

## Original-Mitteilungen an die Redaktion.

### Über Quarz als geologisches Thermometer und die Bedeutung der Zusammensetzungsfläche von Zwillingen.

Von O. Mügge in Göttingen.

Mit 3 Textfiguren.

(Schluß.)

Bedeutung der Grenzflächen in Zwillingen.

Da der  $\beta$ -Quarz sich in seinem Energie-Inhalt, wie namentlich auch in seinen geometrischen Konstanten, nur sehr wenig vom  $\alpha$ -Quarz unterscheidet und der  $\alpha$ -Quarz bei seiner Entstehung aus  $\beta$ -Quarz in regelmäßiger Stellung zu ihm bleibt, wollen wir im folgenden annehmen, daß die Si- und O-Atome mit nur wenig veränderten Abständen in beiden wiederkehren, und zwar soll auch die Anordnung im  $\beta$ -Quarz einer Verbindung von zwei in Zwillingstellung nach (10 $\bar{1}$ 0) befindlichen Teilchen von  $\alpha$ -Quarz so ähnlich sein, daß sich Teilchen von  $\alpha$ -Quarz auf der einen Seite in Zwillingstellung nach (10 $\bar{1}$ 0) zu solchen auf der gegenüberliegenden an ein Teilchen vom  $\beta$ -Quarz anlagern können. Stellt man dann die Lagerung in einem einfachen rechten  $\alpha$ -Quarz dar durch das Schema

r . r . r . - - - . r,

ebenso in einem linken  $\alpha$ -Quarz durch

l . l . l . - - - . l,

so wird das Schema für einen rechten  $\beta$ -Quarz

r r . r r . r r . - - - . r r

und für einen linken  $\beta$ -Quarz

l l . l l . l l . - - - . l l.

wenn durch die Punkte die Grenzen der Teilchen, durch das Unterstreichen die Zwillinglage der einen Hälfte zur andern nach (10 $\bar{1}$ 0) angedeutet wird.

Von der Umwandlung  $\beta \rightarrow \alpha$  wird man sich dann etwa folgende Vorstellung machen können:

Wenn die  $\beta$ -Quarze (von der Form der hexagonalen Pyramide mit oder ohne Prisma) nicht nur, wie es meist der Fall ist, annähernd, sondern vollkommen modellartig ausgebildet wären und die Temperatur (und Druck) an allen Stellen des Kristalls (wie

man es in größeren Gesteinsmassen wohl annehmen darf) gleichzeitig unter die Umwandlungstemperatur (und -druck) sänke, würde der  $\beta$ -Quarz auch unterhalb  $575^{\circ}$  zunächst noch erhalten bleiben, da der zur Annahme eines neuen Gleichgewichts nötige Anstoß fehlen würde und die infolge des Eintritts in ein Unbeständigkeitsgebiet etwa auftretenden Spannungen sich genau das Gleichgewicht halten würden. In Wirklichkeit wird aber die Abweichung der  $\beta$ -Quarze von der modellartigen Form (sowie etwaige Bewegungen im Gestein) bewirken, daß die Spannungen sich nicht das Gleichgewicht halten. Die Umwandlung wird dann darin bestehen, daß an der einen Stelle, etwa infolge eines Anstoßes von rechts, alle Teilchen  $r\bar{r}$  in zwei Teilchen  $r.r$  zerfallen, an einer andern, durch Anstoß von links, alle in  $\underline{r.r}$ . Wo beide Anstöße und infolgedessen beide Zerfallsgebiete zusammentreffen, können ein oder mehrere Teilchen von  $\beta$ -Quarz erhalten bleiben, sie liegen auf der „Grenze“ beider in Zwillingstellung nach (10 $\bar{1}$ 0) befindlichen Gebiete des nunmehrigen  $\alpha$ -Quarzes. Ihre Gesamtheit bildet eine Schicht von im allgemeinen nur molekularer, also nicht sichtbarer, Dicke, die Zusammensetzungs „fläche“.

