Die Pinakoide  $M$  sind in diesen Fällen nur schmal oder fehlen gar ganz. Verzerrungen, die nicht genau diesen Richtungen folgen, ergeben sägezahnartig aussehende Individuen.

### Bavenoer Zwillinge

Bavenoer Zwillinge entstehen durch Spiegelung an der (021)-Ebene und sind durch eine pseudotetragonale Symmetrie im Kopfbild ausgezeichnet, wobei jeweils zwei Paare von  $P$ - und  $M$ -Flächen senkrecht zueinander stehen. Reine Bavenoer Zwillinge sind von dieser Lokalität nicht bekannt, aber Fortwachsungen von Vierlingen imitieren manchmal einfache Zwillinge.

### Manebacher Zwillinge

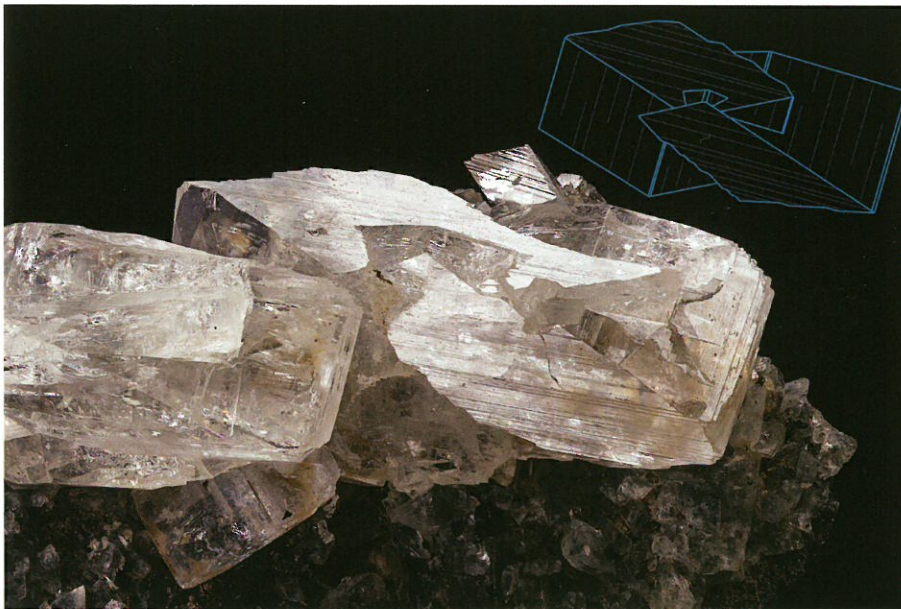
Manebacher Zwillinge von Zagradski Potok können auf zwei verschiedene Weisen entstanden sein. (1) Als primäre Wachstumswillinge; (2) durch tektonische Belastung. Die Wachstumswillinge werden bei der Keimbildung angelegt. Dabei bilden sich einfache Zwillingkristalle mit (001) als Spiegelebene und kleinen Endflächen.



A. Manebacher Zwilling. C. Projektion auf die Fläche (010). B. Idealisierter Durchdringungszwilling nach dem Manebacher Gesetz. D. Projektion des Kontaktzwillings auf eine Ebene senkrecht zur zweizähligen Zwillingsachse. Der rechteckige Querschnitt wird durch die beiden Flächenpaare M und P gebildet, die jeweils rechtwinklig zueinander stehen. Der Pfeil zeigt die Zwillingsverwachsungsebene (001).

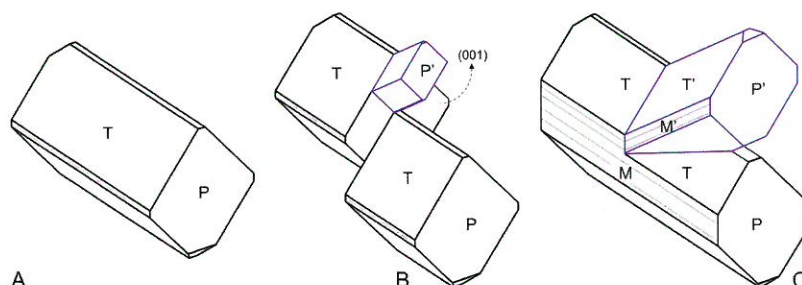
Diese sind v-förmig mit stumpfem Winkel, und die zweizählige Zwillingsachse ist parallel zur (010)-Zwillingssebene. Einfache Zwillinge dieser Art sind immer kleiner als 5 cm. Seltener sind isolierte Manebacher Durchdringungszwillinge, die aus zwei verwachsenen Subindividuen mit sehr kurzen Prismen T und größeren Endflächen mit alternierenden P-, q- und x-Flächen bestehen. Die Endflächen sind schmal. Die Kristalle erreichen 4 cm.

Tektonische Manebacher Zwillinge entstehen, wenn ein Einkristall mechanisch gespalten und die beiden resultierenden Fragmente gegeneinander verschoben werden. Beim Weiterwachsen der frischen (001)-Spaltfläche kann dies in Zwillingsstellung zum ursprünglichen Kristall erfolgen. Dabei entsteht ein sekundärer Manebacher Zwilling mit breiten M-Flächen. Der ursprüngliche Einkristall ist dann ab einer gewissen Linie verzwillingt, was man sehr gut an der Streifung der breiten M-Fläche erkennt, die an der Zwillingsverwachsungsfläche v-förmig ausgebildet ist. Die meisten der verzerrten Manebacher Zwillinge sind eigentlich Baveno-Manebacher Zwillinge und werden dort im Detail beschrieben.



▽ A. Einkristall. B. Tektonisch gespaltener Kristall mit verschobenen Fragmenten. Auf der frischen Spaltfläche (001) bildet sich ein sekundärer Manebacher Zwilling. C. Beim Weiterwachsen heilt der Kristall aus und bildet ein ausgeprägtes Pinakoid M, das durch alternierendes Wachstum mit T gestreift ist. Flächenformen mit ' beziehen sich auf den sekundären Manebacher Zwilling.

Eigenständige Manebacher Zwillinge sind immer nach der (001)-Zwillingssebene gestreckt. Das Bild zeigt einen Durchdringungszwilling auf Matrix, auf dem kleine Hyalophan-Kristalle aufgewachsen sind. Die Realkristalle sind nie so ideal gewachsen wie in der obigen Kristallzeichnung B gezeigt. Bildbreite 6,3 cm. Sammlung M. Zorž.



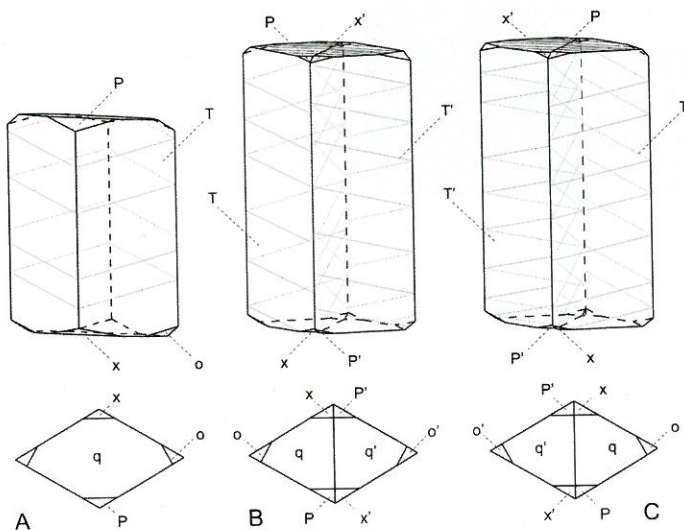


Einzigartiges Beispiel eines Hyalophan-Einkristalls, der tektonisch parallel zur Fläche (010) gespalten wurde. Auf der frischen Spaltfläche bildete sich ein tektonischer Manebacher Zwillings. Bemerkenswert ist, dass die Ausheilung im unteren Teil des Zwillings und dem schmaleren rechten Zwillingsindividuum nicht vollständig erfolgte. Breite 1,8 cm. Sammlung M. Žorž.

