

Altersverschiedenheiten bei Mineralien der Kieslager.

Von

Dr. Richard Canaval.

Inhalt.

Einleitung.

I.

Die Altersfolge der Mineralien in einigen Kiesvorkommen: Kallwang, Großfragant, Politzberg, Knappenstube, Laitenkofel, Prettau, Röros, Vignäs und Sulitelma, Ducktown, Rammelsberg, Meggen a. d. Lenne, Agordo, Knappenwald.

II.

Deutung gewisser Erscheinungen, Anschauungen von Heim, Reyer, Becke und van Hise, Fuchs, Breithaupt und J. Lehmann.

Folgerungen aus der Annahme, daß die Kieslager durch Vermittlung heißer Kieselsäure-Gallerten gebildet wurden.

Ableitung eines Ausdruckes für die Größe der relativen Löslichkeit.

Anwendung auf die Sulfide und Sauerstoffverbindungen der Kieslager.

Beobachtungen von Becke, Stark u. Bergeat, Altersfolge in Drusen.

Unterkühlung, Anschauung von Doelter, Satz von Noyes.

Klastischer Quarz von Knappenwald.

III.

Linienbildung in Kieslagern, Schichtenbiegungen nächst den Linien, Änderung der Erzführung in den Aussparungen.

Rekrystallisation, Unterschiede in der Erzführung am Hangenden und Liegenden, Ätzfiguren auf Pyrit, Wachstumsdruck, Einschlüsse in Granat.

Pressungserscheinungen am Pyrit, Bewegungen während der Verfestigung, Reyers Versuche.

Auftreten des Magnetits.

Beobachtungen von Liesegang, Bildung der Hornblendeschiefer.

Schutzwirkung organischer Kolloide und damit zusammenhängende Erscheinungen.

Leonhardt¹⁾ führt bereits von Falun Eisenkieskrystalle auf, welche in Kupferkies eingewachsen sind, und Breithaupt, „der umfassendste Geist, den die mineralogische Wissenschaft je besessen hat“, wie ihn der leider so früh verstorbene F. Cornu²⁾ nennt, bespricht in seiner „Paragenesis der Mineralien“³⁾ eingehend die Assoziation des Eisenkieses und Kupferkieses.

„Ein ungemein häufiges Vorkommen ist das porphyrtartige des Eisenkieses, Marcasites ferreus, im Kupferkies, Chalcopyrites tetragonus, namentlich wenn letzterer in größeren derben Massen erscheint.“

¹⁾ Handbuch der Oryktognosie. Heidelberg 1826. S. 660.

²⁾ Z. f. Chemie und Industrie der Kolloide, Bd. IV, 1909. S. 300.

³⁾ Freiberg 1849, S. 28.

„Einige Male läßt sich diese paragenetische Erscheinung sogar in der Art mit Raumüberschuß beobachten, so, daß der Eisenkies ganz locker im Kupferkies liegt. Sind jedoch Kupferkies und Eisenkies in Drusen vergesellschaftet, so erscheint jener als das ältere, dieser abermals als das jüngere aufsitzende Glied.“

Diese Angaben der älteren Literatur sowie die Mitteilungen Stelzners⁴⁾ und J. H. L. Vogts⁵⁾ über norwegische Kieslagerstätten veranlaßten mich, in einer Studie über das Kiesvorkommen von Kallwang in Obersteier⁶⁾ den Versuch zu machen, das relative Alter der Kiese und der dieselben begleitenden Mineralien zu bestimmen und diesen Versuch später auch auf andere lagerartige Vorkommen auszudehnen.

Die Arbeiten von Kick⁷⁾, Pöschl⁸⁾ und Traube⁹⁾ sowie die Beschäftigung mit Studien über Chemie der Kolloide waren sodann der Anstoß, einfache mechanische Vorstellungen auf Lösungsvorgänge anzuwenden und zu versuchen, ob sich nicht mit Hilfe derselben gewisse paragenetische Erscheinungen erklären lassen.

Die Tatsachen, auf welche sich diese Versuche stützen, und die Ergebnisse der letzteren habe ich in den folgenden Zeilen niedergelegt.

Wenn auch diese Ergebnisse keine unbefriedigenden sind, so läßt sich doch nicht verkennen, daß sie mit manchen modernen, allerdings noch sehr hypothetischen Anschauungen der Geologie schwer in Einklang gebracht werden können.

I.

Die Gesteine der Erzzone von Kallwang sind graphitischen Quarzphylliten eingelagert, welche der Hauptsache nach aus Quarz, einem farblosen bis schwach grünlichen glimmerähnlichen Mineral (Chloritoid) und

⁴⁾ Die Sulitelma-Gruben im nördlichen Norwegen. Freiberg 1891. S. 44.

⁵⁾ Z. f. prakt. Geol. 1893, S. 128.

⁶⁾ Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark 1894, S. 3.

⁷⁾ Das Gesetz der proportionalen Widerstände. Leipzig 1885.

⁸⁾ Die Härte der festen Körper. Dresden 1909.

⁹⁾ Z. f. anorgan. Chemie, Bd. 34, 1903, S. 413. Grundriß der physikal. Chemie. Stuttgart 1904. S. 208.

chloritisiertem beziehungsweise ausgebleichtem Biotit bestehen. Ziemlich konstant treten außerdem Turmalin, Epidot und von Epidotkörnchen überwucherte Augitrete, die von Rutilnadelchen begleitet werden, seltener Plagioklas und Calcit auf. Eine mehr untergeordnete Rolle spielen Tremolit, grüne aktinolithartige Hornblende, Zirkon und Titanit. Als färbender Gemengteil erscheint Graphit, welcher sich in den Epidotkörnchen und Turmalinsäulchen konzentriert oder Reste von Augit umhüllt. Von Erzen ist nur Magnetkies vorhanden, der ab und zu Turmalinsäulchen umgibt oder Bruchstücke solcher Säulen verkittet.

Die Erzzone selbst besteht aus tiefbraunen bis dunkelgrünen Schiefen und aus Hornblendeschiefen. Die ersteren führen hauptsächlich Quarz, Albit oder Calcit und frischen oder chloritisierten Biotit, ferner Epidot und Reste von Augit.

In der Regel ist der Albit, welcher in manchen Gesteinsvarietäten eine Abhängigkeit zwischen dem Verlaufe der Zwillingsstreifung und gewissen, auf seitliche Pressung hinweisenden Erscheinungen wahrnehmen läßt, reich an Einschlüssen. Außer kleinen, säulenförmigen Mikrolithen, welche Epidot zu sein scheinen, finden sich, und zwar oft in sehr großer Zahl, schmale Biotitlamellen, die in manchen sonst frischen Durchschnitten durch ihre grüne Farbe eine beginnende Chloritisierung verraten, öfters auch Augit-Reste und Anhäufungen opaker Körnchen. Der Calcit, welcher sich auf Kosten des Plagioklases herausbildet, beherbergt außer Epidotkörnern keine Einschlüsse.

Der Biotit wurde in den meisten Gesteinen chloritisiert, wobei Rutil in dünnen, sagenitartige Verwachsungen bildenden Nadelchen zur Ausscheidung kam.

Augit tritt ausschließlich in irregulär umgrenzten, ausgezackten und wie angefressen erscheinenden Individuen auf, welche zur Entstehung von lichtgelblich gefärbtem bis ganz farblosem Epidot, der oft von Rutilnadelchen begleitet wird, Anlaß gaben.

Turmalin, Graphit und Titanit kommen nur sporadisch vor, ein ziemlich regelmäßiger Gemengteil ist dagegen Magnetkies, der kleine, meist nach der Schieferung gestreckte Partien bildet.

Die Hornblendeschiefer bestehen der Hauptsache nach aus aktinolithartiger Hornblende oder Tremolit und Quarz.

Die aktinolithartige Hornblende, in der Rutilnadelchen und öfters auch Epidotkörner interponiert sind, bildet lange, an den Enden verbrochene Stengel oder schmale zu schilfartigen Gestalten verbundene, quergegliederte

und terminal oft asbestartig zerfranste Individuen.

Untergeordnet kommen neben der Hornblende noch Titanit, Epidot und Reste von Augit, dann ab und zu Albit und Turmalin vor. Rutil und Turmalin wurden auch als Einschlüsse im Albit beobachtet.

In den Tremolit führenden Schiefen werden die farblosen quergegliederten Tremolitstengel, welche zum Teil Übergänge in eine serpentinartige Substanz erkennen lassen, hauptsächlich von Quarz und Calcit, dann von Rutil, sporadisch auch von Titanit begleitet.

