

## Über die Entstehung des Magneteisenerzes vom Schwarzen Krux bei Schmiedefeld im Thüringer Wald (Kreis Schleusingen).

Von Dr. Bruno v. Freyberg.

Der einst so rege Bergbau im Thüringer Wald liegt heute fast ganz darnieder. Nur wenige reichhaltigere Lagerstätten werden noch jetzt abgebaut. Zu ihnen gehört das Magneteisenerzvorkommen vom Schwarzen Krux bei Schmiedefeld. Der Beginn des Bergbaues reicht hier bis in das 10. Jahrhundert zurück. Mit wechselndem Erfolg hielt er bis ins 19. Jahrhundert hinein an und erlag dann aus Ursachen, die mehr in der Mangelhaftigkeit der technischen Einrichtungen und in der Abgelegenheit vom Eisenbahnnetz als in der geringen Bauwürdigkeit der Erze begründet waren. Während des Krieges wurde die Förderung wieder aufgenommen, und sie wird bald größeren Umfang annehmen, da Güte und Menge des Erzes nicht unbedeutend zu sein scheinen.

Die Grundlage für die Beurteilung einer Lagerstätte und für die Abschätzung ihrer Vorräte bildet zweifellos die Kenntnis ihrer Genese. Über die Entstehung des Magneteisens vom Schwarzen Krux sind die Vorstellungen noch sehr unklar, da durch das Stillliegen des Betriebes in den letzten Jahrzehnten eine Untersuchung der Lagerstätte nach den Gesichtspunkten moderner Forschung nicht möglich war. Als nun der Verfasser zu Beginn des Jahres 1920 in Schmiedefeld war, konnte die Gelegenheit benutzt und ein Befahren der gegenwärtig zugänglichen Schächte und Stollen vorgenommen werden. Dabei wurden Beobachtungen gemacht, die neue bestimmte Gesichtspunkte für die Beurteilung der Lagerstätte zu eröffnen geeignet sind und daher kurz mitgeteilt werden sollen.

Wenn man von Schmiedefeld aus die Straße nach Suhl einschlägt, so kreuzt man gleich hinter dem Ort einen Bergrücken, der im Westen vom Vesserer Grund begrenzt wird und sich südlich bis zum Dorf Vesser herabzieht: den Eisenberg. Hier liegen an einer Stelle, an der die cambrischen Schiefer von Granit durchbrochen wurden, die Erzgruben des schwarzen, roten und gelben Krux, deren Bezeichnung von dem geförderten Material (Magneteisen, Roteisen, Schwefelkies) herrührt. Der Granit hat die cambrischen Schiefer in weitgehendem Maße kontaktmetamorph verändert, doch wird die präpermische Landoberfläche derart vom Rotliegenden verdeckt, daß der Kontakthof nur zum kleinsten Teile der Beobachtung zugänglich ist. Der erodierenden Tätigkeit von Nahe und Vesser mit ihren Nebenflüssen haben wir es zu danken, daß wenigstens im südöstlichen Teil die präpermische Schichtfolge in breiter Fläche erschlossen wurde. Nähert man sich von Südosten diesem Fenster in den Gehrener Schichten, so trifft man zunächst auf mächtige Tonschiefer<sup>1)</sup>, die im östlichen Thüringer Wald eine weite Verbreitung besitzen und zum Cambrium gestellt werden. Sie sind grau gefärbt, gut spaltbar, manchmal faserig struiert, und nehmen oft phyllitisches Aussehen an. In ihnen finden sich mancherlei Einlagerungen. Uns interessiert hier nur ein Lager von Kalk, das Scheibe<sup>2)</sup> auf dem Hunsrück (zwischen Dillersgrund und Nahetal) festgestellt hat. Es ist ein „marmorähnlicher, körniger, lichtgrauer Kalk mit Braunspattrümmern, die Schwefelkies führen“. Die nahe aneinander liegenden Kalklinsen wurden bis drei Meter Mächtigkeit erschürft, reichen aber noch weiter. Nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Geheimrat

1) Vgl. für das Folgende das Übersichtskärtchen (Abb. 50), dem als Grundlage die den Erläuterungen zu Blatt Schleusingen und Suhl beigegebene Karte diente. Das Rotliegende wurde abgedeckt.

2) Erläuterungen Blatt Schleusingen, S. 14.