### Karlsbader Zwillinge

Karlsbader Zwillinge können sowohl bei der Keimbildung angelegt werden als auch später bei tektonischen Prozessen entstehen. Bei der primären Entstehung durch Keimbildung sind zwei Individuen mit ihren (010)-Flächen verwachsen. Solche Zwillinge wurden bisher noch nie in alpinotypen Klüften entdeckt, und da bildet Zagradski Potok auch keine Ausnahme.

Bei der tektonischen Aufweitung der Gänge können Hyalophan-Kristalle, die mit ihrer c-Richtung parallel zur Öffnungsrichtung orientiert sind, parallel zu (010) spalten, wobei frische (010)-Flächen entstehen. Diese können in Zwillingsstellung weiterwachsen und so einen tektonischen Karlsbader Zwilling bilden. Ist der ursprüngliche Kristall verzwilligt auf seiner rechten Seite, dann entsteht der rechte

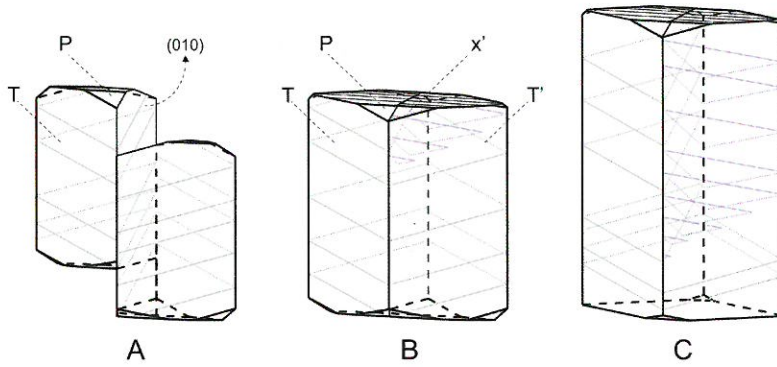


Hyalophan mit Karlsbader Zwillingen. Perspektivische Ansicht und Kopfbilder. A. Unverzwilligter Einkristall. B und C. Die dünnen Linien repräsentieren die Spaltbarkeit (001) und erlauben somit eine Bestimmung, ob es sich um einen rechten oder linken Karlsbader Zwillings handelt. Dies gilt auch für die Prismenflächen o. (B). Rechter Karlsbader Zwillings. C. Linker Karlsbader Zwillings.

Karlsbader Zwillings. Dies erkennt man an der schwächeren Spaltbarkeit parallel zu der Fläche (001). Umgekehrt gilt, wenn der ursprüngliche Kristall auf seiner linken Seite verzwilligt ist, dann resultiert daraus ein linker Karlsbader Zwillings (vgl. die Zeichnung C unten). Würde Hyalophan nicht diese zusätzliche Spaltbarkeit besitzen, wäre die Art des Zwillings nur schwer bestimmbar. Der fertige tektonische Zwillingsstock entspricht in seiner Morphologie der eines Einkristalls, ist also prismatisch ausgebildet ohne M-Flächen, wobei im ursprünglichen Teil des Kristalls die Spaltbarkeit auf beiden Seiten von (010) gleichsinnig verläuft und ab der Ebene der Zwillingsbildung gegensinnig.

Einige Dutzend Karlsbader Zwillinge wurden gefunden, wobei der größte 8 cm lang war. Manche sind so klar durchsichtig, dass man die Fadenbildung im Inneren sieht, und in den meisten Fällen erkennt man auch deutlich die Spuren der Spaltbarkeit nach (001), die in den beiden Zwillingsindividuen unterschiedlich orientiert sind. Alle sind sie durch flache Endflächen ausgezeichnet, die durch alternierendes Wachstum von P-, q- und x-Flächen gebildet werden und auf denen die Zwillingsverwachsungsfläche als gerade Linie oder s-förmige Kurve erkennbar ist. Die Fläche  $o\{111\}$  ist manchmal erkennbar und hervorragend geeignet, um zwischen linken und rechten Karlsbader Zwillingen zu unterscheiden. Die meisten Karlsbader Zwillinge wurden als lose Kristalle aus den Klüften geborgen.

Theoretisch denkbar wären auch komplexerer Zwillingsstöcke mit doppelten Karlsbader Zwillingen, wenn sich beim tektonischen Zerbrechen eines Kristalls zwei frische parallele (010)-Flächen bilden würden. Solche wurden aber bisher in dem Material von Zagradski Potok niemals gefunden.



◁ A. Hyalophan-Einkristall tektonisch zerlegt in zwei Teile, die gegeneinander verschoben sind. Dadurch entstehen frische (010)-Flächen. B. Auf der frischen Fläche bildet sich ein Karlsbader Zwilling, was man daran erkennt, dass die (001)-Spaltbarkeit gegensinnig orientiert ist. C. Durch wiederholtes Zerbrechen und Wieder- verheilen in der gleichen Richtung entsteht ein elongierter Kristall, der im unteren Bereich unverzwillingt ist, wie man an dem gleich- sinnigen Verlauf der Spaltbarkeit sieht, und im oberen Bereich verzwillingt ist.



Linker Karlsbader Zwilling, der von der Kluftwand abgebrochen ist, mit seinem oberen Ende auf dem Kluftboden lag und dort Ankerit und kleinere Hyalophan-Kristalle beim weiteren Wachstum einschloss. Die andere Endfläche ist verheilt, was ziemlich selten beobachtet wurde. Die Reflexe an den Spuren der Spaltbarkeit im Inneren zeigen, dass es sich um einen Zwilling handelt, da in beiden Hälften des Kristalls die Richtungen der Spaltbarkeit unterschiedlich sind. Höhe 3,7 cm. Sammlung M. Zorž.

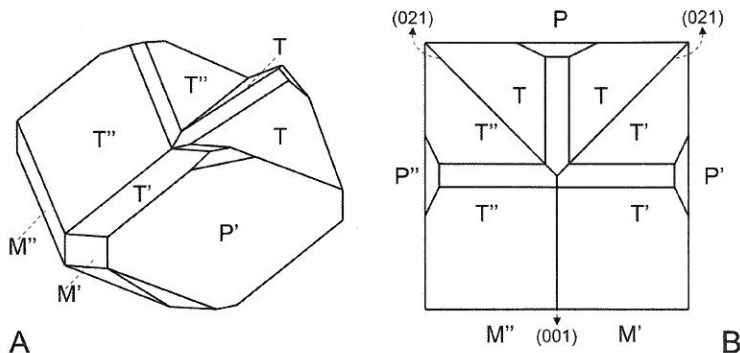


Rechter Karlsbader Zwilling. Die (001)-Spaltbarkeiten in der linken Hälfte zeigen auf den Betrachter, während sie auf der rechten Seite von ihm weg zeigen. Im unteren Bereich ist der Kristall nicht verzwillingt, was man am gleichen Orientierungssinn der Spaltbarkeiten links und rechts erkennt. Die s-förmige Linie auf der rauhen Kopffläche ist die Zwillings-Verwachsungs- fläche zwischen den beiden Individuen. Die milchige Linie von der Mitte des Kristalls zur Zwillingsnaht auf der Kopffläche ist der Faden. Höhe 2,6 cm. Sammlung M. Zorž.