Schmale Calcit-Trümmer zeigen oft eine mehrfache Wiederholung, so daß dann ein Tremolit-Bündel in einzelne Bänder aufgelöst erscheint. Parallel einem System solcher Trümmer war in einem Tremolit-Bündel eine Streifung zu bemerken, welche sich bei starker Vergrößerung zu parallelen Querbrüchen auflöste, die außerhalb des Bündels in dem benachbarten Quarz als Reihen von Fluidaleinschlüssen fortziehen, deren Deutlichkeit mit wachsender Entfernung von dem Tremolitbündel immer mehr abnimmt. Die Calcit-Trümmer keilen sich allmählich aus, wobei an Stelle des Calcits Quarz tritt, der schließlich in den Quarz des Cements übergeht.

Die Untersuchung von Gesteinsproben aus den Hangend- und Liegendschlägen, welche in der letzten Betriebsperiode des Werkes angesteckt wurden, das 1867 zur Einstellung kam, ergab, daß Übergänge zwischen den einzelnen Gesteinstypen bestehen, und zwar sowohl ins Hangende und Liegende wie auch dem Streichen nach.

An Stelle der Biotit beziehungsweise Amphibol führenden Gesteine treten Chloritoid und Turmalin führende, durch Graphit dunkel gefärbte Schiefer, und damit mindert sich auch die Erzführung.

Die Mächtigkeit der Gesteine, welche der Erzführung günstig sind, und die hauptsächlich dem Liegenden der Erzzone angehören, scheint Schwankungen unterworfen und dort am größten zu sein, wo kupferreichere Geschicke auftreten.

Da die Erzlagerstätte im Mittel unter 50° nach NO verflächt, und im Liegenden derselben eine gering mächtige Kalkbank auftritt, welche, söhlig gemessen, 66 m von ihr absteht, dürfte die Gesamtmächtigkeit dieser Gesteine 50 m kaum übersteigen.

Das Kieslager von Kallwang führt neben vorwaltendem Pyrit noch Magnetkies, Kupferkies und sehr wenig Arsenkies in einer hauptsächlich quarzigen Gangart, so daß auch hier die alte Regel galt: Quarz nimmt und bringt Erze.

Die Kiese treten außerdem aber auch als mehr oder minder kräftige Imprägnation im Nebengestein auf.

Die frischesten Durchschnitte des Pyrits in Dünnschliffen sind quadratisch mit abgerundeten Ecken und zeichnen sich durch feinkörnige Oberfläche sowie das Fehlen von Sprüngen und Rissen aus. Andere Durchschnitte besitzen eine mehr grobkörnige Oberfläche, infolge dessen einen schwächeren Glanz und zahlreiche Risse und Sprünge, welche sie in größere oder kleinere Partikelchen auflösen, die gewöhnlich noch an hexaedrische Teilungsgestalten erinnern. Auf diesen Rissen haben sich dann jüngere Kiese angesiedelt, welche wie eine Haut den Eisenkies umgeben. Wieder andere Pyritdurchschnitte sind ganz zu einzelnen Partikelchen zerborsten und so innig mit jüngeren Kiesen verwachsen, daß man eine einheitliche Masse vor sich zu haben glaubt, welche je nach dem Vorherrschen des einen oder anderen Kieses verschieden gefärbt ist. (Gelbkies, Feinerz.)

Der Magnetkies bildet hauptsächlich unregelmäßig umschriebene Partien mit flachmuscheligen Begrenzungsflächen, stellt sich aber auch in größeren homogenen Durchschnitten ein, welche durch ihre unvollkommen sechsseitige Form das hexagonale Krystallsystem des Minerals zum Ausdruck bringen.

In einzelnen Präparaten sieht man runde Pyrit- und Pyrrhotin-Partien sowie eckige Fragmente von Arsenkies, die von Kupferkies umwachsen werden, an dessen Rand Magnetkies zu erkennen ist, welcher dort, wo er von Quarz umgeben wird, scharf konturierte hexagonale Täfelchen bildet.

Diese Beobachtungen sowie das Auftreten gestreifter, aus einzelnen Lagen von Gelbkies und Magnetkies bestehender Erze schienen für folgende Krystallisationsreihe zu sprechen:

Eisenkies,
 älterer Magnetkies und Arsenkies,
 Kupferkies,
 jüngerer Magnetkies.

Die Kiese werden von denselben Mineralien begleitet, welche die Gesteine der Erzzone aufbauen, und außerdem auch von Apatit.

Unter den Silikaten sind Augit, der in korrodierten Körnern auftritt und zur Bildung von Epidot Anlaß gab, sowie Biotit die ältesten. Der Biotit wurde unter Ausscheidung von Rutil gebleicht oder chloritisiert oder in aktinolithartige Hornblende umgewandelt.

Die Biotitblättchen werden von Magnet- und Kupferkies umschlossen, die sich oft auch zwischen Biotitlamellen abgelagert.

Der Biotit ist daher entschieden älter als diese Kiese.

Zur Beurteilung des Alters der Kiese gegenüber der aktinolithartigen Hornblende sind ferner Erscheinungen beachtenswert, welche als das Resultat gewisser Bewegungsvorgänge gedeutet werden können. Besonders überzeugend ist in dieser Hinsicht eine Beobachtung.

„Ein unvollkommen quadratischer Pyritdurchschnitt liegt in einem Quarzmosaik, das von Hornblendestengeln durchspickt wird. Die größeren derselben sind in kurze Bruchstücke aufgelöst, welche sich nebst den schmälern Amphibolindividuen derart um den Pyrit gelagert haben, wie dies Krystalle tun würden, die in einem steifen Liquidum schwimmen, und gegen welche ein starrer Körper herangeschoben wird.“

Die dem Würfel nächsten Partikeln schmiegt sich parallel den Seitenflächen an, wogegen die entfernteren eine dazu schräge Stellung einnahmen.

Der Pyrit, in dem Hornblendeinschlüsse fehlen, war demnach schon vorhanden, als diese Bewegung eintrat, wogegen Kupferkies, der sich zwischen den Hornblendestengeln einlagerte und mit Vorliebe auch auf Querbrüchen derselben ansiedelte, erst später abgelagert wurde.

Da nun die aktinolithartige Hornblende, wenigstens zum Teil, aus Biotit hervorging, kann der Pyrit jünger als Biotit und ziemlich gleichaltrig mit Hornblende sein.

Der Albit ist zumeist ganz einschlußfrei, beherbergt ab und zu aber auch Augitreste, chloritisierte Biotitblättchen, Turmalin- nadelchen, Rutil säulchen, Körner von Epidot und Titanit, jedoch keine Kiese. Er kann daher vor den letzteren verfestigt worden sein. Andererseits läßt aber das Auftreten einer eigentümlichen pflasterartigen Struktur und die allgemeine Verbreitung des Albits in den Gesteinen der Erzzone vermuten, daß hinsichtlich desselben eine bestimmte zeitliche Position nur in beschränktem Umfange besteht.

Die erwähnte pflasterartige Struktur, welche nur in der Erzzone vorkommt, charakterisiert sich durch gleich große, polygonal umschriebene Plagioklaskörner, deren Zwischenräume derart von Biotit erfüllt werden, daß man den Eindruck eines ziemlich gleichmäßigen Mosaiks erhält.

Titanit wird oft von Magnet- und Kupferkies umschlossen und enthält auch selbst Einschlüsse dieser Kiese. Er kann

daher als gleich alt mit diesen Kiesen angesprochen werden.

Am spätesten hat sich Quarz und etwas früher Calcit konsolidiert, dessen Rhomboderechen als Einschlüsse im Quarz auftreten.

Genetisch bemerkenswert sind bei dem Kallwanger Kieslager der Einfluß des Verflächens auf die Erzführung, das Auftreten von Abzweigungen und Gabelungen der Lagerstätte sowie von Gebilden, die als Apophysen angesprochen werden können.

Flacheres Fallen veredelte das Lager und brachte größere Mächtigkeit und reichere Erze hervor, wogegen Abzweigungen und Gabelungen, die sowohl dem Streichen als dem Verflächens nach auftraten, im allgemeinen ungünstig wirkten. Apophysen wurden an Haldenstücken beobachtet, wo sie wie dicke Striche auf den Schichtflächen erscheinen. Dieselben durchsetzen zwar die Schichtung erweisen sich jedoch unter dem Mikroskope als Kiesaggregationen, deren Begrenzungen durch die Konturen der benachbarten Mineraldurchschnitte bestimmt werden. In dem chloritisierten Biotit führenden Nebengestein dieser Apophysen sind kleine linsenförmige Kiesanhäufungen eingelagert, die zum Teil durch dünne Ästchen mit den spaltenförmigen Gebilden im Zusammenhange stehen.

