

3. 10. 1911
Freiberg
Rede

Über die
Bedeutung der Mikroskopie
für die Lagerstättenlehre

von

Oberbergat Prof. Dr. Dr. h. c. R. Beck.

Rede

gehalten am 3. Oktober 1911 bei Übernahme des Rektorates
an der Kgl. Bergakademie zu Freiberg.



11, 1978,

4. 12. 11

Freiberg in Sachsen

Verlag von Craz & Gerlach (Joh. Stettner)

1911.



VDEh0024524

Das 11.

Die gewaltigen Fortschritte in der Systematik und genetischen Erkenntnis der Mineralien und Gesteine seit der Anwendung der mikroskopischen Untersuchungsmethode sind allgemein bekannt. Kaum noch sind die Ergebnisse in ihrer großen Mannigfaltigkeit zu übersehen. Schon ist man übrigens auch hier an einer gewissen Grenze angelangt, über die hinaus eine gedeihliche Entwicklung der Wissenschaft auf diesem Wege allein nicht wohl zu erwarten ist. Nachdem man zuerst eine überraschende Fülle von ungesuchten Gemengteilen innerhalb der Gesteine hatte nachweisen können und damit der Systematik ganz neue Seiten abgewonnen hatte, stellte man später mehr die Struktur, die Art der gegenseitigen Verwachsung der eine Felsart zusammensetzenden Mineralien in den Vordergrund der Untersuchung und vermochte hieraus wichtige Schlüsse auf die Entstehung zu ziehen. Dann zeigte sich jedoch, daß die bauschale chemische Zusammensetzung eines Gesteines, die man während des Siegeszuges des Mikroskopes im Gegensatz zur früheren nur mit der Lupe arbeitenden Petrographie recht vernachlässigt hatte, doch ein sehr bedeutender Faktor bei der Frage nach der Genesis ist. Die chemische Gesteinsanalyse wurde daher auf neuer Grundlage wieder ausgebaut, und ihre Ergebnisse wurden mit Erfolg zur genetischen Systematik verwandt. Aber auch damit war man noch nicht am Ziele angelangt. Das Experi-

ment, besonders die Schmelzversuche im elektrischen Ofen, an die man früher nur bei sehr vereinzeltten Problemen herangetreten war, fangen an in der modernen Petrographie eine ganz allgemeine Bedeutung zu erlangen. Selbst hierbei ist übrigens das Mikroskop nicht zu entbehren, denn es gilt jetzt, Dünnschliffe der natürlichen Vorkommen mit solchen von künstlichen Schmelzprodukten zu vergleichen. Es ist klar, daß sich auf diesem Gebiete die Petrographie vielfach mit der Metallurgie und besonders mit der Metallographie berührt.

Auf dieser soeben skizzierten Forscherlaufbahn hatte der Petrograph im großen und ganzen sich recht wenig um die Lagerstättenlehre gekümmert. Mit einer gewissen Nichtachtung wurden zum Beispiel vom Gesteinsforscher der 70er Jahre und später die eingesprengten Erze behandelt, die sich vielfach als ständige oder akzessorische Gemengteile innerhalb von Gesteinen finden. Es zeigt sich das bereits in ihrer vagen Bezeichnung als „opake Gemengteile“. In diese Rubrik brachte man sehr verschiedene Erze ohne nähere Untersuchung unter, daneben auch Kohleteilchen und Graphit. Man beachtete nicht, daß diese Einsprenglinge trotz ihrer geringen Menge oft recht deutliche Fingerzeige auf die Genesis der betreffenden Gesteine abgeben. Eine mikroskopische Prüfung von Zusammensetzung und Struktur eigentlicher Erzlagerstätten dagegen wurde sehr selten versucht. Auch den nicht metallischen Lagerstätten ging der Mikroskopiker zunächst aus dem Wege.

In den letzten Jahrzehnten hat sich dieses Bild erfreulicherweise völlig geändert. Allenthalben hat man die Bedeutung der mikroskopischen Methode für die

Untersuchung von Lagerstätten aller Art und überhaupt für die Behandlung praktisch geologischer Fragen erkannt. Es darf uns mit froher Genugtuung erfüllen, wenn wir leicht nachweisen können, daß die Freiburger Geologenschule sehr früh mit diesen Arbeiten begann, und daß viele wichtige Ergebnisse diese Bemühungen belohnt haben.