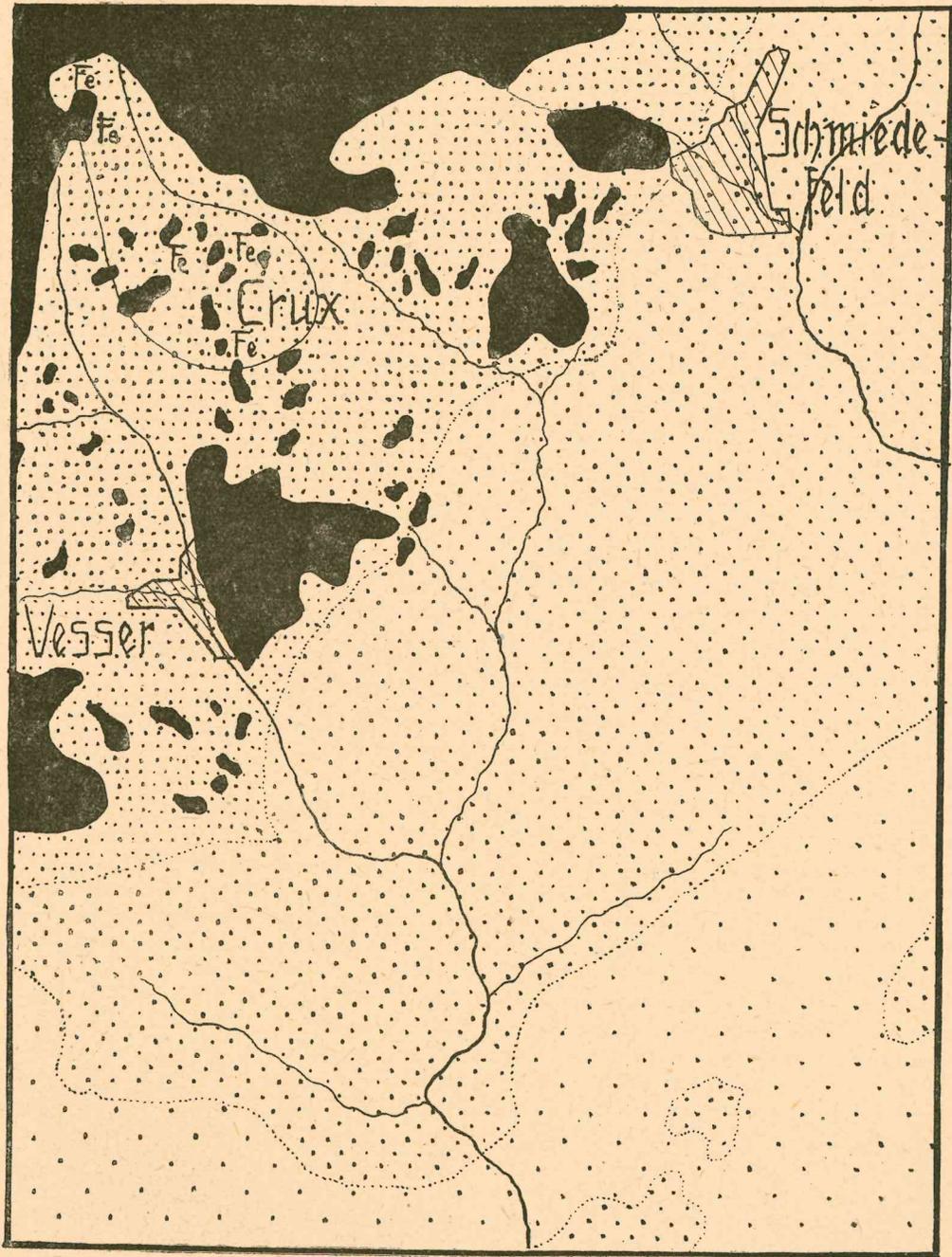
Johannes Walther war vor mehreren Jahren an dem Wege, der auf dem Höhenrücken südlich Schmiedefeld parallel dem Nahetale verläuft (sogenannter I-Weg), vorübergehend ein ähnliches Lager erschlossen. In der Dünnschliffsammlung des Mineralogischen Institutes in Halle befindet sich ein Präparat mit der Aufschrift: Kalkstein, Neuwerk bei Schmiedefeld. Es kann sich nur um eine cambrische Einlagerung handeln. (K. v. Fritsch hatte ja als erster die Gegend kartiert.) Der Schliff zeigt große Kalkspatkristalle mit zahlreichen Zwillingslamellen, dazwischen Zonen mit kataklastischer Struktur, die auf Pressung hindeuten. Der Kalk muß aus der Kontaktzone stammen. Es finden sich Stellen, an denen lokal gehäuft kleine Epidote in Menge auftreten, während die Hauptmasse frei davon ist. Eingestreut liegen Würfel von Pyrit. Die Epidot führenden Partien zeigen faserige Struktur und setzen mit scharfer Grenze gegen die grobkristalline Masse ab, die sie umgrenzen kann. — Auf die Kalke wird später zurückzukommen sein.

Jenseits einer Linie, die ungefähr durch den Hüttschebach und dessen Verlängerung gegeben ist, nehmen die Schiefer ein anderes Aussehen an. Sie werden fester, klingen beim Zerschlagen und besitzen unregelmäßigen Bruch. Die Spaltbarkeit nach der Schichtung verschwindet. Das Gewebe wird mehr oder weniger dicht, die Farbe meist dunkel. Da diese Schiefer an den Kanten häufig durchscheinen, wurden sie von den kartierenden Geologen Hornschiefer genannt. Sie nehmen einen etwa  $1\frac{1}{2}$  km breiten Streifen ein. Noch stärker wird die Umwandlung, wenn wir dicht an den Granitstock herantreten. Die hier vorkommenden Gesteine werden unter dem Namen „Glimmerfelse“ zusammengefaßt, eine Bezeichnung, die den steten Wechsel in der Intensität und Mannigfaltigkeit der Umwandlung auch nicht annähernd wiedergibt. Die auftretenden Mineralien: Biotit, Muskowit, Quarz, Andalusit, Feldspat, Granat, Cordierit, Turmalin, Sillimanit, ermöglichen die verschiedenartigsten Kombinationen bei wechselndem Mengenverhältnis, und so lassen sich eine Reihe von Gesteinstypen nebeneinander stellen, die jedoch durch Übergänge unter sich verbunden sind. Ein Teil dieser Typen ist von Schlegel<sup>1)</sup> beschrieben worden. In den Glimmerfelsen findet sich nun Schwefelkies und Roteisen. Der Schwefelkies erscheint in feinen Gängen oder eingesprengt und stellt nur lokale unbedeutende Anreicherungen dar. Viel wichtiger ist das Roteisen. Es ist für die bisherigen Anschauungen über die Entstehung des Magneteisens von so grundlegender Bedeutung gewesen, daß zunächst die Frage nach dem Alter und der Entstehung des Roteisens diskutiert werden muß. Schlegel<sup>2)</sup> zieht aus der Tatsache, daß heute in unmittelbarer Nähe des Schwarzen Kruxes Roteisen gefördert werden kann, den kühnen Schluß, daß vor dem Auftreten des Granits in dem unveränderten Tonschiefer ein Roteisensteinlager gelegen hat, welches zum Teil durch den Kontakt des Magmas in Magneteisen umgewandelt wurde. Die naheliegende Vermutung, daß das Roteisen gleichzeitig mit dem Magneteisen unmittelbar aus dem Magma, das eine ursprünglich in gasförmigem, das andere in glutflüssigem Zustande, abgeschieden wurde, oder daß nach Entstehung des Magneteisens sich Sickerwässer mit Eisengehalt beladen und denselben in der Umgebung als Roteisen wieder abgesetzt haben, wird nicht erörtert. Und doch hat sie manches für sich.

In Thüringen wird eine Fläche von rund 1300 qkm von cambrischen Schiefen eingenommen. In diesem ganzen Gebiet finden sich nirgends Anreicherungen von Roteisen. Tritt man den Ansichten Schlegels bei, so wäre am Krux die

1) H. Schlegel, Das Magneteisenerzlager vom Schwarzen Krux bei Schmiedefeld im Thüringer Wald. Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft 1902.

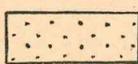
2) A. a. O. S. 50.



Granit.



Glimmerfels.



Hornfels.



Tonschiefer.

