© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Original-Mitteilungen an die Redaktion.

Geometrisches zur Modifikationsänderung von α- in β-Quarz.

Von **F. Rinne** und **R. Kolb** in Leipzig.

Mit 4 Textfiguren.

In einer im N. Jahrbuch f. Min. etc. veröffentlichten Abhandlung[1] haben wir die Wandlung der Brechung und Doppelbrechung des α-Quarzes im Temperaturintervall — 150° bis zur Maximaltemperatur seines Existenzbereiches verfolgt, ferner die sprungweise Änderung der in Rede stehenden optischen Umstände beim Modifikationsumschlage α- ≺ ≻ β-Quarz gekennzeichnet und auch die Eigenart des β-Quarzes bezüglich Brechung und Doppelbrechung bis zur Temperatur von 765° geschildert.

Die Beobachtungen geschahen an natürlichen, von Flächen der Gestalt $\{10\bar{1}0\}$ gebildeten Prismen, deren 120°-Winkel durch Temperaturwandlung nicht verändert wird. Für die Zuverlässigkeit der optischen Ergebnisse war diese Winkelkonstanz natürlich ein förderlicher Umstand.

Eine zweite Aufgabe ist im folgenden behandelt: direkt aus Winkelmessungen[2] bei wechselnder Temperatur die variablen Angulardimensionen und damit die Änderung des Achsenverhältnisses beim α-Quarz zu studieren, ferner den Sprung der geometrischen Umstände bei der Modifikationsänderung und schließlich die Wandlung der Form mit der Temperatur beim β-Quarz zu bestimmen.

Die Apparatur (elektrische Heizung) war die nämliche wie bei den erwähnten optischen Studien; sie erwies sich auch hier durch vortreffliche Regulierbarkeit in engen Bereichen als sehr geeignet. Vor jeder Messung in erhöhter Wärme wurde eine halbe Stunde bei Temperaturkonstanz verweilt, um guten Ausgleich der Wärmeverhältnisse herbeizuführen. Das Untersuchungsmaterial war dasselbe, wie für die optischen Messungen (kleine, klare Kristalle von Skole, Galizien). Natürlich wurden zu den goniometrischen Untersuchungen nur Flächen verwendet, die einen vollkommen einheitlichen Reflex am Winkelmesser (Fuess II) lieferten.

[1] F. Rinne und R. Kolb, Optisches zur Modifikationsänderung von α- in β-Quarz, sowie von α- in β-Leucit. N. Jahrb. f. Min. etc. 1910. Bd. II. p. 138—158.

[2] Die Änderung der Flächenwinkel bei Temperaturwandlung läßt sich natürlich auch aus den Wärmeausdehnungskoeffizienten berechnen. Indes ist nicht sicher, bis zu welchen hohen Temperaturen die betreffenden für Quarz aufgestellten Formeln angewandt werden können. Für den β-Quarz liegen in der Hinsicht überdies noch keine Zahlen vor.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Als Fundamentalgröße wurde benutzt der Winkel $10\bar{1}1 : \bar{1}101$, also ein Rhomboeder-Polkantenwinkel; als Kontrollmessungen dienten die Feststellungen der Neigungen von $10\bar{1}0 : 10\bar{1}1$ und $10\bar{1}1 : 0111$. Die Veränderungen dieser drei Größen mit der Temperatur studierten wir an je einem für die betreffende Winkelmessung zufolge der Flächenbeschaffenheit ganz besonders geeigneten ausgesuchten Kristall.

I. Übersicht der goniometrischen Resultate bei α- und β-Quarz.

Bei 20° wurde gefunden (Normalenwinkel):

$$10\bar{1}1 : \bar{1}101 = 85^\circ\ 45{,}7'.$$

Daraus berechnet sich:

$$a : c = 1 : 1{,}1001$$

Ebener Rhomboeder-Polkantenwinkel

$$\alpha = 93^\circ\ 56{,}8'.$$

Kontrollmessungen:

1. $10\bar{1}0 : 10\bar{1}1 = 38^\circ\ 13{,}0'$; berechnet $38^\circ\ 12{,}6'$
   Differenz $-0{,}4'$.
2. $10\bar{1}1 : 01\bar{1}1 = 46^\circ\ 16{,}1'$; berechnet $46^\circ\ 16{,}0'$
   Differenz $-0{,}1'$.

