

CHRONOLOGISCHE DOKUMENTATION DER ZU EHREN VON  
FRIEDRICH BECKE (1855-1931) BENANNTEN LICHTLINIE

von

**Margret Hamilton<sup>1</sup> & Franz Pertlik<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Seyringerstraße 1/2/310, 1210 Wien, Austria

<sup>2</sup>Institut für Mineralogie und Kristallographie

Universität Wien, Geozentrum, Althanstraße 14, 1090 Wien, Austria

**Abstract**

*Chronological documentation of the light line named in honour of Friedrich Becke.*

*(A contribution to the history of science).* Friedrich Beckes most significant discovery about an optical phenomenon, an intense band of white light (= Becke line) along the margin of the lighter refracting of two adjacent mineral grains is still used in scientific language. The authors are discussing the beginning of the research about this optical phenomenon in literature and try to find a modern explanation.

**Einleitung**

Das Spektrum der Arbeitsmöglichkeiten auf dem Gebiet der Wissenschaftsgeschichte ist breit gefächert und facettenreich. Es umfasst neben der Dokumentation von Lehre und Forschung, sowohl im privaten Bereich (Privatgelehrte) als auch an öffentlichen wissenschaftlichen Einrichtungen, vor allem auch Biographien von Personen, die im Laufe ihres Lebens gelehrt und geforscht haben. Eine wissenschaftsgeschichtliche Arbeit soll primär nicht Erklärungen für Phänomene suchen, sondern kritisch und umfassend historische Quellen und die vorhandene Fachliteratur aufarbeiten. Das Hauptgewicht einer seriösen Biographie muss vor allem auf der möglichst objektiven Dokumentation von Leben und Werk einer Persönlichkeit liegen, eine Selektion von Seiten des Autors sollte unterbleiben. Es sollte neben dem Quellenstudium auch der wissenschaftliche und gesellschaftspolitische Kontext Erwähnung finden, jedoch persönliche Meinungen und Interpretationen des Autors lediglich unter ausdrücklicher Kennzeichnung im Text eingefügt werden.

Es gibt naturgemäß verschiedenste Ansätze für den Aufbau einer biographisch-dokumentarischen Arbeit, und diese sind in sehr unterschiedlicher Häufigkeit in der einschlägigen Literatur zu finden. Neben rein persönlichen Biographien mit nur fragmentarischer Erwähnung bestimmter Werke legen andere Autoren ihren Arbeitsschwerpunkt auf das wissenschaftliche Werk; oder auf die Dokumentation der Lehrtätigkeit; oder auf das Wirken in wissenschaftlichen oder populärwissenschaftlichen Gesellschaften und Institutionen; oder auf die Namen und die Arbeiten der Wissenschaftler, die aus der Schule des Genannten hervor gegangen sind.

Einen eher seltenen, aber interessanten Ansatz stellt die Frage dar, welche Methoden, Forschungsergebnisse oder Entdeckungen der betreffenden Person welches Echo zu seinen Lebzeiten und auch danach, bis in die heutige Zeit, gefunden haben. Welche anorganischen oder organischen Objekte und Phänomene wurden von ihr entdeckt und nach ihr benannt? Welche neuen Arbeits- oder Forschungsmethoden hat sie entwickelt, die ihren Namen tragen, und was fand und findet man auch heute noch in der einschlägigen Literatur? Solche Hommagen sollten die Hochachtung vor einer hervorragenden Persönlichkeit und ihrem Werk explizit dokumentieren, aber auch zweckmäßiger Weise einen Begriff in der fachlichen Nomenklatur neu verankern. Und letztendlich ist die Frage zu beantworten, ob und in welcher Gewichtung er auch in der aktuellen Literatur des 21. Jahrhunderts zu finden ist.

Die Benennung wissenschaftlicher Objekte, Untersuchungsmethoden und die Beschreibung chemischer und physikalischer Phänomene nach einer Person, aber auch Erstbeschreibungen, in geographischer und ethnographischer Hinsicht, stellten und stellen eine prägnante, praktisch in allen Wissenszweigen verbreitete Gepflogenheit dar. Neben der Zweckmäßigkeit einer derartigen Nomenklatur wird durch diese aber auch, vor allem natürlich in Bezug auf Personen, eine Hochachtung in Form einer Hommage zum Ausdruck gebracht.