Ähnliche Apophysen wurden u. a. von Redlich¹⁰⁾ bei dem Walchener Kieslager und von Beck¹¹⁾ bei der Kieslagerstätte von Elterlein in Sachsen beobachtet.

Stelzner-Bergeat¹²⁾ bemerken, daß die für Kallwang mitgeteilte Reihenfolge im allgemeinen dem Bilde entspricht, „welches auch sonst die mikroskopische Untersuchung ähnlicher Kieslager in krystallinen Schiefen bietet“.

Recht vollständig scheint sie für das Kiesvorkommen von Großfragant im Mölltal zu gelten, dessen Ähnlichkeit mit Kallwang von mir¹³⁾ schon a. a. O. hervorgehoben worden ist. In Großfragant tritt auch Magnetit auf, der hier entschieden älter als Pyrit ist. Wo er von diesem umwachsen wird, gleichen seine Konturen jenen der rundlichen, vielfach von Sprüngen durchzogenen und zerborstenen Pyritkörner, wogegen die frei in Quarz eingebetteten Magnetite in der Regel krystallographisch begrenzt sind.

Eine nicht unbeträchtliche Zahl von Kieslagern, welche sich durch das Mitvor-

kommen von Bleiglanz und Zinkblende sowie durch einen zum Teil recht erheblichen Goldgehalt ihrer Erze charakterisieren, beherbergt die zwischen dem Drau- und Mölltal gelegene Gebirgsgruppe des Kreutzacks.

Man kennt in diesem Gebirge, das aus krystallinischen Schiefen besteht, die an zahlreichen Punkten von Porphyriten durchbrochen werden, zwei erzführende Zonen, die ungefähr ostwestlich streichen, und von welchen jene am N-Abhange nach S, jene am S-Abhange dagegen nach N verflacht.

Beide Zonen, von denen die südliche allerdings größere Unterbrechungen aufweist, besitzen eine Länge von ungefähr 13 km. Dieselben sind mit Hornblendeschiefern verbunden, über welche im westlichen Teil des Gebirges Gneis folgt, der am Giper-See ansteht und am Mauereck (2.218 m) eine bedeutende Mächtigkeit erreicht.

Den östlichsten Punkt der nördlichen Zone¹⁴⁾ bilden die in 2 200 m Seehöhe gelegenen Bergbaureste am N-Abhange des Dechant (2 587 m), den westlichsten die alten in ungefähr 2 100 m Seehöhe befindlichen Baue im Zleinacherwald am Südwestabhange des Ebenecks (2 264 m). Fast in der Mitte der Zone sind in 2 100 m Seehöhe die Baue in der Staller Wella gelegen, welche sich auf einem ockerig auswitternden Gesteinskomplex bewegten, der eine Mächtigkeit von ungefähr 10 m besitzt und teils aus Quarz, teils aus einem mit Kiesen imprägnierten chloritischen Schiefer besteht.

Der Schiefer, welcher nach einer Probe Rochatas 55 Proz. Schlich mit 2,19 Proz. Cu, 300 g Ag und 20 g Au pro t enthält, erinnert lebhaft an gewisse Partien des Kallwanger Vorkommens. Neben Quarz und sehr wenig Albit tritt chloritisierter Biotit (Vermiculit), Epidot und in beträchtlicher Menge aktinolithartige Hornblende in dünnen, innig verfilzten Nadeln auf, welche sich aus dem Vermiculit herauszubilden scheinen. Außer Pyrit kommt noch Kupfer- und Magnetkies, dann sehr wenig Zinkblende und Bleiglanz vor.

Westlich von der Staller Wella befand sich ein größerer Bau in der Tresdorfer Wella (2 400 m), welcher auf ein ähnliches Vorkommen wie die noch weiter westlich gelegenen, jetzt gleichfalls verbrochenen Gruben am Politzberg und auf der Lochalm im Lamnitztal umgegangen zu sein scheint.

Das Kieslager am Politzberg (2000 m), dessen Mächtigkeit bis auf 3,75 m und mehr

¹⁰⁾ Bergbaue Steiermarks II. Leoben 1903. S. 35.

¹¹⁾ Z. f. prakt. Geol. 1905, S. 13.

¹²⁾ Die Erzlagerstätten. Leipzig 1904—1906. S. 278.

¹³⁾ Z. f. prakt. Geol. 1908, S. 479.

¹⁴⁾ Vgl. R. Canaval: Carinthia II, 1898, Nr. 5 und 1900, Nr. 1.

anwächst, tritt zwischen Granat-Glimmerschiefer im Liegenden und Hornblendeschiefer im Hangenden auf.

Der Granat-Glimmerschiefer führt Biotit, Zoisit, Turmalin und graphitischen Kohlenstoff, welcher sich mit Vorliebe in dem zentralen Teil der Zoisit-Individuen und Granatkörner anhäuft.

Nächst der Lagerstätte ist der Biotit zum Teil entfärbt, der Gehalt an Zoisit nimmt zu, und stellen sich außerdem Albit sowie sehr viel Rutil ein, der prächtige sagenitartige Verwachsungen bildet.

Das Lager beherbergt hauptsächlich Pyrit, neben dem noch Magnetkies, Kupferkies, Bleiglanz und Blende einbrechen. Gegen das Liegende wird der Kies grobkörnig, am Hangenden treten Bleiglanz und Zinkblende auf.

Unter den Mittel- beziehungsweise Quetscherzen herrschen kiesführende Biotit- und Hornblendeschiefer vor.

Eine dritte, wie es scheint, wesentlich seltenere Varietät charakterisiert sich durch die Assoziation von Sulfiden mit Uralit, Tremolit und Calcit.

Die Biotitführenden Mittelzerze enthalten Quarz, Albit, Titanit, Pyrit, Kupferkies, Magnetkies, Bleiglanz und Zinkblende.

Der Pyrit, welcher in zerborstenen, von Rissen durchsetzten Würfeln vorkommt, ist das älteste aller Sulfide. Magnetkies scheint ziemlich gleichzeitig mit Kupferkies verfestigt worden zu sein und ist älter als Galenit, welcher ihn zum Teile umschließt. Der letztere kam andererseits auch später als die braunrot durchscheinende Zinkblende zur Ausscheidung, da einzelne kristallographisch gut begrenzte Zinkblende-Individuen von Bleiglanz umwachsen werden.

Der Pyrit ist jünger als Biotit, der hie und da in ihm eingeschlossen auftritt, dagegen älter als Titanit, von dem er umwachsen wird. Der letztere dürfte ziemlich gleichzeitig mit der Zinkblende verfestigt worden sein, da in einzelnen von Zinkblende umschlossenen Titanit-Individuen auch Blendeinschlüsse zu beobachten sind.

In dem Albit kommen neben farblosen Glimmerschüppchen, Biotitblättchen und Rutilnadelchen auch Einschlüsse von Blende- und Bleiglanzblättchen vor. Er hat sich daher zum Teil erst nach Ablagerung dieser Sulfide konsolidiert.

Die von Amphibol begleiteten Mittelzerze charakterisieren sich durch das Vorwalten einer stengeligen, durch blaugrüne Farbentöne ausgezeichneten Hornblende, mit welcher in sehr geringer Menge ein dem Glaukophan nahestehender Amphibol verwachsen ist.

Die Hornblende beherbergt neben Zoisit auch kleine Pyritkrystalle, welche schon beträchtliche Deformationen erlitten zu haben scheinen, bevor sie von ihr umgeben wurden. Die Hauptmasse des Pyrits sowie die übrigen Sulfide sind erst nach der Hornblende verfestigt worden.

In den Handstücken der dritten Erzvarietät fallen schon makroskopisch große, breite, grünlichgrau gefärbte und von Sulfiden durchwachsene Krystalloide auf, welche aus faserigem Uralit bestehen, dem fein verteilter Calcit interponiert ist. Nach außen gehen diese Krystalloide in ein wirres Aggregat von farblosem Tremolit über, dem farblose bis schwach grünlich gefärbte Glimmerblättchen, dann Quarz, Calcit und Albitkörner beigemischt sind. Die Sulfide: Magnet- und Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende, verteilen sich ziemlich regellos über den Schliff. In Begleitung derselben stellen sich auch Zoisit und Titanit ein, die jünger als der Uralit sind, von welchen jedoch der Zoisit schon vor Ablagerung der Sulfide zur Ausscheidung gekommen zu sein scheint.