Meinen Ausführungen möchte ich nun aber nicht die historische Reihenfolge der Errungenschaften der Mikroskopiker zugrunde legen. Ich will vielmehr einen Überblick der Forschungsergebnisse in der Ordnung geben, wie sie die systematische Einteilung der Lagerstätten bedingt. Betrachten wir zunächst die Erzlagerstätten. Ich darf mich dabei des in meinem Lehrbuche zu Grunde gelegten genetischen Systemes bedienen.

Schon bei der ersten genetischen Gruppe, den magmatischen Ausscheidungen, sehen wir, daß der mikroskopische Befund vielfach allein die Entscheidung für die ganze Auffassung herbeiführt. Verhältnismäßig leicht ist es, ein Erzgestein, das nur ein einziges Erz und außerdem im Dünnschliff durchscheinende Silikate und sonstige Mineralien enthält, zu untersuchen. Schwieriger wird die Unterscheidung mehrerer undurchsichtiger Erze von einander. Hier arbeitet man jetzt mit großem Erfolg bei grellem Oberlicht mittelst eines einfachen Vertikal-Illuminators, ja bereits bei auffallendem Sonnen- oder gewöhnlichem elektrischen Glühlicht. In schwierigeren Fällen werden hochpolierte Schliffflächen hergestellt und auf metallographische Art im Le Chatelier-Apparat stark elektrisch beleuchtet. Die verschiedenen Erze lassen sich hierbei noch durch sorgfältiges Anätzen weiter kenntlich machen, wobei

man neuerdings auch künstlich Anlauffarben hervorruft und für die Diagnose ausnutzt. Meist gelingt es so, sehr genau die Sukzession in der Abscheidung der einzelnen Erze und sonstigen Mineralien festzustellen und daraus wertvolle Einblicke in die Entstehungsweise zu gewinnen.

Wir erinnern hier an die Untersuchung des uralischen Platins. Hierbei konnte gezeigt werden, daß die Körner einen zonalen Aufbau besitzen, wie er für Kristalle typisch ist, die aus einem Schmelzfluß ausgeschieden sind, man denke zum Beispiel an die Augite in den Basalten oder an die Feldspäte in vielen Porphyren. Andererseits trat hervor, daß vor der Platinabscheidung diejenige des Chromeisenerzes bereits vollzogen war. Bei den stark mit Osmium und Iridium gemischten Platinvorkommen konnte ferner mitunter nachgewiesen werden, daß Kristalle von Osmiridium oder Newjanskite inmitten von Platinkörnern eingestreut sind. Ihre Ausscheidung hatte demnach zwischen derjenigen des Chromites und derjenigen des Platins statt, während das letzte Glied der Reihe immer von einem Silikat, dem Olivin, gebildet wird. Jedenfalls stellten alle diese Beobachtungen die Ausscheidung des seltenen Metalles aus dem Schmelzfluß fest auch bei den Abarten seines Vorkommens, wo das Platin neben Magnetit in einem Pyroxengestein eingewachsen ist. Auch vom Gold kennt man ähnliches. Wir erinnern an das primäre Gold innerhalb der Silikate gewisser Gabbrodiorite von Madagaskar. Wenn andererseits das Mikroskop verriet, daß in irgend einem Eruptivgestein das gediegen Gold sich immer nur dort findet, wo sekundärer Quarz und Pyrit vorhanden sind, mußte die spätere Einwanderung goldhaltiger Lösungen ange-

nommen werden, so in vielen angeblich primär goldhaltigen Diabasen und Epidioriten Australiens.

Außerordentlich gefestigt wurde mittelst des Mikroskopes die Theorie von der magmatischen Herkunft vieler oxydischer Chrom- und Eisenerze. Wir wissen jetzt zum Beispiel mit Bestimmtheit, daß alle technisch ausbeutbaren Chromeisensteine aus magnesia-reichen Schmelzflüssen hervorgingen. Hier sind auch die gigantischen Eisenerzlagerstätten in Lappland zu erwähnen, über deren Ursprung neben der speziellen geologischen Feldaufnahme und Abbohrung der Erzkörper durch bergmännische Interessenten in erster Linie das Mikroskop einen Ausweis zu geben vermocht hat.