Sind gar keine Teilchen von  $r\bar{r}$  erhalten geblieben, so stoßen die beiden nach (10 $\bar{1}$ 0) verzwilligten Teile von  $\alpha$ -Quarz zwar aneinander, sind aber nicht verbunden, sie haben nur eine Grenzfläche, die die beiden Individuen sogar trennt, wenn etwa durch den Anstoß ein Sprung verursacht ist. Wenn wir der Zusammensetzungsfläche der Einfachheit halber nur die kleinstmögliche Dicke geben, läßt sich der Zustand nach der Umwandlung (für einen Rechts-Quarz) schematisch wie folgt darstellen<sup>1</sup>:

mit Zusammensetzungsfläche:  $r.r.r. - \quad r.r\bar{r}.\underline{r.r}.$       $\underline{r}$   
 ohne                                     „      $r.r.r.$               $r.\underline{r.r}.$       $- - - - \underline{r}$

Wie viele Teilchen vom  $\beta$ -Quarz der Umwandlung entgehen und also die Zusammensetzungsfläche bilden, wird vom Verlauf der die Umwandlung begleitenden Spannungen abhängen. Vor einigen Jahren an Platten // (0001) angestellte Versuche, ihn dadurch zu beeinflussen, daß den Platten während der Umwandlung von bestimmten Stellen aus Wärme entzogen und dadurch Spannungen in bestimmter Richtung hervorgerufen wurden, sind noch ergebnislos geblieben. Jedenfalls wird die Zahl der noch erhaltenen Teilchen von  $\beta$ -Quarz mit der Ausdehnung und also auch der Kompliziertheit der Zusammensetzungsflächen wachsen; aber ihre Zahl wird, solange diese noch makro- oder mikroskopisch verfolgt werden können, verschwindend klein sein gegenüber der Zahl der Teilchen von  $\alpha$ -Quarz.

<sup>1</sup> Zwei aufeinanderfolgende Punkte sollen das Vorhandensein einer Grenze ohne Verbindung andeuten.

Zwillingsteilchen nach Art derer im  $\beta$ -Quarz, wie sie eben für die Zwillinge selbst in ihren Zusammensetzungsflächen angenommen wurden, sind nach der früher<sup>1</sup> von mir entwickelten Hypothese auch in jenen Lösungen neben sehr viel zahlreicheren anderen vorhanden, aus denen sich Zwillingkristalle abscheiden<sup>2</sup>, und ihre Anzahl wird die Ausbildung der Zwillinge insofern beeinflussen können, als sie die Entstehung einer größeren oder kleineren, ebenen oder sehr komplizierten nebeneben Zusammensetzungsfläche gestattet<sup>3</sup>.

Danach erklärt sich der komplizierte Verlauf der Zusammensetzungsflächen an den meisten der eben beschriebenen alpinen Bergkristalle gegenüber denen von Schemnitz daraus, daß in ihrer Nährlösung der Gehalt an Teilchen von  $\beta$ -Quarz größer war als bei denen von Schemnitz. In den letzteren war der Gehalt daran (wenigstens in dem letzten Stadium ihres Wachstums, das bei den Ätzversuchen allein zur Geltung kam) außerordentlich klein (obwohl fast alle Kristalle verzwillingt waren!), indem nicht nur das eine Individuum des Zwillinges sehr klein gegenüber dem anderen war (was natürlich auch nur eine Zusammensetzungsfläche von geringer Ausdehnung nötig macht), sondern indem diese kleinen Teile sich meist auch nur mit der kleinstmöglichen Fläche, nämlich längs (1010)<sup>4</sup>, von den andern abgrenzten. In den schweizerischen Kristallen ist nach ungefähre Abschätzung der Flächeninhalt der Zusammensetzungsfläche, auch wenn er nicht besonders kompliziert ist, doch 10—20 mal größer als die zur Abgrenzung der Zwillingsteile ausreichende Zusammensetzungsfläche von der Lage (1010), das bedeutet mit Rücksicht auf das Größenverhältnis der beiden Individuen, für die schweizerischen Kristalle einen ungefähr 1000 mal höheren Gehalt an Zwillingsteilchen als in den Schemnitzer Kristallen.

<sup>1</sup> Fortschr. d. Min. I. 24. 1911. Zur Begründung sei auch noch auf die dort (p. 56) angeführten Beobachtungen von SCACCHI und von JOHNSEN verwiesen.

<sup>2</sup> Die Zwillingsteilchen in der Lösung werden bei ihrer Fixierung am Kristall (wie einfache) gewisse Veränderungen (Elektronen-Austausch) erfahren, also mit denen im Kristall nicht ganz identisch sein.