## Baveno-Manebacher Zwillinge

### Drillinge

Es gibt eine wenig bekannte Art der Zwillingbildung, die auf drei in Zwillingstellung befindliche Subindividuen während der Keimbildungsphase zurückgeht. Dabei ist ein Subindividuum gleichzeitig mit zwei weiteren Individuen nach dem Bavenoer Gesetz verzwillingt, wobei die Zwillingsebenen die (021)-Flächen sind. Daraus ergibt sich zwangsläufig, dass diese beiden Subindividuen nach dem Manebacher Gesetz verzwillingt sind, mit der (001)-Fläche als Verwachsungsebene. Der gesamte Zwillingstock ist also ein Baveno-Manebacher Drilling. Schaut man in Richtung der Zwillingssachse, ergibt sich ein perfekt quadratischer Querschnitt, wobei drei der vier Seiten durch P-Flächen und die vierte von zwei M-Flächen, die v-förmig von der Zwillingsebene (001) verlaufen, gebildet werden. Einzelne isolierte Zwillinge dieses Typs wurden hier nicht gefunden.



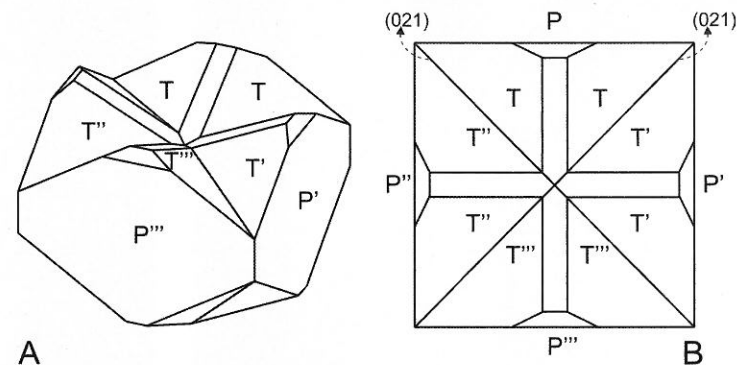
**A. Idealisierte Zeichnung eines Baveno-Manebacher Drillings. B. Projektion auf eine Ebene senkrecht zur Zwillingssachse, die den quadratischen Querschnitt des Zwillingstocks zeigt. Dieser Drilling hat drei P- und zwei M-Flächen als äußere Begrenzung, die jeweils genau senkrecht zueinander stehen. Die Pfeile weisen auf die Zwillingsebenen (021) und (001) hin.**

### Vierlinge

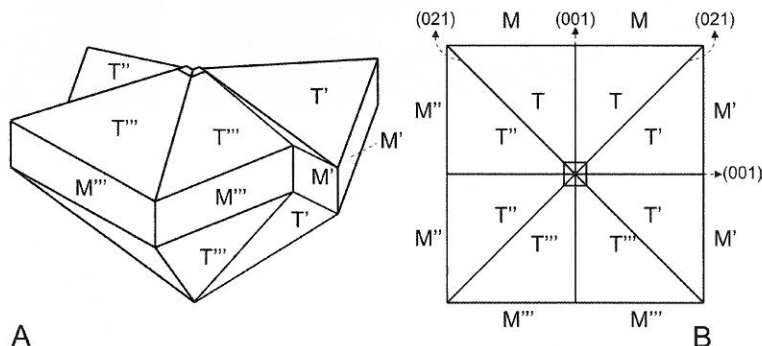
Zwei verschiedenen Typen von Vierlingen sind möglich, die jeweils aus Bavenoer Zwillingen in der Keimbildungsphase entstehen.

#### (001) Baveno-Manebacher Vierling

Wenn vier Bavenoer Zwillinge mit ihren M-Flächen verwachsen, entsteht ein rechteckiger Vierling, dessen äußere Begrenzung durch P-Flächen gebildet wird, die alle parallel zur vierzähligen Zwillingssachse sind. Daher wird diese Art der Zwillingbildung als (001)-Baveno-Manebacher Vierling bezeichnet. Er hat zwei Bavenoer (021)-Zwillingsebenen, deren Schnittgerade die vierzählige Zwillingssachse ist. Einzelne Zwillinge dieser Art mit vier P-Flächen als äußere Begrenzung wurden nicht beobachtet. Bei den Realkristallen wachsen hingegen aus diesen äußeren Flächen viele kleine Manebacher Zwillinge heraus, deren (001)-Zwillingsebenen symmetrisch nach links und rechts angeordnet sind.



**A. (001)-Baveno-Manebacher Vierling. B. Projektion auf eine Fläche senkrecht zur vierzähligen Zwillingssachse, die den regelmäßigen quadratischen Aufbau mit Begrenzung aus P-Flächen zeigt. Die zwei Manebacher (001)-Zwillingsebenen entsprechen der vierzähligen Zwillingssachse. Die Pfeile zeigen die (021)-Zwillingsebenen.**



**A. (010)-Idealisierte Zeichnung eines (010)-Baveno-Manebacher Vierlings. B. Projektion auf eine Fläche senkrecht zur vierzähligen Zwillingssachse. Auch hier ergibt sich ein quadratischer Querschnitt, gebildet aus acht M-Flächen, die jeweils senkrecht zueinander stehen. Die Pfeile geben die (021)- und (010)-Zwillingsebenen an.**

#### (010) Baveno-Manebacher Vierling

Wenn vier identische Bavenoer Zwillinge mit ihren P-Flächen als Verwachsungs-



ebene verzwilligen, entsteht ein Vierling, dessen äußere Umrandung von M-Flächen gebildet wird, die parallel zur vierzähligen Zwillingsachse verlaufen. Diese Art der Zwillingsbildung wird daher als (010)-Baveno-Manebacher Vierling bezeichnet. Er besitzt zwei Bavenoer (021)-Verwachsungsebenen und zwei Manebacher (001)-Verwachsungsebenen. Auch diese Art wurde niemals in idealer Ausbildung gefunden. Sie sollten nur acht äußere P-Flächen zeigen, während sie in der Realität aus zahlreichen statistisch orientierten, sich durchdringenden P-Flächen bestehen, die von der Zwillingsenebene (001) nach links

und rechts verlaufen. Tatsächlich ist der (010)-Baveno-Manebacher Vierling ein inverser (001)-Baveno-Manebacher Vierling und umgekehrt.