Schwieriger lag das Problem bei den sulfidischen Erzen innerhalb von Gabbros, Noriten und Diabasen. Wer die Literatur über die bedeutenden Lagerstätten von Sudbury kennt, wie auch die Arbeiten über unser dürftiges Vorkommen bei Sohland an der Spree und bei Schluckenau, weiß, wie schwer sich die Geologie zu einer allseitig befriedigenden genetischen Auffassung dieser Erze durchzuringen vermochte. Jetzt sind wir durch das Mikroskop belehrt, daß die alte Ansicht von der magmatischen Natur dieser Erze insofern zutrifft, als in der Tat ein Teil des jetzt vorliegenden nickelhaltigen Magnetkieses und Kupferkieses sich direkt aus dem Schmelzfluß ausgeschieden haben muß, bei den großen kanadischen Lagerstätten bei weitem der größte Teil. Andererseits aber zeigen die Dünnschliffe, daß sehr wahrscheinlich eine thermale Auflösung und ein Wiederabsatz von feinsten eingestreuten Erzpartikeln stattfand, wodurch derbe sekundäre Erzmittel sich bilden konnten. Dem

Wiederabsatz war eine Metamorphose des Gesteines vorausgegangen, so daß man die sekundäre grüne Hornblende, die in zierlichen Fransen den Pyroxenen angeheftet ist, wiederum von Magnetkies umhüllt sieht. Auch der Nickelgehalt dieses Kieses ist jetzt erklärt. Was bereits durch eine magnetische Aufbereitung im kleinen wahrscheinlich gemacht worden war, hat die Mikroskopie angeschliffener und hochpolierter Flächen bestätigt: es liegt eine innige mechanische Verwachsung vor zwischen gemeinem Magnetkies und einem Nickelsulfid, dem Pentlandit. Die Verwachsung ist leider eine so innige, daß an eine nutzbringende Aufbereitung im großen gar nicht zu denken ist.

Auch die moderne Auffassung der nächstfolgenden Lagerstättengruppe, der kontaktmetamorphen, ist wesentlich durch das Mikroskop ermöglicht worden. Hier genügt oft die Untersuchung einer einzigen kleinen Probe, um sofort über die genetische Stellung des Erzes Klarheit zu gewinnen, da Struktur und Paragenesis hier äußerst charakteristisch sind. Wer da weiß, wie sich der wirtschaftliche Wert solcher kontaktmetamorphen Lagerstätten im Laufe der letzten Jahrzehnte erfahrungsgemäß herausgestellt hat gegenüber demjenigen von magmatischen oder anderen Typen, wird eine derartige vorläufige Diagnose auch geschäftlich unter Umständen zu werten wissen.

Im Reiche der Gänge hat namentlich eine Gruppe von Erscheinungen durch unser vielseitiges Instrument große Aufklärung erfahren, diejenige der Verdrängungsvorgänge oder, wie man zu sagen pflegt, der Metasomatose. Gewiß kannte man sie bei manchen Erzgangtypen auch schon in der vor-

mikroskopischen Zeit, wie zum Beispiel bei den Zinnerzgängen. Schon Charpentier bildete die jetzt wieder neben den schwebenden Flözen so prachtvoll aufgeschlossenen steilen Zinnerzklüfte von Geyer ab mit ihren dunklen Zwitterzonen an jedem Salband und beschrieb ganz deutlich, wie in diesen Zonen die Feldspate des Granites in grauen Quarz nebst Zinnstein, Arsenikalkies und andere Erze umgewandelt worden sind. Erst das Mikroskop aber wies solche Erscheinungen auch bei anderen Ganggruppen in ungeahnter Häufigkeit nach. Mit seiner Hilfe können wir unter anderem erst das Wesen der so verbreiteten Serizitisierung verstehen und vermögen die gleiche Umwandlung auch an den Quellspalten noch jetzt hervorsprudelnder Thermen zu erkennen. Verdrängungen finden, wie sich zeigte, nicht nur am Nebengestein und an Einschlüssen von solchem innerhalb der Gangmasse statt, sondern auch in dieser selbst. Das Mikroskop entscheidet, ob der Quarz ein primärer Absatz ist, oder ob erst in einer späteren Periode die Kieselsäure karbonatische Gangarten und Schwerapat, wie zu Schneeberg, oder Eisenspat, wie im Siegener Land, verdrängt hat.

Noch viel großartiger sind die Verdrängungserscheinungen bei den stock- und flözförmigen epigenetischen Erzlagerstätten durch das Mikroskop nachgewiesen worden. Hier brachten besonders Dünnschliffe durch vererzte Petrefakten Aufklärung darüber, ob eine vorherige Hohlraumbildung und nachträgliche Ausfüllung stattfand, oder ob Molekül für Molekül des ehemaligen Gesteines gegen Moleküle von Metallverbindungen ausgetauscht wurde.

Fragen vom höchsten wissenschaftlichen und wirt-

schaftlichen Interesse gab es im Gebiete der epigenetischen Erzlager zu lösen, wobei wir ohne die neue Methode nicht vorwärts gekommen wären. Vor uns steigt hier unter anderem das Problem des Witwatersrandes auf, das eine Fülle von schönen Untersuchungen hervorrief, die teilweise überhaupt zu den besten bekannten mikroskopisch-petrographischen Arbeiten gehören. Das Mikroskop konnte gar bald die anfänglich verbreitete Auffassung dieser berühmtesten Goldlagerstätte der Welt als einen Komplex fossiler Goldseifen als irrtümlich erweisen. Dafür entrollte es allmählich das Bild von chemisch-geologischen Vorgängen, die viel verwickelter waren, als man anfangs geahnt hatte.

Meine Herren, Sie haben schon aus diesen wenigen Andeutungen entnommen, daß zunächst die rein wissenschaftlichen Fortschritte in Folge der Anwendung des Mikroskopes sehr hoch eingeschätzt werden müssen. Es ist aber ferner nicht schwer, nachzuweisen, daß der wissenschaftliche Prospektor und Lagerstättenforscher seine Dünnschliffuntersuchungen, wenn sie sich an die Arbeiten im Felde anschließen, auch direkt praktisch verwerten kann. Vor allem lehrt uns in gar vielen Fällen die mikroskopische Methode, welcher genetischen Gruppe das erschürfte Erzvorkommen angehört. Sind die genetischen Typen doch durchaus nicht wirtschaftlich gleichwertig. Es stellt das Mikroskop namentlich in vielen Fällen fest, ob nur eine lokale Anreicherung vorliegt oder der Ausstrich einer großen Lagerstätte, ob mit anderen Worten ein nur kurzlebiger Bergbau zu erwarten ist oder die Investierung anschnlicher Kapitalien begründet werden kann. Hier möchte ich besonders auf die

sogenannten Zementationserscheinungen unmittelbar unter dem eigentlichen Hut einer Lagerstätte hinweisen, wie sie besonders typisch bei den Kupfer- und Goldlagerstätten bekannt sind. Sie sind makroskopisch oft sehr schwer, mikroskopisch ziemlich leicht zu erkennen. Ihre Anwesenheit bedingt eine reiche Zone unter dem Hut, die früher und noch jetzt bei neuen Funden oft für die normale primäre Ausbildung des Erzkörpers gehalten worden ist und wird. Unternehmen, die ihrer Rentabilitätsberechnung den Metallgehalt dieser Zone zu Grunde legen, können eine schwere Krisis oder einen völligen Zusammenbruch erfahren, wenn die Gruben die Zementationszone durchsunken haben. Eine Betrachtung des sehr charakteristischen Strukturbildes solcher sekundär angereicherter Erzproben auf polierten Schliflächen bei grellem Oberlicht vermag vor solchen Irrtümern zu warnen.

