

Berg- und Hüttenwesen.

Unter Mitwirkung von C. v. Ernst, k. k. Hof- und Kommerzialrat in Wien,

Gustav Kroupa,

k. k. Bergrat in Brixlegg,

redigiert von

und

Franz Kieslinger,

k. k. Oberbergverwalter in Wien.

Ständige Mitarbeiter die Herren: Karl Ballng, k. k. Bergrat, Oberbergverwalter der Dux-Bodenbacher Eisenbahn i. R. in Prag; Eduard Doležal, o. ö. Professor an der technischen Hochschule in Wien; Eduard Donath, Professor an der technischen Hochschule in Brünn; Willibald Foltz, k. k. Kommerzialrat und Direktor der k. k. Bergwerks-Prod.-Verschl.-Direktion in Wien; Karl Habermann, k. k. o. ö. Professor der Montanistischen Hochschule in Leoben; Hans Höfer, k. k. Hofrat und o. ö. Professor der Montanistischen Hochschule in Leoben; Josef Hörhager, Hüttenverwalter in Turrach, Adalbert Káš, k. k. o. ö. Professor der Montanistischen Hochschule in Příbram; Johann Mayer, k. k. Bergrat und Zentralinspektor der k. k. priv. Kaiser Ferdinands-Nordbahn; Franz Poech, Hofrat, Vorstand des Montandepartements für Bosnien und die Herzegowina in Wien; Dr. Karl A. Redlich, a. o. Professor der Montanistischen Hochschule in Leoben; Karl von Webern, k. k. Sektionschef im k. k. Ackerbauministerium und Viktor Wolff, kais. Rat, k. k. Kommerzialrat in Wien.

Verlag der Manzchen k. u. k. Hof-Verlags- und Universitäts-Buchhandlung in Wien, I., Kohlmarkt 20.

Diese Zeitschrift erscheint wöchentlich einen bis zwei Bogen stark mit Textillustrationen und artistischen Beilagen. **Pränumerationspreis:** jährlich für Österreich-Ungarn K 24,—, halbjährig K 12,—; für Deutschland M 21,—, resp. M 10,50. Reklamationen, wenn unversiegelt portofrei, können nur 14 Tage nach Expedition der jeweiligen Nummer berücksichtigt werden.

INHALT: Alte und neue geologische Beobachtungen an den Kieslagerstätten Sulitelma-Röros-Klingenthal. — Die künstliche Verlaugung des Haselgebirges. (Schluss.) — Erteilte österreichische Patente. — Notiz. — Amtliches. — Ankündigungen.

Alte und neue geologische Beobachtungen an den Kieslagerstätten Sulitelma-Röros-Klingenthal.

Von Dr. O. Stutzer, Freiberg i. S.

Im Herbst 1905 besuchte ich die großen Kieslagerstätten Norwegens; Sulitelma und Röros. Das geologische Auftreten dieser Erze ist schon oft beschrieben. Es sei deshalb nur auf die wichtigste Literatur hingewiesen, die man in dem bekannten Lehrbuche der Erzlagerstätten von R. Beck (2. Auflage, Berlin, 1903) angeführt findet. Das ungelöste Rätsel bei allen diesen Kieslagerstätten ist die Entstehungsgeschichte.

Seit Stelzners Untersuchungen 1890 galt Sulitelma als der Typus eines sedimentären Kieslagers. Man nahm an, dass sich in einer früheren geologischen Leitperiode Erzlösungen in einem Wasserbecken als Sulfide niederschlugen, die später eingebettet und dynamometamorph verändert wurden.

Von norwegischen Forschern, besonders Vogt, wurde dann eine andere Anschauung vorgebracht, die heute die verbreitetste unter den Geologen ist. Diese besagt: Das Erz ist jünger als das umgebende Nebengestein. Es ist später, während der Gebirgsbildung parallel der Schieferung in das Gestein eingedrungen. Dieses Eindringen kann nun in dreierlei Form geschehen. Entweder kamen wässrige, metallhaltige Lösungen und setzten das Erz ab, oder das Erz entstand vorwiegend als Sublimation von Gasen und Dämpfen, oder als magmatische Injektion. Verschiedene Kombinationen dieser Möglichkeiten sind denkbar und wahrscheinlich. Jede dieser drei epigenetischen Ansichten hat Verteidiger und Anhänger gefunden.

Bei der großen Unklarheit¹⁾ die noch immer über die Entstehung dieser Kieslagerstätten herrscht, dürfte jede neue Beobachtung von gewissem Nutzen sein. Es sei mir daher erlaubt, im folgenden das „Für und Wider“ der einzelnen Hypothesen kurz zu besprechen und gleichzeitig einige neue Beobachtungen vorzubringen die für eine richtige Beurteilung der Kieslagerstättenentstehung wohl nicht ohne Bedeutung sind.