Unter den Kiesvorkommen am S-Abhänge des Kreuzecks ist jenes der Knappenstube¹⁵⁾ an der westlichen Abdachung des Scharnik (2651 m) insbesondere darum bemerkenswert, weil sich bei demselben Störungen bemerklich machen, die während der Verfestigung erfolgt zu sein scheinen.

Leider sind diese zum Teil auch durch Verwürfe komplizierten Verhältnisse in der letzten Betriebsperiode des Baues nicht genügend aufgeklärt worden.

Das Kieslager kann als eine Erzzone bezeichnet werden, welche durch eigentümlich veränderte Hornblendeschiefer charakterisiert ist, und die vorwiegend Pyrit mit Magnet- und Kupferkies, zum Teil aber auch Arsenkies und in kleiner Menge Bleiglanz und Zinkblende führt. Mit dem Auftreten des Arsenkieses stellt sich ein Goldgehalt ein, der bis auf 104 g pro t steigt.

Das Hangende der Erzzone bildet Amphibolit, das liegende Graphit beziehungsweise Granatglimmerschiefer.

Die Arsenkies führenden göldischen Erze scheinen mit einer Störung zusammenzuhängen, deren Streichen das Lager unter einem spitzen Winkel verquert. Außer dieser Störung, welche gewisse Eigentümlichkeiten einer Flexur besitzt, kommen aber auch noch Querklüfte vor, und eine mächtigere derartige Kluft, welche ungefähr dasselbe Streichen wie das Lager, jedoch ein steileres Einfallen

¹⁵⁾ Vgl. R. Canaval: Jahrbuch des naturhist. Landes-Museums v. Kärnten, 1899, S. 97.

erkennen läßt, ist in älterer Zeit hauptsächlich verfolgt worden. Während der Hornblendeschiefer im Hangenden der Erzzone frische stengelige Hornblende führt, die mit jener des Vorkommens am Politzberg übereinstimmt und auch wie diese von einem dem Glaukophan nahestehenden Amphibol begleitet wird, hat die Hornblende in der Erzzone kräftige Veränderungen erlitten, wobei farblose Glimmerschüppchen und kleine Körner eines bräunlichen Carbonats ausgeschieden wurden.

Chloritisierter, zum Teil aber auch noch recht frischer Biotit, Zoisitkörner, Rutil, ab und zu auch Graphit und Calcit sind mit der umgewandelten Hornblende assoziiert.

Die Kiese des Lagerstreichens bestehen im westlichen Teile des Vorkommens vorwiegend aus Pyrit, im östlichen vorwiegend aus Magnetkies.

Der Pyrit bildet auch hier geborstene Würfel oder rundlich umschriebene Körner, die von den jüngeren Sulfiden: Magnetkies, Kupferkies, Bleiglanz und Zinkblende, umwachsen werden.

Der Pyrit ist zweifellos jünger als Biotit, den er hier und da umschließt, und entschieden älter als Magnetkies, in dem Pyrit und Hornblende eingewachsen vorkommen, und der ziemlich gleichzeitig mit Kupferkies verfestigt wurde.

Fast gleichaltrig mit dem letzteren scheint auch Bleiglanz zu sein, der zwar von Kupferkies durchwachsene Pyritdurchschnitte umgibt, andererseits aber auch neben Kupferkies sich mit Vorliebe in ausgebleichten Biotitblättchen ansiedelte.

Die rotbraune Zinkblende kam wahrscheinlich erst nach dem Galenit zur Ablagerung, da in ihr einzelne idiomorphe Bleiglanzkörner eingewachsen vorkommen.

Außer Biotit und Hornblende treten mit den Kiesen assoziiert noch Albit, Zoisit, Epidot, Augit und Titanit auf.

Lichtgelber Epidot, zu dem hauptsächlich Augit das Material geliefert zu haben scheint, der lebhaft an die stark zersetzten Augite von Kallwang erinnert, wurde nur ganz sporadisch beobachtet.

Titanit ist auch hier recht häufig, scheint zum Teil jedoch durch ein Gemenge von Albit und Calcit verdrängt worden zu sein.

In den Arsenkies führenden Partien der Erzzone sind die Sulfide hauptsächlich infolge der weitgediehenen Veränderungen, welche der Pyrit erlitt, so innig miteinander verwachsen, daß sich eine bestimmte Altersfolge nicht mehr feststellen läßt. Eine idiomorphe Ausbildungsweise kommt jedoch fast nur bei Arsenkies vor, der ab und zu in

kleinen, durch das Vorwalten von M säulenförmigen Individuen auftritt.

Die oben erwähnte Kluft, welche den Gegenstand des Bergbaubetriebes der Alten bildete, ist bis auf geringe Rücklässe ganz abgebaut worden. Dieselbe wurde daher auch in neuerer Zeit nicht weiter verfolgt, so daß zur Beurteilung ihrer räumlichen Ausdehnung und ihres Verhaltens an der Scharung mit dem Kieslager selbst verlässliche Anhaltspunkte nicht gewonnen werden konnten.

Alle Umstände weisen jedoch darauf hin, daß die Kluft über die Erzzone nicht oder doch nicht weit hinaussetzt.

Die Füllung der Kluft besteht aus Quarz, Plagioklas und Sulfiden. Der nicht mehr frische Plagioklas enthält Einschlüsse kleiner Turmalin- und Zirkonsäulchen, Zoisitkörner und stark gebleichter Biotitblättchen. Unter den Sulfiden herrscht Bleiglanz, neben dem noch Eisen- und Kupferkies auftreten, vor. Der jüngsten Bildungsperiode scheint der Galenit anzugehören. Er umschließt die Kiese und zieht sich als Imprägnation in die großen Plagioklaskörner hinein, so daß diese zum Teil von schmalen Bleiglanztrümmerchen durchsetzt, zum Teil von kleinen Galenitfünkchen durchstäubt werden.

Linsenförmige Ausscheidungen eines grobkörnigen kiesreichen Silikatgemenges nächst dem Kieslager selbst hängen vielleicht genetisch mit der Kluft zusammen. Es kommen in diesen Ausscheidungen gleichfalls große allotrimorphe Plagioklasindividuen vor, welche einem Feldspat der Labradorreihe angehören, und in denen sich Kupferkies einnistet hat.

Wahrscheinlich erfolgte die Füllung der Kluft zu einer Zeit, als noch jene Faktoren fortwirkten, welche bei der Bildung des Lagers beteiligt waren.

Eine genetisch beachtenswerte Apophyse und eine eigentümliche Ausbildungsweise des Pyrits, welche in der letzten Betriebsperiode des Bergbaues aufgefunden wurden, sollen weiter unten besprochen werden. Hier mag noch die kurze Beschreibung eines Kiesvorkommens Platz finden, dessen Bildungsweise jener unserer Erzkluft nahe zu stehen scheint.

Am Laitenkofel im Mölltal¹⁶⁾ sind Gangtrümmer verfolgt worden, welche in einem schieferigen, von glimmerreichem Gneis begleiteten Gestein aufsetzen, das aus Amphibol, Chlorit, Feldspat, Titanit, Granat, Zoisit, Quarz, einem opaken Erz (wahrscheinlich Schwefelkies), Rutil und Apatit besteht.

¹⁶⁾ Vgl. R. Canaval: Jahrb. des naturhist. Landes-Museums von Kärnten, 1905, S. 417.

Diese Komponenten gehören zwei Gruppen an, von welchen die ältere durch frischen Orthoklas, gemeine Hornblende und Titanit, die jüngere dagegen durch zersetzten Orthoklas, Albit, Aktinolith, Granat und Zoisit charakterisiert wird.

Die gemeine Hornblende bildet eigentümlich zerlappete Krystalloide, deren Umgrenzungen von tiefgreifenden Korrosionen senkrecht zur Hauptachse herzurühren scheinen. Aus derselben geht die aktinolithartige hervor, welche ungefähr die gleichen optischen Eigenschaften besitzt, jedoch in schmalen Stengeln auftritt, deren Konturen in der Prismenzone geradlinig verlaufen. Für die sekundäre Natur dieser Hornblendevarietät spricht insbesondere die in einem Dünnschliff beobachtete Umwachsung. Rings um ein Korn gemeiner Hornblende hat sich aktinolithartige angesiedelt, deren Stengel zum Teil durch die Flächen r (?) krystallographisch begrenzt werden.

Neben Aktinolith bildete sich aus der gemeinen Hornblende auch eine parallelfaserige chloritische Substanz, welche zum Teil die ursprünglichen Formen des Amphibols nachahmt.