Die Genauigkeit im Bau der ausgewählten Quarze war also ganz zufriedenstellend.

Die beim Erhitzen erzielten Ergebnisse der Winkelmessung sind in folgenden Tabellen und den zugehörigen Kurven zusammengestellt. In der ersten Tabelle sind auch gleich die für die betreffenden Temperaturen gültigen Achsenverhältnisse und der Winkel α vermerkt[1].

1. Winkel $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ (Fig. 1).

	α-Quarz				
Temperatur . . .	20°	210°	405°	535°	570°
Normalenwinkel .	85° 45,7′	85° 43,5′	85° 38,9′	85° 34.8′	85° 32.0′
a : c; c = . . .	1,1001	1,0991	1,0971	1,0952	1,0940
α = . . .	93° 56,8′	93° 58,7′	94° 2,7′	94° 6.2′	94° 8,6′

	β-Quarz					
Temperatur . . .	585°	615°	630°	670°	705°	780°
Normalenwinkel .	85° 28,3′	85° 27,9′	85° 27,8′	85° 27,6′	85° 27.5′	85° 27,2′
a : c; c = . . .	1,0923	1,0921	1,0921	1,0920	1,0920	1,0918
α = . . .	94° 11,8′	94° 12,1′	94° 12,2′	94° 12,4′	94° 12.5′	94° 12,7

[1] Der β-Quarz ist nach O. Mügge entweder Angehöriger der ersten hemimorphen Tetartoedrie oder wahrscheinlicher der trapezoedrischen Hemiedrie, also nicht mehr wie α-Quarz trigonal. Des Vergleichs wegen ist aber der Winkel α auch noch beim β-Quarz angeführt.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