<sup>3</sup> Es enthält also nicht etwa eine Lösung, die gleich viele einfache und Zwillingkristalle liefert, gleich viele einfache und Zwillingsteilchen, vielmehr ist der Gehalt an letzteren so verschwindend klein (auch wenn die Lösung nur Zwillingkristalle liefert), daß die Konstanten der Lösung sich nicht merklich von denen einer Lösung unterscheiden, die nur einfache Kristalle ausscheidet. Umgekehrt wird die Tatsache, daß und welche Zwillinge eine Lösung abscheidet, vielleicht einmal geeignet sein, feine Unterschiede ihrer Zusammensetzung gegenüber nicht Zwillinge liefernden zu erkennen.

<sup>4</sup> Diese Zusammensetzungsfläche ist eben und senkrecht zur Um-drehungsachse, jede schief zur letzteren liegende Ebene würde offenbar von größerer Ausdehnung sein.

Daraus läßt sich auch verstehen, daß unter den Schemnitzer Kristallen so verhältnismäßig viele sog. Juxtapositionszwillinge beobachtet wurden, während unter den schweizerischen solche anscheinend eine große Seltenheit sind. Bei den ersteren reichte, wenn etwa der Kristall schon in frühem Stadium Zwillingssteile anlagerte, der Gehalt der Lösung an Zwillingssteilchen nur eben aus zur Besetzung der (ebenfalls wachsenden) Zusammensetzungsfläche, diese wurde daher eine ebene (1010), während bei den schweizerischen Kristallen der Gehalt eine beliebige Ausdehnung und Faltung der Zusammensetzungsfläche gestattete.

Dabei ist aber folgendes zu bedenken. Das Verhältnis der zur Besetzung einer ebenen Zusammensetzungsfläche nötigen Zwillingssteilchen zu der Anzahl der zum Kristallbau überhaupt verwendeten Teilchen nimmt mit der Größe des Kristalls ab. Wenn also im Anfang der Kristallbildung der Gehalt an Zwillingssteilen in der Lösung zur Herstellung einer ebenen Zusammensetzungsfläche zwischen zwei gleichgroßen Individuen ausreichte, werden beim weiteren Wachstum (wenn die Verhältnisse der Lösung im übrigen gleichbleiben) später Zwillingssteilchen genug vorhanden sein, um eine kompliziert gefaltete zu besetzen. Ebenso: Kann im Anfang nur eine kleine Zwillingssecke gebildet werden, so wird das Größenverhältnis später sich mehr der Gleichheit nähern können. Beim weiteren Verfolgen dieses Gedankens wird klar, daß man unter den kleineren Kristallen eines Vorkommens eher nahezu oder völlig einfache erwarten kann als unter den größeren, was im allgemeinen mit den Erfahrungen z. B. an alpinen Bergkristallen stimmen dürfte. Dies berührt sich mit der meines Wissens zuerst von Scacchi<sup>1</sup> ausgesprochenen, später namentlich von Becke betonten Erfahrung, daß Zwillingskristalle im allgemeinen größer sind als einfache. Aus diesem Gesichtspunkte wird man also sagen können: Zwillingskristalle sind größer als einfache derselben Nährlösung, nicht weil sie schneller wachsen als einfache, sondern umgekehrt, weil schneller wachsende Kristalle größere Aussicht haben, Zwillingssteilchen, die das nötige Verbindungsglied zum Weiterwachsen als Zwillings sind, anzulagern als langsam wachsende.

Das Verhältnis zwischen der Zahl der zur Besetzung einer ebenen Zusammensetzungsfläche nötigen Zwillingssteilchen und der Anzahl der zum Wachstum sonst verbrauchten einfachen wird konstant bleiben, wenn nur der Querschnitt des Kristalls parallel der Zusammensetzungsfläche, nicht seine Dicke senkrecht dazu, sich vergrößert. Wenn also die Tendenz zur Anlagerung von Zwillingssteilchen, also auch zur Vergrößerung der Zusammensetzungsfläche mit dem Gehalt der Lösung an Zwillingssteilchen steigt, die Bildung einer neuen, mit der anfänglichen nicht zusammenhängenden

<sup>1</sup> Vgl. Fortschr. d. Min. 1. 50. 1911.