Gar viele wichtige Fingerzeige vermag auch der Aufbereitungstechniker aus Dünnschliffen zu entnehmen. Ich erinnere hier an ein in Sachsen bekanntes immer noch allen Bemühungen spottendes Aufbereitungsproblem, die Verarbeitung der Blendeerze von St. Christoph bei Breitenbrunn. Die dortigen Schwierigkeiten versteht man dann erst richtig, wenn man im Dünnschliff die ungemein zarten Lamellen von Zinkblende zwischen den Spaltblättern der ohnedies intim mit Magnetit verwachsenen Hornblende eingeklemmt gesehen hat. Zur Zeit benutzen die großen Versuchslaboratorien für Aufbereitung gewöhnlich nur die Lupe, womit sie die Zwischenprodukte und Konzentrate prüfen, betrachten diese wohl auch mittelst des Binkularmikroskopes. Eine Dünnschliffuntersuchung würde

nach meiner Meinung vielfach von vornherein die Versuchsarbeiten abkürzen können.

Beim Aufspüren älterer, im Laufe der Zeit vergessener Bergbauobjekte kann unser Instrument unter Umständen ebenfalls gute Dienste leisten. So wandten wir es zum Beispiel mit Erfolg an, um festzustellen, welche Art von Erzen, dem Typus der Lagerstätte nach, in einem uralten Pochwerk, worüber keinerlei Nachrichten zu beschaffen waren, verarbeitet worden war. Die Fragmente armer Erzteilchen in dem unter dem Rasen aufgefundenen Pochschlamm gaben so charakteristische Strukturbilder, daß man sofort darüber orientiert war, welche Art von Lagerstätten man abgebaut hatte, während der Probierer nur das qualitative Vorkommen bestimmter Metalle hätte nachweisen können. In einem anderen Falle konnte die Identität gewisser reicher Stufen aus einer alten Sammlung mit spärlichem liegen gebliebenen Material einer uralten Halde mikroskopisch erwiesen und damit die Zuverlässigkeit gewisser Nachrichten dargetan werden.

Auch betrügerische Manipulationen vermochten wir durch das Mikroskop aufzudecken und geschäftliche Verluste dadurch zu verhindern. Einmal waren die Verräter, die in ihrer Gestalt sehr charakteristischen Feilspänchen von Gold, womit ein Schwindler einen Schurf „gesalzen“ hatte. Ein andres Mal gelang die Sichtbarmachung winziger Hammerschlagteilchen auf künstlich glatt gehämmertem fein granuliertem Messing, womit ein gewissenloser Schurffeldbesitzer ein Seifenprofil „verbessert“ hatte, dessen Salzung durch echtes Gold allein ihm zu viel Ausgaben gemacht hätte. So sollte der Prospektor auch etwas fürs Auge haben.

In vieler Hinsicht wurde auch die Erkenntnis der nichtmetallischen Lagerstätten durch das Mikroskop gefördert. Die Theorie von der Entstehung der südafrikanischen Diamanten zum Beispiel ist durch gründliche Strukturstudien des Blaugrundes und der in ihm eingeschlossenen Griquaitknollen stark gestützt worden. Die verwandtschaftlichen Beziehungen jenes merkwürdigen Muttergesteines der südafrikanischen Edelsteine mit anderen bekannten Eruptivtypen vermochten nur hierdurch enthüllt werden. Zwar ist oft schon die Bestimmung der Begleitminerale ausschlaggebend, ob ein zweifelhaftes Vorkommen überhaupt Blaugrund ist oder nicht. Ehe man aber zu kostspieligen Aufschlußarbeiten und Waschproben großen Stiles übergeht, ist eine mikroskopische Untersuchung ganz unerlässlich. Es sind schon sehr verschiedenartige Gesteine anfänglich für Blaugrund gehalten worden, die dann das Mikroskop als unecht erkannte.

Auch die Kohlengesteine sind der mikroskopischen Prüfung trotz ihrer scheinbaren Undurchsichtigkeit zugänglich. Wir haben schon Mittel, das Gesichtsfeld von Schnitten und Schliffen einigermaßen aufzuhellen. Die Theorie der Entstehung der Kohlenflöze hat viel Nutzen aus solchen Untersuchungen geschöpft, die freilich eine gründliche botanische Schulung vom Ausführenden voraussetzen. Ich erinnere hier an den Nachweis von Algen als Hauptbestandteil gewisser Sapropelkohlen.