Abb. 50.

einzigste Stelle gewesen, an der zur Zeit der Granitintrusion Roteisensteinlager den cambrischen Schiefen eingeschaltet waren. Es kann dann nur dem Spiel des Zufalls zugeschrieben werden, daß sich der Granit beim Aufdringen gerade diesen Raum, der heute durch eine Fläche von kaum 3 qkm dargestellt wird, ausgesucht hat, nur um das Roteisen in Magneteisen umzuwandeln. Gegen die Schlegelsche Auffassung sprechen aber auch direkte Beobachtungen. An einer gerade im Abbau befindlichen Stelle stand eine Schieferscholle aufrecht im Magneteisen. Die Scholle maß, soweit sie freigelegt war, etwa  $3 \times 5$  m in der Fläche bei einer Mächtigkeit von 30—50 cm. Abb. 51 stellt sie im Querprofil dar. Die Flächenbegrenzung ging der noch sichtbaren Schichtung parallel, nach unten lief die Scholle schmal aus. Der tiefste Rand war zum größten Teil bereits abgebaut, der Verlauf nach oben aber noch nicht freigelegt. Die Grenze zum Magneteisen verlief äußerst scharf, während kleinere, rings vom Erz umschlossene Schollen fast ganz eingeschmolzen waren. Die mikroskopische Untersuchung der aufrechtstehenden Scholle hatte folgendes Ergebnis:

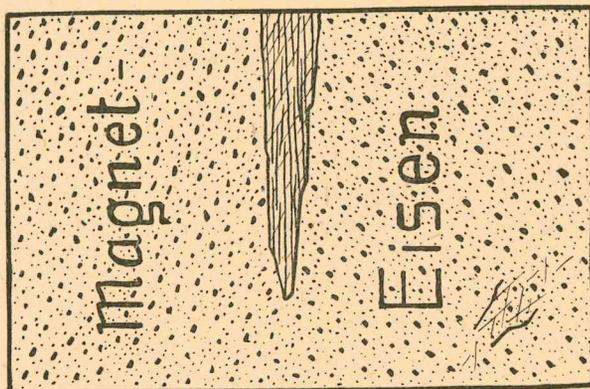


Abb. 51.

Das Gestein setzt sich hauptsächlich aus Biotit und Quarz zusammen. Die bereits makroskopisch sichtbare parallele Anordnung der Mineralien wird schon bei schwacher Vergrößerung deutlich. Es zeigen sich abwechselnd Züge von vorherrschendem Quarz und solche von vorherrschendem Biotit, der Quarz verschwindet in manchen Schlieren gänzlich.

Der Biotit erscheint in helizitischer Anordnung, der Quarz ist regellos orientiert. Die Biotitkristalle sind frisch erhalten. Eingestreut unter die Kristalle von Quarz sowohl wie von Biotit findet sich Zirkon in kleinen Körnchen, die sich stellenweise häufen und unter gekreuzten Nicols durch ihre starken Interferenzfarben auffallen. Das Gestein wird von feinen parallel verlaufenden Haarspalten durchzogen, die von Quarz ausgefüllt sind. Es fehlt jede Spur von Magnetit. Hier liegt ein durch Kontaktmetamorphose umgewandelter kambrischer Schiefer vor, der sich als völlig eisenfreier Biotithornfels erweist. Wie ordnet sich dieser Befund in die Schlegelsche Beweisführung ein? Wenn hier ursprünglich ein Roteisensteinlager vorhanden gewesen wäre mit derart hohem Eisengehalt, daß daraus ein so hochwertiges Magneteisen entstehen konnte, so konnte keinesfalls in diesem Roteisensteinlager, für das wir eine Entstehung auf wässrigem Wege annehmen müßten, eine so scharf begrenzte völlig eisenfreie Scholle liegen. Das Auftreten erweckt ganz den Eindruck, als sei von aufdringendem Magma der Schiefer aufgeblättert und die entstandenen kleineren Stücken eingeschmolzen worden, während größere Platten kontaktmetamorph verändert wurden und als kühlere Partien im Magma die Abscheidung der basischen Bestandteile beschleunigten.

Von größter Wichtigkeit ist ferner die Art und Weise, wie das Roteisen dem Schiefer eingelagert ist. Nach der Schlegelschen Auffassung dürfte in der Nähe des Granits nur Magneteisen auftreten, das Roteisen müßte sich entfernter vom Granit halten. Die Stollen, an denen früher Roteisen gewonnen wurde, konnten gegenwärtig leider nicht befahren werden. Es wurden daher die im

Oberbergamt in Halle liegenden Betriebsakten der vereinigten Krux-Zechen einer genauen Durchsicht unterzogen<sup>1)</sup>, um Aufschluß über die Lagerungsverhältnisse zu bekommen. Es verdienen hier besonders die von dem Berggeschworenen Spengler verfaßten Befahrungsprotokolle hervorgehoben zu werden, die von guter Beobachtung zeugen und sich durch eine für damalige Zeit sehr scharfe Formulierung der Tatsachen auszeichnen. Es sollen daher einige für uns besonders wichtige Feststellungen angeführt werden.

Befahrungsprotokoll pro 1854/55. „... der Roteisenstein kommt teils gangartig zwischen Porphyry und Granit (Neue Hoffnung), teils in nester- und lagerartigen Partien an Klüften in Granit, in Begleitung von Glimmerschiefer vor, im ganzen aber in geringeren Massen als der Magneteisenstein.

... der Roteisenstein kommt hier (Gloriaschacht II) zwischen Kegeln und Rücken von Granit vor und ist häufig in Glimmerschiefer, der stark mit Eisenoxyd angereichert erscheint, eingehüllt; übrigens aber hängt sein Vorkommen auch von Klüften ab, die das Gestein nach allen Richtungen hin zersetzen.“

Befahrungsprotokoll 1856/57. „Im Gloriaschacht II tritt Roteisen in dem glimmerreichen granitischen Gestein auf, das sehr zerklüftet und in der Nähe der Porphyrgrenze erscheint.“

Betriebsbericht I. Quartal 1857. „In den beiden letzten Lohnungen wurde von dem Querschlag aus, womit man östlich vom Gloriaschachte II die Gebirgsscheide zwischen Granit und Glimmerschiefer und Porphyry angefahren hat, mit einem Orte auf dieser Scheidung, die Stunde 10—11 streicht und unter 75—80° östlich fällt, 8¼ Lachter lang, östlich südöstlich aufgefahren, um Roteisensteinmittel aufzusuchen. Die Scheidung selbst führt einen ⅔—½ Lachter mächtigen Besteg von roten Letten mit Brocken von Roteisenstein, Flußspat, Granit, Glimmerschiefer und Porphyry, während auch der im Liegenden vorkommende Glimmerschiefer kleine Partien und Trümer von Roteisenstein führt. In der letzten Zeit erreichte man mit diesem Orte ein etwas größeres Eisensteinmittel von ½ Lachter Mächtigkeit, worin außer Flußspat auch Kalkspat vorkommt.“