Ein Fallbeispiel einer solchen Namensgebung stellt die „Beckesche Lichtlinie“ dar. Während Lebenslauf, Ehrungen, ehrende Mitgliedschaften und Werkverzeichnisse von F. Becke in größerem Umfange bereits vorhanden sind, wird in all diesen Arbeiten die nach ihm benannte „Lichtlinie“ zwar kurz erwähnt, jedoch nirgends ausführlich dokumentiert und auch in einschlägigen lexikalischen Werken mit nur wenigen Worten erwähnt.

Im vorliegenden Fall war dies die Motivation und das persönliche Interesse der Autorin (M. H.) als Wissenschaftshistorikerin, das wissenschaftliche Werk des berühmten Mineralogen und Petrographen F. Becke (1855-1931) in den Mittelpunkt ihrer historisch-biographischen Recherchen zu stellen. In mehreren Publikationen, von denen die umfangreichsten und ausführlichsten von Hamilton (2009a,b; 2013a,b; 2015) vorgestellt wurden, sind die Ergebnisse dieser Nachforschungen veröffentlicht worden.

Während Ehrungen und ehrende Mitgliedschaften Friedrich Beckes (Hammer & Pertlik 2001; 2009), aber auch umfangreiche Werkverzeichnisse unter anderem von Goldschmidt (1931/32), Tertsch (1956) und Wieseneder (1962) in deren Nekrologen zusammengestellt wurden, fand die nach Becke benannte „Lichtlinie“ in allen diesen Arbeiten nur als ehrende Bezeichnung Erwähnung, die Erstbeschreibung und Benennung dieses Phänomens wurde jedoch nicht kommentiert. Die historische Quelle wird auch in einschlägigen lexikalischen Werken mit nur wenigen Worten erwähnt.

### **Die „Lichtlinie“: Beschreibung und Benennung eines optischen Effektes**

Bei der Untersuchung, sowohl von biologischen (amorphen) Objekten, als auch bei der Untersuchung von Gesteinsdünnschliffen unter einem Mikroskop, wurde unter mittlerer Vergrößerung bereits in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein Phänomen beobachtet und beschrieben, welches bei Veränderung der „Scharfstellung“ an den Korngrenzen zweier Objekte als Lichtsaum (Aureole) auftrat.

In einem Artikel über die Darstellung kristalliner Kieselsäure in abgeschmolzenen Glaskapillaren unter hydrothermalen Bedingungen im Temperaturbereich zwischen 175°C und 185°C wurde von Maschke (1872) wie folgt berichtet (Seite 551):

*Ich selbst füllte meine Glasröhren nach vielen misslungenen Versuchen mit einer bei der Kochhitze dargestellten Lösung von amorpher Kieselsäure in Natronlauge ( $\text{Na}_2\text{Si}_4\text{O}_9$ ).*

Als Ergebnis seiner Versuche beschreibt Maschke „Kieselsäureknöllchen“, welche er einer weiteren mikroskopischen Untersuchung unterzog (Seiten 568-569):

*Es muss nun die Frage erörtert werden, welcher Modification der krystallisierten wasserfreien Kieselsäure die Kerne der Kieselsäureknöllchen angehören. Bekanntlich hat G. vom Rath [Annalen der Physik und Chemie, 1868] den Tridymit als eine krystallisierte, wasserfreie Säure nachgewiesen, die sich durch Krystallform und geringeres specifisches Gewicht von dem Quarz unterscheidet.*

*Ich mache hiermit auf ein anderes sehr wesentliches Unterscheidungsmerkmal aufmerksam, das uns gestattet, sehr kleine Stückchen beider Modificationen sicher und leicht unter dem Mikroskop zu unterscheiden. Ich meine das verschiedene Brechungsvermögen beider Substanzen.*

*Zur Ausführung nimmt man eine Flüssigkeit, deren Brechungsexponent zwischen dem des Quarz und des Tridymit liegt; eine solche Flüssigkeit repräsentiert salpetersaure Quecksilberoxydlösung von 2,5 – 2,6 pond. sp.*

*Bei durchfallendem Lichte treten dann bei einer gewissen Einstellung des Mikroskopes besondere Interferenzfarben auf.*