### Tektonische Verzerrung von Baveno-Manebacher Zwillingen

#### 1. Phase

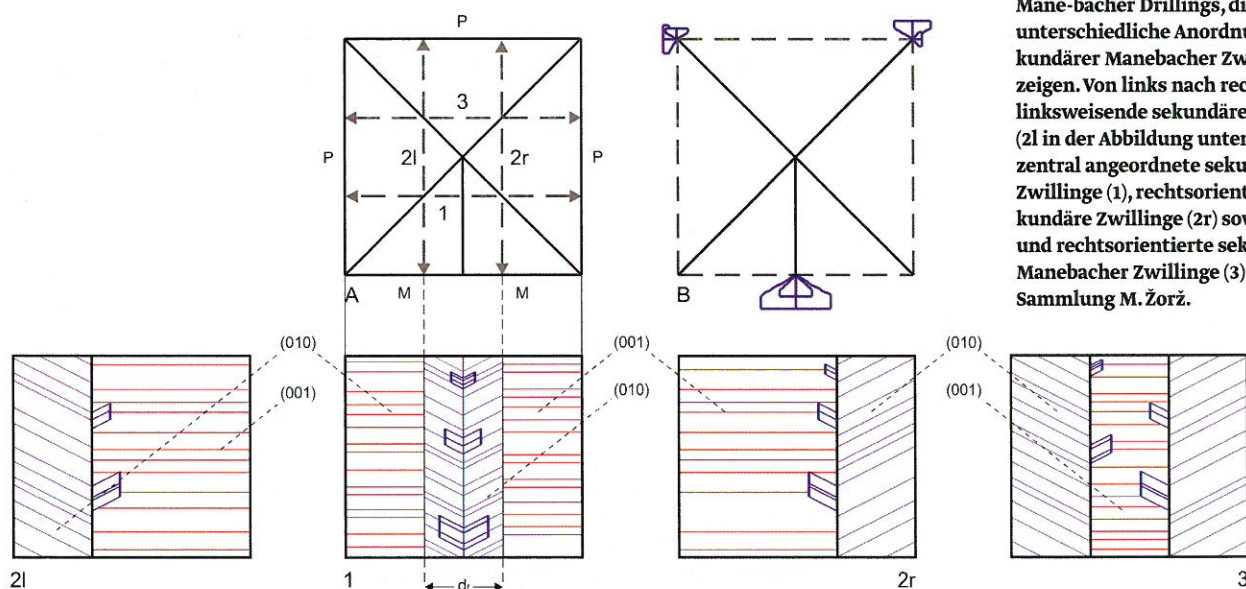
##### Drillinge

Ist ein Baveno-Manebacher Drilling mit beiden gegenüberliegenden Kluftflächen verwachsen, muss er beim weiteren Öffnen der Kluft zerbrechen. Die Bruch-

fläche (Faden-Zone) hat dann eine mehr oder weniger quadratische Form, die die (001)-Spaltbarkeit schneidet. Dabei werden frische (001)-Flächen erzeugt, auf denen sekundäre Manebacher Zwillinge entstehen können. Diese treten auf den drei P-Seiten auf, während die vierte M-Seite ja bereits ein primärer Manebacher Zwillings mit seiner eigenen (001)-Zwillingsfläche ist. Die M- und T-Flächen der sekundären Manebacher Zwillinge bilden ein Muster, das für die drei Seiten jeweils typisch ist. Die beiden P-Seiten, die an die M-Seite grenzen, sind dabei spiegelsymmetrisch zueinander, während das Muster auf der P-Fläche,

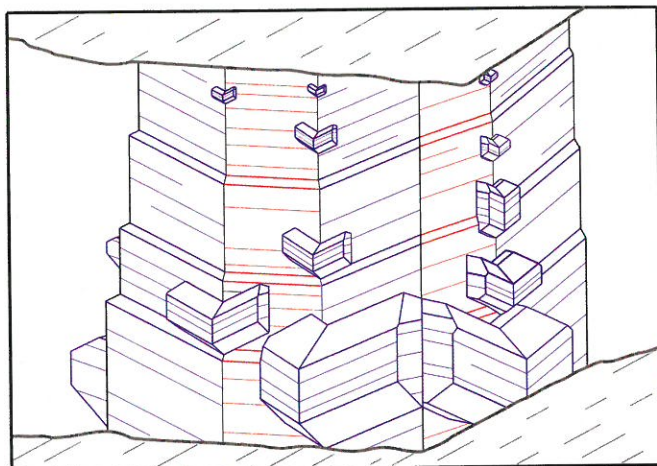


△ Vier Seiten eines Baveno-Manebacher Drillings, die die unterschiedliche Anordnung sekundärer Manebacher Zwillinge zeigen. Von links nach rechts: linksweisende sekundäre Zwillinge (2l in der Abbildung unten links), zentral angeordnete sekundäre Zwillinge (1), rechtsorientierte sekundäre Zwillinge (2r) sowie links- und rechtsorientierte sekundäre Manebacher Zwillinge (3). Sammlung M. Žorž.



A. Projektion eines Baveno-Manebacher Drillings auf eine Ebene senkrecht zur vierzähligen Achse (vgl. Seite 38 Abb. oben).

B. Ausschnitt aus dem Kristall, der die Fadenzone zeigt. Die sekundären Manebacher Zwillinge auf den jeweiligen Flächen sind blau angedeutet. Die untere Reihe zeigt Bruchflächen parallel zu den vier Begrenzungen mit ihren typischen Anordnungen sekundärer Manebacher Zwillinge. Ihre Lage ist durch gestrichelte Linien in (A) angegeben. Der Schnitt 1 ist parallel zur M-Zwillingsfläche und zeigt sekundäre Zwillinge (blau), die symmetrisch nach links und rechts von der (001)-Verwachsungs-Fläche ausgehen. Die Schnitte 2r und 2l verlaufen parallel zur rechten bzw. linken Seite des Zwillings. Die sekundären Manebacher Zwillinge sind entsprechend orientiert. Schnitt 3 zeigt sowohl rechts- als auch linksorientierte sekundäre Manebacher Zwillinge im zentralen Bereich zwischen den beiden (001)-Verwachsungsflächen. Die Breite dieses Bereichs entspricht dem Faden-Durchmesser  $d_f$ .



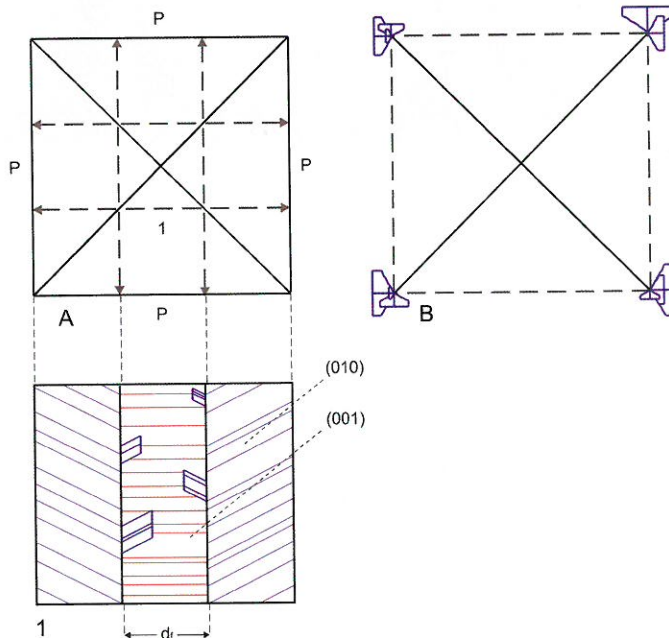
Schematische Darstellung der Entstehung eines Fadenkristalls eines Baveno-Manebacher Drillings während der Öffnung der Kluft. Sekundäre Manebacher Zwillinge (blau) bilden sich dort, wo frische (001)-Flächen durch Zerbrecen des ursprünglichen Zwillings gebildet werden. Dies erfolgt am Kontakt zwischen M- und P-Flächen (rot bzw. blau dargestellt). Die linke Seite entspricht der P-Fläche (3 in der Abb. auf Seite 39) und die rechte Seite der benachbarten zweiten P-Fläche (2l in der Abb. auf Seite 39). Die beiden größten sekundären Manebacher Zwillinge (unten) bilden an ihrem Kontakt eine Verzwilligung nach dem Bavenoerer Gesetz. Es handelt sich also um einen sekundären Bavenoerer Zwilling.

die der M-Seite gegenüber liegt, linke und rechte sekundäre Zwillinge zeigt. Der Drilling hat daher auf seinen vier Flächen vier unterschiedliche Muster sekundärer Manebacher Zwillinge. Der Prozess des Aufbrechens und Verheilens kann periodisch erfolgen und entweder zur Bildung neuer sekundärer Manebacher Zwillinge führen oder die bestehenden auf allen vier Seiten weiter wachsen lassen.