Betriebsbericht II. Quartal 1857. „Der westliche Querschlag vom Gloriaschacht II traf Roteisenstein an einer Klüft.“

Befahrungsprotokoll 1857/58. „Das Vorkommen von Roteisenstein ist mehr auf die Gebirgsscheide zwischen Granit und Porphyry<sup>2)</sup> beschränkt und von Klüften abhängig, die den in der Nähe des Porphyrys gewöhnlich glimmerigen und Glimmerschiefer-führenden Granit nach allen Richtungen hin durchsetzen. Dies Vorkommen ist daher ein sehr unbestimmtes, indem die einzelnen Partien von Roteisenstein teils in Nestern, teils stockwerkartig und auch gangartig in dem gewöhnlich sehr zerrütteten Granit vorkommen und von Glimmerschiefer eingefaßt sind. Je weniger Klüfte vorkommen, desto unbedeutender ist das Roteisenvorkommen, wogegen es an den Kreuzungspunkten der Klüfte oft der Gegenstand einer sehr lohnenden Gewinnung gewesen ist.“

Befahrungsprotokoll 1859/60. „Es kommt hier (in dem Stollen nördlich vom Gloriaschacht) zwischen zwei Stunde 11—12 streichenden Klüften, die nach Norden hin etwas konvergieren, beide aber östlich einfallen, und zwar die am Liegenden unter 45—50°, die am Hangenden dagegen unter 80—85°, ein aus dichtem Eisenglanz, etwas Quarz, Arragon usw. bestehende lagerartige Lagerstätte vor, welche bei der Lage der beiden Klüfte nach oben an Mächtigkeit zunimmt, während dieselbe in der Stollensohle im Durchschnitt ¾ Lachter beträgt.“

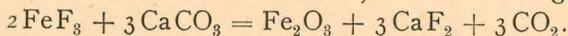
1) Herrn Berghauptmann Scharf spreche ich für die gütigst erteilte Erlaubnis zur Durchsicht der Akten meinen besten Dank aus.

2) Verwerfung.

Aus allen diesen einwandfreien Berichten geht hervor, daß der Roteisenstein auf Klüften vorkommt, die gleichzeitig den Glimmerfels und Granit durchsetzen. Er muß also jünger sein als der Granit. Das ganze Gebiet wird von einer Anzahl von Verwerfungsklüften durchzogen, die unter verschiedenem Winkel einfallen, meist jedoch nur geringe Sprunghöhe besitzen. Von einiger Bedeutung scheint nur die in den Berichten als „Gebirgsscheide zwischen Granit und Porphyrit“ bezeichnete Verwerfung zu sein. Der Granit sowohl wie das Magneteisensteinlager stoßen mit steil verlaufender scharfer Grenze nach Norden gegen den Porphyrit ab, wie auch unter Tage zu beobachten ist. Es ist unwahrscheinlich, daß hier die Eruptionsstelle des Glimmerporphyrits vorliegt, vielmehr wird die Grenze zwischen Porphyrit und Granit tektonischer Natur sein, ein Umstand, der bei der Verfolgung der Magneteisensteinlager nach Norden von Bedeutung werden kann. An allen Verwerfungsspalten findet sich das Roteisen angereichert, ohne daß sich eine Gesetzmäßigkeit in der Verteilung von Magneteisen und Roteisen erkennen ließe. Die letzt erwähnte Verwerfung muß jünger sein als der Porphyrit, das gleiche folgt daraus für die darin vorkommenden Erze. Das Roteisen erscheint demnach auf Klüften, die jünger sind als die Granitintrusion. Folglich kann das Magneteisen nicht aus dem Roteisen entstanden sein, sondern letzteres entstand, lange nachdem sich die Granitintrusion vollzogen hatte, auf Spalten und Klüften in der Nähe des Magneteisens, welches den Stoff dazu lieferte.<sup>1)</sup> Doch für einen Teil des Roteisens müssen wir andere Entstehungsursachen annehmen: für den Granateisenstein.

Dieses Gestein bildet ein Lager in unmittelbarer Nähe des Granits, also in der innersten Kontaktzone, und setzt sich hauptsächlich aus Kalkeisengranat zusammen, dessen Kristalle (Ikositetraeder, Rhombendodekaeder und Kombinationen beider Formen) in Drusenräumen vorzüglich ausgebildet sind und beträchtliche Größe erreichen können. In der Sammlung des Mineralogischen Institutes der Universität Halle liegen Kristalle von 4 bis 5 cm Durchmesser. Die Füllmasse zwischen den Granaten bildet Roteisen, eingestreut findet sich Kalkspat, der in große Stücke spaltet, Quarz, Pyrit und Flußspat. Wo der Granatfels an den Erzkörper grenzt, ist er auch von Magnetit durchsetzt. Das Gestein wurde früher abgebaut, der Eisengehalt betrug etwa 35%.

Die Entstehung der Granaten kann nur auf die oben erwähnten, dem kambrischen Schiefer eingelagerten Kalklinsen zurückgeführt werden. Die thermische Kontaktmetamorphose tritt ja am stärksten bei Mergeln und Kalken in Erscheinung. Wenn überhaupt, dann hätte das dem Granat beigemengte Roteisen hier im innersten Kontakthof in Magnetit umgewandelt werden müssen, falls es älter war als die Granitintrusion. Das ist nicht der Fall. Das Roteisen ist an dieser Stelle vielmehr ein Produkt der pneumatolytischen Kontaktmetamorphose, die sich ebenfalls bei Kalken mit besonderer Intensität äußert. Die Kalksteine absorbieren die Gase. F. v. Wolff<sup>2)</sup> führt dafür folgendes Beispiel an:



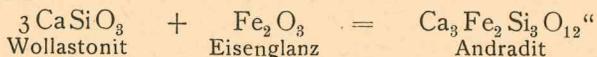
Die Kohlensäure entweicht, und es bilden sich Roteisen und Flußspat. In der Tat findet sich im Granateisenstein häufig Flußspat, wie noch vor wenigen Jahren, bevor die alten Halden abgefahren wurden, an zahlreichen Handstücken studiert werden konnte. Daß der Granateisenstein älter ist als das auf Klüften gebildete Roteisen, geht aus folgender Notiz im Befahrungsprotokoll für 1854/55

1) Auch eine Umwandlung der schmalen Gänge in Körper, die oft 10 m und mehr geringsten Durchmesser besitzen und aus reinem Erz bestehen, ließe sich nicht erklären.