Der Feldspat besteht aus häufigem Orthoklas und minder häufigem Albit. Die Hauptmasse des Orthoklases erlitt eine Trübung, welche stellenweise fast bis zur Undurchsichtigkeit vorgeschritten ist. In der Umgebung aktinolithartiger Hornblende siedelte sich sehr frischer Albit an, wogegen weinroter Granat hauptsächlich solche Gesteinspartien bevorzugte, die Chlorit und zersetzten Orthoklas enthalten.

Zoisit scheint den Titanit zu verdrängen, einige Zoisitdurchschnitte beherbergen noch Reste von Titanit.

Die beiden Mineralgruppen sind zwar fast in allen Dünnschliffen nebeneinander wahrzunehmen, nächst den erzführenden Gangtrümmern scheinen jedoch die Mineralien der jüngeren Gruppe vorzuherrschen.

Die Gangtrümmer verqueren die undeutliche Schieferung des Nebengesteines unter einem sehr stumpfen Winkel und führen neben Quarz, Magnet-, Schwefel- und Kupferkies noch aktinolithartige Hornblende. Ihre Struktur ist hinsichtlich des Quarzes und der Kiese eine rein massige; die Kiese bilden derbe, mit Quarz verwachsene Partien oder füllen allein den Spaltenraum.

Der Quarz gleicht manchen massigen Gangquarzen der Tauerngänge und teilt sich beim Zerschlagen nach parallelen Flächen, welche miteinander einen Winkel von 81° bilden. Da eine Kataklasstruktur fehlt, und die Anordnung der Fluidaleinschlüsse nicht

dafür spricht, daß hier Anwachsstreifen vorliegen, dürften diese Flächen mit einem Umwandlungsprozeß zusammenhängen bei dem Quarz an Stelle eines anderen Minerals getreten ist.

Der Co- und Ni-haltige Magnetkies umschließt Titanit und von Kupferkies begleitete, rundliche Pyritkörner.

Die aktinolithartige Hornblende, welche mit jener des Nebengesteins identisch ist, charakterisiert sich dadurch als Gangmineral, daß die zu kleinen Büscheln aggregierten Stengel derselben von dem Gangulum aus und auf diesem senkrecht stehend in den Quarz der Gangfüllung hineinragen.

Stelzner-Bergeat¹⁷⁾ heben hervor, daß Aktinolith noch niemals auf echten Erzgängen angetroffen worden sei. Echte Gänge liegen nun gewiß auch bei dem Kiesvorkommen am Laitenkofel nicht vor, wahrscheinlich aber sogenannte Primärtrümmer¹⁸⁾, welche vor der Verfestigung des Gesteins entstanden, und deren Bildung und Füllung zur Zeit der Umwandlung des Nebengesteines stattfand.

Ein den Kieslagern des Kreuztucks in mancher Hinsicht ähnliches Vorkommen ist jenes von Prettau im Ahrntal.

Nach Stelzner-Bergeat¹⁹⁾ bildet das Muttergestein der Erze Hornblendeschiefer, und das Erz selbst besteht teilweise aus einem Gemenge von Hornblende, Magnetit, Pyrit, Magnetkies und Kupferkies. „Immer ist der Magnetit zweifellos der älteste Bestandteil des Gemenges, denn er ist reichlich in allen übrigen, besonders in der Hornblende eingewachsen. Der Pyrit ist älter als der Magnetkies, dieser wiederum älter als der Kupferkies. Alle drei sind im großen ganzen jünger als die Hornblende und der Biotit, indessen kommen auch gar nicht selten unzweifelhafte primäre Einschlüsse von Pyrit und Magnetkies, scheinbar auch solche von Kupferkies in den beiden Silikaten vor, woraus sich ergibt, daß die Sulfidverfestigung schon zur Zeit der Hornblendebildung begonnen haben muß. Im übrigen füllen die Sulfide die Zwischenräume zwischen den Silikaten aus; es ist aber auch zu bemerken, daß z. B. der Magnetkies in seltenen Fällen auf Querrissen in die Hornblende eingedrungen ist, woraus gefolgert werden muß, daß die letztere schon innerhalb des unverfestigten Sulfidgemenges Zerdrückungen erlitten haben muß. Von einer späteren Einwanderung der

¹⁷⁾ a. a. O., S. 303.

¹⁸⁾ Vgl. v. Groddeck: Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig 1879. S. 74.

¹⁹⁾ a. a. O., S. 280.

Erze in das fertige Schiefergestein kann keine Rede sein.“

Einen gut gekennzeichneten Typus von Lagerstätten bilden die Kiesvorkommen von Norwegen.

J. H. L. Vogt²⁰⁾, dem wir eine zusammenfassende Darstellung über die Kieslager vom Typus Rörös, Vignäs und Sulitelma in Norwegen verdanken, bemerkt, daß hinsichtlich der Altersfolge der verschiedenen Erzminerale die Reihenfolge: 1. Magnetit, Arsenkies, 2. Schwefelkies, 3. Kupferkies, Magnetkies in der Regel gelte

Sehr wertvolle Bemerkungen über die Kieslagerstätten Sulitelma-Rörös hat Stutzer²¹⁾ veröffentlicht.

Zu den ältesten Mineralien gehört Magnetit und Arsenkies, dann kommt Schwefelkies, und das jüngste ist Kupferkies und Magnetkies.

Der kobalthaltige Arsenkies von Sulitelma ist stets kristallographisch scharf begrenzt, und zwar auch dort, wo die Pyritkrystalle gerundet und verzerrt sind.

„Da beide Mineralien ziemlich dieselbe Härte und Tenazität besitzen, so erklärt sich diese Erscheinung am besten durch einen verschiedenen Grad der Lösbarkeit.“

An einzelnen scharfkantigen Pyritwürfeln von Sulitelma, die in Kupferkies eingebettet waren, kann man die schönsten Ätzfiguren erkennen. Die Ätzgruben sind teilweise noch mit Kupferkies angefüllt. „Es kann diese Erscheinung nur durch Schweben in einer anderen ätzenden Masse erklärt werden, in unserem Falle durch Schweben in einer kupferkieshaltigen Lösung, die dann ätzend auf den schon fertigen Krystall einwirkte.“

An einer Stelle der Grube Charlotte kommen aber auch abgerundete kleine und große Pyritkrystalle in einer Kupferkiesgrundmasse vor

„Eine Erklärung dieser von allen Seiten abgerundeten Pyrite durch spätere Druckwirkung ist zu verwerfen, da bei Gebirgsdruck oder bei Überschiebungsdruck plattgedrückte oder ausgewalzte Formen sich hätten bilden müssen.“ Diese Pyritgerölle werden von Stutzer, da in einem solchen Gerölle als Einschluß viel Zinkblende und etwas Quarz zu erkennen war, als aufgelöste, resorbierte Pyritkrystalle gedeutet.

Eine gewisse Fließstruktur des Erzes erkennt man schon an einzelnen Handstücken. Die Richtung der Bewegung läßt sich aus der Richtung der Einschlüsse und aus der Richtung der halb abgequetschten und ab-

gefalteten Stücke des Hangenden und Liegenden bestimmen.

Die Nebengesteinsfragmente im Kies sind ferner oft merkwürdig gekrümmt und wirbelförmig angeordnet, so daß sie dann wie geschwommen aussehen.

„An ein späteres Hineinpressen darf man nicht denken, da an einzelnen solchen Stellen die Grenze zum Schiefer ganz scharf ist.“

Die große petrographische Analogie des Kieslagers von Ducktown in Tennessee mit den alpinen und norwegischen Kieslagern wird von Stelzner-Bergeat²²⁾ hervorgehoben.

Vorwaltende Lagerart ist Aktinolith, neben dem seltener Diopsid, häufiger Granat und ziemlich häufig Zoisit auftreten. Kalkspat, Quarz, sehr selten auch Apatit und Rutil (?) sind weitere Bestandteile der Lager.

Nach Henrich soll die Hornblende aus Pyroxen entstanden sein und sich gleichzeitig auch der Granat gebildet haben.

Nach Kemp sind Amphibol, Granat, Zoisit und Epidot älter als die Kiese, welche nach Stelzner-Bergeat etwa folgende Altersreihe bilden: Pyrit, Blende, Bleiglanz, Magnet- und Kupferkies.

Die Kieslager in paläozoischen Tonschiefern unterscheiden sich nach Stelzner-Bergeat von jenen in metamorphen Schiefern dadurch, daß sie viel weniger der Metamorphose unterworfen waren und deshalb auch ihre ursprüngliche Struktur deutlicher beibehielten. Sie sind nicht so grobkrystallin, umschließen nicht wie jene in auffälliger Menge neugebildete Silikate und charakterisieren sich stofflich auch dadurch, daß in ihnen Magnetit und Magnetkies keine Bedeutung besitzen.