Als Hauptbeweis für eine sedimentäre Entstehung der Kieslager wird die auffällig häufig zu beobachtende Konkordanz mit dem Nebengestein angeführt. Eine scheinbare Konkordanz besteht jedoch auch bei Lagergängen. Letztere unterscheiden sich von den Sedimenten durch folgende Punkte:

1. Sie besitzen keine konstante Niveaubeständigkeit.
2. Sie entsenden bisweilen Apophysen ins Nebengestein.

¹⁾ Als Beispiel für die schwierige Beurteilung dieser Fragen diene der bekannte norwegische Forscher Vogt. Er hielt das Kiesvorkommen von Sulitelma zuerst für sedimentär. Infolge eingehender späterer Untersuchungen ließ er diese Ansicht fallen und fasste die Lagerstätte epigenetisch auf, wobei er metallhaltigen Lösungen die Erzzufuhr zuschrieb. Später legte Vogt besonderen Wert auf pneumatolytische Bildungen. Neuerdings fasst nun Prof. Vogt die Lagerstätte als magmatische Injektion auf. (Kurzer Aufsatz im norwegischen geologischen Jahrbuch 1905.) Es interessierte mich letzteres umso mehr, als ich unabhängig von ihm an Ort und Stelle zu demselben Ergebnis gekommen war, und diese Meinung in meinen Reisenotizbüchern vor den Veröffentlichungen von Vogt bereits niedergelegt hatte.

3. Bruchstücke des Hangenden und Liegenden halten sie manchmal eingeschlossen.

4. Bisweilen beobachtet man Kontaktwirkung.

5. Sie können auch Eruptivgesteine durchdringen.

Die Anhänger der Epigenese müssen also nach Aufschlüssen suchen, die einige der eben genannten Tatsachen, besonders die unter 4. und 5. aufgezählten, erkennen lassen.

Was nun die Niveaubeständigkeit der Kieslager anbelangt, so herrscht in Sulitelma trotz der meist zu beobachtenden Konkordanz keine konstante Niveaubeständigkeit. Das Erz kann hier auftreten zwischen hangendem Glimmerschiefer und „Gabbroschiefer“; im „Gabbroschiefer“; zwischen „Gabbroschiefer“ und liegendem Glimmerschiefer; und im Glimmerschiefer (zirka 20 m unter dem „Gabbroschiefer“). So tritt die östliche Partie bei Nya Sulitelma zwischen hangendem Glimmerschiefer und „Gabbroschiefer“ auf, die westliche aber im „Gabbroschiefer“. Auch kann dies Überspringen von einer Schicht in die andere im kleinen beobachtet werden, z. B. in Jakobsdalen. Dasselbe geschieht alsdann treppenförmig, wobei die einzelnen Stufen abgerundet sind. Ebenso liegt bei Röros der Kies teils im „Gabbroschiefer“, teils zwischen „Gabbroschiefer“ und Glimmerschiefer. Weitere beobachtete Diskordanzen siehe Vogt, Z. f. p. G. 1894.

Trotz alledem ist das Vorherrschen der konkordanten Lagerung Tatsache und höchst auffällig. Als Epigenetiker kann man sich dieselbe nur dadurch erklären, dass während einer Gebirgsbildung die Erzbringer die Wege des kleinsten mechanischen Widerstandes aufsuchten, d. h. die Wege parallel der Schichtung.

Für Epigenese scheinen weiter Apophysen und Seitenarme zu sprechen, die man hier und da beobachtet.

So besteht das Hauptlager der Grube „Charlotte“ aus einem Haupt- und einem Nebenarm. Der Hauptarm ist nach unten ziemlich scharf begrenzt, verästelt sich aber nach oben in mehrere Gänge von geringer Mächtigkeit. Das Erzlager in „Nya Sulitelma“ entsendet eine mächtige Apophyse ins Nebengestein, die aber bald auskeilt. Auch der „Giken“gang zeigt zahlreiche kleine Apophysen und Ausläufer. Ebenso konnte ich in der „Kongens“grube zu Röros derartige Apophysen beobachten. Eine ähnliche Erscheinung sah Stelzner im Hangenden des Mons Peter Uren in Sulitelma, wo ein kleiner Arm vom Hauptgange abzweigte. Stelzner erklärte sich diesen Vorgang als Druckerscheinung. In demselben Sinne betrachten die Syngenetiker solche Apophysen als mechanische Abschnürungen. Diese Erklärung ist zu verwerfen, wenn die Apophysen quer durch die Schieferung hindurchsetzen. Ein solches Durchschneiden des Kiesel ist aber bei Sulitelma an mehreren Stellen zu sehen.²⁾

²⁾ Siehe auch Sjögren, „Geol. För. Förh.“ 1894. S. 424, wo z. B. vom Schurf 150 m östl. des Gikenstollen gesagt wird: „Det kan äfven hör ty dligt iakttagas, huruledes kisen afskär skiffrarnes skikt“.

Als weiterer Beweis für eine Epigenese sprechen die bekannten, oft wunderlich gekrümmten Bruchstücke von Nebengestein im Erz. Dieselben stammen manchmal aus dem Liegenden, manchmal aus dem Hangenden, bisweilen aus beiden Schichten. Die Anhänger der Syngenese haben hierfür folgende Erklärung. Sie sagen: Die Schieferstollen sind später in das Erz hineingepresst! Leider lassen sich hiergegen aber folgende Tatsachen anführen: An vielen Punkten in Sulitelma, Röros und Klingenthal kann man eine vollkommen ebene und plauparallele Lagerung des hangenden Schiefers beobachten, während das Erz, scharf begrenzt gegen den Schiefer, wirr angeordnete Bruchstücke des Nebengesteins enthält.

