

Aus dem Institut für Mineralogie und Petrographie der Universität Graz

Über Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit sichtbarem Licht

Von

Haymo Heritsch

Mit 10 Textabbildungen

(Eingegangen am 16. Mai 1963)

Inhalt: Es ist möglich mit Hilfe von Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit Röntgenlicht und mit sichtbarem Licht jene Kristallflächen, deren Zonenachse die Drehachse der Kamera ist, dem Gitter zuzuordnen. Durchsichtige, prismatische Kristalle liefern unter bestimmten Bedingungen Lichtfiguren, aus denen ein mittlerer Brechungsquotient abgeschätzt werden kann.

Stellt man mit sichtbarem Licht Weißenberg-Äquatoraufnahmen von Kristallen her, die in jener Zone, die mit der Drehachse des Instrumentes zusammenfällt, Kristallflächen entwickelt haben, so zeigen solche Aufnahmen kontinuierliche Schräglinien, vgl. Abb. 2 bis 9, und bei durchsichtigen Kristallen unter gewissen Bedingungen auch andere Lichtfiguren, vgl. Abb. 4—9.

Die kontinuierlichen Schräglinien

In einer früheren Arbeit (*H. Heritsch*, 1954), ist schon einmal kurz darauf hingewiesen worden, daß man durch Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit Röntgenlicht und sichtbarem Licht eine Zuordnung von äußerer Kristallgestalt und Röntgendaten erreichen kann. Der Zusammenhang zwischen den beiden Aufnahmearten ist in diesem Fall durch folgendes gegeben: nur jene durch den Ursprungspunkt des reziproken Gitters gehenden Geraden, die gleichzeitig Flächennormalen der morphologisch entwickelten Kristallflächen sind, kommen in der Aufnahme mit sichtbarem Licht zur Geltung. Sie wirken hier wie Gitterstäbe und erzeugen somit kontinuierliche Schräglinien. So erzeugt z. B. bei Drehung um $[001]$ die Weißenberg-Äquatoraufnahme mit Röntgenlicht auf einer Schräglinie die Ordnungen $h00$. Bei unveränderter Einstellung liefert eine morphologisch entwickelte Kristallfläche (100) mit sichtbarem Licht eine

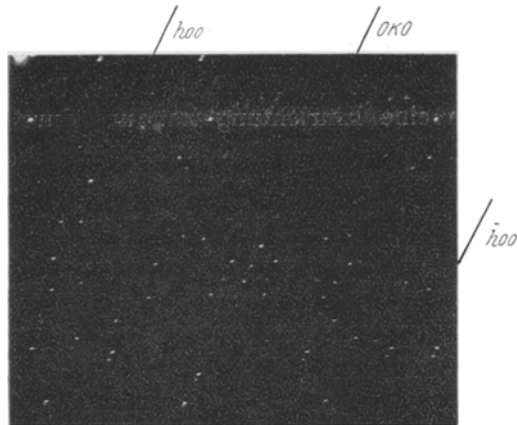


Abb. 1. Weissenberg-Äquatoraufnahme mit Eisenstrahlung von Hornblende, prismatisches Spaltstück nach $\langle 110 \rangle$, Drehung um $[001]$.

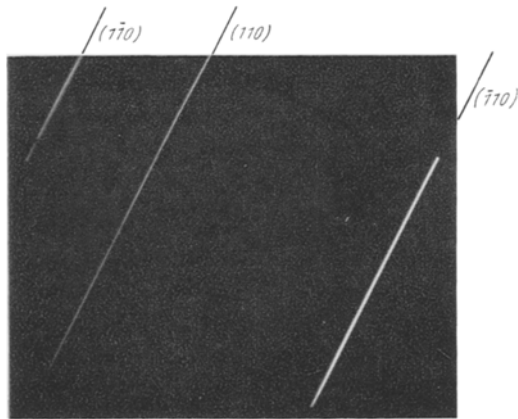


Abb. 2. Weissenberg-Äquatoraufnahme mit sichtbarem Licht vom selben Hornblende-Spaltstück wie in Abb. 1 bei gleicher Einstellung. Die Kristallflächen der Zone der Drehung erzeugen kontinuierliche Schräglinien.