*Kleine Quarzstückchen erscheinen bläulich oder bläulich-grün mit röthlichem Saum der angränzenden Flüssigkeit; Tridymitstückchen dagegen umgekehrt; röthlich bis bläulich oder bläulich grünem Saum.*

*Stücke mit dünnen Rändern sind zur Erkennung der Saumfarbe am geeignetsten.*

In dieser Beschreibung wurde sowohl auf die Möglichkeit der Bestimmung der Brechungsindizes durch Vergleiche mit Immersionsflüssigkeiten hingewiesen, als auch erstmals von Lichtsäumen berichtet, welche an den Grenzen zweier Medien mit unterschiedlicher Brechzahl auftreten können. Über spezielle Einstellungen des Mikroskops und der Lichtquelle wurde in dieser Arbeit nicht referiert. In einer weiterführenden Arbeit beschrieb Maschke (1880) auch einen ersten Ansatz zu einer physikalischen Erklärung des Phänomens von Lichtsäumen als Resultat der unterschiedlichen Lichtbrechung in Zusammenhang mit dem Phänomen der Totalreflexion.

Auf diese Erscheinung machte explizit auch Cornu (1881) in einem Beitrag im Bullétin de la Société Minéralogique de France aufmerksam. Seine Kurznotiz ist im Original in Abbildung 1 wiedergegeben. Dieser Hinweis auf eine derartige Aureole (Lichtlinie) wurde in der späteren Literatur – meist ohne Angabe eines Autors – nur untergeordnet erwähnt.

In seinen Arbeiten über die optische Orientierung der Plagioklase (Dissertation und Habilitation) von Schuster (1882a, b) finden sich weitere, jedoch nur angedeutete Hinweise auf den Effekt einer Lichtlinie (vgl. auch Cernajsek, 1999).

Aus der Arbeit von F. Becke (1892) über petrographische Studien am Tonalit ist der Rieserferner als Auszug (Seiten 386-387) die sehr ausführliche, heute noch übliche Beschreibung einer Lichtlinie:

*Um kleine Unterschiede der Lichtbrechung zu erkennen, kann man sich entweder starker Ablendung bei centraler Beleuchtung oder schiefer Beleuchtung bedienen.*

*Im ersteren Falle beobachtet man ein charakteristisches Verhalten an den Grenzen stärker und schwächer lichtbrechender Durchschnitte bei verschiedener Einstellung des Tubus. Nehmen wir an, wir hätten einen Durchschnitt eines stärker lichtbrechenden Minerals umschlossen von einem schwächer lichtbrechenden.*

*Bei stark eingengtem Beleuchtungskegel erscheint die Grenze bei einer bestimmten Einstellung als haarscharfe Linie.*

Hebt man den Tubus, so entwickelt sich auf der Seite des stärker lichtbrechenden Durchschnittes eine schmale Lichtlinie, die sich bei weiterer Hebung verbreitert und verschwimmt. Bei Senkung des Tubus erhält man dieselbe Erscheinung auf der Seite des schwächer lichtbrechenden Minerals. Die Lichtlinie an der Grenze lässt durch eine optische Täuschung den ganzen Durchschnitt heller beleuchtet erscheinen als die Umgebung. Es erscheint also bei Hebung (Senkung) des Tubus das stärker (schwächer) lichtbrechende Mineral heller erleuchtet.

Vorausgesetzt ist, dass die Grenze rein sei von fremden Körpern (Zersetzungsprodukten, Einschlüssen, Glashütchen zwischen den Durchschnitten etc.).

— 135 —

### Note sur l'emploi des compensateurs,

par M. CORNU.

A l'occasion de la communication de M. Mallard, M. Cornu fait remarquer que l'emploi du compensateur à franges (comme du compensateur à teintes plates) peut entraîner des erreurs graves lorsque le nombre de franges à compenser est un peu grand et qu'on opère avec la lumière blanche.

