

Bemerkungen über die Zwillingsbildung einiger Mineralien.

Von

O. Mügge in Hamburg.

Mit 4 Holzschnitten.

Gelegentlich einer früheren Untersuchung (dies. Jahrbuch 1883. I. p. 285) machte ich darauf aufmerksam, dass Krystalle mit secundär (etwa durch Druck) entstandenen Zwillingslamellen sich gegenüber den ursprünglichen, als solchen krystallisierten Zwillingen dadurch unterscheiden müssen, dass in ihnen im allgemeinen keine Symmetrie der äusseren Form mehr vorhanden ist. Ich glaube jetzt in der Lage zu sein, wenigstens für ein Mineral aus der Verschiedenheit der äusseren Form der in Zwillingsstellung befindlichen Theile auf die secundäre Entstehung der Zwillingslamellen schliessen zu können.

BAUER (Zeitschr. d. D. Geol. Ges. Bd. 26, 1874, p. 186 ff.) beschreibt Krystalle und derbe Massen von Eisenglanz, welchen zahlreiche Zwillingslamellen nach einer oder mehreren Flächen des Grundrhomboiders eingelagert sind. An einem solchen Krystall von Tirol wurden die Flächen $oR \times (0001)$, $\frac{4}{3}P2 (22\bar{4}3)$, $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ und $R \times (10\bar{1}1)$ (letztere als Absonderungsfläche) beobachtet, während die Zwillingslamellen ausser von $R \times (10\bar{1}1)$ (als Absonderungsfläche) zum Theil ebenfalls von $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$, zum Theil von einer Fläche $-2R \times (02\bar{2}1)$ begrenzt waren; und zwar zeigten diejenigen Zwillingslamellen die Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$, welche auf der gleichnamigen Fläche des Hauptindividuumus austreten, während die von $-2R \times (02\bar{2}1)$ begrenzten auf $oR \times (0001)$ die Streifung hervorriefen. Namentlich die Begrenzung der La-

mellen zweiter Art muss sofort auffallen, da — $2R \times (02\bar{2}1)$ nicht gerade zu den gewöhnlichen Flächen des Eisenglanzes gehört und auch an dem fraglichen Hauptkrystall nicht auftrat. Es lässt sich dies aber durch die folgende Überlegung erklären:

Es finden sich die beschriebenen Zwillingslamellen ganz vorwiegend an derben Massen oder an Krystallen, welche im Gestein eingewachsen gewesen sind; BAUER (l. c. p. 191) beobachtete sie an derben Massen von Schweden, unter anderen von Bitsberg, an einem Krystall aus den Goldseifen von Najornoj bei Beresowsk, außerdem an zwei tiroler Krystallen; ich fand sie ebenfalls an derben Stücken unserer Sammlung von Bötzberg (?) und Bispberg (?) in Schweden, sie können daher ähnlich wie diejenigen des Kalkspathes durch Druck der umgebenden Gesteinsmassen entstanden sein.

Nimmt man auch eine

ähnliche Verschiebung des Molekularnetzes wie bei dem genannten Mineral an, aber in der Art, dass dasjenige Rhomboeder, nach welchem die Verschiebung stattfindet (hier das Grundrhomboeder) sich selbst gleich bleibt, das heisst bei der Verschiebung der einen Hälfte des Rhomboeders eine dazu in Zwillingsstellung befindliche, geometrisch gleiche Hälfte entsteht (Fig. 1), so werden dabei auch gewisse Flächen eben so wie beim Kalkspath ihr Zeichen wechseln*.

Verläuft z. B. die Basis in der ursprünglichen Lage durch die Punkte $a b c$ (Fig. 1), so kommt sie nach der Verschiebung

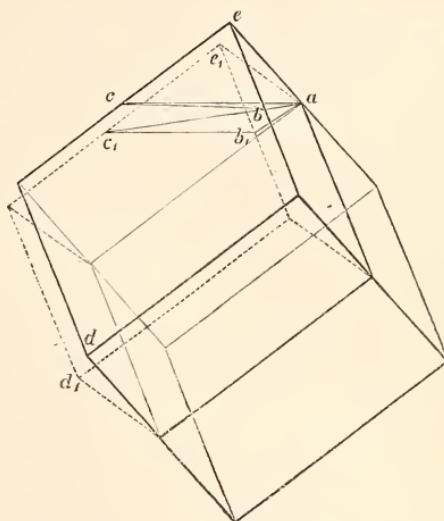


Fig. 1.