Zusammensetzungsfläche aber auf Schwierigkeiten stößt, wird das Wachstum zum Tafligwerden nach der Zusammensetzungsfläche führen. Insofern dadurch das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen vergrößert wird und das Wachstum proportional der Oberfläche erfolgt, wird diese Habitusänderung wieder ein bevorzugtes Wachstum der Zwillinge zur Folge haben. Sind Zwillingsteilchen nach verschiedenen Gesetzen in der Nährlösung vorhanden, die einen aber bei Beginn des Wachstums reichlicher als die andern, so werden die Zwillinge erster Art im allgemeinen größer sein als die letzteren (z. B. Rutilzwillinge nach (301) gegenüber solchen nach (101) in Phylliten).

Stößt die Bildung neuer, mit den schon vorhandenen nicht zusammenhängender Zusammensetzungsflächen nicht auf größere Schwierigkeit wie die Erweiterung ebener schon vorhandener, so kann durch das bloße Größerwerden der Kristalle der Anstoß zur Bildung krummer, aber auch zur Bildung von neuen, den älteren parallelen Zusammensetzungsflächen gegeben werden, d. h. zu polysynthetischen Zwillingen. Sie setzen also nicht periodische Vermehrung des Gehaltes an Zwillingsteilchen voraus, sondern nur, daß ein gewisser Gehalt an Zwillingsteilchen überschritten werden muß, damit eine neue Zusammensetzungsfläche entsteht; letzteres steht vermutlich im Zusammenhang mit dem periodischen Bau der Kristalle selbst.

Dieser nicht überschreitbare Gehalt an Zwillingsteilchen ist vermutlich besonders niedrig, wenn die neu zu beginnende Zusammensetzungsfläche in der Fortsetzung schon vorhandener Kristalloberflächen (und ihnen parallel) liegt, wie es bei sog. Ergänzungszwillingen der Fall ist; hier würden also neue Zusammensetzungsflächen besonders leicht entstehen, d. h. die beiden Individuen können sich unregelmäßig „durchdringen“. Aus diesem Grunde können hier polysynthetische Bildungen seltener werden (sie fehlen aber nicht ganz).

Wenn durch irgendwelche Umstände, z. B. Temperaturänderung, der Gehalt einer Nährlösung an Zwillingsteilchen stark herabgesetzt wird, kann es kommen, daß die bis dahin mit dem Wachstum des Kristalls sich erweiternde Zusammensetzungsfläche nicht mehr voll besetzt werden kann. In diesem Falle werden die beiden Zwillingindividuen gegeneinander wachsen können, ohne daß es doch zu einer wahren Verbindung beider kommt, es können aber auch feine, auch mikroskopisch nicht mehr sichtbare Lücken zwischen beiden bleiben. Sie verursachen vielleicht bei manchen Quarzen und andern Kristallen die erst beim Ätzen hervortretenden Trübungen (indem sich das Ätzmittel längs diesen feinen Lücken einfrisßt), bei andern Mineralien (z. B. Korund, Glimmer) Asterismus u. dergl.

Wenn es in einer an Zwillingsteilchen armen Lösung trotzdem zu ihrem Ansatz an schon größere Kristalle kommen soll, werden

sie sich dort ansetzen müssen, wo sie beim Weiterwachsen dieselben Flächen entwickeln können, die den Kristall begrenzen; das waren an den oben von Schemnitz beschriebenen Quarzen die Flächen  $(10\bar{1}0)$  und  $(10\bar{1}1)$ . Nun kommen die Flächen  $(10\bar{1}0)$  des Zwillingings mit denselben Flächen des älteren Teils zur Deckung, sie können sich also unabhängig von der Ansatzstelle entwickeln, seine Flächen  $(10\bar{1}1)$  dagegen kommen in die Lage  $(01\bar{1}1)$  am älteren Teil. Diese können sich also nur realisieren als Abstumpfung der von  $(10\bar{1}1)$ ,  $(\bar{1}101)$  und  $(01\bar{1}0)$  gebildeten Ecke (vgl. oben Fig. 3). Das ist nun an den Schemnitzer Kristallen in der Tat ausnahmslos die Stelle, wo ihre Zwillingstückchen angetroffen werden. Stets gehen sie von dieser Ecke aus und versuchen von hier aus unter Entwicklung möglichst wenig ausgedehnter Zusammensetzungsflächen weiterzuwachsen. Bei vielen hat aber trotzdem der Gehalt an Zwillingsteilchen zur Erweiterung der Zusammensetzungsfläche nicht ausgereicht, hier ist dann das ältere Individuum einfach gegen das zweite gewachsen, und zwar unter Entwicklung von  $(01\bar{1}1)$  als einer wahren Notfläche, d. h. einer solchen, die mit geringster Oberfläche (nämlich unter Ersparung aller seitlichen Begrenzungsflächen, weil  $(01\bar{1}1) \parallel (10\bar{1}1)$  liegt) die Lücke schloß.