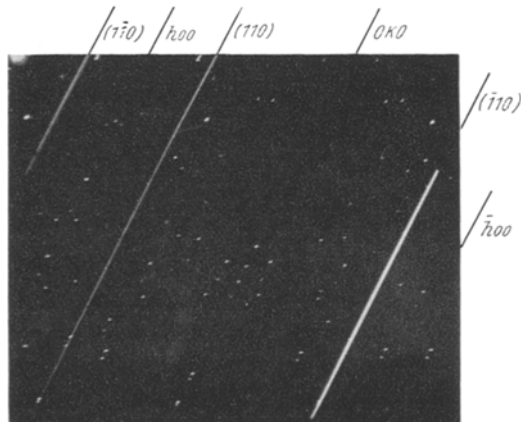


Abb. 3. Überinandergelegte Aufnahmen der Abb. 1 und 2. Daraus folgt die eingetragene Indizierung der kontinuierlichen Schräglinien.

kontinuierliche Schräglinie an derselben Stelle. Da ohnehin jede Weißenbergkamera eine Einrichtung hat, um durch die Blende sichtbares Licht für Einstellungszwecke zu schicken, ist die Mühe zur Herstellung einer solchen Aufnahme gering.

Ein Beispiel soll die Durchführung erläutern. Die Abb. 1 bringt die Weißenberg-Äquatoraufnahme eines Hornblendespaltstückes nach $\{110\}$ mit Drehung um $[001]$ mit Eisenstrahlung. Aus den bekannten kristallographischen Daten ist die Indizierung der Symmetrieebenen der Aufnahme leicht möglich; sie ist in der Abb. 1 vermerkt. Nun wird sowohl das Röntgenlicht durch sichtbares Licht ersetzt wie auch ein Film ohne jede Abdeckung in den Zylinder der Kamera eingelegt, jedoch sonst an der Einstellung nichts geändert. Eine Aufnahme unter diesen Bedingungen liefert die kontinuierlichen Schräglinien, erzeugt von den optisch reflektierenden Flächen der allgemeinen Indexform $\{hko\}$. Die Abb. 2 zeigt die entsprechende Aufnahme. Die Zuordnung der kontinuierlichen Schräglinien, d. h. ihre Indizierung erfolgt durch Übereinanderlegen der beiden Aufnahmen. Durch Übereinanderkopieren ist das in Abb. 3 dargestellt. Daraus folgt die Indizierung der Schräglinien mit $\{110\}$.

Wenn hexagonale Prismen als Kristallgestalt auftreten, so kann mit Hilfe dieser Methode eine Entscheidung getroffen werden, welche Stellung das hexagonale Prisma in bezug auf eine bestimmte Achsenwahl hat, was bei Fehlen entsprechender allgemeiner Formen aus rein morphologischen Beobachtungen ja nicht möglich ist. So haben z. B. Apatite vom Steinbruch Wilhelmsdorf am Stradnerkogel, südlich Gleichenberg, als Kristallform nur ein hexagonales Prisma und die Basis. Die übereinanderkopierten Weißenberg-Äquatoraufnahmen, Drehung um $[0001]$, mit Kupferstrahlung und sichtbarem Licht zeigen, daß das hexagonale Prisma erster Stellung $\{10\bar{1}0\}$ vorliegt, vgl. Abb. 4. Dabei ist die übliche Aufstellung des Apatites, z. B. *H. Strunz* (1957), angenommen. Für Nephelinkristalle desselben Fundpunktes, die meist ebenfalls nur durch ein hexagonales Prisma und die Basis begrenzt sind, konnte auf dieselbe Weise gezeigt werden, daß es sich ebenfalls, unter Voraussetzung der üblichen Aufstellung, um das hexagonale Prisma erster Stellung $\{10\bar{1}0\}$ handelt.

Ganz ähnlich sind auch die Stellungen von tetragonalen Prismen und verwandte kristallographisch-morphologische Fragen zu behandeln.

Die Abb. 5 bringt die übereinander kopierten Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit Kupferstrahlung und sichtbarem Licht von

Pyroxen, ebenfalls von Wilhelmsdorf südlich Gleichenberg. Die kontinuierlichen Schräglinien sind damit als $\{100\}$ und $\{010\}$ sowie $\{110\}$ indiziert.