* Ausser der Untersuchung des Autors (l. c. p. 33) vergl. darüber auch die Mittheilung von BAUMHAUER (Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Gesellsch. 1879. p. 638), die dem Autor bei Abfassung der genannten Arbeit nicht bekannt war.

in die Lage a b, c.; da dabei zugleich aus der Polecke e die Randecke e, geworden ist, so liegt die Fläche a b, c, an dem verschobenen Theil wie eine Fläche $-2R \times (02\bar{2}1)$. Es ist also mindestens möglich, dass die auf $oR \times (0001)$ austretenden Lamellen und ihre Begrenzung durch $-2R \times (02\bar{2}1)$ einer derartigen Verschiebung ihre Entstehung verdanken. Mit dieser Annahme steht aber auch die Begrenzung der auf $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ austretenden Lamellen durch eine gleichnamige Fläche nicht im Widerspruch. Wie aus dem Durchschnitt BAUER's (l. c. Taf. III, Fig. 2) hervorgeht, treten die von $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ begrenzten Lamellen auf derjenigen Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ des Hauptindividuums aus, welche der Fläche des Grundrhomboëders, nach welcher die Verschiebung erfolgt, gerade gegenüber liegt; diese Fläche könnte also in unsrer Figur etwa die Kante a e abstumpfen. Diese Kante ist aber auch nach der Verschiebung noch eine Polkante (a e.), es muss also eine derartige Fläche $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ trotz der Verschiebung ihr Zeichen behalten, (während die beiden anderen Flächen von $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ zu Flächen des Zeichens $\infty P_2 (11\bar{2}0)$ werden).

Da nicht einzusehen ist, weshalb Zwillingshälften, deren Molekülen doch wahrscheinlich unter ganz gleichartigen Umständen zum Bau des Krystals zusammengesetzten, von verschiedenen Flächen begrenzt sein sollen, so ist die vorstehende Erklärung mindestens eine wahrscheinliche. Es wäre indessen auch denkbar, dass der Druck, welcher im Momente der Krystallbildung Zwillingsbildung bewirkte, auch zugleich auf die äussere Begrenzung der Zwillingslamellen von Einfluss gewesen wäre, obwohl die bisherigen Untersuchungen an unzweifelhaft primär verzwilligten Krystallen dies nicht ergeben haben*. Eine noch grössere Wahrscheinlichkeit würde daher die vorhin gemachte Annahme gewinnen, wenn sich nachweisen liesse, einmal, dass die auf den seitlichen, der Verschiebungsfäche nicht gegenüberliegenden Flächen von $-\frac{1}{2}R$

* Nach SADEBECK (Zeitschr. d. D. Geolog. Ges. 1874. p. 630) treten allerdings Vicinalflächen am Bleiglanz und andern Mineralien sehr häufig gerade da auf, wo in Zwillingsstellung befindliche Theile aus einer Fläche des Hauptindividuums hervorragen; dieselben Flächen finden sich aber auch, wenn die beiden Krystalle sich in unregelmässiger, z. B. nahezu paralleler Verwachsung befinden.

$\times(01\bar{1}2)$ austretenden Zwillingslamellen durch $\infty P2 (11\bar{2}0)$ begrenzt wären, und dass zweitens die auf den Flächen $\frac{4}{3}P2 (22\bar{4}3)$ austretenden Lamellen zum Theil von $\frac{4}{3}P2 (22\bar{4}3)$, z. Th. von $4R \times (40\bar{4}1)$ und z. Th. von $\frac{2}{5}R \times (20\bar{2}5)$ begrenzt wären. Zieht man nämlich in Rücksicht, dass jede Fläche $\frac{4}{3}P2 (22\bar{4}3)$ einmal in der Zone zwischen einer Fläche des Grundrhomboëders und des nächst spitzeren, zweitens in der Zone zwischen Basis und einer Fläche des Deuteroprismas liegt, so lässt sich leicht ableiten, dass die in der bekannten Combination Fig. 2 mit 1 bezeichnete Fläche bei Verschiebung nach der mit R signirten an dem verschobenen Theile dasselbe Zeichen haben wird, die mit 2 bezeichnete zu $4R \times (40\bar{4}1)$, die darauf folgende (3 oder ihre Gegenfläche 9) endlich zu $\frac{2}{5}R \times (20\bar{2}5)$ wird. (Da der ganze Zwillingscomplex nach einer beiden Individuen gemeinschaftlichen Fläche des Deuteroprismas symmetrisch ist, so erhalten die Flächen 4, 5 und 6 nach der Verschiebung dieselben Zeichen wie 3, bez. 2, bez. 1.)