Eines der bestbekannten Kieslager dieser Gruppe ist jenes des Rammelsberges, welches gleichfalls eine gewisse Altersverschiedenheit der Sulfide erkennen läßt.

Stelzner-Bergeat²³⁾ unterscheiden hier vom Liegenden nach dem Hangenden folgende Zonen:

Jüngstes (Liegendes). Viel Schwerspat mit reichlichem Bleierz und meist untergeordneter Blende und Schwefelkies. Sind Bleiglanz und Schwerspat die hauptsächlichsten Bestandteile, so spricht man von Grauerzen; waltet Zinkblende vor, so ergibt das die Braunerze; Kupferkies und Schwefelkies und Blende, durchbändert mit viel Bleiglanz und mit Schwerspat, bilden die melierten Erze.

²⁰⁾ Z. f. prakt. Geol. 1894, S. 48.

²¹⁾ Z. f. prakt. Geol. 1909, S. 130.

²²⁾ a. a. O., S. 311.

²³⁾ a. a. O., S. 333.

Ältestes (Hangendes). Viel Kupferkies und Schwefelkies, weniger Blende, Bleiglanz und Schwerspat und sehr wenig Arsenkies.

Recht deutlich stellt ein von Beyschlag, Krusch und Vogt²⁴⁾ mitgeteilter Querschnitt die Aufeinanderfolge der Sulfide dar. Auf dem überkippten Hangendschiefer liegen übereinander Grauerz, Bleierz, meliertes Erz, Kupfererz, Schwefelkies und Kniest, d. i. ein von Kiesen durchwachsender Schiefer.

Wie Stelzner-Bergeat hervorheben, ist Schwefelkies — über das Alter des Arsenkieses scheinen keine Beobachtungen vorzuliegen — am Rammelsberg das älteste Sulfid, wogegen Baryt zuletzt in das Gemenge eingetreten sein muß.

So wie am Rammelsberg ist auch bei dem Schwefelkieslager von Meggen a. d. Lenne Schwerspat der jüngste Absatz.

Eine Zwischenstufe zwischen den Kieslagern in metamorphen Schiefen und jenen in paläozoischen Tonschiefern scheinen nach Stelzner-Bergeat²⁵⁾ die Lager von Schmölnitz und Agordo einzunehmen. Der Pyrit bildet auch in Agordo das älteste Sulfid, etwas jünger ist Zinkblende, dann folgen Bleiglanz und Kupferkies.

Ein lagerartiges Erzvorkommen, das die Altersunterschiede gewisser Komponenten recht deutlich erkennen läßt, ist endlich jenes im Knappenwalde bei Döllach im Mölltal²⁶⁾.

In dem oberen Kalkglimmerschieferzuge Graniggs²⁷⁾ treten hier nach Rochata²⁸⁾ 10 bis 12 geringmächtige Lager auf, die konkordant gegen SW einfallen, und von denen das liegendste, nächst einer durchstreichenden Serpentinmasse situierte, den Gegenstand eines unbedeutenden Bergbaubetriebes bildete. Dasselbe ist in einem Tagverhau ziemlich gut aufgeschlossen, und einige weitere Anhaltspunkte zur Beurteilung seines mineralischen Bestandes liefern die aufgeschiedenen Pochgänge, welche in beträchtlicher Menge auf der Halde eines tieferen Stollens liegen.

Das Liegende der Lagerstätte bildet zeretzter bräunlicher Glimmerschiefer, das Hangende eine deutlich geschichtete Bank körnigen und dolomitischen Kalks.

In dem Tagverhau steht eine Quarzmasse an, die sich von unten in den Kalk hinein-

schiebt und in diesem nach mehreren übereinanderfolgenden Schichtungsfugen ausbreitet. Da die randlichen Teile dieser unregelmäßigen, keilförmig ausgezackten Masse von rötlichbraun verwitterndem Ankerit gebildet werden, macht das Ganze den Eindruck, daß hier erst nach Sedimentierung des Kalksteins eine Einwanderung von Quarz und der damit verbundenen Minerale stattfand.

Die Pochgänge bestehen der Hauptsache nach aus Albit, neben dem noch Quarz, Ankerit, Calcit, ein silberweißer feinschuppiger Glimmer, Pyrit, Magnetkies, Kupferkies, Bleiglanz, Antimonit sowie mikroskopische Körnchen und Nadelchen von Rutil vorkommen.

Der Ankerit enthält ziemlich viel Mangan und Magnesia, neben der noch Strontianerde nachweisbar ist.

Der Pyrit besitzt einen geringen Kobalt- und Nickelgehalt und ist, wie das Mikroskop lehrt, kräftig zerborsten. Magnetkies, Kupferkies und Bleiglanz siedelten sich auf den Rissen an, welche ihn durchsetzten; leider haben alle Haldenstücke schon eine derartige Zersetzung erfahren, daß gewisse Einzelheiten dieser Sukzession nicht mehr verfolgt werden können. Während der die Lagerstätte begleitende dolomitische Kalk verhältnismäßig geringe Anzeichen dynamischer Wirkung erkennen läßt, zeichnen sich die Pochgänge durch Erscheinungen aus, welche auf nicht unerhebliche Bewegungen zur Zeit der Erzablagerung beziehungsweise vor derselben hinweisen.

Die großen Albitdurchschnitte, deren Zwillingslamellierung vielfach einen Zusammenhang mit seitlichen Pressungen aufweist, sind zerbrochen, die Bruchstücke gegeneinander verschoben und oft auch in recht charakteristischer Weise zerborsten, und die Ankeritdurchschnitte zeigen teils ähnliche Deformationen, teils durchgebogene Spaltrisse. Zwischen diese Mineraltrümmer zwängt sich dann faseriger, sericitähnlicher Muscovit und klastischer Quarz ein, wobei der erstere in Gestalt unregelmäßiger, bald dünner, bald dicker werdender Stränge die einzelnen Bruchstücke umgibt.

Der Pyrit, welcher entschieden jünger als der Albit und älter als Ankerit ist, wurde noch von dieser Bewegung ergriffen, dagegen muß das Gestein zur Zeit der Ablagerung des Antimonits bereits bis zu einem gewissen Grade konsolidiert gewesen sein, denn die aus dünnen, geraden Nadeln bestehenden Antimonitbüschel, welche sich in Glimmersträngen oder auf Rissen zerdrückter Ankeritkörner einnisteten, lassen nicht einmal Abbiegungen erkennen.

²⁴⁾ Die Lagerstätten der Mineralien und Gesteine. Stuttgart 1909. S. 184.

²⁵⁾ a. a. O., S. 328.

²⁶⁾ Vgl. R. Canaval: Carinthia II, 1908, Nr. 2 und 3.

²⁷⁾ Jahrb. d. k. k. Geol. Reichsanst. 1906, 56. Bd., S. 381.

²⁸⁾ Ebenda 1878, 28. Bd., S. 287.

Zuletzt hat sich jedenfalls der Quarz verfestigt, in dem die Antimonitnadeln gleichfalls keine Andeutungen aufweisen, daß sie irgendwie mechanisch beeinflußt worden seien.

II.

Heim²⁹⁾ ist der Anschauung, daß in großer Tiefe alle Gesteine imstande seien, sich jeder Gestaltsveränderung bruchlos anzupassen. Eine solche bruchlose Anpassung wäre aber nur denkbar, wenn in dieser Tiefe die Plastizität aller oder doch einzelner Gesteinskomponenten erheblich größer sein würde als an der Oberfläche.

Die von Kallwang mitgeteilte Beobachtung über die eigentümliche Anordnung zerbrochener Hornblendestengel um einen Pyritdurchschnitt würde sich demnach durch die Annahme erklären lassen, daß der Quarz eine größere Plastizität als die Hornblende besaß.

Akzeptieren wir diese Annahme, so erscheint die Folgerung naheliegend, daß der Quarz auch eine größere Plastizität besaß als die zerbrochenen Albitindividuen von Kallwang und Knappenwald und als die in ähnlicher Weise deformierten Ankeritdurchschnitte von Knappenwald.

Tammann³⁰⁾ hat aus seinen Versuchen über die Ausflußgeschwindigkeit krystallisierter Stoffe gefolgert, daß das Fliehen derselben nicht, wie Poynting annahm, durch eine vorübergehende Schmelzung bedingt wird, sondern daß die Plastizität, die reziproke innere Reibung, eine den Krystallen eigentümliche Eigenschaft ist. Dieselbe wächst schnell mit der deformierenden Kraft und mit steigender Temperatur und erreicht bei Temperaturen in der Nähe der Schmelzkurve immer sehr erhebliche Beträge. Auch Stoffe, welche bei Temperaturen weit von ihrem Schmelzpunkt als nicht plastisch erscheinen, werden es aller Wahrscheinlichkeit nach in der Nähe ihrer Schmelzkurve.