Bei einer späteren mechanischen Hineinpressung der seltsam gekrümmten Schieferbrocken inmitten des kompakten Erzes, wäre die oft zu beobachtende scharfe Begrenzung gegen das Nebengestein und die Planparallelität des letzteren unverständlich. Die Schieferbrocken müssen gleichzeitig mit der Entstehung des Erzes ihre wunderliche Anordnung erhalten haben. Eine allgemeine Beeinflussung des Nebengesteins von Seiten der Erzmasse scheint nicht stattgefunden zu haben. Nur Pyritimprägation ist im Hangenden und Liegenden weit verbreitet, u. zw. weiter, als man es sonst bei Gängen gewohnt ist.

Die Frage, ob wir es mit einem Lager oder einem Lagergang zu tun haben, ist entschieden, wenn wir das Erz bis in ein Eruptivgestein hinein verfolgen können. Dies ist nun in Norwegen an vielen Stellen geglückt.¹⁾

Die in Sulitelma (und in Röros) vorkommenden „Gabbroschiefer“ sind nach den eingehenden Untersuchungen von Sjögren als Lagergänge³⁾ basischer Eruptivgesteine anzusehen. Durch Übergänge sind sie mit dem Gabbromassiv des Sulitelmaberges verbunden. Da das Erz in diesen „Gabbroschiefern“, also in Eruptivgesteinen vorkommt, so ist es epigenetisch. An anderen Stellen Norwegens sind analoge Erzvorkommen in typischen Gabbromassiven bekannt. So (nach Vogt) bei Storhusmansberget in Meraker und bei Os, südlich Röros.

Fassen wir das bisher Gesagte noch einmal kurz zusammen, so spricht gegen eine sedimentäre Entstehung des Erzes: Das Fehlen einer konstanten Niveaubeständigkeit, das Vorhandensein von Apophysen und Seitenarmen, die die Schichtung und Schieferung quer durchschneiden; das Vorkommen von wirr angeordneten Bruchstücken des Nebengesteins im Erz, und (als Hauptgrund) das Vorkommen des Erzes im Gabbroschiefer und Gabbro, d. h. in Eruptivgesteinen.

Welche Einwände haben nun die Anhänger der Sedimentationstheorie gegen eine Epigenese des Erzes vorgebracht? Es sind dies besonders folgende:⁴⁾

Zwischen Erz und Nebengestein besteht meist Konkordanz. Magnetkies findet sich in großen Mengen, obwohl sonst auf typischen Gängen Magnetkies selten

³⁾ Porphyrite und Granite treten bei Sulitelma ebenfalls als lange, weit zu verfolgende Lagergänge auf.

⁴⁾ Siehe besonders Stelzner: Die Sulitelmagraben im nördlichen Norwegen. Freiberg i. S., 1891. S. 31 u. Bergaet: Die Erzlagerstätten. Leipzig, 1904. S. 323.

ist. Bei einem allmählichen Absatz der Erze aus wässriger Lösung muss man ein längeres Offenbleiben der Schichtfugen annehmen (besonders in Sulitelma schwer begreifbar). Zudem findet man im Liegenden des Erzes keine Anhäufung von Bruchstücken aus dem Hangenden des Erzlagers. Alle sonst bei echten Gängen auftretenden charakteristischen Merkmale fehlen. Wir haben keine symmetrische Lagerstruktur, keine primären Drusen, keine Kokardenerze. Von einer Gangart können wir nicht reden, da Quarz und Kalkspat (wenigstens häufig, so z. B. in allen von mir befahrenen Gruben) nur äußerst spärlich auftritt. Hangendes und Liegendes ist nicht zersetzt, wohl aber ist das Nebengestein rechts und links weit mit Kies imprägniert. Kupferkies und Magnetkies sind stets jünger als der Schwefelkies; dennoch sehen wir keine Regelmäßigkeit in der Ablagerung (Lagerstruktur u. s. w.), vielmehr eine Struktur, die an die Struktur der Porphyre erinnert.

Eine epigenetische Erklärung scheint hiernach auf die größten Schwierigkeiten zu stoßen. Oder kann man diese Einwände bei Beibehaltung einer Epigenese des Erzes widerlegen? Zählen wir deshalb noch einmal kurz die charakteristischsten Merkmale dieser Kieslagerstätten auf!

1. Alle diese Lagerstätten sind gebunden an basische Eruptivgesteine. Bei Sulitelma und Rösos wird das Zusammenvorkommen von keiner Seite bezweifelt. Auch bei Klingenthal im Erzgebirge haben wir basische Eruptivgesteine in direkter Nähe der Lagerstätte. Die geologische Karte bezeichnet sie als „Amphibolite“. Sie sind veränderte Diabase, die in kleinen Körnern Kies eingesprengt enthalten.⁵⁾

2. Allen Kieslagerstätten ist die Mineralkombination gemeinsam: Pyrit, Kupferkies, Magnetkies. Der Pyrit ist überall älter als Kupferkies und Magnetkies.