En effet, si l'on se reporte à la condition d'achromatisme des phénomènes d'interférence (*Comptes-rendus de l'Ac. des sciences*, tome XCIII, p. 809, nov. 1881) on aura, en remarquant que la différence de phase des deux ondes interférentes est de la forme

$$\varphi = \frac{n - n'}{\lambda} e + \frac{N - N'}{\lambda} E$$

(E, e, étant les épaisseurs des lames cristallisées, NN' nn' les indices des ondes réfractées.)

$$\frac{d\varphi}{d\lambda} = 0 \text{ ou } \frac{n - n'}{\lambda} e + \frac{N - N'}{\lambda} E - e \left( \frac{dn}{d\lambda} - \frac{dn'}{d\lambda} \right) - E \left( \frac{dN}{d\lambda} - \frac{dN'}{d\lambda} \right) = 0$$

On voit que cette condition ne comprend pas seulement les deux termes qui correspondraient à  $\varphi = 0$  mais qu'elle contient les *dérivées des indices* par rapport à la longueur d'onde. Il en résulte que le pouvoir dispersif des cristaux joue un rôle plus considérable qu'on ne serait tenté de le croire d'après la théorie ordinaire de la compensation, dans laquelle on se borne à écrire la condition inexacte  $\varphi = 0$ .

Abbildung 1

Faksimile des Artikels von Marie Alfred Cornu (1881) im Bulletin de la Société Minéralogique de France.

In weiteren Veröffentlichungen zum Thema optischer Untersuchungsmethoden wies Becke (1893; 1913) auf die praktikable Anwendung der Methode hin, z. B. bei der Bestimmung der Gesteinsgemengteile und die Charakterisierung der Plagioklase.

Salomon-Calvi (Salomon, 1896) führte in einem Artikel über die Berechnung des Wertes der Lichtbrechung die von Becke vorgeschlagene Methode zur relativen Unterscheidung der Lichtbrechung im Zusammenhang mit optischen Untersuchungen an optisch einachsigen Kristallen als Untersuchungsmethode an und erlaubte sich, diese Methode nach Becke zu benennen (im Original eine Fußnote. Fettdruck durch die Autoren):

*Die von Becke angegebene Erkennung des stärker lichtbrechenden von zwei mit verticaler Grenze an einander stossenden Mineralien eines Dünnschliffes beruht darauf, dass bei einer bestimmten Art der Beleuchtung und bei Hoch- (bezw. Nieder-) Stellung des Mikroskoptubus sich wesentlich infolge von Totalreflexion eines Theiles der die Grenzfläche durchsetzenden Strahlen eine helle Linie innerhalb des stärker (bezw. schwächer) lichtbrechenden Minerals parallel der Grenze ausbildet. Mit wachsender Differenz der Brechungsindices wächst auch die Intensität der hellen Linie. Wir bedienen uns demnach der Intensität dieser Linie zur Beurtheilung der Differenz der Lichtbrechung. Jedes Phänomen, das die Intensität der Lichtlinie schwächt, wird in uns den Eindruck hervorrufen, als ob jene Differenz geringer wäre, bezw. wenn der eine der verglichenen Brechungsquotienten einen constanten Werth besitzt, als ob der andere einen vom Werthe des ersteren weniger abweichenden Werth erhielte. Unter dieser Voraussetzung können wir also die Intensität der Becke'schen Linie\* geradezu als eine Function des variablen Brechungsquotienten bezeichnen.*

**Fußnote:**

*\* Es möge gestattet sein, diese Linie ihrem Entdecker zu Ehren so zu nennen.*

In einer ausführlichen Beschreibung des Mikroskops als Instrument für Gesteinsuntersuchungen erwähnt Grabham (1910) die Beckesche Lichtlinie unter dem Begriff „the white-line effect“. Die Beschreibung dieser Lichtlinie findet auch im Werk von Wright (1911) Eingang. Der Absatz zur Beckeschen Lichtlinie aus dem Werk von Wright über die Methoden der petrographisch-mikroskopischen Untersuchungen wörtlich (Seite 95):

*THE BECKE LINE METHOD.*

*In principle this method, which is described in the standard text-books, does not differ essentially from that described by Maschke. As noted above, a narrow cone of incident light is required and the concentration of light along the margin of the higher refracting of two adjacent mineral plates is used to determine their relative refringence. On raising or lowering the objective, the intense band of white light (Becke line) is observed toward or away from the margin, the rule being that on raising the objective the Becke line moves toward the mineral of the higher refractive index. High-power objectives are ordinarily used in tests with the Becke line, because of their higher numerical aperture and consequent sharper resolution in depth. If the aperture of the substage condenser be not sufficiently decreased, the light is concentrated on both sides of the boundary plane; there are apparently two Becke lines present, moving in opposite directions, and one is at a loss to determine which is the correct one. The remedy is obviously to reduce the aperture of the cone of illumination either by lowering the condenser or by closing the iris diaphragm, or by adopting both methods.*