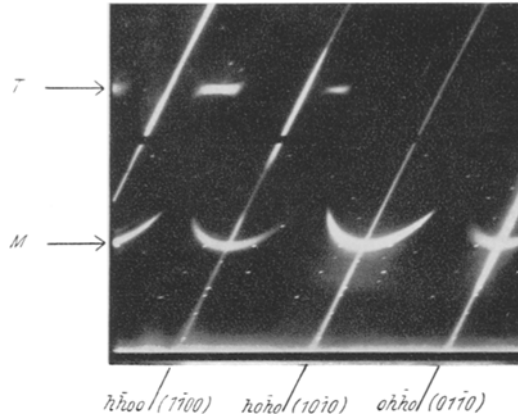


Abb. 4. Übereinandergelegte Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit Kupferstrahlung und sichtbarem Licht von einem durchsichtigen Apatitkristall mit entwickeltem hexagonalem Prisma, Drehung um $[0001]$. Daraus folgt die eingetragene Indizierung der kontinuierlichen Schräglinien und der dazugehörigen Kristallflächen mit $\langle 1010 \rangle$. Sichelförmige Lichtfiguren, M, sind durch Brechung mit brechendem Winkel 30° erzeugt; bandförmige Lichtfiguren, T, stammen von Totalreflexion.

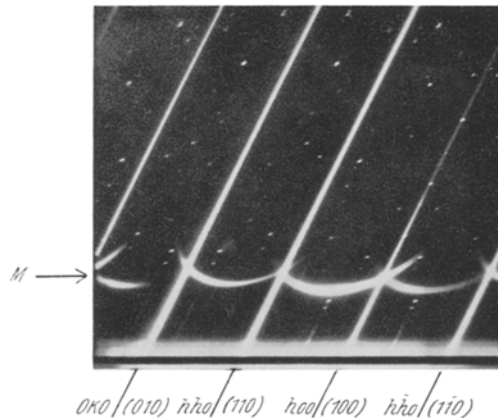


Abb. 5. Übereinandergelegte Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit Kupferstrahlung und sichtbarem Licht von einem durchsichtigen Kristall eines monoklinen Pyroxens, Drehung um $[001]$. Die kontinuierlichen Schräglinien sind damit als $\langle 100 \rangle$, $\langle 010 \rangle$ und $\langle 110 \rangle$ indiziert. Sichelförmige Lichtfiguren sind durch Brechung mit brechendem Winkel $43^\circ 33'$ und $46^\circ 27'$ entstanden.

Eine Erweiterung auf schief zur Drehachse der Kamera liegende Kristallflächen ist durchaus denkbar.

Andere Lichtfiguren

Außer den kontinuierlichen Schräglinien treten auf den Aufnahmen mit sichtbarem Licht noch andere Lichtfiguren auf, vgl.

Abb. 4—9. Es sind das einmal sichel- bis halbmondförmige Gebilde, in den Abbildungen mit M bezeichnet, und seltener auch strich- oder bandförmige Lichtflecke, auf den Abbildungen mit T bezeichnet.

Die halbmondförmigen Gebilde sind durch Brechung an Keilen, gebildet von Kristallflächen, hervorgerufen. Ihre, am nächsten gegen die Mitte der Aufnahme gelegene, tiefste Stelle entspricht der Minimalablenkung. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Abb. 1—9 nur eine Hälfte von Weißenbergaufnahmen bringen.

Am einfachsten überblickbar sind die Verhältnisse bei hexagonalen Prismen mit Drehung um $[0001]$. Als brechender Winkel

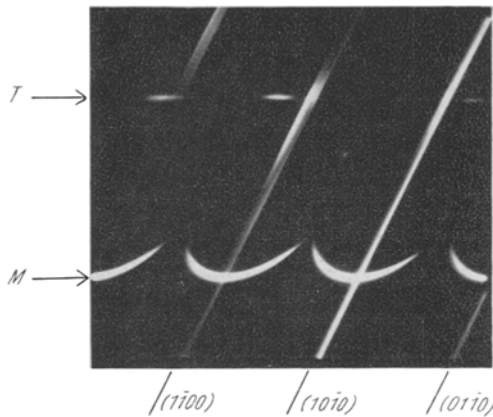


Abb. 6. Weißenberg-Äquatoraufnahme mit sichtbarem Licht von prismatisch entwickeltem Quarz. Die kontinuierlichen Schräglinien stammen von dem hexagonalen Prisma $\langle 10\bar{1}0 \rangle$, die sichel-förmigen Lichtfiguren, M, von Brechung mit brechendem Winkel 30° und die strichförmigen Lichtfiguren, T, von Totalreflexion im hexagonalen Prisma.