3. Bruchstücke des Nebengesteins sind oft im Kies in wunderlich gekrümmten Formen eingeschlossen.

4. Pyroxen ist am Kontakt mit dem Erze oft in Amphibol umgewandelt, und der Gabbroschiefer ist häufig in Chlorit-Hornblendeschiefer verändert.

Ganz dieselben Erscheinungen treffen wir bei einer anderen Art von Kieslagerstätten: Bei den Nickelerz-lagerstätten. Die Nickelerz-lagerstätten sind auch an basische Eruptivgesteine gebunden. Ihre hauptsächlichste Mineralkombination ist ebenfalls: Pyrit, Magnetkies, Kupferkies. Der Pyrit ist wieder der jüngste unter den Kiesen. Außerdem finden sich auch die auffallend gestalteten Nebengesteinsbruchstücke im Kies, so dass man gewisse Handstücke von Sudburg nicht von einem

⁵⁾ Am besten kann man die Natur dieser Diabase in dem neu aufgeschlossenen großen Steinbruch bei Brundöbra studieren. Er tritt dort als großer Stock innerhalb des Phyllites auf. Ebenso ist im Hauptstollen der Grube zu Klingenthal ein Diabasstock durchfahren worden, der bereits stark verändert ist und als Amphibolit bezeichnet wird. Die Phyllit-schiefer stoßen an ihm scharf ab und sind an der einen Flanke sogar geschleppt. Westlich von Graslitz tritt ebenfalls „Amphibolit“ („Diabas“) als normale Einlagerung im Schiefer auf. Es dürfte hier ein Lagergang vorliegen.

entsprechenden aus Rösos unterscheiden kann. Der Unterschied zwischen beiden Lagerstätten beruht nur:

1. In einer größeren Ausdehnung der kupferhaltigen Kieslagerstätten gegenüber den Nickelerz-lagerstätten und
2. in einem höheren Nickelgehalt der Nickelerz-lagerstätten.

Die Genesis beider Kieslagerstätten dürfte nicht sehr verschieden sein.

Das Vorkommen von Kiesen in basischen Eruptivgesteinen (z. B. im Gabbro oder Diabas) ist bekannt. Der Kies kommt hier, wenn er in geringen Mengen auftritt, als eine der ersten Ausscheidungen vor, eingeschlossen in anderen Mineralien. So beschrieb noch kürzlich Hussak („Zentralblatt f. M. G. u. P.“, Mai 1906) basische Eruptivgesteine von Brasilien, die in unzersetzten Pyroxenen kleine Kieskristalle eingeschlossen enthalten.

Diese Kieskörner können nun größere Dimensionen annehmen und sich zu Schlieren vereinen. Solche Ausscheidungen sind z. B. im Gabbro des Radautales bei Harzburg bekannt. Sie enthalten dort 0,65% Nickel. Von den erstgenannten kleinen Pyritkristallen unterscheiden sich solche Schlieren durch ihr Alter. Sie treten nicht mehr als erste Ausscheidung auf, eingeschlossen in den anderen Kristallen, sondern bilden eine Grundmasse, in der bereits ausgeschiedene Silikate, häufig angegriffen und korrodiert, umherschweben.⁶⁾ Dasselbe finden wir bei den Nickelerz-lagerstätten.

Für eine Entstehung der Nickelerz-lagerstätten haben wir zwei Erklärungen. Der Unterschied zwischen beiden Ansichten ist kein großer. In beiden Fällen wird der Metall- und der Sulfidgehalt aus dem Eruptivgestein hergeleitet.

Die Anhänger der einen Hypothese nehmen magmatische Ausscheidung im engeren Sinne an. Nach ihrer Meinung hat im noch flüssigen Magma eine Konzentration der Sulfide stattgefunden, und sind dieselben alsdann dort, wo wir sie heute finden, erstarrt.

Die andere Auffassung legt besonderen Wert auf die mikroskopische Beobachtung. Diese zeigt uns, dass das Erz das jüngste Mineral ist, und dass die Silikate von denselben häufig zerrissen und durchdrungen sind. Pyroxen ist hierbei oft in Amphibol umgewandelt, und Granat, der meist wohl jünger, (wenn auch nicht viel) als das Eruptivgestein ist, wird von Kiesen bisweilen durchdrungen und eingebettet. (Z. B. Ertelien.) Die Anhänger dieser zweiten Ansicht halten daher die Nickelerz-lagerstätten für epigenetisch, und nehmen eine spätere Konzentration auf wässrigem Wege an.

Vereinigen lassen sich beide Ansichten etwa auf folgende Weise⁷⁾: In den Tiefengesteinen erstarrte das

⁶⁾ Es sei daran erinnert, dass wir dieselbe Erscheinung beim Magnetit antreffen. In kleinen Körnern ist er eine der ersten Kristallisationen; in großen Mengen aber Grundmasse (z. B. Tåberg, Buschveldt).