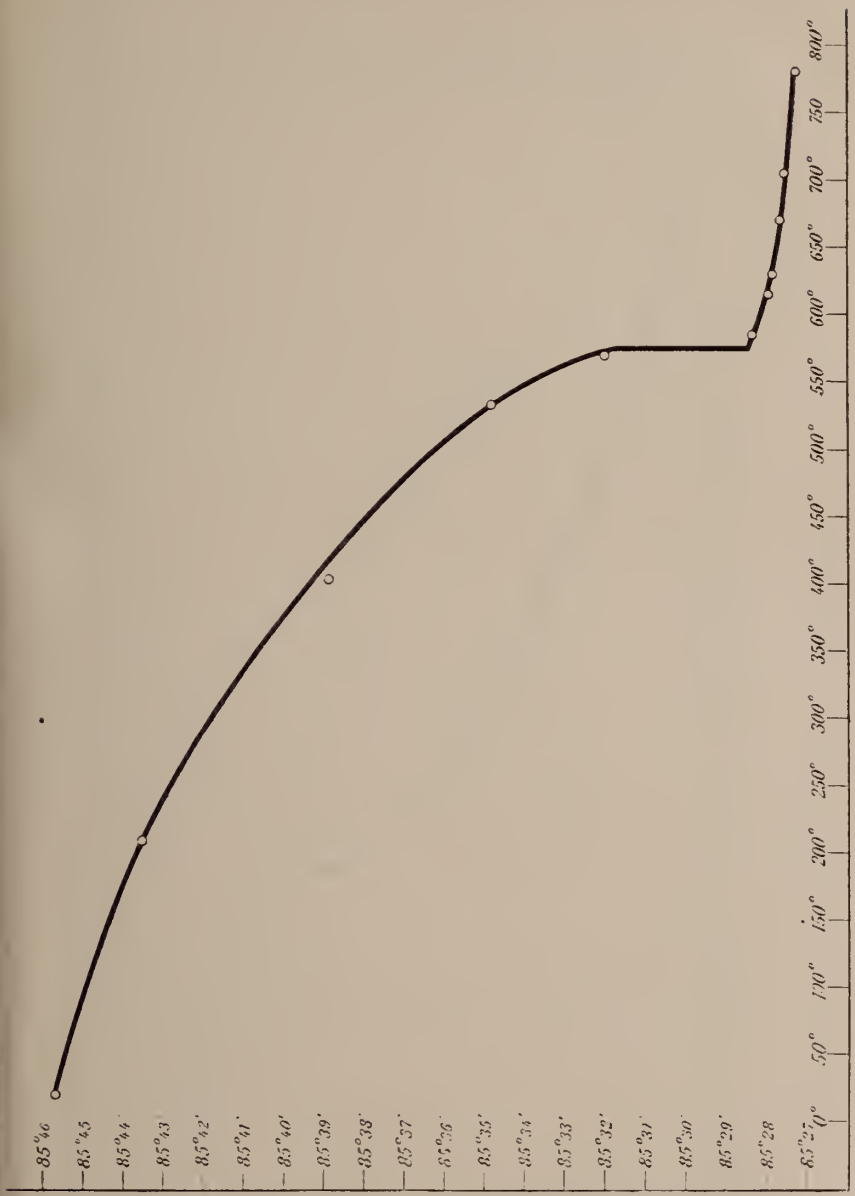

Fig. 1. Diagramm der Veränderung des Winkels $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ von α- und β-Quarz im Temperaturbereich 20° bis 780°.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Fig. 2. Diagramm der Veränderung des Winkels 1010 : 10$\bar{1}$1 von α- und β-Quarz im Temperaturbereich 20° bis 780°.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

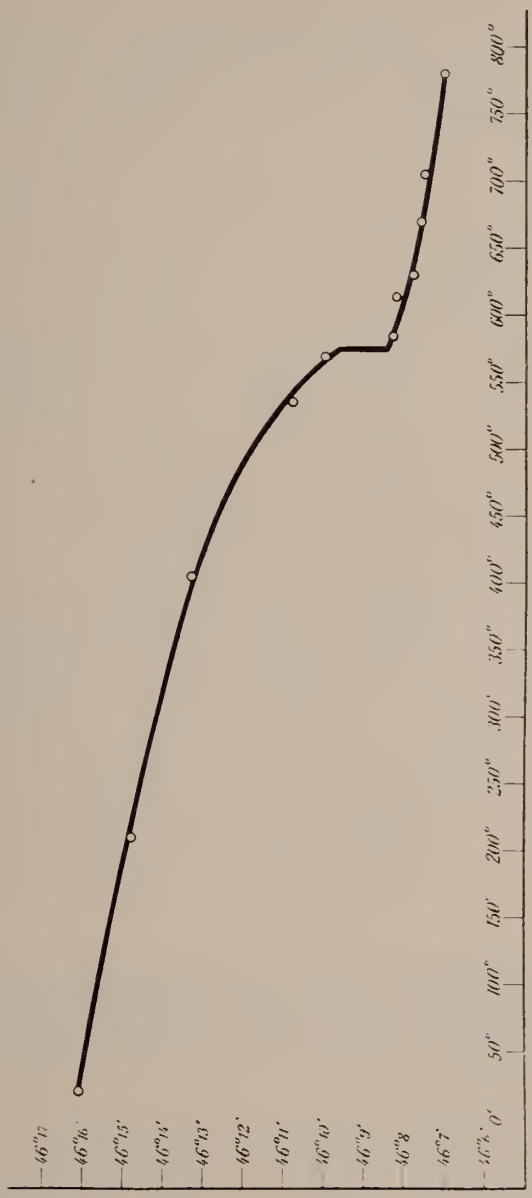

Fig. 3. Diagramm der Veränderung des Winkels $10\bar{1}1 : 01\bar{1}1$ von α- und β-Quarz im Temperaturbereich 20° bis 780°.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

2. Kontrollmessungen.

a. Winkel $10\bar{1}0 : 10\bar{1}1$ (Fig. 2).

	α-Quarz				
Temperatur . .	20°	210°	405°	535°	570°
Beobachtet . .	38° 13,0′	38° 14,8′	38° 17,5′	38° 20,6′	38° 22,4′
Berechnet . . .	38° 12,6′	38° 14,1′	38° 17,3′	38° 20,1′	38° 22,0′
Differenz . . .	— 0,4′	— 0,7′	— 0,2′	— 0,5′	— 0,4′

	β-Quarz					
Temperatur . .	585°	615°	630°	670°	705°	780°
Beobachtet . .	38° 24,5′	38° 24,8′	38° 25,0′	38° 25,2′	38° 25,7′	38° 25,7′
Berechnet . . .	38° 24,5′	38° 24,8′	38° 24,9′	38° 25,0′	38° 25,1′	38° 25,3′
Differenz . . .	± 0,0′	± 0,0′	— 0,1′	— 0,2′	— 0,6′	— 0,4′

b. Winkel $10\bar{1}1 : 01\bar{1}1$ (Fig. 3).