Eine derartige Bestätigung unserer Annahme durch die Beobachtung ist auch deshalb wünschenswerth, weil Zwillingsbildungen nach derselben Fläche, aber mit ganz anderem Schema der Verschiebung wohl denkbar sind. Würde man z. B. das Rhomboëder, nach welchem beim Eisen glanz die polysynthetische Zwillingsbildung stattfindet, demjenigen des Kalkspates vergleichen, also dafür das Zeichen $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ wählen, und weiter dann die Verschiebung in derselben Weise wie beim Kalkspath vor sich gehen lassen, das heisst so, dass das Grundrhomboëder (also $-2R \times (02\bar{2}1)$ bei der gewöhnlichen Aufstellung) bei der Verschiebung erhalten bleibt, so würden (obwohl die Zwillingsfläche der Lage nach dieselbe wie früher wäre!) die jetzt auf $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ austretenden und durch eine Fläche gleichen Zeichens begrenzten Lamellen dann auf $\frac{1}{4}R \times (10\bar{1}4)$ der neuen Stellung austreten, müssten also nach der Verschiebung durch $\infty R \times (10\bar{1}0)$ begrenzt sein*; die

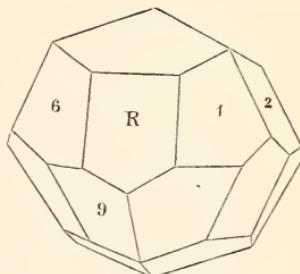


Fig. 2.

* Es ergiebt sich dies leicht daraus, dass $\frac{1}{4}R \times (10\bar{1}4)$ die Polkante derjenigen beiden Flächen $-\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ gerade abstumpfen würde, welche bei einer solchen Verschiebung zu $\infty P2 (11\bar{2}0)$ werden.

Basis käme in die Lage — $2R \times (02\bar{2}1)$ der neuen, also $4R \times (40\bar{4}1)$ der üblichen Stellung.

Durch dieses zweite Verschiebungsschema würde also die eigenthümliche Begrenzung der Zwillingslamellen des Tiroler Kry stalls nicht erklärt; es scheint diese Annahme auch deshalb weniger wahrscheinlich, weil dabei — $2R \times (02\bar{2}1)$ (der gewöhnlichen Stellung) sich gleich bleiben würde, eine Fläche, welche eine weit weniger bedeutende Rolle als $R \times (10\bar{1}1)$ am Eisenglanz spielt. Bei beiden Annahmen würde indessen das gleichzeitige Auftreten der Basis als Absonderungsfläche an den nach $R \times (10\bar{1}1)$ verzwillingten Massen wie am Kalkspath vorauszusehen sein. Wie ich am Kalkspath (l. c.) experimentell zeigte, und wie es die derben, nach mehreren Flächen von — $\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ ver zwillingten Massen von Auerbach a. d. Bergstr., an welchen $oR \times (0001)$ auftritt, bestätigen*, tritt die Absonderung nach der Basis sehr wahrscheinlich dann ein, wenn durch Druckkräfte Tendenz zur Zwillingsbildung gleichzeitig nach zwei Flächen von — $\frac{1}{2}R \times (01\bar{1}2)$ erzeugt wird. Nun spielt aber das Grundrhomboeder des Eisenglanzes der Basis gegenüber offenbar dieselbe Rolle wie — $\frac{1}{2}R \times (011\bar{2})$ gegenüber der des Kalkspathes **, man wird hier also auch den analogen Effect erwarten dürfen.

Bei der vollständigen Isomorphie zwischen Korund und Eisen glanz lässt sich das hier Gesagte wohl unzweifelhaft wörtlich auf die derben Massen oder die in Gesteinen eingeschlossenen Kry stalle des ersten Minerals übertragen, die Erscheinungen der Zwillingsbildung nach R , die Absonderung nach dieser Fläche und $oR \times (0001)$ sind ja auch durchaus dieselben ***.

* Bei einem Besuch der Auerbacher Gruben im Herbst 1882 fanden sich unter den späthigen Massen von Kalkspath noch zahlreiche Stücke, welche die Fläche $oR \times (0001)$ z. Th. glatt und spiegelnd, z. Th. matt zeigten.