Welche Umstände den Gehalt einer Lösung an Zwillingsteilchen bestimmen, ist nicht bekannt; außer Temperatur (und Druck)<sup>1</sup> sicher auch die Lösungsgenossen, außerdem wird er aber auch abhängen von der Vorgeschichte. Namentlich bei mimetischen Kristallen, die leicht in die ihnen entsprechende höher symmetrische Modifikation übergehen, wird man einen besonders hohen Gehalt voraussetzen dürfen; denn hier hängt ja zuweilen sogar von der Vorgeschichte ab, ob sich die niedriger symmetrische Modifikation (dann fast stets in polysynthetischen Zwillingen!) oder die wahrhaft höher symmetrische abscheidet. Hier werden also anscheinend geringfügige Umstände imstande sein, das Zahlenverhältnis zwischen einfachen und Zwillingsteilchen sehr stark zu verschieben, denn auch bei Ausscheidung stark polysynthetisch verzwilligter mimetischer Kristalle wird der Gehalt an Zwillingsteilchen in ihrer Nährlösung noch kaum nachweisbar sein. Es erinnert so die mit dem Übergang aus der mimetischen in die höher symmetrische Form eintretende Vermehrung der Zwillingsteilchen an die umgekehrte Veränderung z. B. der inneren Reibung innerhalb eines sehr kleinen Temperaturintervalles beim Schmelzen mancher Stoffe.

Es ist natürlich anzunehmen, daß in Kristallaggregaten, in denen durch fortgesetzte mechanische Bearbeitung immer neue

<sup>1</sup> Nimmt man an, daß beim  $\alpha$ -Quarz der Gehalt an Zwillingsteilchen in der Nährlösung mit der Annäherung an die Umwandlungstemperatur zunimmt, so würde für die Kristalle aus dem Tavetsch eine höhere Temperatur folgen als für die Schemnitzer; damit würde das Auftreten auch racemischer Zwillinge bei letzteren nach allen Erfahrungen stimmen.

Zwillingsteilchen in den Grenzflächen der Individuen infolge einfacher Schiebungen entstanden sind, ihre Zahl groß genug werden kann, um die Konstanten des Materials erheblich zu beeinflussen. Vielleicht besteht auch die „Zwischensubstanz“, die manche Metallographen in bearbeiteten Metallen annehmen, z. T. aus solchen „Zwillingsteilchen“<sup>1</sup>.

Für die Verwachsungen von Rechts- mit Links-Quarz kann man analoge Betrachtungen wie oben aufstellen, indem man annimmt, daß zu ihrem Zustandekommen Teilchen einer Verbindung von Rechts- mit Links-Quarz in der Nährlösung vorhanden sein müssen. Diese „racemischen“ Teilchen, in denen die zweizähligen Achsen beider Individuen parallel, aber entgegengesetzt gerichtet sind, scheinen oberhalb einer gewissen Temperatur nicht existenzfähig zu sein, da Verwachsungen von Rechts- mit Links-Quarz in pyrogenen Gesteinen fehlen oder sehr selten sind<sup>2</sup>. Auch innerhalb ihres Existenzbereiches mag der Gehalt an solchen racemischen Teilchen — im folgenden mit *rl* oder *lr* bezeichnet — in der Nährlösung zunächst sehr gering sein, durch den Verbrauch der nicht-racemischen Teilchen aber schließlich so groß werden, daß sie zum Absatz drängen. Nehmen wir an, daß nur ein Rechts-Quarz in der Lösung vorhanden ist, so wird *rl* so sich anhaften, daß ihr *r*-Teil in Parallelstellung zum wachsenden Kristall kommt, ihr *l*-Teil also der Lösung zugewandt ist und an ihm nunmehr Links-Quarz angelagert wird, bis der Gehalt an *rl* wieder groß genug geworden ist usw. So können also Schichten von Rechts- und Links-Quarz miteinander abwechseln, beide von endlichen Dimensionen, während die sie verbindende Grenzschicht von racemischem Quarz nur molekulare Abmessungen zu haben braucht, also unsichtbar bleibt.