Die weiteren Seiten in diesem Absatz (96-98) befassen sich ausführlich mit Anleitungen zur Bestimmung der Brechungsindizes nach der Einbettungsmethode und zur Zubereitung von Immersionsflüssigkeiten im Bereich von 1.45 bis 1.96 von  $n$  (= dimensionslose Größe des Brechungsindexes).

Eine zumindest partiell zutreffende Erklärung zur Lichtlinie gab Schlossmacher (1914), indem er versucht, diesen Effekt zumindest bei vertikaler Grenzfläche zwischen den betrachteten Objekten mittels der Snelliusschen Überlegungen zur geometrischen Optik zu deuten. Wörtlich nach Schlossmacher als Resümee seiner Überlegungen:

*Aus dieser kurzen theoretischen Betrachtung geht hervor, daß bei vertikaler Grenzfläche der Grund für die Erscheinung, die man als Becke'sche Linie zu bezeichnen pflegt – eine beim Heben des Tubus nach der Seite des dichteren Mediums wandernde Lichtlinie –, lediglich in dem Wesen der Funktion  $\sin x / \sin y = k$ , die in der Optik als Snellius'sches Gesetz auftritt, zu suchen ist. Bei geneigter Grenzfläche, und bei stärkerer Neigung in immer höherem Maße, wird die Erscheinung eine komplexe, indem die Vorgänge, die G. W. Grabham beschreibt, sich an dem Effekt beteiligen.*

Die Beckesche Lichtlinie ist auch heute noch ein Phänomen der geometrischen Optik. Ein Zusammenspiel von Lichtbrechung, Beugung an Korngrenzen und die Totalreflexion werden angeführt. Versuche, an Hand der Lichtlinie und vorgegebenen Werten für das Einbettungsmedium auf eine absolute Größe der Lichtbrechung eines Objekts Rückschlüsse zu ziehen, scheiterten, wie Spangenberg bereits 1922 in seiner umfassenden Veröffentlichung zur Kristallographie beschrieb.

In einem zusammenfassenden Artikel „Die Beckesche Lichtlinie“ wurde von Tertsch (1949) wie folgt auf die Problematik zur Deutung der Lichtlinie hingewiesen:

*Nach den rein geometrisch-optischen Deutungsversuchen sollte man aus der Höhe der Grenzfläche, den Brechzahlen der aneinandergrenzenden Körper und dem Öffnungswinkel des Beleuchtungskegels die Breite der Lichtvermehrung leicht berechnen können. Deren Messung ergäbe umgekehrt damit die Möglichkeit, die Brechbarkeit zahlenmäßig zu bestimmen, wenn diese nur für einen der beiden Stoffe bekannt ist. Alle diesbezüglichen Versuche, die zuerst von Viola (1899) vorgeschlagen wurden, hatten durchwegs ein negatives Ergebnis (Spangenberg, 1922). Auch dieser Misserfolg ist nur verständlich, wenn außer der Beckeschen Deutung noch andere optische Faktoren, wie eben die Beugung, maßgebend einwirken. Es scheint, dass die Lage der Beugungsmaxima hier sehr wesentlich mitspielt und dass demnach bei Präparaten normaler Dünnschliffdicke beide Erscheinungen (Totalreflexion und Beugung) sich überlagern.*

Die moderne Literatur verweist mehr oder weniger nur in kurzen Absätzen sowohl auf das Phänomen als auch auf die Erstbeschreibung und Namensgebung. In Lehrbüchern, wie z.B. im umfassenden Werk von Burri (1950), ein kurzer Absatz:

*Nach dem Vorschlag von W. Salomon (1896) bezeichnet man die helle Linie zu Ehren von Fr. Becke, der sie zuerst für die Unterscheidung der relativen Lichtbrechung zweier aneinandergrenzender Medien benutzte, als Beckesche Linie.*