fungiert der Winkel von 30° zwischen zwei nicht benachbarten Prismenflächen. Da im Falle des hexagonalen Prismas eine weitere Prismenfläche diese Kante symmetrisch abstumpft, reflektiert in der Stellung der Minimalablenkung auch diese Prismenfläche. In der Abb. 10 ist die Situation der Minimalablenkung dargestellt: Strahl 2 verläuft symmetrisch durch den Keil (mit 30° brechendem Winkel) und Strahl 1 wird an der Prismenfläche, die den Keil symmetrisch abstumpft, in dieselbe Richtung reflektiert.

Im Falle des hexagonalen Prismas ist bei der geschilderten Versuchsanordnung infolge der optischen Einachsigkeit die Strahlenrichtung gleich der Wellennormalenrichtung, da in der Ebene senkrecht zur optischen Achse sowohl für den ordentlichen wie auch für den außerordentlichen Strahl Kreise als Ausbreitungsfiguren gelten. Wenn das nicht zutrifft, d. h. bei beliebiger Lage des brechenden

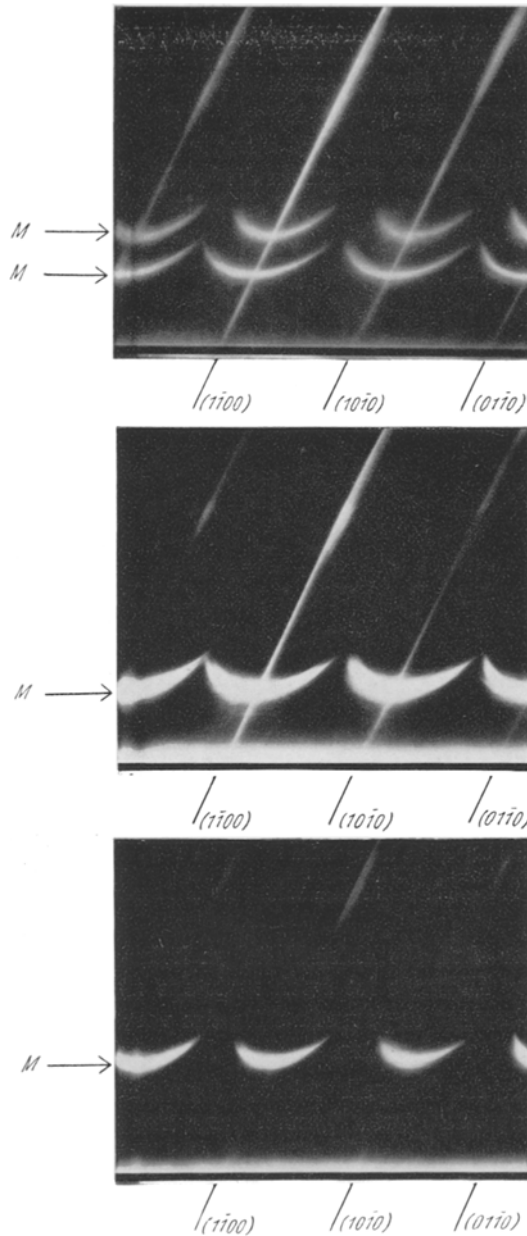


Abb. 7—9. Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit sichtbarem Licht von prismatisch entwickeltem Kalkspat, Drehung um $[0001]$. Die kontinuierlichen Schräglinien stammen von einem hexagonalen Prisma. Es sind folgende Aufnahmen gemacht worden: Abb. 7 mit nicht polarisiertem Licht, ordentlicher und außerordentlicher Strahl; Abb. 8 mit parallel zur Drehrichtung und $[0001]$ polarisiertem Licht, außerordentlicher Strahl; Abb. 9 mit senkrecht zur Drehrichtung und $[0001]$ polarisiertem Licht, ordentlicher Strahl.