2) F. v. Wolff, Der Vulkanismus. 1. Bd. Allgemeiner Teil, Stuttgart 1914, S. 243. Herrn Professor v. Wolff verdanke ich auch manchen mündlichen Hinweis auf die physikalisch-chemische Seite des Problems.

hervor: „Der Granateisenstein wird ebenfalls von Klüften durchsetzt, an denen er mild, mulmig, und mit Eisenglanzpartien vorkommt.“ Demnach ist der Granateisenstein an den Spalten nachträglich umgewandelt worden.

Vielleicht ist die Bildung der Granaten ebenfalls auf pneumatolytischen Kontakt zurückzuführen. Auch dafür gibt F. v. Wolff ein Beispiel:<sup>1)</sup> „Außer dem Eisen wird das Silicium in Form von Siliciumhalogenverbindungen, besonders von Siliciumfluoriden, abgegeben und von den Carbonatgesteinen in Kieselsäure und Kalksilicate übergeführt. Diese Stoffe treten wieder untereinander in Reaktion, wie z. B.

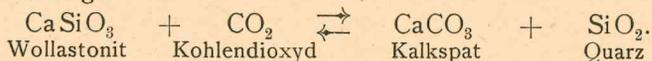


Bei der pneumatolytischen Kontaktmetamorphose zeigen die als Gase zugeführten Stoffe eine gesetzmäßige Aufeinanderfolge. Die Produkte der Gase sind nach deren abnehmender Temperatur von innen nach außen angeordnet. „Die heißesten Fumarolen sind die Cl-F-Fumarolen... dann folgen die S-, As-Fumarolen, die kiesige Erze absetzen“ (F. v. Wolff). Diese Gesetzmäßigkeit scheint auch hier vorzuliegen. Der Flußspat führende Granateisenstein findet sich in unmittelbarer Nähe des Granits. Soweit aus den Aufschlüssen zu ersehen ist, liegt der Schwefelkies des „gelben Krux“, zwischen dem Flußspat seltener vorkommt, in größerer Entfernung. Auch zeigt der umschließende Schiefer weniger starke Umwandlungserscheinungen.

Man könnte nun einwenden, daß in der ersten Phase der Eruption durch thermischen Kontakt das Roteisen in Magnetit umgewandelt wurde, und daß später durch pneumatolytische Kontaktmetamorphose, die ja nach F. v. Wolff jünger ist als die thermische, der Granateisenstein entstand. Wir müssen uns also die Frage vorlegen: ist in unserem Falle überhaupt vom chemisch-physikalischen Standpunkt aus eine Umwandlung von Roteisen in Magneteisen durch Kontaktmetamorphose möglich? Eine solche Umwandlung kann nur bei Temperaturen über 1200<sup>0</sup> stattfinden. Sie vollzieht sich nach der Gleichung:



Bei allen Temperaturen, die unter 1200<sup>0</sup> liegen, bleibt das Roteisen unverändert. In unserm Falle könnte die Dissoziation nicht eingetreten sein. Daß nämlich die Temperatur diese Höhe nicht erreicht hat, ergibt sich aus dem Vorkommen von unzersetztem Kalkspat in unmittelbarer Nähe des Granits im Granateisenstein. Die Dissoziationstemperatur des CaCO<sub>3</sub> liegt bei 910 Grad<sup>3)</sup>. Wird sie überschritten, dann bildet sich CaO + CO<sub>2</sub>. Es ergibt sich das auch aus dem Vorkommen von Kalkspat und Quarz nebeneinander im Granateisenstein. Goldschmidt<sup>4)</sup> hat durch eine Kurve (Abb. 52) die Grenze für das Bestehen beider Mineralien nebeneinander dargestellt für verschiedene Temperaturen und Drucke. Oberhalb der Kurve bildet sich Wollastonit und Kohlendioxyd nach der Umsatzgleichung:



Die Kurve bleibt weit unter der Umwandlungstemperatur von Roteisen in Magnetit. Wollastonit fehlt am Schwarzen Krux gänzlich.

1) A. a. O. S. 244.

2) Hilpert, Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 1909, Bd. 42, S. 4893.

3) Alle Angaben beziehen sich auf den Druck von 1 Atm. In unserem Falle war der Druck unter den überlastenden Deckschichten höher, doch verschieben sich dann alle Werte nach derselben Richtung, so daß ein wesentlicher Fehler nicht entstehen kann.

4) Goldschmidt, Die Gesetze der Gesteinsmetamorphose mit Beispielen aus der Geologie des südlichen Norwegen. Christiania Vedenskaps selskaps Skrifter I. Math.-naturw. Kl. Nr. 22.

Alle Beobachtungen weisen demnach darauf hin, daß das Magneteisen nicht aus Roteisen unter Einfluß des Granitkontaktes entstanden sein kann. Es bleibt nur die andere Möglichkeit, nämlich eine direkte Ausscheidung aus dem Magma. Eine solche Erklärung scheint wenig für sich zu haben. Denn eine Ausscheidung von Magneteisen aus so saurem Magma, wie es das Granitmagma darstellt, scheint unmöglich. Und doch bleibt kein anderer Ausweg.

Zunächst müssen nun die Lagerungsverhältnisse geklärt werden. Wenn das Magneteisen als magmatische Ausscheidung aufgefaßt werden soll, so kann es nicht im Schiefer liegen, sondern nur im Granit. Vor dem Einfahren richtete ich an den Obersteiger einige allgemeine Fragen über das Erzvorkommen, und die erste Antwort lautete: Das Magneteisen bildet Lager im Granit. Dies Urteil von völlig unbefangener Seite ist wertvoll und wird durch meine Beobachtungen vollauf bestätigt. Soweit mir die Aufschlüsse unter Tage zugänglich waren, konnte nirgends eine von Schiefer umschlossene Erzmasse festgestellt werden. Der Magnetit liegt in unregelmäßig begrenzten stockförmigen Massen im Granit, der Granit sowohl wie das Erz werden von jüngeren Granitgängen

durchsetzt, deren Mächtigkeit von wenigen mm bis zu  $\frac{1}{2}$  m anschwellen kann. Ein zwischen beiden Graniten bestehender petrographischer Unterschied wird später festgestellt werden. Alle Schieferanbrüche erwiesen sich als Schollen, die im Granit oder im Erzkörper schwammen und meist stark umgeschmolzen und von Magma imprägniert waren, so daß sie sich nicht allseitig scharf vom Nachbargestein

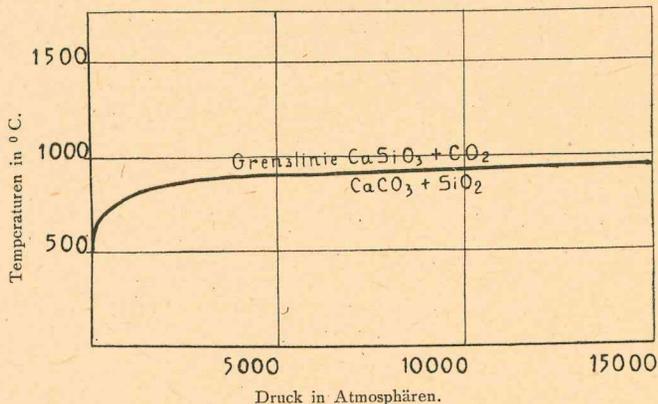


Abb. 52 (nach Goldschmidt).

ab hoben, sondern vielfach durch Übergänge damit verbunden waren. Nur am äußersten Südrand hören Granit und Erz nebeneinander auf und werden beide vom Schiefer begrenzt.

Diese Lagerungsverhältnisse waren den alten Geologen bereits bekannt. Krug v. Nidda (1838), Heinrich Credner (1850), B. v. Cotta (1862), Naumann (1862) halten sämtlich das Magneteisen für eine Einlagerung im Granit. Schlegel kommt zum entgegengesetzten Resultat und stützt sich dabei zunächst auf eine Angabe von Völker aus dem Jahre 1836, wonach die Erzmassen nicht weiter hinabreichen als die Schiefer selbst. Das ist sicher unrichtig. Die heutige Abbausohle liegt 30 m tief. Ein Blick auf die Karte zeigt, daß der Granit, der allenthalben zu Tage kommt, im Schiefer dicht unter der Oberfläche zu suchen ist, und daß der überlagernde Schiefer nur geringmächtig sein kann. Zudem ist das Liegende des Erzkörpers noch nicht erreicht. Ein Gesenk, das 7 m tief von der Abbausohle nach unten abgeteuft wurde, hat ihn nicht durchteuft. Das Erz setzt also bis in unbekannte Teufen fort und Völkers Angabe kann nicht aufrecht erhalten werden. Die von Regel in seinem geographischen Werk über Thüringen geäußerten Ansichten zum Zeugnis anzurufen, wie das Schlegel tut, halte ich für bedenklich. Denn Regel ist auf diesem Gebiete nicht kompetent und schöpft seine Kenntnisse nur aus der vorhandenen Literatur. Schließlich will Schlegel in den Bergakten Belege für seine An-

sichten gefunden haben. Die Akten wurden deshalb einer genauen Durchsicht unterworfen, und die Wichtigkeit des Gegenstandes wird es rechtfertigen, wenn im folgenden einige Stellen daraus angeführt werden:

Beschreibung der Eisensteingrube „Vereinigte Kruxzechen“ im Hennebergischen Revier. 1859. . . . „Die Magneteisensteinlager führen den Magneteisenstein teils in reinen derben Massen, teils eingesprengt in einem feldspatreichen gneisartigen Gestein.“

In einem Schriftstück vom Jahre 1853, das eine Zumutung beantragt, werden im Granit aufsetzende Magneteisensteinlager erwähnt.

Befahrungsprotokoll der Vereinigten Kruxzechen pro 1854/55. . . . „Der Gehalt des Magneteisensteins nimmt nach der Tiefe zu ab und an die Stelle desselben tritt Feldspat und ein gneisartiges Gestein.“

Befahrungsprotokoll 1857/58. . . . „Zunächst am Porphyry liegt also Rot-eisenstein, dann folgt Granateisenstein und über diesem der Magneteisenstein. Dazwischen liegt teils Granit, teils dioritisches Gestein.<sup>1)</sup> Nach unten scheint der Magneteisenstein, indem die Zahl der Magneteisensteinblättchen in ein und demselben Volumen sich immer mehr vermindert, in Granit überzugehen.“

In einer Reihe von Querschlägen, die von der Strecke zwischen Elsa-Schacht und Luftschacht gelöst wurden, wurde folgende Gesteinsfolge festgestellt (siehe Bergakten):

Querschlag 1:	Querschlag 2:
— m Erz	— m Erz
7,2 „ Granit, dazwischen viel Erz	6,2 „ Granit
— „ Erz	— „ Erz.
? „ Granit	
— „ Erz	
5 „ Granit, dazwischen 1 m Erz.	
Querschlag 3:	Querschlag 4:
— m Erz	— m Erz
9 „ Granit	Granit.
Erz, 10 m aufgefahren.	

Wenn Schlegel die Betriebsakten gelesen hat, können ihm diese Stellen nicht entgangen sein. Wie er dann zu der gegenteiligen Ansicht kommt, nämlich daß das Erz im Schiefer liegt, ist mir nicht erklärlich, besonders da ich auch keine Angabe gefunden habe, die er als Beweis heranziehen könnte. Das Magneteisen muß nach allen angeführten Tatsachen als Einlagerung im Granit aufgefaßt werden.

Welche petrographischen Eigentümlichkeiten zeigt nun der Granit? Im mittleren Thüringer Wald werden zwei Granite unterschieden: der Ilmtal-Suhler Granit (Hauptgranit des mittleren Thüringer Waldes) und der Schleusetalgranit.<sup>2)</sup> Zu ersterem gehört unser Vorkommen. Das Gestein setzt sich zusammen aus Orthoklas, Plagioklas, Glimmer, Hornblende und Quarz. Neben dieser normalen Zusammensetzung finden sich mancherlei lokale Abänderungen. Häufig sind eingesprengte Magneteisenkörner. Sie sind besonders am schwarzen Krux gehäuft, doch sind die Gänge, die den Granitstock und die Erzkörper durchschneiden, frei davon. Magnetit fand sich im Granit in größerer Menge im oberen Ilmtal an einer Stelle, die 7 km vom Schwarzen Krux entfernt ist. Der Granit führt am Ringberg bei Suhl ebenfalls Magnetit, desgleichen am Domberg bei Suhl

1) An der angeführten Stelle verläuft die Verwerfung, die den Porphyry neben den Granit gelegt hat. Die Lagerungsverhältnisse sind daher etwas verworren.

2) Erläuterung zu Blatt Suhl.

und am Ehrenberg bei Ilmenau. Am Ehrenberg finden sich an die Magnet-eisenkristalle oft kleine Zirkonkriställchen angelagert. Der porphyrische Granit von Zella scheint frei von Magnetit zu sein.

Das Magma des Hauptgranits ist also an sich schon eisenreich gewesen. Doch reicht das noch nicht aus, um eine Anhäufung des Eisengehaltes zu Erz-lagerstätten in einem sauren Magma zu erklären.

Zu jedem sauren Magma gehört ein basisches, beide sind durch Abspaltung aus einem gemeinsamen Urmagma entstanden. Übergänge sind nicht selten. Wir können das an jedem größeren Eruptivstock beobachten.

Ein bekanntes Beispiel dafür ist das Brockenmassiv, das zuerst von Lossen<sup>1)</sup>, später von Erdmannsdörfer<sup>2)</sup>, eingehend behandelt worden ist. Die saure Granitmasse geht ganz allmählich in Diorit und Biotitaugitgabbro über und beide rühren von derselben Eruption her. Im Granit liegen basische Schlieren. Die Verschiedenheit der Gesteinszusammensetzung beruht auf magmatischen Spaltungsvorgängen. Nach Erdmannsdörfer ist „die Anordnung der Gesteine nicht die Wirkung einer lakkolithischen Differenziation“, sondern „tiefmagmatischer Spaltung in einem, dem Gabbro- und Granitmagma gemeinsamen Behälter“.

Auch der Ilmtal-Suhler Granit, der dem Monzonit nahesteht, ist kein einheitliches Gestein. Bei Zella findet sich in schlieriger Einlagerung eine dioritische Masse, die besonders reich an Hornblende ist.<sup>3)</sup> Noch lehrreicher ist aber das Gestein am Ehrenberg bei Ilmenau.<sup>4)</sup> Nach der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung lassen sich hier zwei Haupttypen unterscheiden, die als Differenziationsprodukte eines und desselben Magmas aufgefaßt werden. Die eine ist ein zu den Alkalikalkgraniten gehöriger Granitit, die andere ein monzonitähnlicher Quarzsyenit. Zwischen beiden finden sich allmähliche Übergänge. Der Granitit setzt sich zusammen aus Orthoklas, Plagioklas, viel Quarz und dunklem Glimmer in wechselnder Menge. Nebengemengteile sind Apatit, Magnetit und Titanit. Bei dem monzonitähnlichen Quarzsyenit wird der Glimmer von der Hornblende zurückgedrängt. Der Quarzgehalt ist geringer. Die Gemengteile sind: Orthoklas, Plagioklas, Quarz, Magnesiaglimmer, Hornblende, Titanit, Orthit, Eisenerz, Apatit. Es finden sich hier ebenfalls Schlieren und Linsen dunkler dioritischer Massen.

Aus allen diesen Beobachtungen geht hervor, daß der Hauptgranit des mittleren Thüringer Waldes einem Magma angehört, das sich in mehrere Teilmagmen von verschiedener chemischer Zusammensetzung aufgespalten hat. Wir müssen erwarten, daß außer den erschlossenen Differenziationsprodukten weitere vorhanden sind, bei denen die sauren Komponenten noch mehr zurücktreten. Die Stellen, an denen die Tiefgesteine angeschnitten wurden, sind ja im Verhältnis zu der Ausdehnung der Massen sehr wenig zahlreich und von den Zufälligkeiten der Erosion beherrscht. Besonders über die randlichen Partien wissen wir nichts, sie waren teils nie entblößt, teils sind sie vielleicht vom Rotliegenden verdeckt. So bleibt für die Entstehung des Magnet-eisenerzes vom Schwarzen Krux keine andere Erklärung, als daß wir in ihm eine basische Schliere des Magmas sehen, deren Abspaltung aus dem Urmagma jedoch nicht an Ort und Stelle erfolgt, sondern bereits früher in der Tiefe vor sich gegangen ist. Vielleicht gehört sie zu einem basischen Gestein, das durch Differenziation aus dem Urmagma vor dem Granit entstand und in der Tiefe steckt, und das der Granit später zum Teil in sich aufgenommen hat. —

1) Jahrbuch der Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt 1881.

2) Jahrbuch der Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt 1905 und 1906.

3) Erläuterung Blatt Suhl.

4) Vgl. Cronacher, Der Ehrenberg bei Ilmenau. Jahrb. der Kgl. Pr. Geol. Landesanstalt 1909, Teil I, S. 256—323.

Neue Beobachtungen im Kontakthof am Schwarzen Krux im Verein mit schon länger bekannten Tatsachen ermöglichen schließlich noch, auf das Alter der Thüringer Granite einzugehen.

Die Untersuchungen von Dalmer<sup>1)</sup> und Pietzsch<sup>2)</sup> haben ergeben, daß in Sachsen drei Granite unterschieden werden können:

- I. Granite, die älter sind als die variskischen Faltungen und Überschiebungen.
- II. Granite, die jünger sind als die Faltungen und Überschiebungen, aber älter als Perm.
- III. Permische Granite.

Als ausschlaggebend für die Altersbeurteilung kann bis jetzt im Thüringer Wald nur das Verhältnis der Granite zur variskischen Faltung gelten. Haben die Granite die Faltung mitgemacht, ist ihre Struktur durch die tektonische Beeinflussung verändert worden, so müssen sie älter sein als Mittelkarbon. Zwar ist das Rotliegende auch in unserem Gebiet sicher nicht frei von Störungen gewesen. Doch ist eine Flaserung von Granit in Gneis von zwei Faktoren abhängig: von der Tiefe und der Intensität der Druckkräfte. In der Nähe der Erdoberfläche wird eine mehr mechanische, rupturale Veränderung der Gesteine in Erscheinung treten, in größerer Tiefe muß die plastische Umwandlung überwiegen, wenn man die Flaserung und Vergneisung so bezeichnen darf. Im Rotliegenden waren unsere Granite bereits den abtragenden Kräften zugänglich, lagen also teilweise frei an der Erdoberfläche. Gegen starke tektonische Bewegungen in dieser Periode spricht die nicht übermäßig gestörte Lagerung der rotliegenden Sedimente. Daß endlich die Granitintrusionen gleichzeitig mit der Faltung erfolgt sind und das noch nicht erkaltete Magma geflasert worden ist, erscheint ebenfalls unwahrscheinlich. Dann hätten für den ganzen Intrusivkörper gleiche Bedingungen geherrscht und wir könnten nicht aus derselben Masse Gneis und Granit nebeneinander entstanden finden. Die letztere Tatsache deutet an, daß der Granit bereits verfestigt war und daß die vergneisten Zonen Kraftlinien darstellen, an denen die Inanspruchnahme des Gesteins durch den Druck der Faltung und Überschiebung sich besonders steigerte.

In enger Verbindung mit Granit findet sich Gneis im Ruhlaer Sattel. Der Brotteröder, Steinbacher, Thaler, Liebensteiner, zum Teil Lautenbacher Gneis sind aus Granit entstanden.<sup>3)</sup> Der Thaler Gneis läßt sich oft schwer vom Granit trennen, beide gehen ineinander über.<sup>4)</sup> Bei Kleinschmalkalden wird eine breite Fläche von Glimmerschiefer eingenommen. Im Glimmerschiefer finden sich an zahlreichen Stellen akzessorische Mineralien: Granat, Staurolith, Turmalin, Andalusit, also typische Kontaktmineralien. Sie scheinen sich besonders dort zu häufen, wo im Glimmerschiefer Gneiseinlagerungen vorkommen. Der Gneis ist so eng mit dem Glimmerschiefer verknüpft und in kleinen Vorkommen verstreut, daß eine Trennung beider Gesteine auf der Karte nicht durchzuführen war.<sup>5)</sup> Hier wurden alte Schiefer von zahlreichen Granitaphysen durchsetzt,

1) Dalmer, Die westergbergische Granitmassivzone. Zeitschr. für prakt. Geologie 1909, S. 297. — Derselbe, Der Altenberg-Graupener Zinnerzlagerdistrikt. Zeitschr. f. prakt. Geologie 1894, S. 313.

2) Pietzsch, Die geologischen Verhältnisse der Oberlausitz zwischen Görlitz, Weissenberg und Niesky. Zeitschr. der Deutsch. Geol. Gesellsch. 1909. — Derselbe, Tektonische Probleme in Sachsen. Geol. Rundschau 1914, Bd. V. — Derselbe, Über das geologische Alter der dichten Gneise des sächsischen Erzgebirges. Zentralbl. f. Mineral. usw. 1914. — Derselbe, Das Elbtalschiefergebiet südwestlich von Pirna. Zeitschr. der Deutsch. Geol. Gesellsch. 1917.

3) Franke, Geologisches Wanderbuch für den Thüringer Wald, Stuttgart 1912, S. 12.

4) Zimmermann, Erläuterung Blatt Wutha.

5) Erläuterung Blatt Schmalkalden.

und bei den variskischen Faltungsprozessen entstand aus dem Schiefer Glimmerschiefer, aus dem Granit Gneis.

Auch der Granit des mittleren Thüringer Waldes ist nicht frei von solchen Erscheinungen. Der Granit der Spinnerei am Ehrenberg bei Ilmenau zeigt Folgen orogenetischer Einwirkung. Der Orthoklas ist durch Gebirgsdruck in Mikroklin verwandelt. Am Burgstein nimmt der Granit ein gneisartiges Aussehen an.<sup>1)</sup>

Am Schwarzen Krux hat Schlegel tektonische Beeinflussung des Granits besonders mit Hilfe der Flüssigkeitseinschlüsse im Quarz nachgewiesen.<sup>2)</sup> Häufig ist undulöse Auslöschung der Kristalle. Credner<sup>3)</sup> beobachtete schon, daß der Granit „nach dem oberen Vessertale hin in einen flaseriges Gefüge zeigenden Gneis“ übergeht. Auch das Magneteisen ist stellenweise geschiefert. Bei mikroskopischer Untersuchung der Glimmerfelse lassen sich Zonen feststellen, in denen das Gestein durchweg geflasert erscheint, und solche, in denen die Mineralien ohne gesetzmäßige Anordnung regellos verstreut liegen. Das spricht ebenfalls für eine Schieferung, die jünger ist als die Metamorphose. Auch die Lagerungsverhältnisse lassen sich heranziehen. Die Grenze des Granits fällt ziemlich steil nach Südosten ein, in gleichem Sinne folgen Glimmerfels, Hornfels und schließlich unveränderter Schiefer. Dann taucht aber aus dem Kambrium erneut ein Streifen Hornfels auf. Er beginnt in dem Tälchen zwischen Runzelberg und Volkmarskopf, steigt hinauf nach der Hengstwiese und verläuft über die Gieslerswand und den Bellermannsstein nach dem Steinbühl, wo sich Rotliegendes darüberlegt. Dieser Streifen scheint tektonisch bedingt zu sein, seine Streichrichtung verläuft streng variskisch und der Kontakthof wäre dann mit gefaltet, also prävariskisch.

Der Granit des Kleinen Thüringer Waldes gehört zum Hauptgranit, das Silbacher Vorkommen zum Schleusetalgranit. Letzterer soll nach Loretz jünger sein als die Faltung, doch gibt er für diese Annahme keine Begründung. Sicher prävariskisch ist dagegen das Gestein an der Obstfelder Schmiede im Schwarzaal. Hier finden sich alle Übergänge zwischen Granit und Gneis.<sup>4)</sup> Das Vorkommen ordnet sich streng in die variskische Streichrichtung ein, und in seiner Fortsetzung finden sich Einlagerungen von gneis- und granitartigen Gesteinen im kambrischen Schiefer, die in Südwestrichtung sich kilometerweit verfolgen lassen.

So scheinen sämtliche Granite des Thüringer Waldes älter als die variskische Faltung zu sein. Ausgenommen bleibt allein der Schleusetalgranit, der nur geringe Ausdehnung besitzt und noch nicht abschließend beurteilt werden kann. Ob die Granite unter sich wieder verschiedenes Alter besitzen, und in welche Reihenfolge dann die einzelnen Vorkommen zu bringen sind, das sind noch offene Fragen. Vorläufig ist die Möglichkeit einer klaren Beantwortung nicht zu ersehen. Aber vielleicht tauchen eines Tages im Zusammenhang mit anderen Problemen neue Gesichtspunkte auf, die uns einen bisher unbekanntem Weg zeigen, der zur Lösung führt.

1) Cronacher, a. a. O.

2) Schlegel, a. a. O. S. 3.

3) Credner, Über das Vorkommen des Allanits bei Schmiedefeld im Thüringer Walde. Poggendorfs Annalen LXXIX, 1850.

4) Eingehende Beschreibung durch Loretz, Erläuterung Blatt Königsee.