Die Deformation der obengenannten Mineralien durch Druck würde demnach eine Tiefenstufe³¹⁾ voraussetzen, welche eine Plastizität des Quarzes zur Folge hatte.

Da nun aber alle Mineralien unter gleichem Druck standen, käme zur Beurteilung ihrer relativen Plastizität nur der Schmelzpunkt in Betracht. Bei Quarz liegt derselbe nach Doelter³²⁾ zwischen 1650°

und 1700° bei Albit zwischen 1150 und 1300°.

Bei Quarz müßte demnach die Plastizität am spätesten eintreten, d. h. Quarz könnte auch bei höherer Temperatur keine größere Plastizität als Albit und Hornblende erreichen. Es ließ sich gegen diese Folgerung einwenden, daß schon Bunsen eine Verückung des Schmelzpunktes der Silikate mit dem Druck annahm, und daß dementsprechend auch ihre Plastizität sich ändern müsse. Da jedoch bei den Silikaten und bei Quarz der Schmelzpunkt mit dem Drucke steigt³³⁾, und nach Doelter³⁴⁾ aus der Analogie mit anderen Substanzen geschlossen werden kann, daß dieses Ansteigen zwar nicht bei allen Mineralien gleichmäßig stattfindet, sehr große Unterschiede aber unwahrscheinlich sind, trifft diese Einwendung kaum zu³⁵⁾.

Eine zweite Annahme zur Erklärung der oben erwähnten Beobachtungen wäre die, daß nebst den andern Komponenten auch der Quarz eine Zertrümmerung erfuhr, und die geschilderten Erscheinungen nur mit gewissen relativen Bewegungen zusammenhängen, welche in der zertrümmerten Masse vor sich gingen.

Mit dieser Annahme würde jedoch die Größe der Hornblende- und Albitindividuen im Vergleiche zur Größe der benachbarten Quarzkörner sowie die Beobachtung unvereinbar sein, daß die dünnen Antimonitnadeln, welche in dem ausgesprochen klastischen Quarz von Knappenwald eingelagert sind, keine Andeutungen irgend welcher dynamischer Wirkung aufweisen.

Bei dem Vorkommen im Knappenwald liegen große Albitdurchschnitte in feinkörnigem klastischen Quarz. Wäre daher dieser durch Zertrümmerung nach eingetretener Verfestigung entstanden, so müßte eine gleiche Veränderung auch den Albit betroffen haben.

Sehr eingehend hat Reyer³⁶⁾ die Bedeutung des Wassers für den Umformungsprozeß erörtert. „Ist der durchfeuchtete Körper der Einwirkung einer äußeren Kraft ausgesetzt, so muß an den am stärksten beeinflussten Stellen eine vermehrte Löslichkeit walten; des Gefüge wird gelockert, und die Masse akkommodiert sich dem Drucke. Sobald

²⁹⁾ Vgl. Nernst: Theoretische Chemie. Stuttgart 1909. S. 72.

³⁰⁾ Physikal.-chem. Mineralogie. Leipzig 1905. S. 151.

³¹⁾ Vgl. J. H. L. Vogt: Tschermaks Min. u. petrogr. Mitt., 27. Bd., 1908, S. 109. — Milch: N. Jahrb. 1909, I, S. 60.

³²⁾ Theoretische Geologie. Stuttgart 1888. S. 443.

²⁹⁾ Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel 1878.

³⁰⁾ Krystallisieren und Schmelzen. Leipzig 1903. S. 180.

³¹⁾ Vgl. Doelter: Petrogenese. Braunschweig 1906. S. 207.

³²⁾ Physikalisch-chemische Mineralogie. Leipzig 1905. S. 98.

dies eingetreten und der Druck an dieser Stelle vermindert ist, wirkt derselbe in benachbarten Gebieten lösend, an den erleichterten Orten aber krystallisiert ebensoviel aus, als in den entlasteten gelöst wird.“

Trockene Gipsstangen biegen sich unter dem Einflusse eines einseitigen Druckes nur wenig, und es tritt bald Ruptur ein, im feuchten Zustande dagegen deformiert sich der Gips leicht.

Reyers Begriff der „Lösungs-Plastizität“ ist später auch von Becke und van Hiese³⁷⁾ auf krystallinische Schiefer ausgedehnt worden, wogegen Weinschenk³⁸⁾ geltend macht, daß die Bedeutung der „Gebirgsfeuchtigkeit“ in den Tiefen, welche wegen der vertikalen Belastung der Gesteine angenommen werden müssen, sich unserer Beurteilung völlig entzieht. Nach der Beschaffenheit der Gesteine in den tieferen Bergwerken und der raschen Abnahme des Wassergehaltes mit der Tiefe „existiert ein solcher vermutlich überhaupt nur in der Theorie“.

Auf die von Kallwang und Knappenwald mitgeteilten Beobachtungen lassen sich aber die geistreichen Schlußfolgerungen Reyers darum kaum anwenden, weil die deformierten Mineralien dieser Lagerstätten z. T. wohl von ausgesprochenen Bruchflächen, nicht aber von Lösungsflächen begrenzt werden.

Alle diese Widersprüche dürften sich durch Zurückgreifen auf gewisse ältere Anschauungen beheben, Anschauungen welche jetzt im Zeitalter der Kolloid-Chemie auch als weniger unwahrscheinlich angesehen werden können.

Schon Fuchs vermutete, daß sich viele Mineralien und Gebirgsarten „anfangs in dem gallertartigen Zustande“ befanden und dann aus „diesem halbfesten Zustande in den der Krystallisation“ übergangen, u. Breithaupt³⁹⁾, der sich dieser Anschauung anschloß, führt folgendes aus:

„Wenn man die großen, schön weißen Quarzfelsen bei Frauenstein in Sachsen, die Buttertöpfe genannt, besonders die unteren Buttertöpfe im Walde genau betrachtet, so erkennt man deutlich, daß sie aus Trümmern krystallinischen Quarzes bestehen. Sie erscheinen als aus scharfkantigen, großen Bruchstücken zusammengesetzt, von Quarzmasse, völlig gleichen Ansehens, wieder dicht umflossen und zusammengeleimt. Der

³⁷⁾ Vgl. Doelter: Physikalisch-chemische Mineralogie. Leipzig 1907. S. 159.

³⁸⁾ Grundzüge der Gesteinskunde I. Freiburg i. B. 1902. S. 134.

³⁹⁾ Die Paragenesis der Mineralien. Freiberg 1849. S. 9.

Brockenfels von Schwarzenberg, Elterlein und Scheibenberg im Erzgebirge, jene Gebirgsart, die nicht bloß aus krystallinisch reinem weißen Quarz wie die Buttertöpfe, sondern noch aus Hornstein, Eisenkiesel, Jaspis usw. besteht ist jedenfalls ein Bruchstückgestein, wenn es schon dem Gneis-Glimmerschiefer-Gebirge angehört. Wenn man auch hier sieht, wie das Ganze durch Zerbrochenwerden, Übereinanderstürzen und mittelst neuer quarziger Substanz durch Zusammenkitten entstanden erscheint, so wird man unwillkürlich auf den Gedanken geführt, daß diese quarzigen Massen einst einen größeren Raum eingenommen haben mögen. Höchstwahrscheinlich änderten sich hier opalartige Massen in krystallinischen und krystallischen Quarz um, wodurch sich natürlich der Raum bedeutend vermindern mußte, und die durch die Zusammenziehung notwendig entstehenden einzelnen Stücke scharfkantig zusammenbrachen (dies war bei starkem Druck um so leichter möglich), der breiige weiche Opal aber aufs neue nachdrang, die Interstitien ausfüllte und späterhin sich aber ebenfalls zu Quarz umänderte.“

Nach diesen Ausführungen, auf welche wir noch zurückkommen werden, hat bereits Breithaupt die Bildung von Quarz aus gelatinöser Kieselsäure vermutet, d. i. die Umsetzung eines kolloiden Körpers in ein Krystalloid angenommen, eine Annahme, welche durch neuere Beobachtungen vielfach bestätigt wird⁴⁰⁾.

Ähnlicher Meinung wie Breithaupt war nachher u. a. auch J. Lehmann.