	α-Quarz				
Temperatur . .	20°	210°	405°	535°	570°
Beobachtet . .	46° 16,1′	46° 14,8′	46° 13,3′	46° 10,8′	46° 10,0′
Berechnet . . .	46° 16,0′	46° 15,0′	46° 13,0′	46° 11,0′	46° 9,7′
Differenz . . .	— 0,1	+ 0,2′	— 0,3′	+ 0,2′	— 0,3′

	β-Quarz					
Temperatur . .	585°	615°	630°	670°	705°	780°
Beobachtet . .	46° 8,3′	46° 8,2′	46° 7,8′	46° 7,6′	46° 7,5′	46° 7,0′
Berechnet . . .	46° 8,0′	46° 7,8′	46° 7,8′	46° 7,7′	46° 7,6′	46° 7,5′
Differenz . . .	— 0,3′	— 0,4′	± 0,0′	+ 0,1′	+ 0,1′	+ 0,5′

Man erkennt, daß berechnete und beobachtete Werte sich auch bei den erhöhten Wärmegraden erfreulich nahestehen. Die Durchschnittsdifferenz zwischen der Messung und Rechnung bei dem Kontrollwinkel $10\bar{1}0 : 10\bar{1}1$ beträgt 0,3′, bei $10\bar{1}1 : 01\bar{1}1$ 0,2′; das Differenzmaximum ist 0,7′, das Minimum 0,0′.

II. Winkeländerungen beim α-Quarz.

Aus den drei Tabellen und zugehörigen Diagrammen tritt deutlich heraus, daß die Winkel des α-Quarzes sich mit der Temperatur stetig ändern, und zwar erfährt im Bereich von 20° bis 573° der Normalenwinkel $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ eine Verkleinerung; dementsprechend wird die Neigung der Normalen von $10\bar{1}0 : 10\bar{1}1$

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

größer und von 1011 : 01$\bar{1}$1 geringer, ein Verhältnis, das aus der schematischen stereographischen Projektion (Fig. 4) unmittelbar ersichtlich ist, gleich wie die Vergrößerung des ebenen Polkantenwinkels α sich in der Verkleinerung der drei Winkel des sphärischen Dreieckes, welche $(180-\alpha)$ entsprechen, kennzeichnet.

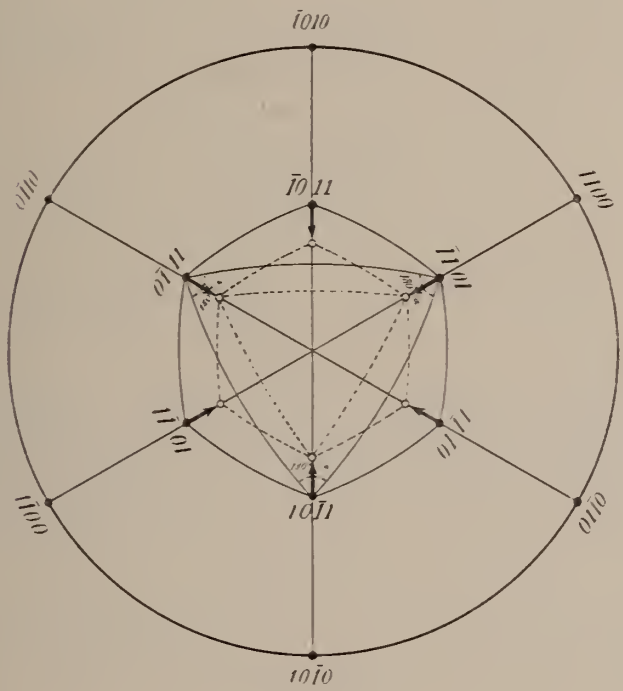

Fig. 4.

Die Gesamtformänderung des α-Quarzes von Zimmertemperatur bis zum Modifikationsumschlag ergibt sich aus den Beobachtungen und einer kleinen Extrapolation über die letzte bei 570° erfolgte Messung hinaus, wie nachstehend vermerkt ist.

	20°	573°	Winkel- bezw. Achsenänderung
1011 : 1101	85° 45,7′	85° 31,7′	— 14,0′
a : c ; c =	1,1001	1,0938	— 0,0063
α =	93° 56,8′	94° 8,9′	+ 12,1′

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

Für die zwei anderen Winkel berechnen sich folgende Werte:

	20°	573°	Winkeländerung
1010 : 1011	38° 12,6′	38° 22,2′	+ 9,6′
1011 : 0111	46° 16,0′	46° 9,6′	— 6,4′

Das Maß der Winkeländerung wird bei steigender Temperatur und insbesondere nahe vor der Modifikationsänderung kräftiger. Es läßt sich das aus den Neigungen der Kurven erkennen und im Überblick tabellarisch für den Fundamentalwinkel 1011 : 1101 wie folgt vermerken.

Temperaturintervall					
20—73°	73—173°	173—273°	273—373°	373—473°	473—573°
Winkeländerung					
— 0,5′	— 1,1′	— 1.8′	— 2,2′	— 2,9′	— 5,5′

III. Winkeländerungen beim Modifikationsumschlag α- ⇄ β-Quarz.

Etwas über 570° (durchschnittlich bei 573°) zeigte sich bei den Beobachtungen der Flächenreflexe (Websky'scher Spalt) am Goniometer die Umwandlung von α- in β-Quarz dadurch an, daß das Signalbild seine Einheitlichkeit verlor. Zumeist teilte es sich in zwei Bilder; sie deuten auf einen Knick der betreffenden Fläche hin. Ihr Abstand betrug etwa 5′. Beim Überschreiten der Temperatur von 573° nach oben oder unten vereinigten sich die Reflexe wieder zu einem einheitlichen Bilde [1].

Um den Zusammenhang zwischen optischer und geometrischer Änderung bequem beobachten zu können, wurde durch passende Stellung des Kristalls dafür gesorgt, daß zwei durch Doppelbrechung entstandene Spaltbilder gleichzeitig mit einem Flächenreflex des Spaltes beobachtet werden konnten. Es zeigte sich beim allmählichen Verändern der Temperatur, daß die optische Umwandlung sich langsamer vollzog als die Reflexveränderung. Auch kennzeichnete sich der Umwandlungsvorgang im optischen Effekt, also an den Doppelbrechungsbildern beim Erhitzen zuerst; einige Sekunden nachher bemerkte man die Anzeichen des Umschlages am Oberflächenreflex. Bei der langsamen Abkühlung gehen die Zeichen der optischen Änderung denen der geometrischen gleichfalls voran, und zwar noch ein wenig mehr als beim Erhitzen. Es scheint also die Umwandlung α- ⇄ β-Quarz im Kristall jeweils von innen nach außen voranzuschreiten.

[1] Vergl. auch die Schilderung dieser Verhältnisse bei O. Mügge: Die Zustandsänderung des Quarzes bei 570°. N. Jahrb. f. Min. etc. Festband. 1907. p. 190.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Das beobachtete Maß der geometrischen Änderung bei dem Übergang des α-Quarzes in seine homoaxe Paramorphose β-Quarz, wie sie von O. Mügge genannt ist, ergibt sich aus der Fundamentalkurve für $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ wie folgt:

	α-Quarz bei 573°	β-Quarz bei 573°	Sprung der Formänderung
$10\bar{1}1 : \bar{1}101$	85° 31,7′	85° 28,4′	— 3,3′
a : c : c =	1,0938	1,0924	— 0,0014
α =	94° 8,9′	94° 11,7′	+ 2,8′

Für die beiden anderen in Betracht gezogenen Winkel berechnen sich hieraus folgende Werte:

	α-Quarz bei 573°	β-Quarz bei 573°	Sprung der Formänderung
$10\bar{1}0 : 1011$	38° 22,2′	38° 24,4′	+ 2,2′
$1011 : 01\bar{1}1$	46° 9,6′	46° 8,1′	— 1,5′

Die Winkelveränderung, die der Quarz beim Modifikationsumschlag erfährt, ist also zwar deutlich, aber gering, vergleichsweise nicht so groß wie die Wandlung, welche der α-Quarz beim Anstieg der Temperatur von 473° auf 573° erfährt; letztere beträgt für die Neigung $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ 5,5′ gegen 3,3′ beim Umwandlungspunkt.