Winkels zur Indikatrix werden die Verhältnisse kompliziert, vgl. *H. Rosenbusch* und *E. A. Wülfing* (1904). Auch sonst ist die erreichbare Genauigkeit bei dem Versuch, die Lichtfiguren zur Bestimmung von Brechungsquotienten auszuwerten, gering. Die Ursache liegt, abgesehen davon, daß die Blende für Röntgenlicht nicht exakt paralleles Licht erzeugt, vor allem darin, daß infolge der Dispersion ein Spektrum erscheint, das auch subjektiv durch das Fernrohr der Weißenbergkamera beobachtet werden kann. Dieser Einfluß könnte durch Verwendung von Monochromatoren umgangen werden.

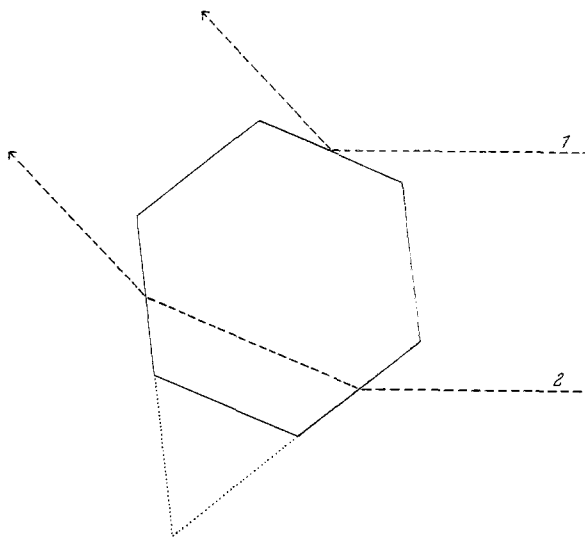


Abb. 10. Strahlengang bei einem hexagonalen Prisma im Falle der Minimalablenkung. Strahl 1 wird an einer Prismenfläche reflektiert. Der Strahl 2 läuft symmetrisch (Minimalablenkung) durch ein optisches Prisma mit brechendem Winkel 30° in dieselbe Richtung wie Strahl 1.

Außerdem aber sind die Kristallflächen keine exakten Ebenen und das Innere der Kristalle ist auch meistens nicht optisch einwandfrei. Deshalb kommt es je nach Güte des verwendeten Kristalles zu mehr oder minder störenden Effekten.

Die Wirkung der Doppelbrechung, die sich in einer Verdoppelung der sichelförmigen Figuren äußert, kann nur bei genügender Größe beobachtet werden. Sonst ist nämlich die Verdoppelung durch die Breite der Lichtfiguren verdeckt. Für den hier verwendeten Apatit vom Steinbruch Wilhelmsdorf bei Gleichenberg, Steiermark, z. B. beträgt die Doppelbrechung $\Delta = 0.003$, für Quarz ist sie $\Delta = 0.009$. In beiden Fällen, Abb. 4 und 6, ist die Dispersion zu groß, um die erwähnte Verdoppelung sichtbar zu machen. Bei Kalkspat, Abb. 7, ist dagegen wegen der enormen Doppelbrechung die Verdoppelung

ausgezeichnet zu sehen. Aus den in Abb. 10 dargestellten Verhältnissen geht hervor, daß sowohl für den außerordentlichen, wie auch für den ordentlichen Strahl der jeweils in der Stellung der Minimalablenkung gebrochene Strahl auf einer kontinuierlichen Schräglinie einer Prismenfläche liegt. Kalkspat eignet sich auch sehr gut, die Wirkung von linearpolarisiertem Licht zu prüfen. Die Abb. 8 bringt eine Aufnahme mit parallel zur Drehachse, d. h. parallel zu [0001] polarisiertem Licht und zeigt mithin nur die Wirkung des außerordentlichen Strahles; in Abb. 9 ist das einfallende Licht senkrecht zur Drehachse und damit [0001] polarisiert und so ist nur die Wirkung des ordentlichen Strahles zu beobachten. An den Schräglinien ist auch in diesem Fall der Einfluß der Polarisierung durch Reflexion

Tab. 1. Aus Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit sichtbarem Licht ermittelte Brechungsquotienten verglichen mit anderweitig gewonnenen Werten

	Brechungsquotienten, bestimmt aus Weißenberg-Äquatoraufnahmen mit sichtbarem Licht		Brechungsquotienten der Literatur bzw. mit Immersionsmethode bestimmt	
	Mittlerer Brechungsquotient		ω	ε
Quarz	1·54—1·55		1·544	1·553
Apatit	1·64		1·633	1·630
Nephelin	1·55		1·549	1·544
Kalkspat	$\omega \leq 1·66$	$\varepsilon \leq 1·48$	1·658	1·486

gut zu erkennen, da die Schräglinien in dem Winkelbereich um 60° verschwinden vgl. Abb. 9.