**Vierlinge**

Die Bildung elongierter (001)-Baveno-Manebacher Vierlinge erfolgt nach dem gleichen Mechanismus. Der einzige Unterschied ist, dass nun nur P-Flächen als seitliche Umrandung auftreten, und die sekundären Manebacher Zwillinge sich entsprechend verhalten. Die M- und T-Flächen der sekundären Zwillinge ragen aus allen vier primären P-Flächen in der typischen Links-Rechts-Verwachsung heraus, sodass die Breite der Fadenzone  $d_f$  auf allen Seiten zu erkennen ist. Ein weiteres Zerbrecen bei der Kluftöffnung erzeugt immer mehr sekundäre Zwillinge, die statistisch um den Vierling herum angeordnet sind. Die Bildung elongierter (010)-Baveno-Manebacher Zwillinge folgt dem gleichen

Mechanismus und sekundäre Manebacher Zwillinge können sich an den Stellen bilden, wo die Fadenzone vier Manebacher (001)-Zwillingebenen schneidet. Die sekundären Manebacher Zwillinge wachsen von diesen Punkten nach außen und können von den primären Manebacher Zwillingen nicht unterschieden werden. Sie haben jedoch den Raum, um P-, q- und x-Flächen zu entwickeln, die aus den M-Flächen in Links- und Rechts-Orientierung herauswachsen. Die Abstände zwischen den Zentren der links und rechts orientierten sekundären P-Flächen geben die Dimension der Fadenzone  $d_f$  an diesen Punkten wieder. Ein weiteres Zerbrecen und wieder Verheilen des Vierlings bewirkt die Bildung weiterer sekundärer Manebacher Zwillinge auf allen vier Seiten. Die Bildung sekundärer Manebacher Zwillinge erfolgt zufällig bei allen Typen von Baveno-Manebacher Zwillingen.



A. Schematische Projektion eines (001)-Baveno-Manebacher Vierlings auf die Ebene senkrecht zu seiner vierzähligen Achse. B. Zentrale Fadenzone. Die Orientierung der sekundär gebildeten Manebacher Zwillinge ist mit blauen Symbolen angedeutet. Die Abbildung 1 zeigt eine der vier identischen Seitenansichten mit der Orientierung der linken und rechten Manebacher Zwillinge.



△ Tektonisch zerbrochener Baveno-Manebacher Zwillung mit klar erkennbarer (001)-Fadenzone. Der schmale innere Teil besteht aus zerbrochenen und wieder verheilten P-Flächen. Die Teile links und rechts sind zerbrochene und verheilte M-Flächen.

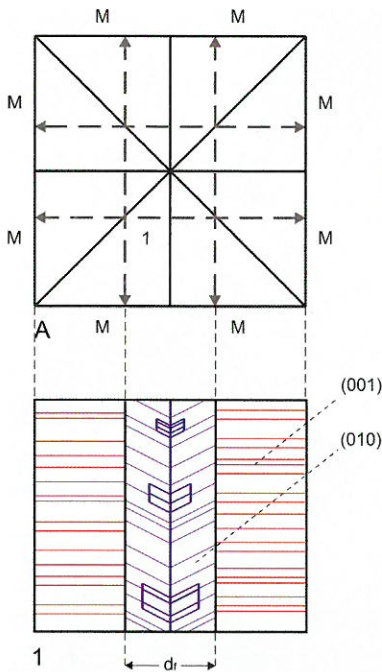
▷ Detailaufnahme des Kristalls, auf dem man erkennt, dass die sekundären Manebacher Zwillinge exakt am Kontakt zwischen den durch den Bruch frisch gebildeten P- und M-Flächen wachsen. Deutlich zu sehen ist die Zwillingsverwachsungsfläche der sekundären Zwillinge entlang der (001)-Zwillingssebene. Diesen Kristall erhielt G. Kobler im Jahr 1979 als Geschenk von Professor Barić. Breite 8 cm. Sammlung M. Žorž.



△ Vier Seitenansichten des gleichen (001)-Baveno-Manebacher Vierlings mit der typischen pagodenartigen Form. Die Anordnung der sekundären Manebacher Zwillinge, die aus den primären P-Flächen heraussprießen, ist in allen Fällen gleichartig. Die Verteilung der links-rechts Textur ist allerdings individuell. Die reflektierende große M-Fläche im dritten Bild ist im Detail rechts nochmals wiedergegeben. Drei schwache Linien parallel zur (001)-Zwillingsfläche sind zu sehen. Der Abstand zwischen den beiden äußeren entspricht exakt der Breite der Fadenzone. Die dritte Linie ist der Ort, wo benachbarte sekundäre Zwillinge aneinander grenzen und somit in der (001)-Zwillingsstellung verwachsen sind. Bemerkenswert ist auch, dass der anhängende kleine Kristall bereits ein Vierling ist. Höhe 2,7 cm. Sammlung M. Žorž.



Wenn sie einmal erfolgt ist, wachsen die Kristalle unabhängig von der Fadenzone nach außen. Das Wachstum entlang der Fadenzone kann jedoch nach einer gewissen Zeit zum Erliegen kommen und dann wieder neu beginnen. Einzelne sekundäre Zwillinge können manchmal eine Seite des Baveno-Manebacher Zwillings vollständig bedecken, andere Seiten des Zwillings können dagegen völlig frei von sekundären Zwillingen sein. Jede P- oder M-Fläche hat daher ein unverwechselbares Muster von sekundären Zwillingen, das von dem Typ des Baveno-Manebacher Zwillings abhängt.



◁ A. Idealierte Projektion eines (010)-Baveno-Manebacher Vierlings. B. Schematische Darstellung der Fadenzone mit Orientierung der sekundären Manebacher Zwillinge (blau). (1). Repräsentiert den Bruch parallel zu einer M-Seitenfläche. Die Anordnung der sekundären Zwillinge ist auf allen vier Seiten prinzipiell gleich.

▽ Vier Seitenansichten des gleichen (010)-Baveno-Manebacher Zwillings. Alle Seiten zeigen ein gleiches Muster von sekundären Manebacher Zwillingen jeweils in der Mitte jeder der Seiten des Vierlings. Besonders typisch ist das Auftreten von P-Flächen, die zu den sekundären Zwillingen gehören. Man könnte meinen, dass die M-Flächen aus den P-Flächen herauswachsen. Tatsächlich ist es aber anders herum, so, dass P aus M wächst. Die größten Flächen im ersten und zweiten Bild von links sind P-Flächen, und die größten auf Bild 3 und 4 von links sind M-Flächen. Breite 2 cm. Sammlung M.Žorž.



## 2. Phase

Während der tektonischen Aufweitung können die Baveno-Manebacher Zwillinge immer länger werden und immer mehr sekundäre Zwillinge bilden, die wiederum vom primären oder benachbarten sekundären Zwillingen überwachsen werden. Als Folge bilden sich pagodenartig zusammengesetzte Kristalle, bei den die sekundären Zwillinge in einzelnen Lagen um die primären herumgewachsen sind. Die früher gebildeten unteren Ebenen hatten mehr Zeit zur Kristallisation und sind daher breiter. So verjüngt sich das gesamte komplexe Gebilde konisch nach oben.

## 3. Phase

In dieser Phase folgt das Kristallwachstum nicht mehr der Aufweitung der Gänge, sondern erfolgt in Richtung der gewöhnlichen Zwillingsachsen. Wenn dieses Stadium erreicht ist, wird der endgültige Habitus der Kristalle gebildet. Er besteht aus einer Kombination von Flächen von primären und sekundären Zwillingen und kann daher sehr komplex sein. Der Kristall wächst so lange, bis er durch sein Eigengewicht oder tektonische Bewegungen abbricht, nach unten auf den Boden der Kluft fällt und dort weiter wächst. Dabei werden einspringende Winkel und die zunächst pagodenartigen Formen immer weiter verheilen, wodurch sich eine prismatische Morphologie ergibt. Einige der sekundären Zwillinge werden durch Überwachungen

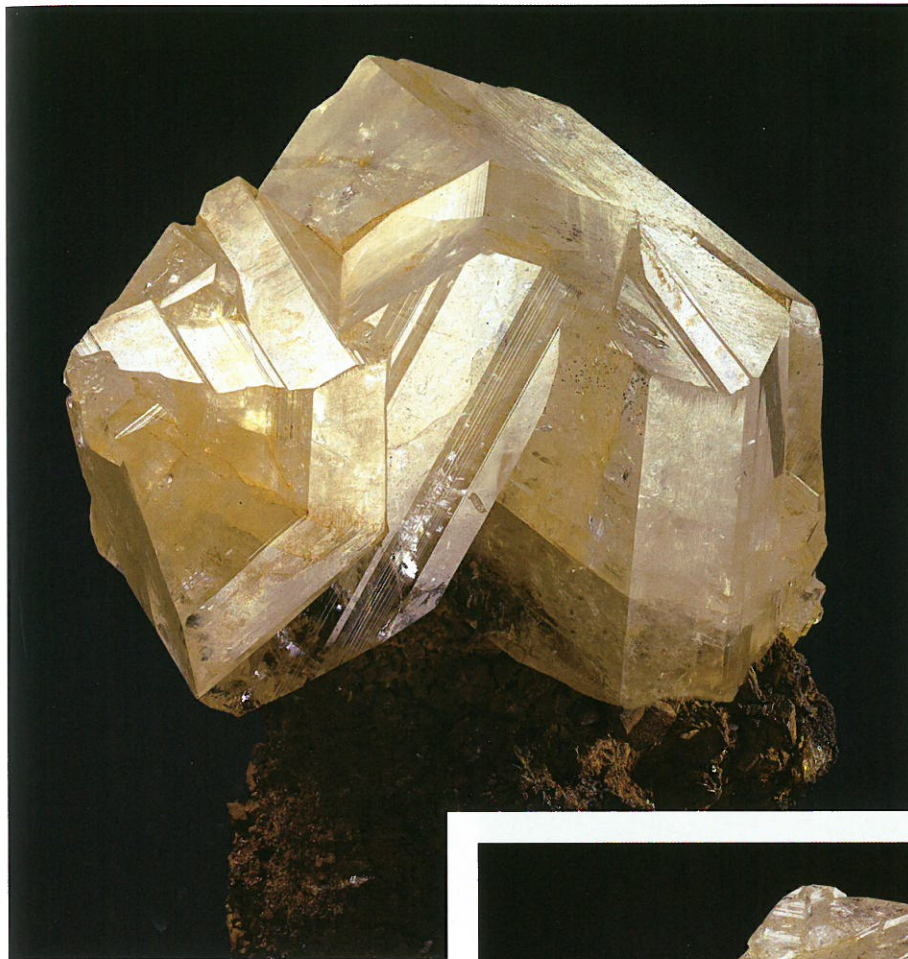
des primären oder anderer sekundärer Zwillinge bedeckt. Größere Exemplare sind daher in Richtung ihrer normalen Zwillingsachse kürzer entwickelt und zeigen weniger sekundäre Zwillingserscheinungen an der Oberfläche als kleinere Kristalle. Manche ihrer Flächen können sogar völlig einheitlich erscheinen. Aus oben genannten Gründen sind mittelgroße bis große Baveno-Manebacher Zwillinge auf Matrix selten. Besonders attraktive Stufen entstanden, wenn Hyalophane abbrachen, auf bereits gebildete Quarz-Kristalle fielen und dort anwuchsen.

▷ (010)-Baveno-Manebacher Vierling mit einer ausgeprägten pagodenartigen Entwicklung. Er sitzt auf einer Goethit-Matrix, was für einen guten farblichen Kontrast sorgt. Höhe 1,6 cm. Sammlung M. Žorž.





**(001)-Vierling auf Matrix. Die pagodenartige Entwicklung ist noch erkennbar, aber zum Teil sind die M-Flächen der sekundären Zwillinge und die P-Flächen der primären Zwillinge so weit gewachsen, dass sie vereint sind. Höhe 5,7 cm. Sammlung M. Žorž.**



△ Eines der seltenen Beispiele eines (001)-Baveno-Manebacher Vierlings auf Matrix, bestehend aus oxidiertem Ankerit und einzelnen Hyalophan-Kristallen. Höhe 3,9 cm. Sammlung G. Kobler.

Betrachtet man die Gesamtmasse an Hyalophan von der Lagerstätte Zagradski Potok, so ist die größte Menge in Form von Baveno-Manebacher Zwillingen kristallisiert. Unverzwilligte Kristalle, Karlsbader Zwillinge und einfache Manebacher Zwillinge machen nur einen weit kleineren Teil aus.

Am häufigsten sind die (001)-Baveno-Manebacher Zwillinge, die Größen bis 22 cm erreichen können. Kristalle um 10 cm sind auch nicht selten, aber normalerweise erreichen sie Größen bis 5 cm. Weniger häufig sind Baveno-Manebacher Drillinge, die bis 5 cm groß werden können und ganz selten sind die (010)-Baveno-Manebacher Vierlinge. Letztere sind kleiner, was möglicherweise darauf hinweist, dass ihre Kristallisation später begann. Schmale Klüfte

konnten hunderte von kleinen Vierlingen beinhalten, die unter 1 cm groß waren. Die Fadenzone innerhalb der Baveno-Manebacher Zwillinge ist nur vereinzelt und dann in kleinen, transparenten Kristallen zu sehen. Ansonsten wird sie durch Spalt- risse nach (001) und (010) sowie Einschlüsse anderer Mineralien in den aufgewachsenen Partien verschleiert.

Viele Baveno-Manebacher Zwillinge wurden durch tektonische Ereignisse fragmentiert und sind danach wieder verheilt. Der Aufweitungsprozess kann manchmal an den Fortwachsungen der zerbrochenen und verheilten Kristalle belegt werden, wenn diese auch als Fadenkristalle ausgebildet sind.

▽ Dem Kundigen offenbart ein solcher Kristall eine komplexe Geschichte. Dieser Drilling zeigt sechs sekundäre Manebacher Zwillinge, die aus einer P-Fläche herauswachsen und von q- und x-Flächen begrenzt sind. Daraus resultiert ein treppenartiger Aufbau. Höhe 3 cm. Sammlung M. Žorž.





△ Dieser (001)-Vierling hat seine ursprünglich spitz zulaufende Form durch Weiterwachsen verloren. Durch Angleichung der M- und p-Flächen entstand ein prismatischer Habitus. Höhe 7,4 cm. Sammlung M. Žorž.

▷ Wunderschöner, lehrbuchartig ausgebildeter (001)-Baveno-Manebacher Zwilling. Die sekundären linken und rechten Manebacher Zwillinge wachsen aus den p-Flächen der primären Zwillinge heraus. Es handelt sich um einen fast völlig ausgeheilten Zwilling, was bedeutet, dass er seine frühere konische Pagodenform durch Weiterwachsen verloren hat und nun prismatisch mit einer geringeren Zahl von sekundären Zwillingen erscheint. Er wurde als vollständiger unbeschädigter Schwimmer geborgen. Höhe 6,2 cm. Sammlung M. Žorž.