⁷⁾ Die folgende Erklärung ist sehr hypothetisch, und sei mit allem Vorbehalt gegeben. Unsere Kenntnis über die Entstehung der Eruptivgesteine ist noch in den ersten Anfängen. Kleine Kieskonkretionen in basischen Gesteinen oder Magnetitkonzentrationen in vielen Basalten und Gabbros (z. B. Tåberg)

Magma am Rande schneller als in der Mitte. Hier war bereits eine Kristallisation eingetreten, als die Mitte noch flüssig war. Gase und Metallsulfide konzentrierten sich alsdann ebenfalls am Rande und drangen zwischen die schon auskristallisierten Minerale ein. Diese wurden hierbei teilweise zerbrochen und metamorphosiert, so dass sich unter Umständen aus schon vorhandenen Mineralien Granat und Amphibol bilden konnte. Drangen diese Metallsulfide nun weiter ins Nebengestein ein, so suchten sie hier die Wege des kleinsten mechanischen Widerstandes auf. Letzteres war ihnen gegeben in vorhandenen Spalten und in den Fugen der Schichtung oder Schieferung. Solche Gänge treten daher auch meist als Lagergänge auf, wie wir sie bei Ertelien in Ringerike (nach Vogt) bis 50 m weit im Schiefer verfolgen können. Geologisch lassen sich solche magmatisch injizierte Lagergänge von den Magnetkieslagergängen z. B. bei Klingenthal in Sachsen nicht unterscheiden. Der Unterschied beruht der Hauptsache nach nur in der Höhe des Nickelgehaltes und in der Menge des Erzes. Durch Analogieschluss darf man daher, bei einer magmatischen Entstehung der Nickelerzlagerstätten auch eine magmatische Entstehung der Kupferkieslagerstätten für möglich erklären.

Bei Annahme einer magmatischen Injektion fallen zudem die Einwände fort, welche die Anhänger der Sedimentationstheorie gegen eine Epigenese der Kieslagerstätten vorgebracht haben. Die Konstanz des Metallgehaltes, sowie das Vorkommen des Magnetkieses ist erklärt. Die Annahme eines längeren Offenbleibens der Schichtfuge ist überflüssig; ebenso fällt das Fehlen der charakteristischen Merkmale sonstiger typischer Gänge nicht mehr auf; und die weite Imprägnation des Nebengesteines mit Kies und die porphyrische Struktur des Erzes findet ihre Erklärung.

Für eine magmatische Injektion sprechen zudem noch folgende Beobachtungen:

1. Die Mineralkombination.

Von den Kiesen abgesehen, spricht für eine epigenetische Entstehung das gelegentliche Auftreten von Magnetit, Titanit, Molybdänglanz, Turmalin, Apatit, Spinell, Kordierit u. s. w. Die meisten der genannten Mineralien, die alle nur untergeordnet vorkommen, verdanken wohl pneumatolytischen Einflüssen ihre Entstehung. Andere, wie Spinell und Kordierit, können als Kontaktminerale aufgefasst werden. Das Vorkommen von Granat und Amphibol ist schon erwähnt. Quarz und Calcit, sonst typische Gangminerale, fanden sich in den von mir besuchten Gruben nur in geringer Menge.⁵⁾

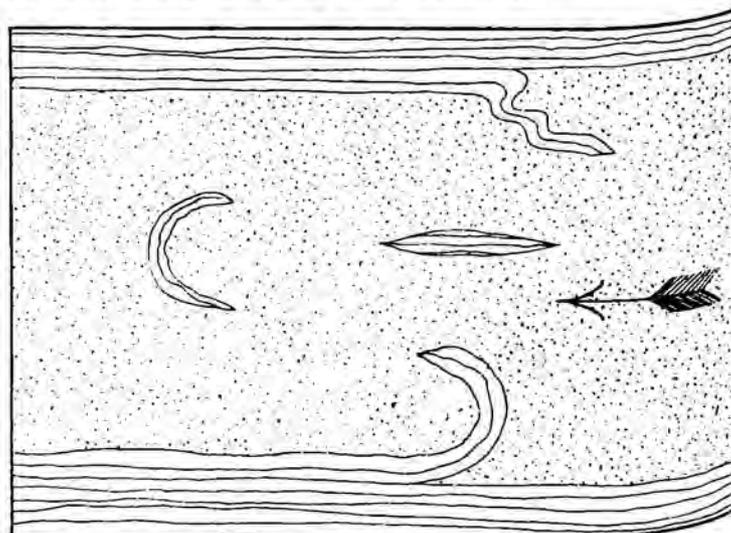
werden von den meisten Geologen für primäre Ausscheidungen angesehen. In diesen Gesteinen finden wir oft das Erz als letzte Ausscheidung, das häufig die anderen Mineralien zerrissen und korrodiert hat. Eine befriedigende Erklärung für diese Erscheinung ist noch nicht gegeben.

⁵⁾ Auf die hauptsächlich aus Quarz und Pyrit bestehenden Kiesgruben Norwegens sei nicht näher eingegangen, da ich sie aus eigener Anschauung nicht kenne.