Gabler (1952) weist in seiner Abhandlung zur Lichtlinie auf das vergleichbare optische Verhalten von transparenten und opaken Mineralien bei der Betrachtung unter dem Mikroskop hin. Abschließend mag eine Passage aus einem Artikel von Scholler (1954) die Genialität von Becke und die weltweite Bedeutung der mineralogisch-petrographischen Forschung in Wien zu Beginn des 20. Jahrhunderts unterstreichen:

*Die zunächst nur relative Feststellung mittels der Becke'schen Lichtlinie hat im Verein mit anderen von Becke entwickelten optischen Prüfmethoden erst die Ära der modernen Petrographie eröffnet.*

*Die wirklich bahnbrechende Bedeutung Beckes für diese Wissenschaft kam schon dadurch zum Ausdruck, daß vor dem ersten Weltkrieg zahlreiche Fachgelehrte aus aller Welt Beckes Institut an der Universität besuchten, um an Ort und Stelle die mineralogischen Methoden seiner „Wiener Schule“ kennenzulernen.*

### **Conclusio**

Die unterschiedlichen Versuche einer umfassenden Erklärung des Phänomens „Beckesche Lichtlinie“ im Rahmen der klassischen geometrischen Optik zeigten eher Probleme auf, als dass eine Lösung angeboten wurde. In den zusammenfassenden Arbeiten von Wright (1911), Spangenberg (1922) oder auch Tertsch (1949) wurde von diesen Autoren die Anwendbarkeit der Lichtlinie als analytisches Hilfsmittel aufgezeigt. Die Möglichkeit der Bestimmung der relativen Brechungsexponenten mit Hilfe der Einbettungsmethode wurde ausführlich behandelt, auf die generelle Unmöglichkeit der absoluten Bestimmung der Brechzahl aber auch von allen Autoren hingewiesen.

### **Dank**

Für weiterführende Informationen und Anregungen danken die Autoren den Mitarbeitern des Archivs der Universität Wien, den Herren Univ. Doz. Mag. Dr. Johannes Seidl und MMag. Martin Georg Enne. Frau Mag. Andrea Christine Kourgli, Abteilung Bibliotheken, Naturhistorisches Museum Wien, und den Herren Prof. Mag. Dr. Manfred Wildner und Ing. Wolfgang Zirbs (Institut für Mineralogie und Kristallographie, Universität Wien) sei für wertvolle Anregungen und ihre technische Hilfe Dank ausgesprochen.

### **Literatur**

- Becke, Friedrich (1892): Petrographische Studien am Tonalit der Rieserferner. – Tschermak's mineralogische und petrographische Mittheilungen 13, 379-464 (Speziell Seiten 386-387).
- Becke, Friedrich (1893): Über die Bestimmbarkeit der Gesteinsgemengtheile, besonders der Plagioklase auf Grund ihres Lichtbrechungsvermögens. – Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, CII. Band. Abtheilung 1, 358-377.
- Becke, Friedrich (1913): Optische Untersuchungsmethoden. – Denkschrift der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. Band 75, 55-95 (Speziell Seite 57).
- Burri, Conrad (1950): Das Polarisationsmikroskop. – Verlag Birkhäuser Basel (Speziell Seite 220).
- Cernajsek, Tilfried (1999): Schuster Max (Maximilian Joseph). – Österreichisches Biographisches Lexikon 1815-1950; XI. Band, 395.
- Cornu, Marie Alfred (1881): Note sur l'emploi des compensateurs. – Bullétin de la Société Minéralogique de France, Band 6, 1. 15. 135.
- Gabler, Franz (1952): Becke-Linie, Schneiderhöhn-Linie und Phasenkontrast. – Neues Jahrbuch für Mineralogie, Monatshefte, Jg. 1952, 253-256.
- Goldschmidt, Victor Moritz (1931/32): Friedrich Becke. – Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Geschäftliche Mitteilungen 1931/32.
- Grabham, George Walter (1910): An improved form of petrological microscope: with some general notes on the illumination of microscopic objects. – The Mineralogical Magazine and Journal of the Mineralogical Society 15, 335-349.