Man kann dies, verknüpft mit der Zwillingbildung nach (1010) zweier gleichartiger Kristalle, etwa wie folgt andeuten:



Wenn der Gehalt an racemischen Teilchen ausreicht, wird zwischen *r* und *l* überall eine Verbindung durch eine richtige Zusammensetzungsfläche *rl* zustande kommen, bei sehr hohem Ge-

<sup>1</sup> Nach TAMMANN (Zeitschr. f. anorg. Chemie. 113. 163—168. 1920) soll diese Zwischensubstanz in einer Dicke von ca. 11 Atomschichten auftreten. Bei englischen Metallographen findet man öfter die Annahme amorpher Zwischenmassen zwischen den Metallkörnern, was mir wenig begründet scheint.

<sup>2</sup> WRIGHT und LARSEN (l. c. p. 437) meinen, daß auch die Tatsache der Verwachsung von Rechts- mit Links-Quarz und die Art dieser Verwachsung mit Vorteil zur Bestimmung der Bildungstemperatur verwendet werden können. M. E. fehlt es aber dazu noch an hinreichenden Erfahrungen.

halt kann die Zusammensetzungsfläche sich „falten“, d. h. die racemischen Teilchen werden nicht nur mit den nicht-racemischen, sondern auch untereinander (allseitig) in Verbindung treten und damit den Anfang zur Kristallisation einer neuen, nämlich racemischen, Modifikation von  $\text{SiO}_2$  machen, deren Stabilitätsbedingungen aber in der Natur anscheinend nirgend verwirklicht sind<sup>1</sup>.

Ist der Gehalt an racemischen Teilchen in der Nährlösung zu gering, um auch nur eine Zusammensetzungsfläche von minimaler Ausdehnung<sup>2</sup> zu besetzen, so werden Rechts- und Links-Quarz einfach gegeneinander wachsen, eventuell Lücken zwischen sich lassen, die schmale Hohlräume // (10 $\bar{1}$ 1) vorstellen können, wenn das Wachstum wesentlich durch Absatz auf (10 $\bar{1}$ 1) erfolgt.

Dieser Betrachtungsweise lassen sich endlich auch die regelmäßigen Verwachsungen ungleichartiger Kristalle einordnen. In der Verwachsungsfläche wären Teilchen einer chemischen Verbindung der beiden Komponenten anzunehmen, die auch schon in der Nährlösung in geringer Konzentration vorkämen und, soweit sie selbständig kristallisieren, regelmäßige Verwachsungen der beiden Komponenten in molekularer Wiederholung vorstellen könnten.

## Über ein neues Vorkommen von Dumortierit im Granit bei Guadalcázar, Nordmexiko.

Von E. Wittich in Mexiko und J. Kratzert in Heidelberg.

Das Mineral Dumortierit, das hier zum erstenmal ans dem Gebiet der Republik Mexiko erwähnt wird, fand sich in einigen größeren Rollstücken eines granitischen, quarzreichen Gesteins in der Umgebung des bekannten Minesplatzes Guadalcázar im Staate San Luis Potosi in Nordmexiko. Drei der Fundstücke stammen aus den fluvio-lakustren Absätzen in dem abgeschlossenen Tal von Guadalcázar<sup>3</sup> selbst, das vierte Exemplar aus dem Granitgebiet der gleichnamigen Cordillere.

Das in allen Stufen tief ultramarinblaue Mineral, etwa derbem Haun oder Sodalith vergleichbar, findet sich in wechselnder Menge entweder als zentimeterbreites Band oder in dünnen Streifen oder unregelmäßig eingesprengt in größeren oder kleineren blauen Flecken. Bei der mikroskopischen Untersuchung erweist sich das

<sup>1</sup> Vielleicht liegen im Chalcedon, Lutezit, Quarzin usw. Anfänge dazu vor.

<sup>2</sup> (1120); solche scheinen von BIRDICH (N. Jahrb. f. Min. etc. 1915. II. -301-) beobachtet zu sein.

<sup>3</sup> ERNESTO WITTICH, Observaciones acerca de placeres de cinabrio y de oro en el distrito de Guadalcázar. Boletín Minero Mexico 1920. X.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [1921](#)

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

Artikel/Article: [Über Quarz als geologisches Thermometer und die Bedeutung der Zusammensetzungsfläche von Zwillingen. \(Schluß.\) 641-648](#)