2. Die Struktur des Erzes.

Auf die deutlich erkennbare Alters- und Ausscheidungsfolge ist schon hingewiesen. Zu den ältesten Mineralien gehört Magnetit und Arsenkies, dann kommt Schwefelkies, und das jüngste ist Kupferkies und Magnetkies. Ebenso ist die porphyrische Struktur schon erwähnt. Von idiomorphen Kristallen kommen im Kies von Sulitelma und anderwärts vor (siehe Vogt.): Augit, Diopsid, Granat, Albit, Epidot, Titanit, Turmalin und Chondroit. Diese Mineralien sind also alle älter als der Kies; sie sind eher auskristallisiert. Hornblende und Glimmer scheinen gleichzeitig oder früher wie Kies gebildet; Quarz ist zuletzt entstanden.

Weiter seien hier die Fließstrukturen erwähnt. Eine gewisse Strömung des Erzes erkennt man schon an Handstücken der Freiburger Sammlung, wie Ströme von Magnetkies und Kupferkies in kompakten Erzklumpen. Die Richtung des Stromes lässt sich an größeren Stücken aus der Richtung der Einschlüsse und aus der Richtung der halb abgequetschten und abgefalteten Stücke des Hangenden und Liegenden bestimmen. Zahlreiche Beobachtungen müssten hier sogar auf die örtliche Herkunft des Erzes hinweisen können (siehe Zeichnung).



■ Kies. ■ Schiefer

In Sulitelma schwillt das Erz plötzlich an einer Stelle auf ein mehrfaches seiner sonstigen Mächtigkeit an. Das Liegende ist hierbei planparallel wie immer, während das Hangende emporgewölbt ist. An einer anderen Stelle war es gerade umgekehrt. Das Hangende blieb ganz planparallel, das Liegende bildete eine Mulde. Der Durchschnittsgehalt des Erzes erleidet hierbei keine Veränderung, was besonders bemerkenswert ist. Es scheint der Erzbrei hier während einer Faltung eingedrungen und erstarrt zu sein.⁶⁾ Anders konnte man sich an Ort und Stelle den Vorgang nicht erklären.

⁶⁾ Interessant ist die Tatsache, dass die Achse der Faltung mit der Achse der Längsausstreckung des Erzes zusammenfällt. (Siehe Sjögren. „Geol. Förh. Förh.“, 1894, S. 367.)

Zuletzt sei nochmals auf die merkwürdigen Nebengesteinsfragmente im Kies hingewiesen, auf die Figuren, wie man sie bei Sulitelma, Röros und Klingenthal im Magnetkies und Kupferkies beobachten kann. Dieselben sind fluidal, häufig wirbelförmig angeordnet, und sehen wie geschwommen aus. An ein späteres Hineinpressen darf man nicht denken, da an einzelnen solchen Stellen die Grenze zum Schiefer ganz scharf ist. Verwerfungen, die meist große Druckerscheinungen begleiten, sind bei Sulitelma zudem beinahe unbekannt. Von eigentlichen Verwerfern der Erzlagerstätte existieren (nach mündlicher Mitteilung) nur zwei. In Jakobsdalen wird das Erz 2 bis 3 dm durch eine mit Kalkspat ausgefüllte Kluft verworfen, und in Nya Sulitelma befindet sich ebenfalls eine 2 dm hohe Verwerfung.

3. Ätzfiguren an Pyritwürfeln.

An einzelnen Pyritwürfeln der Freiburger Sammlung kann man die schönsten Ätzfiguren erkennen. Diese Würfel stammen aus Sulitelma, sind alle scharfkantig, und von allen Seiten in Kupferkies eingebettet gewesen. Die Ätzgruben sind teilweise noch mit Kupferkies angefüllt. Es kann diese Erscheinung nur durch ein Schweben in einer anderen ätzenden Masse erklärt werden, in unserem Falle durch Schweben in Kupferkies, der dann ätzend auf den Kristall einwirkte.

4. Die „Pyritgerölle“.

Für eine magmatische Ausscheidung sprechen weiter die sogenannten „Pyritgerölle“ der Grube Charlotte in Sulitelma. An einer bestimmten Stelle dieser Grube finden sich abgerundete kleine und große Pyritkristalle in einer Kupferkiesgrundmasse. Eine Erklärung dieser von allen Seiten abgerundeten Pyrite durch spätere Druckwirkung ist zu verwerfen, da bei Gebirgsdruck oder bei Überschiebungsdruck plattgedrückte und ausgewalzte Formen sich hätten bilden müssen. Ein Dünnschliff durch ein solches „Geröll“ ließ als Einschluss viel Zinkblende und etwas Quarz erkennen. Letzteres zeigte keine Kataklaststruktur oder sonstige Druckerscheinungen. Diese Pyritgerölle lassen sich am besten als abgeschmolzene, resorbierte Pyritkristalle deuten. Sie sind nur an dieser einen Stelle vorhanden und wirbelartig angeordnet. Vielleicht wurde hier durch irgend welche lokalen Einflüsse die Temperatur des Erzmagmas plötzlich um einige Grad erhöht, und konnten so die schon auskristallisierten Pyritwürfel wieder erweicht und abgerundet werden.

Eine der ersten Ausscheidungen im Kiese ist der Arsenkies, der allerdings nur selten auftritt. Bei Sulitelma ist er kobalthaltig. Diese „Danaite“ sind stets kristallographisch scharf begrenzt, selbst dort, wo die Pyritkristalle gerundet und verzerrt sind (z. B. Försterstollen). Da beide Mineralien ziemlich dieselbe Härte und Tenazität haben, so erklärt sich diese Erscheinung am besten durch einen verschiedenen Grad der Schmelzbarkeit. —

Zum Schluss sei nur noch erlaubt, auf einige Einwände hinzuweisen, die man gegen eine magmatische

Injektion machen könnte. Es könnte z. B. jemand das Vorkommen von Schwefelkies in diesen Kieslagern als Grund gegen magmatische Entstehung anführen; weil sich beim Erwärmen im Laboratorium Pyrit stets in Schwefel und Ferrosulfid zersetzt. Hier muss man jedoch antworten, dass sich in der Natur diese Kieslager unter ganz anderen Bedingungen gebildet haben, als wir sie im Laboratorium finden. Hierbei ist besonders Luftabschluss und Druck zu berücksichtigen. Der Sulitelmaberg besteht ganz aus Gabbro, und seine Spitze erhebt sich heute noch zirka 1800 m über die Erzlagerstätte, z. B. bei Mons Peter. Während der Eiszeit, und auch früher, ist der Sulitelmaberg jedoch bereits gewaltig abgetragen. Das Gabbromassiv dehnte sich sicher mehrere 100 oder 1000 m höher hinauf. Da dasselbe aber Tiefengestein ist, so müssen wir uns noch einige 100 m Deckgebirge darüber denken, so dass wir zu einer ganz beachtenswerten Masse kommen, die einen gewaltigen Druck auf das Erzlager ausübte. Das Vorhandensein von Schwefel im Magma ist zudem bekannt. Das Vorkommen von Kiesen in Eruptivgesteinen, sowie die Solfatarentätigkeit bei Vulkanen weist darauf hin. Die Hypothese von magmatisch entstandenen Kieslagerstätten ist demnach möglich. Die weite Imprägnation des Nebengesteines mit Pyrit, aber nicht mit Kupferkies und Magnetkies, weist zudem auf eine vorwiegend pneumatolytische Entstehung des Schwefelkieses hin.

Zweitens könnte man auf das Fehlen eingeschmolzener Gesteinsfragmente hindeuten, sowie das Eindringen flüssiger Metallsulfide ins Nebengestein physikalisch für unmöglich halten. Dem muss man jedoch folgendes entgegenbringen: Die betreffenden Gesteine befanden sich zur Zeit der Kiesinjektion in einer beträchtlichen Tiefe. Also allein die geothermische Tiefenstufe setzte eine große Wärme des Nebengesteines voraus. Zudem war eben erst das gewaltige Gabbromassiv emporgestiegen und hatte seine Wärme an die anliegenden Gesteine abgegeben, so dass deren Temperatur von der der eindringenden Erzmassen wohl nicht allzusehr abwich. Das Eindringen der Kiese ins Nebengestein dürfte daher physikalisch wohl möglich sein. Auch die Analogie mit eruptiven Lagergängen weist auf die Möglichkeit des Eindringens glutflüssiger Massen in ein vielleicht kälteres Nebengestein hin. Das Vorhandensein eingeschmolzener Schieferstücke ist zudem keine notwendige Folge einer magmatischen Injektion. Finden wir doch bei vielen Tiefengesteinkontakten keine Einschmelzungserscheinungen.

Eine schwierige Frage bleibt zuletzt noch bei Sulitelma zu lösen. Wie erklärt man sich die gequetschten Pyritkristalle im Chloritschiefer? Bisher wurden sie als Druckphänomene hingestellt, und als Beweis für eine spätere dynamische Einwirkung auf das Erzlager angesehen. Dem muss man jedoch entgegenhalten, dass sich in demselben Chloritschiefer andere, nicht gequetschte Pyritkristalle finden. Die gequetschten Pyritkristalle haben verschiedene Form. Immer haben sie Quetschstreifen und sehen wie geflossen aus. Sie müssen in weichem Zustande gequetscht sein. Wie bei den Pyrit-

kristallen des Kiesel, so müssen wir auch bei den Pyritkristallen des Chloritschiefers annehmen, dass sie, schon auskristallisiert, wieder erweichen.¹⁰⁾

Was nun aber diese Erweichung herbeiführte, ist noch eine offene Frage, die spätere Beobachter zu lösen haben. Nimmt das normale Aussehen der Pyritkristalle mit der Entfernung vom Kieslager zu, so müssen wir in dem Kieslager selbst die Ursache der Wärmezufuhr erblicken. Ist dies aber nicht der Fall, so müssen wir uns nach einem neuen Wärmeherde umsehen, — und dieser ist uns gegeben in dem über dem Erzlager lagernden Granit. Derselbe ist nach den Untersuchungen von Sjögren jünger als der Gabbro, und demnach auch jünger als das Erz. Er kann Wärme und Druck für die Deformation der Pyritkristalle im Chloritschiefer geliefert haben. Denselben nun aber für ein völliges Erweichen des Kiesel und für ein Hineinpressen der Schieferfetzen verantwortlich zu machen, dürfte zu weit gegangen sein; denn die Schieferfragmente finden wir auch bei Röros und Klingenthal im Magnetkies, ebenso bei der Nickel-erzlagerstätte Sudbury u. s. w., wo aber von einem darüber lagernden jüngeren Eruptivgestein nichts zu sehen ist.

Meine Ansicht über die Entstehung der Kieslagerstätten vom Typus Sulitelma-Röros-Klingenthal ist also kurz folgende:

¹⁰⁾ Ein Schriff durch einen solchen gequetschten Pyritkristall zeigte viele Einschlüsse. Neben Rutil, Amphibol und Biotit war besonders Cordierit und Quarz vertreten. Die beiden letzteren Mineralien zeigten keine Mörtelstruktur und keine undulöse Auslöschung. Dies weist darauf hin, dass wir es hier nicht mit einer Druckerscheinung, sondern mit einer Schmelzerscheinung zu tun haben, wobei der Druck nur eine sekundäre Rolle spielte.

1. Die genannten Kieslager sind epigenetisch, da sie teilweise in umgewandelten Eruptivgesteinen (Gang- und Tiefengesteinen) nachgewiesen sind.

2. Sie sind aufs engste verwandt mit den Nickel-erzlagerstätten vom Typus Evje, Ringerike, Sudbury, und haben mit ihnen gemeinsam:

- a) Das Gebundensein an basische Eruptivgesteine.
- b) Die Mineralkombination: Magnetkies, Kupferkies, Pyrit.

c) Die Struktur (Pyrit, der älteste der Kiese) und den Einschluss gewundener und zerbrochener Schieferfragmente.

3. Sie sind nicht thermal abgesetzt, da alle typischen Merkmale thermal abgesetzter Gänge fehlen.

4. Sie sind wahrscheinlich das Produkt einer magmatischen, mit Gasen und Dämpfen stark gesättigter Erzinjektion, die zur Zeit der Gebirgsfaltung vom Gabbromassiv aus erfolgte. Hierfür spricht:

- a) Die Analogie mit den Nickelerzlagerstätten (bei Annahme einer magmatischen Entstehung derselben).
- b) Die Mineralkombination.
- c) Die Struktur des Erzes: Porphyrstruktur, Fließstruktur, Einschlüsse.
- d) Sonstige Beobachtungen, wie Ätzfiguren an Pyritwürfeln, Pyrit„gerölle“ u. s. w.

In einem genetischen System der Erzlagerstätten wären nach der geschilderten Auffassung der Kieslagerstätten vom Typus Röros-Sulitelma-Klingenthal hinter den Nickelerzlagerstätten vom Typus Sudbury-Ringerike u. s. w. anzuordnen.

Die künstliche Verlangung des Haselgebirges.

Von Bergrat C. Schraml.

(Schluss von S. 557.)

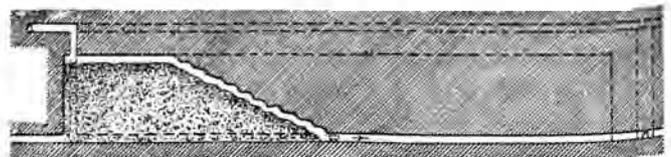
Trockenabbau.

Die bei fast allen alpinen Salzbergbauen übliche Art des Lageraufschlusses wird beibehalten; von der Hauptschächtricht zweigen in etwa 180 m Entfernung Querschläge ab, zwischen welchen die 160 m langen und 30 m breiten Abbaukammern mit 10 m starken Zwischenpfeilern zu liegen kommen (Fig. 5). Die Kammern stehen von den Querschlägen 10 m ab um für den später einzubauenden Damm genügende Sicherheit zu gewinnen. Bei der geringen Kammerbreite kann eine Bergfeste von 6 m als hinreichend für die Standhaftigkeit des Baugerippes erachtet werden¹⁾, so dass von der Gesamtmächtigkeit einer Etage 26 m zum Genusse gebracht werden können. Es hindert übrigens nichts, falls es für notwendig angesehen werden sollte, die Bergfeste auch stärker zu halten, nur wird dann das Ausnützungsverhältnis naturgemäß erniedrigt.

¹⁾ Die tragfähige Himmelsfläche eines aufgestellten Laugwerkes von normal 85 m Enddurchmesser (Hallstatt) beträgt 5674 m², jene einer Abbaukammer bloß 4800 m².

Der Hohlraum einer ausgesprengten Kammer rechnet sich nach obiger Annahme mit $160 \times 26 \times 30 = 124\ 800\ m^3$. Da die Kammerwände nahe der Decke zur Vergrößerung der Tragfähigkeit der Mittelpfeiler und zur Verminderung der Bruchgefahr zweckmäßig überhängend anzulegen sein werden, vermindert sich die Ausbeute einer Kammer auf rund 120 000 m³. In die oben verstärkten Pfeiler könnten gegebenenfalls die Galerien für die Schlammrohrleitung verlegt werden.

Fig. 4.



Jede Kammer erhält mit Rücksicht auf die Bewitterung und die Bergförderung während des Abbaues