- Hamilton, Margret (2009a): Der Einfluss Friedrich Johann Karl Beckes auf die Entwicklung der Erdwissenschaften an der Universität Wien. – 10. Internationales Symposium Geo- und Montanwissenschaften Freiberg 2009. 34-43.
- Hamilton, Margret (2009b): Friedrich Johann Karl Becke als akademischer Lehrer am mineralogisch-petrographischen Institut an der Universität Wien von 1898-1927. – Berichte der Geologischen Bundesanstalt 45, 12-15.
- Hamilton, Margret (2013a): The Notebooks require 1,25 running meters. An overview of the records from Friedrich Becke (1855-1931). – Berichte der Geologischen Bundesanstalt 101, 47-49.
- Hamilton, Margret (2013b): Notizbücher von 1,25 Laufmeter. Die Aufzeichnungen von Friedrich Becke (1855-1831). – Berichte der Geologischen Bundesanstalt 103, 17-23.
- Hamilton, Margret (2015): Die persönlichen und handschriftlichen Aufzeichnungen des Mineralogen und Petrographen Friedrich (Johann Karl) Becke (1855-1931) im westlichen Tauernfenster zwischen 1893-1903. – 13th International Symposium/13. „Erbe“-Symposium 15th – 20th June Banská Štiavnica, Slovakia, 72-74.
- Hammer, Vera, M. F. & Pertlik, Franz (2001): Ein Beitrag zur Geschichte des Vereines „Wiener Mineralogische Gesellschaft“ (27. März 1901 – 24. November 1947). – Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft 146, 407-416.
- Hammer, Vera, M. F. & Pertlik, Franz (2009): Das wissenschaftliche Erbe von Gustav Tschermak-Seysenegg (1836-1927): Eine Zusammenstellung biographischer Daten seiner Doktoranden. – Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft 155, 189-230.
- Maschke, Otto (1872): Ueber Ausscheidung krystallisierter Kieselsäure aus wässrigen Lösungen. – Annalen der Physik und Chemie; Hrsgb. Poggendorff; 145, 549-578.
- Maschke, Otto (1880): Ueber eine mikroskopische Methode zur Unterscheidung fester Substanzen. – Annalen der Physik und Chemie; Hrsgb. Wiedemann; 247, Heft 12, 722-734.
- Salomon, Wilhelm (1896): Ueber die Berechnung des variablen Werthes der Lichtbrechung in beliebig orientierten Schnitten optisch einaxiger Mineralien von bekannter Licht- und Doppelbrechung. – Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie 26, 178-187 (Referiert in Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie. Jahrgang 1897, II. Band, Seite 248).
- Schlossmacher, Karl Heinrich (1914): Zur Erklärung der Becke'schen Linie. – Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläotologie, Jg. 1914, 75-79.
- Scholler, Hubert (1954): Die Becke'sche Lichtlinie. – Notring Almanach. Hrsgb.: Notring der wissenschaftlichen Verbände Österreichs. Seite 99.
- Schuster, Maximilian Joseph (1882a): Ueber die optische Orientierung der Plagioklase. – Dissertation, Universität Wien, approbiert am 20. Jänner 1882.
- Schuster, Maximilian Joseph (1882b): Abhandlung über die optische Orientierung der Plagioklase, nebst zwei kleineren Abhandlungen mineralogischen Inhalts. – Habilitationsschrift, Universität Wien, eingereicht am 17. April 1882.
- Spangenberg, Kurt Friedrich (1922): Die Becke'sche Methode. – In: Kristallographie. Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie 7, 4-64 (Speziell 34-56).
- Tertsch, Hermann (1949): Die Beckesche Lichtlinie. – Mikroskopie. Zentralblatt für mikroskopische Forschung und Methodik 4, 296-307 (ohne Angaben zu weiterführender Literatur).
- Tertsch, Hermann (1956): Erinnerungen an Friedrich Becke. – Mitteilungen der Österreichischen Mineralogischen Gesellschaft; Sonderheft 4, 3-22.
- Viola, Carlo Ferdinando Maria (1899): Ueber einige im mineralogischen Institute zu München ausgeführte Untersuchungen. – Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie 30, 417-442.



Wieseneder, Hans (1962): Friedrich Becke und sein Lebenswerk. – Fortschritte der Mineralogie 60, 45-55.  
Wright, Frederic Eugene (1911): The methods oft petrographic-microscopic research. Their relative accuracy and range of application. – Carnegie Institution of Washington, Washington D. C. (Speziell 92-98).

received: 29.01.2016  
accepted: 07.04.2016