** Sie fungirt also als Gleitfläche im Sinne von REUSCH.

*** (Anmerkung während des Drucks.) An Krystallen und derben Massen von Korund verschiedener Fundorte angestellte Messungen (mit Goniometer ohne Fernrohr) haben inzwischen ergeben, dass auch hier die auf der Basis austretenden Lamellen durch — $2R \times (02\bar{2}1)$ begrenzt waren; und zwar nicht nur auf Krystallflächen, sondern auch auf Absonderungsflächen $oR \times (0001)$; es ergiebt sich daraus, dass die Absonderung nach der Basis der Zwillingsbildung nach $R \times (10\bar{1}1)$ vorausging.

Noch an einer grossen Reihe anderer Mineralien wird sich durch Untersuchung des geeigneten Materials wahrscheinlich eine der hier besprochenen analoge Zwillingsbildung nachweisen lassen. Ich möchte hier nur noch den Rutil etwas näher besprechen, an dessen Krystallen ich kürzlich eine Beobachtung machte, welche eine secundäre Zwillingsbildung desselben nach $P\infty(101)$ für manche Fälle fast ausser Zweifel stellt. An den grossen in eisenschüssigem Cyanitschiefer eingewachsenen Krystallen von Graves' Mountain bemerkte ich wiederholt, dass die Ecken derselben, als wären sie eine plastische Masse, verbogen waren. An dem verbogenen Theil selbst und in dessen unmittelbarer Nähe häufen sich nun zuweilen die Zwillingslamellen auch in sonst fast lamellenfreien Krystallen ganz ausserordentlich an, durchsetzen den Krystall auch nicht der ganzen Breite nach, sondern sind auf die Nachbarschaft der verbogenen Theile beschränkt; sie stehen also offenbar im Zusammenhang mit den Druckkräften, welche die Verbiegung der Ecke hervorriefen. Dass sie nicht an allen verbogenen Stellen auftreten, erklärt sich dadurch, dass der Druck in ganz bestimmten Richtungen wirken muss, um eine Umstellung der Moleküle zu bewirken. Eine von der des Hauptkrystals abweichende Begrenzung dieser Lamellen ist meines Wissens bisher nicht beobachtet, es ist daher das im folgenden gegebene Schema der Verschiebung (Figur 3) ein ziemlich willkürliches. Es ist dabei angenommen, dass die Grundpyramide erhalten bleibe, ebenso diejenige Fläche $\infty P\infty(100)$, welche auf der Zwillingsfläche senkrecht steht, und ausser der Verschiebungsfläche $P\infty(011)$ auch diejenige Fläche der Deutero-Pyramide, welche zu dem letztgenannten Prisma zweiter Ordnung unter 90° neigt, während eine Fläche $\infty P\infty(010)$ in die Lage $oP(001)$, die Säulenflächen in die Lage $P\infty(101)$ gelangen würden. Es wäre also alsdann zu erwarten, dass die auf der einen Fläche $\infty P\infty(100)$ des Hauptkrystals verlaufenden Zwillingslamellen durch $oP(001)$,

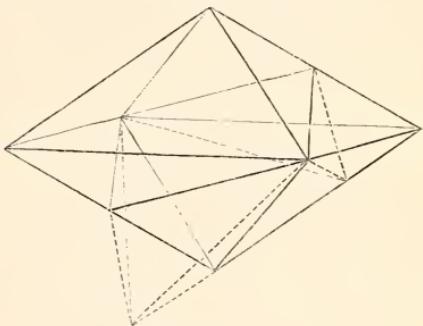


Fig. 3.