Aus dem Mitgeteilten folgt, daß im allgemeinen nur mit geringer Genauigkeit ein mittlerer Brechungsquotient aus den besprochenen sichelförmigen Lichtfiguren bestimmt werden kann, indem man etwa ihre Mitte vermißt. In der Tab. 1 sind auf diese Weise gewonnene Brechungsquotienten mit durch andere Methoden bestimmten Werten verglichen.

Die mit T bezeichneten strich- bis bandförmigen Lichtfiguren erscheinen besonders gut auf den Aufnahmen von Apatit, Abb. 4. und Quarz, Abb. 6. Durch ihre gestreckte Lage parallel der Nulllinie der Weißenbergaufnahme zeigen sie an, daß während der Drehung der sie erzeugende Lichtstrahl seine Winkellage beibehält. Es läßt sich mit Hilfe einfacher geometrischer Überlegungen zeigen, daß die erwähnten Lichtfiguren durch Totalreflexion im Inneren des hexagonalen Prismas erzeugt werden. Eine notwendige Bedingung, abgesehen von der Größe des Brechungsquotienten, ist, daß das hexa-

gonale Prisma verzerrt ist. Es läßt sich auch zeigen, daß sich die Lage des Reflexes bei Drehung nicht ändert. Als Ursache für die Auflösung in einzelne gestreckte Lichtflecken ist das Überschreiten des Winkels der Totalreflexion und Ausblendung durch vortretende Kanten anzusehen.

Die Verhältnisse bei der Aufnahme des Pyroxens, Drehung um [001], Abb. 5, sind, wie schon erwähnt, insofern kompliziert, als die Indikatrix hier schief zur Drehachse und somit auch zu den brechenden Kanten liegt. Sieht man auf Grund der, mit den hier geschilderten Methoden, nur in geringem Maße erreichbaren Genauigkeit von dieser Schwierigkeit ab, so läßt sich auch ein mittlerer Brechungsquotient für Pyroxen angeben. Die Abb. 5 zeigt die sichelförmigen Lichtfiguren zwischen den kontinuierlichen Schräglinien. Die Betrachtung eines Querschnittes der Prismenzone von Pyroxen mit den Formen $\{100\}$, $\{010\}$ und $\{110\}$ ergibt, daß als brechende Winkel die Werte $43^{\circ} 33'$ und $46^{\circ} 27'$ auftreten, und zwar so, daß immer zwei gleiche Werte hintereinander erscheinen. Dies ist an der Abb. 5 gut zu erkennen. Eine Aufspaltung einiger sichelförmiger Figuren deutet wohl Doppelbrechung an. Der so gewonnene mittlere Brechungsquotient ist $n_{\text{Mittel}} = 1.70$; die mit der Einbettungsmethode bestimmten Werte sind $n_{\alpha} = 1.692$, $n_{\beta} = 1.700$ und $n_{\gamma} = 1.721$.

An der von *H. Heritsch*, *G. Bertoldi* und *E. M. Walitzi* (1959) bearbeiteten Hornblende vom Kuruzzenkogel, Steiermark, mit $n_{\alpha} = 1.664$, $n_{\beta} = 1.672$, $n_{\gamma} = 1.681$ und $n_{\gamma} : Z = 18^{\circ}$ wurde nach der geschilderten Methode ein mittlerer Brechungsquotient von 1.68—1.69 bestimmt.

Literatur

- Heritsch, H.* (1954), *Tschermaks Min. Petr. Mitt.* (Dritte Folge) 5 (1956), 246.
 — *Heritsch, H., G. Bertoldi* und *E. M. Walitzi* (1959), *Tschermaks Min. Petr. Mitt.* (Dritte Folge) 7 (1961), 210. — *Rosenbusch, H.*, und *E. A. Wülfing* (1904), *Mikroskopische Physiographie der petrographisch wichtigen Mineralien*. Bd. 1, erste Hälfte. Stuttgart: Schweizerbart; 86. — *Strunz, H.* (1957), *Mineralogische Tabellen*. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft.