

Ueber das Krystallgefüge des Meteoreisens.

Von

G. Linck

in Strassburg i. E.

Tschermak¹⁾ und Brezina²⁾ haben das Meteoreisen mit Rücksicht auf das Krystallgefüge in drei Gruppen eingetheilt:

Die erste Gruppe umfasst diejenigen Eisen, welche einen schaligen Aufbau nach dem Oktaëder zeigen. Sie heissen »oktaëdrische Eisen«.

Die zweite Gruppe, welche man unter dem Namen »hexaëdrische Eisen« zusammenfasst, sind charakterisirt durch einheitlich das ganze Individuum durchsetzende Spaltbarkeit.

In der dritten Gruppe endlich sind diejenigen Eisen vereinigt, deren Structur eine scheinbar unregelmässig feinkörnige ist und an deren einzelnen Körnern man weder die Eigenschaften der ersten, noch die der zweiten Gruppe nachweisen kann.

Die Eisen der ersten Gruppe zeigen auf einer polirten und ungeätzten Schnittfläche die Widmanstätten'schen Figuren, die der zweiten Gruppe dagegen, wenigstens theilweise, die sogenannten Neumann'schen Linien. Die erstere Erscheinung wird erklärt durch den schaligen Aufbau nach dem Oktaëder, während die Neumann'schen Linien nach den Untersuchungen Neumann's³⁾ und nach meinen⁴⁾ eigenen Mittheilungen von Zwillinglamellen herrühren, welche parallel $2O_2 \{112\}$ und wahrscheinlich symmetrisch nach $O \{111\}$ oder $2O_2 \{112\}$ eingelagert sind.

Eine weitere bekannte Eigenschaft geätzter Schnittflächen dieser beiden Gruppen ist der orientirte Schimmer, welcher theils als eine Folge von Aetzfiguren⁵⁾, theils als eine Folge der leichteren Löslichkeit der Zwillinglamellen⁶⁾ angesehen wurde. Bei dem oktaëdrischen Eisen sind nicht alle Lamellen mit Bezug auf diesen orientirten Schimmer parallel gestellt, und dies erschien mir ein Hinweis, dass diese Lamellen auch nicht krystallographisch gleich orientirt seien. Dem Nachweise dieser Ansicht mögen die folgenden Zeilen in erster Linie dienen.

1) G. Tschermak, Die Meteoriten des k. k. mineralogischen Museums am 1. October 1872.

2) Aristides Brezina, Die Meteoritensammlung des k. k. mineralogischen Hofmuseums in Wien am 1. Mai 1885. Jahrbuch der k. k. geolog. Reichsanstalt, 1885, Bd. 35.

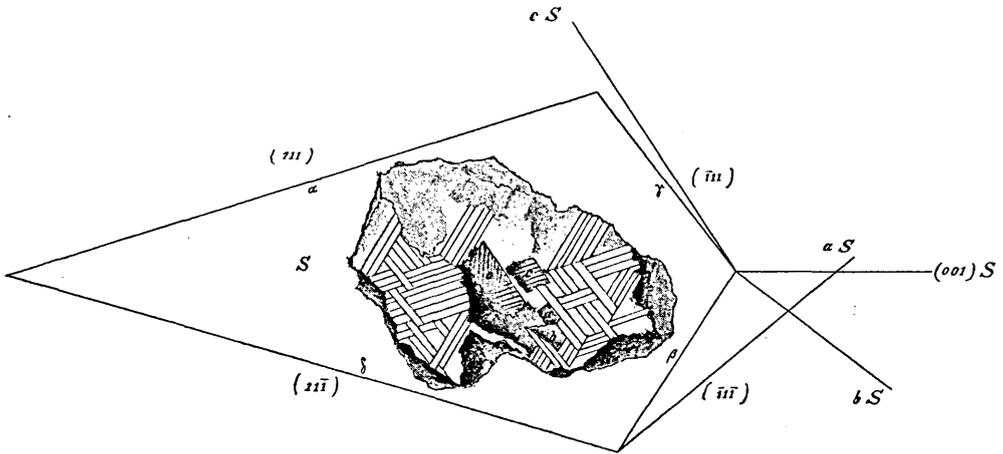
3) J. G. Neumann, Ueber die krystallinische Structur des Meteoreisens von Braunau. Naturwiss. Abhandl. von W. Haidinger, 3, 2, Wien 1849.

4) G. Linck, Ueber die Zwillingbildung und den orientirten Schimmer am gediegen Eisen. Groth's Zeitschr. für Krystallographie, 1892, XX, 209 ff.

5) Vgl. auch Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie, 3. Aufl., 1888, neben anderen Abhandlungen über Meteoreisen.

6) G. Linck, l. c.

Wenn wir von dem Aufbau des oktaëdrischen Eisens reden, so muss man zuvörderst des Freiherrn v. Reichenbach¹⁾ gedenken, welcher diesen Bau eingehend studirte und dabei eine überraschende Feinheit der Beobachtung an den Tag legte. In seiner Abhandlung »Ueber das innere Gefüge der näheren Bestandtheile des Meteor-eisens« sind diese Beobachtungen niedergelegt. Ich entnehme denselben, als wichtig für die vorliegenden Untersuchungen, Folgendes: »Das oktaëdrische Eisen besteht aus der Trias von Kamacit, Bandeisen und Fülleisen.« »Der Kamacit ist das vorherrschende Glied und erscheint in stabartigen Krystallbildungen.« »Das Balkeneisen (hier allein betrachtet) entwickelt bei der Aetzung Linien des parallelen geradlinigen Blätterdurchganges in Folge seiner krystallinischen Textur.« »Die geätzten Metallflächen werden den Feilenhieben einer feinen Stahlfeile oder feinen Schraffirungen von Metallplatten ähnlich.« »Sie erscheinen sich kreuzend in mehreren Systemen und wechselleuchten dann in verschiedenen Richtungen gegen das Licht.« »Krystallindividuen, denen sie zugehören,



sind bald durcheinander verflochten, bald zu Zwillingskrystallen ineinander verwachsen.« »Die Balken des Kamacits kreuzen sich unter Winkeln, die dem Oktaëder entsprechen.« Diese Verhältnisse werden ausführlich erklärt und durch Abbildungen wiedergegeben.

Nach G. Rose²⁾ besteht die Eigenthümlichkeit des Aufbaues des oktaëdrischen Eisens darin, »dass das Eisen in Form des Oktaëders aus lauter übereinander liegenden Schalen parallel den Flächen des Oktaëders zusammengesetzt erscheint«, zwischen denen sich dünne Blättchen von Taenit, ähnlich wie beim Kapfenquarze Eisenoxyd, befinden. Auch den orientirten Schimmer bespricht Rose und sagt: »Zuweilen haben aber nebeneinander und auch auf angrenzenden Schnittflächen ganz gleich gelegene Schalen ganz verschieden liegende Aetzungslinien«, und weiterhin spricht er die Vermuthung aus, dass diesem orientirten Schimmer eine Gesetzmässigkeit (auch beim Eisen von Seeläsgen) zukomme.

Der Standpunkt Rose's dürfte wohl heute der allgemein angenommene sein, ohne dass Jemand weiter die durch den orientirten Schimmer angedeutete Gesetzmässigkeit untersucht oder gewürdigt hätte.

¹⁾ v. Reichenbach, Ueber das innere Gefüge der näheren Bestandtheile des Meteor-eisens. Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, CXIV, 1861, 99 ff.

²⁾ G. Rose, Beschreibung und Eintheilung der Meteoriten auf Grund der Sammlung im mineralogischen Museum zu Berlin. Abhandl. der k. Akademie der Wissensch. zu Berlin, 1863.

Die hiesige Sammlung besitzt ein Stück Tolucaeisen, welches die von Reichenbach und Rose erwähnten Eigenschaften zeigt. Ausserdem ist aber auf der Schnittfläche eine Vertiefung vorhanden, welche, offenbar in Folge von Bruch entstanden, eine grössere Anzahl von Spaltungsflächen des Eisens, sowie einzelne mit einer dünnen Hülle von Taenit bedeckte Absonderungsflächen nach dem Oktaëder erkennen lässt. Die Figur zeigt die Platte in zwei Drittel natürlicher Grösse mit der allerdings schematisirten Beschaffenheit der Oberfläche.

Durch die goniometrische Messung der Winkel zwischen solchen Spaltungsflächen und der Oktaëderfläche, beziehungsweise der Schnittfläche, hoffte ich, den durch den orientirten Schimmer der Lamellen angedeuteten gesetzmässigen Bau des Eisens ergründen zu können. Diese Hoffnung erfüllte sich in der That.

Zwei Spaltungsflächen (a und b der Figur) wurden, als besonders gross und gut spiegelnd, ausgewählt und der Winkel zwischen beiden bei recht guten Reflexen zu $38^{\circ} 58'$ bestimmt. Ferner wurden die Winkel gemessen zwischen diesen beiden Flächen und der Schnittfläche (S) und gefunden:

$$a : S = 24^{\circ} 18'$$

$$b : S = 20^{\circ} 51'$$

Da die Spaltungsflächen doch zweifellos Würfelflächen sind — was übrigens auch durch die auf denselben auftretenden, senkrecht zu einander stehenden Spaltungstracen bestätigt wird — und da ferner Zwillingsbildung nach $O \{111\}$ bei dem Eisen gewöhnlich zu sein scheint, so dürfte es nicht unberechtigt erscheinen, anzunehmen, dass die beiden Spaltungsflächen, von denen ich ausging, zwei derartigen in Zwillingsstellung befindlichen Krystallen angehören. Es seien an den ersten Krystall $\{111\}$ zwei andere angewachsen, derart, dass der zweite mit dem ersten die Fläche (111) , der dritte mit dem ersten die Fläche $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ gemeinsam hat, so bilden die Würfelflächen $a = (001)$ und $b = (\bar{0}\bar{0}\bar{1})$ miteinander einen spitzen Winkel von $38^{\circ} 56'$, während $38^{\circ} 58'$ gefunden wurde. Also können a und b den genannten Flächen entsprechen.

Mit Hilfe der Winkel $(001) : (\bar{0}\bar{0}\bar{1}) = 38^{\circ} 58'$ und $(001) : S = 24^{\circ} 18'$ und in Betracht, dass die Flächen (001) und $(\bar{0}\bar{0}\bar{1})$ mit Bezug auf (110) symmetrisch liegen, ergibt sich für die Lage der Schnittfläche S

$$(001) : S = 88^{\circ} 6'$$

$$(110) : S = 11^{\circ} 46'$$

Dabei kommt S in den Oktanten (111) zu liegen, und man findet als Parameterverhältniss für diese Fläche $1,52 a : a : 25,17 a$ und die Indices $(50 \cdot 75 \cdot 3)$. Durch Rückberechnung findet man den Winkel $b (\bar{0}\bar{0}\bar{1}) : S = 21^{\circ} 2'$, was von dem gemessenen Werthe $20^{\circ} 51'$ unerheblich abweicht.

Nachdem die Lage der Schnittfläche bekannt ist, lassen sich weiter die Winkel zwischen den Tracen berechnen, welche die Oktaëderflächen (111) (α), $(1\bar{1}\bar{1})$ (δ), $(\bar{1}\bar{1}1)$ (γ) und $(11\bar{1})$ (β) auf der Schnittfläche bilden. Es ergeben sich so

$$\sphericalangle \alpha \gamma = 109^{\circ} 31'$$

$$\gamma \beta = 107 \quad 49$$

$$\beta \delta = 110 \quad 51$$

$$\alpha \delta = 31 \quad 49$$

$$360^{\circ}$$

Die Tracen würden demnach dem auf der Figur eingezeichneten, durch die Linien $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ begrenzten Trapeze entsprechen. Thatsächlich sind auf der geätzten Schnittfläche nur drei Lamellensysteme, nämlich parallel α, β und γ vertreten, und die Winkel, welche diese miteinander bilden, stimmen sehr vollkommen mit den berechneten überein¹⁾. Die Kante $a(001) : S$ bildet nach der Berechnung mit der Kante $(001) S$ einen Winkel von $27^\circ 30'$, diejenige von $b(001) : S$ einen solchen von $38^\circ 22'$.

Ich habe jetzt noch der Absonderungsflächen c , welche mit einer dünnen Lage Taenit bedeckt sind, zu gedenken. Sie haben eine rauhe Beschaffenheit und zeigen, wie auf der Figur angedeutet, zweierlei verschieden gerichtete Ansatzspuren anderer Lamellensysteme. Die Neigung gegen die Schnittfläche konnte daher nur mit dem Anlegegoniometer bestimmt werden und ergab sich als Mittel aus vielen Messungen = etwa 24° . Nach zahlreichen Versuchen fand ich eine Fläche, welche eine ähnliche oder nahe übereinstimmende Lage und Neigung zur Schnittfläche hat. Es ist dies nämlich die Fläche $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ eines vierten Krystalles, welcher mit dem ersten die Fläche (111) gemeinsam hat. Der berechnete Winkel beträgt $24^\circ 30'$. Die Tracen der Oktaëderflächen $(\bar{1}11)$ und $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$ auf der Schnittfläche wären parallel, wenn diese letztere der Fläche (110) parallel wäre, weil (110) und $(\bar{1}\bar{1}0)$ in eine Ebene fallen. Nun hat aber die Schnittfläche eine von der genannten Rhombendodekaëderfläche wenig abweichende Lage, und der hieraus berechnete Winkel der beiden Tracen $(\bar{1}11)S$ und $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})S$ beträgt $3^\circ 37'$. An dem Stücke lässt sich eine solche Abweichung in entsprechendem Sinne auch feststellen, nur ist die Grösse des Winkels in Folge der Unebenheiten nicht sicher zu bestimmen. Sie ist scheinbar etwas grösser, als berechnet wurde.

Nach all' diesen Beobachtungen, welche so gut mit der Rechnung übereinstimmen, erscheint es über jeden Zweifel erhaben, dass der Krystallbau des sogenannten oktaëdrischen Eisens nicht einschaliger oder zonarer im gewöhnlichen Sinne des Wortes ist, sondern dass die ganze Structureigenthümlichkeit desselben auf einen polysynthetischen Zwillingsbau nach den vier Flächenpaaren des Oktaëders zurückzuführen ist. Die Oktaëderflächen sind gleichzeitig Zwillingsebenen und Verwachsungsflächen.

Wenden wir uns jetzt zu dem orientirten Schimmer, so wird auch dessen verschiedene Orientirung nicht bloß in verschiedenen Lamellensystemen, sondern auch in verschiedenen Lamellen desselben Systemes sofort klar. Die Einzelkrystalle verhalten sich jedenfalls gleich, und so muss der Schimmer in verschiedenen gelagerten Individuen des Zwillings verschiedenen Richtungen angehören.

Als Ursache für den orientirten Schimmer habe ich anderwärts²⁾ gelegentlich der Untersuchungen über die Neumann'schen Linien am Eisen eben diese Linien oder vielmehr die Flächen von $2O_2 \{112\}$ genannt, nach welchen die Zwillingslamellen eingelagert sind, und ich setzte mich dort ausdrücklich in Gegensatz zu den Angaben Tschermak's, nach welchem der orientirte Schimmer durch die wahrscheinlich dem Würfel angehörigen Aetzgrübchen hervorgebracht wird. Ich bekenne gerne, dass ich mich damals wenigstens in einem theilweisen Irrthum befand, insofern ich mich bei der Untersuchung der oktaëdrischen Eisen überzeugt habe, dass der orientirte Schimmer thatsächlich auch von Aetzgrübchen herrühren kann. Auf den Würfelflächen selbst kann der Schimmer nur wenig intensiv sein, weil die reflectirenden Flächen der

1) Die Uebereinstimmung wurde festgestellt durch Ausschneiden der betreffenden Winkel aus Papier und Auflegen auf die Schnittfläche. Ich halte diese Methode für genauer als das directe Messen dieser ebenen Winkel.

2) G. Linck, I. c.

Aetzgrübchen dem Würfel angehören und daher steil gegen die Würfeloberfläche geneigt sind. Der orientirte Schimmer kann somit zweierlei Ursache haben: er kann bedingt sein durch Aetzgrübchen oder durch Neumann'sche Linien.

Ist so die Uebereinstimmung zwischen dem Einzelkrystall des oktaëdrischen Eisens und dem hexaëdrischen Eisen eine vollständige, so kann es nicht überraschen, wenn ich die Angaben von G. Rose¹⁾ bestätige, wonach eine Reihe von oktaëdrischen Eisen — ich nenne Bemdego, Youndegin, Seeläsgen — innerhalb der einzelnen Lamellen Neumann'sche Linien zeigen, deren Tracen nun natürlich ebenfalls in verschiedenen Lamellen verschieden liegen müssen, entsprechend der Zwillingbildung. Das Gesamtbild dieser Linien ist deshalb ein sehr verworrenes, scheinbar regelloses und darum kann es nicht Wunder nehmen, dass man die obige Bedeutung dieser Linien nicht anerkennen wollte.

Wie aber die Uebereinstimmung in krystallographischer Beziehung zwischen den beiden Gruppen von Meteoreisen eine vollständige ist, so ist sie es nach den Untersuchungen von Cohen²⁾ auch in chemischer Beziehung, indem Kamacit, Plessit und hexaëdrisches Eisen die gleiche Zusammensetzung haben. Daraus ziehe ich denn, wohl mit Recht, den Schluss, dass die Krystallisation des Meteoreisens sich in einer von der seitherigen Anschauung verschiedenen Weise vollzogen hat. Der Taenit hat eine wechselnde chemische Zusammensetzung und umhüllt die Einzelkrystalle des oktaëdrischen Eisens sackartig (Reichenbach), somit liegt bei ihm keine Skelettbildung vor, er stellt nicht das Netz dar, innerhalb dessen der Kamacit erstarrt ist, vielmehr ist der Kamacit zuerst krystallisirt und der Taenit ist der Mutterlaugenrest³⁾, in welchem sich das überschüssige Nickel angesammelt hat. Die Einzelkrystalle sind begrenzt von den Flächen des Oktaëders, und auf ihnen sammelt sich der Mutterlaugenrest, ähnlich dem Prozesse, wie er sich bei vielen oder allen Krystallbildungen vollzieht. Ist kein überschüssiges Nickel vorhanden, so erstarrt ein einheitlicher Krystall. Somit könnte in dem nickelreichen Rest, beziehungsweise in der dadurch hervorgerufenen Theilung des Magmas die Ursache für die polysynthetische Zwillingbildung gefunden werden. Der Unterschied der »oktaëdrischen« und der »hexaëdrischen Eisen« wäre demnach nur durch die Verschiedenheit in der aus der Bausch-analyse sich ergebenden chemischen Zusammensetzung bedingt.

1) G. Rose, l. c.

2) Cohen und Weinschenk; Cohen, Meteoreisenstudien, I und II. Diese Annalen, 1891, VI, und 1892, VII.

3) Dieser Vorgang ist mit Rücksicht auf die Schmelzpunkte von Taenit und Kamacit nicht als Saigerung, sondern als chemische Differenzirung aufzufassen.