### Inversion von sekundären Manebacher Zwillingen und Bildung doppelter Baveno-Manebacher Zwillinge

Wir hoffen, dass Sie inzwischen nicht völlig erschöpft sind von der Beschreibung der ungewöhnlichen Zwillingerscheinungen, denn es geht noch komplizierter. Es wurde bereits im Kapitel über die Manebacher Zwillinge berichtet, dass ein Zerschneiden eines Einzelkristalls an seiner (001)-Spaltfläche zu frischen (001)-Flächen führt,

▷ Dies ist die größte und beste Hyalophan-Stufe, die während der Erkundungsarbeiten im Jahr 1950 in der Grube gefunden wurde. Es handelt sich um einige miteinander verwachsene Baveno-Manebacher Zwillinge, deren größter eine Kantenlänge von 22 cm aufweist. Seine Endfläche ist typisch konkav und zeigt eine komplexe Textur aus primären und sekundären Flächen. Bemerkenswert ist, dass die größte der Flächen praktisch keine Anzeichen von sekundären Zwillingen mehr aufweist (nur zwei sind noch reliktsch zu sehen). Dies zeigt, dass die ursprünglich vorhanden sekundären Zwillinge alle überwachsen wurden. Die Stufe brach durch tektonische Belastung ab, wonach die Bruchfläche verheilte und so ein Schwimmer entstand. Dieses bemerkenswerte Stück verkaufte uns im Jahr 1987 der inzwischen verstorbene Professor Mehmed Ramović in Sarajewo, der 1950 zusammen mit dem Geologischen Institut an der Lagerstätte Zagradski Potok arbeitete. Breite der Stufe 33,5 cm. Sammlung G. Kobler und M. Žorž.





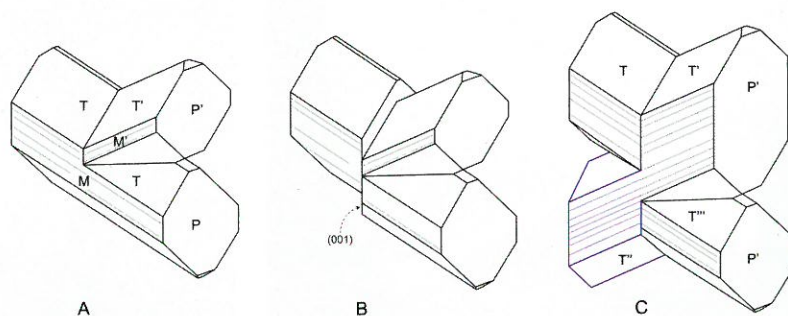
an denen sich sekundäre Manebacher Zwillinge bilden können. Wenn nun ein Kristall zerbricht und so seitlich verschoben wird, dass auf beiden Seiten frische (001)-Flächen auftreten, können zwei sekundäre Zwillingkristalle entstehen, die in entgegengesetzten Richtungen zur normalen Zwillingsachse orientiert sind. Dies ist eine Inversion des sekundären Manebacher Zwillings, die jederzeit beim Zerbrechen eines Baveno-Manebacher Zwillings auftreten kann. Wenn die Fadenbildung nach beiden Richtungen des umgekehrten sekundären Zwillings erfolgt, bildet sich ein inverser oder doppelter Baveno-Manebacher Zwilling.

Durch ihr Gewicht abgebrochene und am Boden weiter gewachsene Kristalle entwickeln zwei Endflächen. Alle doppelten Baveno-Manebacher Zwillinge wurden als abgebrochene und weitergewachsene Kristalle aufgefunden und sind daher fast nie auf allen Seiten vollständig entwickelt. Sie sind selten, das größte Exemplar erreichte jedoch 20 cm Länge. Beim genauen Hin-

schauen kann man aber auch Spuren von inversen Manebacher Zwillingen an vielen anderen Vierlingen finden.

Die Bildung der doppelten Bavenoer Zwillinge hängt vom Typ der primären Baveno-Manebacher Zwillinge ab, und so können wir zwischen verschiedenen Arten unterscheiden. Detaillierte Darstellungen dieses Themas findet man in der angegebenen Literatur.

Doppelte Baveno-Manebacher Zwillinge sind mit großer Wahrscheinlichkeit die komplexesten Kristalle im gesamten Mineralreich. Wenn Sie keinen Hyalophan in Ihrer Sammlung haben, sollten Sie ihre Adulare genauestens durchsehen, ob sie irgendwelche der oben beschriebenen Zwillingsbildungen finden. Adular hat ja die gleichen kristallographischen Eigenschaften wie Hyalophan und wurde unter



**Die Inversion des sekundären Manebacher Zwillings A beginnt durch das Zerbrechen entlang der (001)-Zwillingssebene. Dadurch entsteht eine frische (001)-Fläche (B), auf der sich ein weiterer sekundärer Manebacher Zwilling in entgegengesetzter Richtung zur gewöhnlichen zweizähligen Zwillingsachse bilden kann. Siehe dazu auch die Abb. auf Seite 35 unten.**

**1. Doppelter Baveno-Manebacher Vierling mit einem eingeschlossenen Rauchquarz-Kristall. Dieser Hyalophan-Kristall zeigt eine extrem feine und komplexe Textur mit inversen sekundären Manebacher Zwillingen, die in unterschiedliche Richtungen zeigen. In seinem unteren Teil ist er als (001)- und im oberen Teil als (010)-Baveno-Manebacher Zwillung entwickelt. Diese komplexe Verwachsung gehört möglicherweise zu den kompliziertesten Zwillingsbildungen im gesamten Mineralreich. Höhe 6,7 cm. Sammlung G. Kobler.**

**2. Inversion eines sekundären Manebacher Zwillings auf einem Baveno-Manebacher Zwillung. Die große M-Fläche in der Bildmitte ist ein Ergebnis des Zwillingswachstums an der (001)-Fläche. Dieser Zwillung brach durch tektonische Ereignisse von der Kluffläche ab und wuchs auf dem Boden liegend weiter. Dies führte zum bevorzugten Wachstum des inversen sekundären Manebacher Zwillings. Breite 5,4 cm. Sammlung M. Zorž.**

**3. Doppelter Baveno-Manebacher Zwillung. Typisch für die doppelten Vierlinge sind sekundäre Manebacher Zwillinge, die in verschiedene Richtungen zeigen, z. B. entgegengesetzt zu ihrer Terminierung. Dieser Kristall ist auf dem Boden der Kluft erheblich weitergewachsen, wobei der kurzprismatische Habitus entstand und viele der sekundären Manebacher Zwillinge überwachsen wurden. Breite 5,3 cm. Sammlung F. Dohr.**



1



2



3

ähnlichen Bedingungen gebildet. Er kann also sehr wohl in gleicher Weise verzwilligt und verzerrt sein.

## Literatur

- BARIĆ, L. (1955): Bariumhaltiger Orthoklas von Busovača in Zentralbosnien. - Bulletin scientifique Yugoslavie 2 (2), 55, Beograd.
- BARIĆ, L. (1961): Über die Hyalophane von Busovača. - Tschemak's mineralogische Mitteilungen 3(7), (Mitteilungen der Österreichischen mineralogischen Gesellschaft 1957-1960, 118), 462-502, Wien.
- BARIĆ, L. (1972): Hyalophan aus Zagrski (Zagradski) potok unweit von Busovača in Zentralbosnien. - Wissenschaftliche Mitteilungen des Bosnisch-herzegowinischen Landesmuseums, Bd. II, Heft C, Naturwissenschaft, 5-37, Sarajevo.
- BERMANEC, V.; ZEBEC, V. (1987): Rutil i hematit, orijentirano srastanje kristala rutila i hematita od Zagrada kraj Busovače u Bosni. - Geološki vjesnik 40, 97-100, Zagreb.
- DIVLJAN, S.B. (1954): Otkriće bariskog adulara (hijalofana) kod Busovače u Bosni. - Zbornik radova Geološkog instituta „Jovan Žujović“, sveska 7, 269-275, Beograd.
- ILIĆ, S. (1954): Žilni kvarc - nalazišta kvarca u okolini Busovače kod Sarajeva. - Rudarstvo i metalurgija 5, 1414-1416, Beograd.
- LAEMMLEIN, G. G. (1946): Über die Entstehung flacher

- Kristalle mit „weissen Streifen“, übersetzt aus „Fragen der Mineralogie, Geochemie und Petrographie“, 99-109. Aus dem Russischen übersetzt von B. Stalder-Scherrer, 1969. In Schweizer Strahler 2, (12), 430-437, 1972, Zürich.
- NIEDERMAYR, G.; REČNIK, A.; DOHR, F. (2016): Mineralien aus den Alpenen Klüften des Zentralbosnischen Schiefergebirges im Bereich von Busovaca. - MINERALIEN-Welt 27 (3), 62-88.
- REČNIK, A. (2009): Hyalophan in Weltklasse-Qualität von Busovaca, Bosnien-Herzegowina. - MINERALIEN-Welt 20 (6), 14-15.
- RICHARDS, R.P. (1990): The origin of faden quartz. - Mineralogical Record 21 (2), 191-201, Tucson.
- RYKART, R. (1989): Quarz-Monographie. Ott Verlag, Thun, 413 S., 236 Abb.
- ŠOUFEK, M.; ZEBEC, V.; BERMANEC, V. (1994): Morphology and Crystallo-Chemical characteristic of the Fe-, Mn-, Mg-, Ca-carbonates from Zagrada near Busovača (Bosnia and Herzegovina). - Geologica Croatica 47 (1), 45-52, Zagreb.
- TRUBELJA, F.; BARIĆ, L. (1981): Minerali Bosne i Hercegovine. - Knjiga 1, Silikati, 452 S., Zemaljski muzej BiH, Sarajevo.
- VARIČAK, D. (1971): Kristalni kvarc u Bosni i Hercegovini. - Geološki glasnik 15, 163-167, Beograd.
- ZEBEC, V. (1982): Anataz iz doline Zagradskog potoka kraj Busovače u Bosni. - Glasnik zemaljskog muzeja BiH, Sveska za prirodne nauke XIX-XX, 25-28, Sarajevo.
- ZEBEC, V. (1983): D. Zagoščak, Apatit od Zagrada kraj Busovače u Bosni - Glasnik zemaljskog muzeja BiH, Sveska za prirodne nauke XXII, 51-53, Sarajevo.

- ZEBEC, V. (1984): Uz izložbu „Hijalofan“ u Mineraloškom-petrografskom muzeju u Zagrebu. Mineraloško-petrografski muzej, 27 S., Zagreb.
- ZEBEC, V. (1987-1988): Srastanje kristala hijalofana iz Zagrada kod Busovače u Bosni, Glasnik prirodnjačkog muzeja. - Serija A, Knjiga 42/43, 193-208, Beograd.
- ZEBEC, V.; BERMANEC, V. (1985): Albit, orijentirano srastanje hijalofana i albita od Zagrada kraj Busovače u Bosni. - Geološki vjesnik 38, 115-119, Zagreb.
- ZEBEC, V., ŠOUFEK, M. (1986): Hyalophan von Busovača, Jugoslawien. - Lapis 11 (1), 28-31.
- ŽORŽ, M. (1993): Hyalophane twins from Zagradski potok in central Bosnia. - Geologija 35, 183-206.
- ŽORŽ, M. (1995): Morphogenesis of hyalophane and adularia twins. - Dissertation, 173 S., University of Ljubljana.
- ŽORŽ, M. (1996): The hyalophane occurrence at Zagradski Potok near Busovača, Bosnia and Herzegovina. - Mineralogical Record 27 (5), 325-346, 361.
- ŽORŽ, M. (2006): Hyalophane from Bosnia and Herzegovina - particularly interesting twins. - ExtraLapis 30, 90-93.
- ŽORŽ, M. (2009): Quarz-Gwindel. - MINERALIEN-Welt 20 (3), 30-46.
- ŽORŽ, M.; FOLLNER, H.; MIRTIĆ, B.; GOLIČ, L. (1998): Twin systematic of the monoclinic potassium feldspars as a result of their „Faden“ growth in the alpine-type veins. - N.Jb. Miner. Abh. 173 (1), 1-22.
- ŽORŽ, M.; VIDRIH, R.; KOBLER, G.; MIKUŽ, V. (1988): Mineraloške znamenitosti Busovače. - Proteu 51, (1), 18-23, Ljubljana.




**Hyalophan als Motiv für Briefmarken**

Mineralien sind attraktive und beliebte Motive für Briefmarken. Die Darstellung ihrer Formen und Farben ist eine Herausforderung an die Designer und ihre Schönheit ist ein Magnet für die Briefmarkensammler. Solche schönen Marken sind auch ein Zeichen der Selbstdarstellung, besonders für neu gegründete Staaten.

Das Postamt von Bosnien und Herzegovina beschloss im Jahre 1999, Mineralmotive aus seinem Hoheitsgebiet als Briefmarkenmotive zu wählen; Hyalophan war eines in der Auswahl. Die Anforderung an ein Briefmarkenmotiv sind sehr speziell und schließlich wurde ein Bild als Vorlage ausgewählt,

**Briefmarkenmotiv und Originalfoto eines doppelten Baveno-Manebacher Zwillings von Busovača. Foto und Sammlung M. Žorž. Briefmarkendesign für die Post von Bosnien-Herzegowina durch A. Suljević.**

das im Mineralogical Record Vol.27, No.2, 1996 publiziert wurde. Es handelt sich um einen Hyalophan von Busovača. Leider wurde der Mineralname auf der Briefmarke falsch geschrieben („hijalofan“ statt „hijalofan“), auch wurde niemals um die Freigabe durch den Autor nachgesucht. Als Fotograf kann ich zumindest den zweiten Fauxpas entschuldigen - auch ohne formale Genehmigung ist es natürlich eine große Freude und Ehre, ein eigenes Motiv auf einer Briefmarke wiederzufinden.

## Dank

Unser aufrichtiger Dank gilt Vladimir Zebec und Marin Šoufek, die uns wertvolle Details über die Geschichte der Lagerstätte zur Verfügung stellten. Weiterhin sind wir allen örtlichen Sammlern verbunden, die unter großen Mühen hervorragendes Material dieser Mineralparagenese sammelten. Olaf und Ulrike Medenbach danken wir für die hervorragende Übersetzung!

## Die Autoren

### Mirjan Žorž

Prešernova 53, SLO 1290 Grosuplje  
E-mail: zorz@siol.net

### Friedrich Dohr

Zellach 73, A-9413 Frantschach/St.Gertraud  
E-mail: fritz.dohr@alpine-kristalle.at

### Igor Dolinar

Luize Pesjakove 13, SLO-1000 Ljubljana  
E-mail: igor.dolinar@gmail.com

### Gregor Kobler

Blasov breg 19, SLO-1000 Ljubljana  
E-mail: gregor.kobler@telemach.net

### Aleksander Rečnik

Department for Nanostructured Materials  
Jožef Stefan Institute, Jamova cesta 39  
SLO-1000 Ljubljana  
E-mail: aleksander.recnik@ijs.si