Der Sinn der sprungweisen Veränderung beim Modifikationsumschlag α- → β-Quarz ist derselbe wie bei der stetigen Wandlung durch Erhitzen der α-Art, d. h. der Normalenwinkel von $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ wird kleiner, die Neigung der Normalen von $10\bar{1}0 : 10\bar{1}1$ wird größer, von $10\bar{1}1 : 01\bar{1}1$ geringer, α ist gewachsen.

IV. Winkeländerungen beim β-Quarz.

Nachdem beim Übergang von α- in β-Quarz eine kleine, ruckweise Formänderung des glühenden Kristallgebäudes sich vollzogen hat, setzt bei weiterer Steigerung der Wärme ein ganz anderes Maß der Winkeländerung ein, als es vor dem Umschlag herrschte. Wie die Kurven der Diagramme erkennen lassen, ist die Formänderung des β-Quarz beim Wechsel der Temperatur zwischen 570° und 780°, des höchsten von uns benutzten Wärmegrades, sehr gering. Um den Verlauf deutlich einzeichnen zu können, wurde in besonders kleinen Intervallen beobachtet.

Wie beim Erhitzen des α-Quarzes erfährt auch beim β-Quarz der Normalenwinkel $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ eine stetige Verkleinerung und wird entsprechend die Neigung der Normalen von $10\bar{1}0 : 10\bar{1}1$

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/;www.zobodat.at

größer, und von $10\bar{1}1 : 01\bar{1}1$ geringer, der Winkel α wächst, so daß hier die stereographische Projektion Fig. 4 gleichfalls gilt. Die Gesamtänderung im Temperaturbereich 573° bis 780° läßt sich bezüglich $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ durch eine kleine Extrapolation und nach den Beobachtungen wie folgt zusammenfassen:

	573°	780°	Winkel- bezw. Achsenänderung
$10\bar{1}1 : 1101$	85° 28.4′	85° 27.2′	— 1,2′
a : c : c =	1.0924	1,0918	— 0,0006
α =	94° 11.7′	94° 12.7′	+ 1,0′

Für die zwei anderen Winkel berechnet sich aus diesen Fundamentalzahlen folgende Werte.

	573°	780°	Winkeländerung
$10\bar{1}0 : 1011$	38° 24.4′	38° 25.3′	+ 0,9′
$1011 : 01\bar{1}1$	46° 8.1′	46° 7.5′	— 0,6

Das beobachtete Maß der Winkeländerung ist, wie die Kurvenneigung für $10\bar{1}1 : \bar{1}101$ (Fig. 1) zeigt, innerhalb gleicher Temperaturintervalle nicht sehr verschieden. Es sinkt ein wenig mit steigender Wärme.

Temperaturintervalle	573—673°	673—773°
Winkeländerung von 1011 : 1101 . .	— 0,8′	— 0,3′

Mineralog.-petrogr. Institut der Universität Leipzig.

Ueber Temnocheilus nodosum aus den Ceratitenschichten der Göttinger Trias.

Mit 2 Textfiguren.

Von Dr. phil. **Adolf Rosenbach** in Göttingen.

Bisher ist aus dem oberen Muschelkalk der Göttinger Trias, der mit Knoten verzierte „*Nautilus nodosus*" Münster sp. noch nicht beschrieben worden, und in der geologischen Sammlung des Göttinger Museums befanden sich fast nur glatte Formen. Auch die Literatur über *Nautilus nodosus* ist äußerst spärlich, ohne Abbildungen. Obwohl Graf Münster[1] eine geknotete Form schon

[1] Graf Münster, „Über das geognostische Vorkommen der Nautilaceen in Deutschland." Jahrb. d. Min., Geogn., Geol. und Petrefaktenkunde. Herausg. von v. Leonhard und Bronn. Jahrg. 1831. p. 383 und Bull. Soc. Géol. de France. 1831. Bd. 1.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Jahr/Year: 1911

Band/Volume: 1911

Autor(en)/Author(s): Rinne Friedrich, Kolb Rudolf

Artikel/Article: Geometrisches zur Modiflkationsänderung von Quarz. 65-74