eine am Rutil höchst auffallende Fläche begrenzt wären, die dann zu $\infty P\infty$ (100) des Hauptkrystals unter $155^\circ 25'$, im entgegengesetzten Sinne wie die Zwillingslamellen neigen müsste. Einige darauf hin im Mineralogischen Institut der Universität Kiel, dessen Goniometer mir von dem derzeitigen Verwalter Hrn. Dr. H. HAAS in liebenswürdigster Weise zur Verfügung gestellt wurde, vorgenommene Messungen führten leider zu keinem entscheidenden Resultat. Die an zwei Krystallen erhaltenen, sehr in die Breite gezogenen Reflexe ergaben den Winkel zu $\infty P\infty$ (100) des Hauptkrystals schwankend zwischen $177^\circ 18\frac{1}{2}'$ und $158^\circ 36\frac{1}{2}'$, am häufigsten und stärksten waren Reflexe zwischen $172\frac{1}{4}^\circ$ und $170\frac{1}{2}^\circ$; da an dem einen Blättchen die Lamellen nur nach einer Fläche $P\infty$ (101) vorhanden waren, liess sich auch constatiren, dass ihre Begrenzungsfächen in dem entgegengesetzten Sinne wie die Zwillingslamellen neigten. Wenn nun auch dieser Winkel noch nicht gestattet oP als Begrenzungsfäche der Lamellen anzunehmen, so ist doch bemerkenswerth, dass die Zwillingslamellen in keinem Falle von einer Fläche $\infty P\infty$ (100) begrenzt werden, wie doch zu erwarten wäre, wenn schon bei der Bildung des Krystals die Bildung der Zwillingslamellen vor sich ging.

Möglicherweise gestattet jene Annahme auch eine Erklärung des merkwürdigen Habitus der von HAIDINGER (Sitzgsber. Wiener

Akad. 1860. Bd. 39. p. 5) beschriebenen Rutil-Krystalle von Graves' Mountain, welche ausser ∞P (110) und $\infty P\infty$ (100) unten nur oP (001), oben P (111) und 4 Flächen $P3$ (313) zeigten, letztere in der Vertheilung, wie sie die Kopie Fig. 4 erkennen lässt. Nimmt man an, dass hier die in Zwillingsstellung

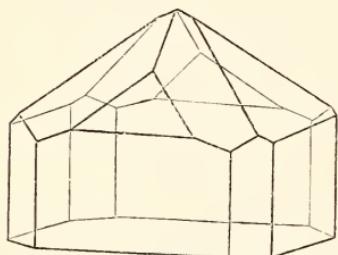


Fig. 4.

verschobene Spitze eines von P (111) $P\infty$ (101) $3P$ (331) (eine am Rutil allerdings noch nicht beobachtete Fläche!) und $\infty P\infty$ (100) (nur mit drei Flächen vorhanden) begrenzten Krystalles vorgelegen habe, so wäre damit wenigstens die eigenthümliche Vertheilung der Flächen $P3$ (313) und das Auftreten der so seltenen Fläche oP (001) erklärt; man müsste alsdann aber weiter

annehmen, dass die Flächen $\infty P \infty$ (100) an dem HAIDINGER'schen Krystall nicht vollflächig, wie er sie zeichnet, entwickelt wären. Eine Entscheidung scheint mir nur durch eine unmittelbare Vergleichung jener Krystalle möglich.

Dass es bisher nicht gelungen ist, Zwillingslamellen an den besprochenen Mineralien auch künstlich hervorzubringen, liegt wohl z. Th. in der Ungunst des Materials, z. Th. in der Grösse des dazu nothwendigen Druckes. Es kommt noch hinzu, dass sich eine Bedingung, welche bei grossen Druckwirkungen auf die natürlichen Krystalle erfüllt ist, experimentell schwer erreichen lässt, dass sie nämlich allseitig von festen, widerstandsfähigen Massen umgeben sind; ist dies nicht der Fall, so wird durch den Druck zugleich eine Trennung und damit eine so grosse Entfernung der Theilchen hervorgebracht werden, dass die noch in ursprünglicher Stellung befindlichen Molekülen auf die davon losgelösten nicht mehr orientirend zu wirken vermögen.

Es kommen endlich dieselben Zwillingsbildungen bei den besprochenen Mineralien noch unter Umständen vor, z. B. an aufgewachsenen Krystallen, welche eine secundäre Entstehung derselben durch Druck ausschliessen. Hieraus lässt sich indessen ein Einwurf gegen die oben dargelegten Anschauungen nicht ableiten, denn es ist klar, dass im Momente der Krystallbildung, wo also den Molekülen noch eine grosse Beweglichkeit inne wohnt, sehr geringe Druckkräfte hinreichen werden, um dieselbe Umstellung* hervorzubringen, die an fertigen Krystallen nur durch immensen Druck zu erreichen ist. In jedem Falle wäre der Eintritt von Zwillingslamellen von dem Vorhandensein störender äusserer Kräfte bei der Krystallbildung abhängig, eine Ansicht, die auch bereits von COROMILAS (Zeitschr. f. Kryst. I. p. 408) u. a. ausgesprochen wurde und durch die Beobachtung von KLIEN (POGG. Annal. 157. p. 611) bestätigt wird.