Von anderen Lagerstätten will ich noch die Salze hervorheben, deren Dünnschliffbefund neuerdings für allerlei theoretische Schlüsse herbeigezogen worden ist. Die Verschiedenheit der Strukturen gestattet zum Beispiel den Nachweis, ob gewisse Kalisalzkörper einer

älteren oder jüngeren Generation angehören, und diese Erkenntnis kann wiederum dazu beitragen, die oft verwickelte Tektonik dieser Lagerstätten auch im Interesse der Industrie zu entwirren. Die Dünnschliffe werden auf einer matten Glasplatte mit Smirgel und Steinnußöl angefertigt, in Äther gereinigt und in entwässertem Canadabalsam eingelegt.

In ganz andere Gebiete der praktischen Geologie führt die Anwendung des Mikroskopes zur Begutachtung von Gesteinen, die als Bausteine, Dekorationsmaterial oder für Kunstwerke Verwendung finden sollen. Hier hat sich gezeigt, daß namentlich bei der Untersuchung auf Wetterbeständigkeit das Mikroskop sehr bedeutende Dienste leistet, die nicht durch die anderen bei der Baumaterialprüfung üblichen Methoden ersetzt werden können. Besonders wertvoll sind auch die vergleichenden Dünnschliffstudien am Gestein älterer erprobter Bauwerke und solcher, die im Zerfall begriffen sind. Hier konnte die Ursache der schnellen Verwitterung in den natürlichen Strukturverhältnissen erkannt werden. Zwei Granite zum Beispiel von mineralogisch und chemisch fast gleicher Zusammensetzung können sich ganz verschieden verhalten. Der eine bleibt viele Jahre hindurch kerngesund, der andere zerbröckelt schnell, weil zarte, nur mikroskopisch nachweisbare Druckzonen sein Gefüge durchziehen. Zwei Marmore von gleicher Schönheit erweisen sich doch von sehr ungleicher Widerstandsfähigkeit als Material eines in freier Luft aufragenden Kunstwerkes, je nachdem die Kalzitindividuen im Dünnschliff mit schlängeligen Grenzlinien unter einander verzahnt oder nur wie Pflastersteine nebeneinander gelagert sind.

Neuerdings hat die Mikroskopie auch bei der wissenschaftlichen Untersuchung der Mörtel, des Stuckgipses, totgebrannten und Estrichgipses und noch anderer wichtiger Kunstprodukte Anwendung gefunden. Endlich darf an das weite mikroskopische Arbeitsfeld der Metallographie, auf das im übrigen nicht hier eingegangen werden soll, wenigstens erinnert werden.

Verschiedene Umstände haben glücklicherweise diese so ausgebreitete Anwendung des Mikroskopes außerordentlich erleichtert. Vor allem waren von Nutzen die sehr brauchbaren Typen dieses Instrumentes, welche unsere optische Industrie für derartige Untersuchungen bei relativ geringen Preisen auf den Markt brachte. Es kamen hinzu eine Anzahl von sehr guten Lehrbüchern zum Studium der Gesteinsmikroskopie.

Aus unserer Übersicht dürfte der zwingende Schluß zu ziehen sein, daß der Gesteinsmikroskopie auf technischen Hochschulen und besonders auf den Bergakademien ein Platz im Lehrplan eingeräumt werden muß. Namentlich solche Bergingenieure und Ingenieurgeologen, die sich als spätere Gutachter auszubilden wünschen, oder solche, die als Kulturpioniere an der bergmännischen Erschließung neuer Regionen sich beteiligen wollen, vor allen aber solche, die selbst an dem wissenschaftlichen Ausbau der praktischen Geologie regen Anteil zu nehmen erstreben, sie alle müssen unbedingt sich die Grundlagen der mikroskopischen Arbeitsmethode zu eigen machen.

Möge darum auch in dem neuen Hause, auf das die Geologie an der Freiburger Bergakademie dank der weisen Fürsorge der Regierung ihre Hoffnung

setzen darf, die Mikroskopie einen guten Platz erhalten, damit unsere Hochschule auch auf diesem Arbeitsfelde den alten Traditionen treu bleiben kann.

Ich schließe meine Rede, meine Herren, indem ich Sie auffordere, des starken Beschützers unserer lieben Bergakademie, unseres allergnädigsten Königs zu gedenken. Seiner Majestät unserem König sei aus treuem Herzen unser Glückauf gebracht!

Glückauf! Glückauf! Glückauf!