Im übrigen wird man annehmen dürfen, dass jene Umstellung in Zwillingslage bei denjenigen Krystallen und zwar nach derjenigen Fläche am leichtesten eintreten wird (unter sonst gleichen Verhältnissen) bei welchen die Grösse der nothwendigen Verschiebung am geringsten ist. Wenn die Krystalle rings von

* Richtiger wäre hier vielleicht zu sagen „abweichende Orientirung“.

Gesteinsmasse umgeben sind, schon deshalb, weil dann die geringste Verdrängung der umschliessenden Substanz nothwendig ist, ausserdem aber, auch bei frei liegenden Krystallen, deshalb, weil zu einer grösseren Verschiebung der Molekeln aus der Gleichgewichtslage auch eine grössere Kraft nothwendig sein wird. Es erklärt sich daraus sofort, weshalb pseudosymmetrische Mineralien so ausserordentlich häufig und gerade nach denjenigen Flächen Zwillingsbildung eingehen, welche an dem einfachen Krystall schon nahezu Symmetrieebenen (in geometrischem Sinne) sind.

Ich hoffe auf diesen Punkt demnächst etwas ausführlicher eingehen zu können.

Hamburg, Naturhistorisches Museum, d. 4. Dec. 1883.

- Chiana. 245. — *L. BUSATTI: Schisti a glaucofane della Corsica. 246. — G. A. DE AMICIS: Monografia sui calcari ad Amphistegina della Toscana. 252.
- 27) Atti della Soc. Toscana di Sc. Naturali in Pisa. Memorie. 8^o. [Jb. 1885. I. -173-]
Vol. VI. Fasc. 2. — P. GUCCI: Scomposizione del gabbro rosso. 267.
— G. MENEGHINI: Nuove Ammoniti dell' Appennino centrale. 363.
- 28) Atti della R. Accademia delle Scienze di Torino. 8^o. [Jb. 1886. I. -180-]
Vol. XX. Disp. 7, 8 (1885). — ARZRUNI: Sopra uno scisto paragonitico degli Urali. 983. — PORTIS: Appunti paleontologici. I. Resti di Cheilonii terziarii italiani. 1095; II. Resti di Batraci fossili italiani. 1173.
- 29) Atti del R. Istituto Veneto di Scienze, lettere ed arti. [Jb. 1884. II. -282-]
Tomo II. ser. VI. Disp. 3—10. — *G. OMBONI: Delle Ammoniti del Veneto, già descritte e figurate da T. A. CATULLO. 1333. — C. DE STEFANI: Sulle serpentine italiane. 1375.
Tomo III. ser. VI. Disp. 1—9. — *G. OMBONI: Penne fossili del Monte Bolca. (2 tav.) 767. — A. DE ZIGNO: Sopra gli Ittioliti del Libano regalati al R. Istituto dal. Sig. LEVI. 1017.
- 30) Memorie del R. Istituto di Scienze, lettere ed arti. [Jb. 1883. I. -163-]
Vol. XXII. part I. 1884. — G. A. PIRONA: Nuovi fossili del terreno cretaceo del Friuli. 159.
- 31) Commentari del' Ateneo di Brescia per l'anno 1885. 8^o. [Jb. 1885. II. -238-]
G. B. CACCIAMALI: Nuovi appunti sulla geologia dell' Appennino centrale. 233.

Warnung.

Von dem Mineralienhändler Herrn Julius Böhm in Wien geht uns die Mittheilung zu, dass ein früher bei ihm Angestellter hinter seinem Rücken Barytkrystalle auf Kieselzink sehr künstlich aufgeklebt und als Egganite in den Handel gebracht hat. — Wir theilen diess den Fachgenossen zur Wahrung vor Schaden mit.

Die Red.

Berichtigungen.

1884. I. p. 219 Z. 12 von oben lies α (4041) statt α (4041).

1885. II. p. 51 Z. 17 von oben lies ($- h + \alpha - 21$) statt ($- h + \alpha - i$).

1885. II. p. 265 Z. 11 von unten: der „vorher“ ref. Aufsatz ist nicht der unmittelbar vorhergehende, sondern steht 1885. II. -29-.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1884

Band/Volume: [1884](#)

Autor(en)/Author(s): Mügge Johannes Otto Conrad

Artikel/Article: [Bemerkungen über die Zwillingsbildung einiger Mineralien 216-224](#)