Lehmann⁴¹⁾ glaubt, daß man jene flüssigen Sekrete des Granits, die den dampf- und gasförmigen Laven äquivalent sind, mit heißen Gallerten vergleichen könne, die mit einem sehr variablen Gehalt an Wasser bei der Erkaltung erstarren. „Die Fähigkeit der Kieselsäure, mit viel und mit wenig Wasser Gallerten zu bilden, ladet sehr zu dieser Vorstellung ein. Die Verbindung mit Borsäure, Kohlensäure, Fluor und anderen flüchtigen Stoffen ist jedenfalls mit in Betracht zu ziehen. Ein solches gallertartiges Magma muß infolge Erkaltung krystallisationsfähig gewesen sein und je nach der Überladung mit mineralischen Stoffen den Raum mehr oder weniger vollständig mit seinen

⁴⁰⁾ Vgl. Cornu und Leitmeier: Z. f. Chemie und Industrie der Kolloide, Bd. IV, 1909, S. 285. Wölbling: (Essener) Glückauf 1909, S. 1. — Stremme: Z. f. prakt. Geol. 1910, S. 18. — Doelter: Mitteilungen der Wiener Mineral. Gesellschaft 1909, Nr. 47.

⁴¹⁾ Untersuchungen über die Entstehung der altkrystallinischen Schiefergesteine. Bonn 1884. S. 55.

Ausscheidungen erfüllt haben.“ „Weil nun viskose Kieselsäure sich mit beliebigen Mengen von Wasser verbinden kann, so ist es auch nicht wunderbar, daß sie bei ihrer Überführung in den krystallisierten Zustand des Quarzes den Raum ganz erfüllt, wenn ihr wenig Wasser beigemischt war, und daß in demselben Maße, wie sie mit größeren Wassermengen beladen war, die Ausscheidungen Drusen bildeten, die Form von bloßen Inkrustaten annahmen und schließlich sich von den Ausscheidungen gewöhnlicher wässriger Lösungen nicht unterscheiden.“

Wir können einen Schritt weiter gehen und annehmen, daß auch die Kieslager sowie die dieselben begleitenden Schiefergesteine durch Vermittlung heißer Kieselsäure-Emulsoide bzw. Kieselsäure-Gallerten gebildet wurden, die mit mineralischen Stoffen überladen waren, und welche unter gleichbleibendem Drucke langsam erkalteten.

Der Gallerte bzw. den von kolloidaler Kieselsäure durchdrungenen Sedimenten wurde hierbei Arbeit in der Form von Wärme entzogen und den entzogenen Arbeitsmengen entsprechend sind die Sulfide abgeschieden worden.

Nach Doelter⁴²⁾ ist zwar „plastischer Quarz ohne Lösung . . . im höchsten Grade unwahrscheinlich“, befördert aber in der Opal-Quarzreihe der Druck die Dehydration. Die Umwandlung der kolloiden Phase in die krystalloide wird sonach durch den Druck begünstigt, die Umwandlung des Krystalloids in das Kolloid jedoch durch Fehlen des Druckes.

Die Stabilitätsfelder einer Anzahl von Mineralien, welche für die Eruptivgesteine charakteristisch sind, liegen ferner nach Doelter⁴³⁾ bei hohen Temperaturen und niederem Druck, wogegen die Stabilitätsfelder der für die krystallinischen Schiefer charakteristischen Mineralien mehr durch hohen Druck und niedere Temperatur sich auszeichnen.

Es wäre demnach zu vermuten, daß unter den Verhältnissen, welche bei der Bildung krystallinischer Schiefer geherrscht haben dürften, Gallerten überhaupt nicht bestehen können.

Dagegen kann jedoch geltend gemacht werden, daß es nach den Ausführungen Zirkels⁴⁴⁾ und Weinschenk's⁴⁵⁾ noch

⁴²⁾ Petrogenesis. Braunschweig 1906. S. 186; Tschermak's Min. u. petr. Mitt., 25. Bd., 1906, S. 87.

⁴³⁾ Petrogenesis. Braunschweig 1906. S. 201.

⁴⁴⁾ Lehrbuch der Petrographie, 3. Bd. Leipzig 1894. S. 174.

⁴⁵⁾ Grundzüge der Gesteinskunde I. Freiburg i. B. 1902. S. 134.

fraglich ist, ob dem Druck tatsächlich jene große Rolle zufällt, welche ihm die Theorie des Dynamometamorphismus zugewiesen hat, und daß es sich bei dem hier erwähnten alpinen Vorkommen um Gesteine der oberen Tiefenzone bzw. der niedrigeren Temperaturzone Beckes⁴⁶⁾ handelt.

Da überdies unter Atmosphärendruck höhere Temperatur die kolloidale Kondensation herabsetzt, ließ sich nach dem Prinzip von van t' Hoff und Maupertuis-Le Chatelier vermuten, daß höhere Temperatur die Wirkung des Druckes hinsichtlich der Bestandfähigkeit kolloidaler Lösungen vermindert.

Läßt man chemische Reaktionen in Gallerten vor sich gehen, so verhindert die Gegenwart des Emulsoids das Auftreten deutlich krystallinischer Reaktionsprodukte. Es entstehen in der Regel kolloidale Niederschläge⁴⁷⁾, und als solche wurden zum Teil wohl auch die Sulfide der Kieslager sedimentiert.

Eine eigentümliche Rolle spielt unter diesen Sulfiden der Magnetkies.

Im Vergleiche zum Pyrit ist krystallisierter Magnetkies überhaupt so selten, daß die älteren Mineralogen, z. B. noch Hausmann⁴⁸⁾, ihn nur als „derb und eingesprengt“ anführen, und in den Kieslagern kommen Krystalle von Magnetkies nur ganz ausnahmsweise, in den dieselben begleitenden Schiefergesteinen aber, soweit meine Erfahrung reicht, gar nicht vor.

Der Magnetkies verwandelt sich ferner im Wasserstoffstrom, erst nachdem er 4—5 Proz. S verloren hat, in FeS, und Bodewig hat in dem Magnetkies von Bodenmais vermittelt Schwefelkohlenstoffs wägbare Quantitäten von beigemischt Schwefel nachgewiesen⁴⁹⁾.

Da nun Lindner und Picton beobachteten, daß die Teilchen in den Sulfidolen nicht aus reinen Sulfiden bestehen, sondern stets bis zu einigen Prozenten Schwefelwasserstoff enthalten⁵⁰⁾, ist die Abweichung in der Zusammensetzung des Magnetkieses und den mit ihm isomorphen Troilit's vielleicht darauf zurückzuführen, daß der Magnetkies ursprünglich als Gel zur Ablagerung kam.

⁴⁶⁾ Verh. d. Ges. deutscher Naturforscher und Ärzte. 81. Vers. Leipzig 1910. S. 170.

⁴⁷⁾ Ostwald: Grundriß der Kolloidchemie. Dresden 1909. S. 208.

⁴⁸⁾ Handbuch der Mineralogie, I. Bd. Göttingen 1813. S. 144.

⁴⁹⁾ Nauman-Zirkel: Mineralogie. 1907. S. 431; vgl. Hintze: Handbuch der Mineralogie, I. Bd., 1. Abt. Leipzig 1904. S. 631.

⁵⁰⁾ Freundlich: Kapillarchemie. Leipzig 1909. S. 321.

Eine Lösung kann als „eine außerordentlich feine Verteilung des festen Körpers in einer Flüssigkeit“ betrachtet werden⁵¹⁾.

Zur Bewirkung einer Lösung sind daher zwei Arbeitsgrößen nötig, eine, welche die Kohäsion der festen Teilchen aufhebt, und eine zweite, welche die Verteilung dieser Teilchen vermittelt. Wird die erste Arbeitsgröße mit A und die zweite mit B bezeichnet, so läßt sich die gesamte zur Lösung erforderliche Energiemenge durch: $E = A + B$ darstellen.

Zum Auflösen von Steinsalz bedarf es einer gewissen mechanischen Arbeit bzw. einer äquivalenten Wärmemenge. Da aber die Lösungswärme des Steinsalzes negativ ist, scheint ein Widerspruch vorzuliegen. Dieser Widerspruch behebt sich indeß durch die Annahme, daß der Energieinhalt des Salzes und des Lösungsmittels zur Leistung der Arbeiten A und B nicht hinreicht. Um auch B aufzubringen, wird der Umgebung Wärme entzogen und daher die Lösung abgekühlt.

Würde die Arbeitsgröße B ausgeschaltet werden, so ließe sich annehmen, daß die Lösung beginnt, wenn eine Arbeitsgröße $> A$ zugeführt wird, und die Ausscheidung des gelösten Stoffes, wenn in der Lösung nur mehr eine Arbeitsgröße $\leq A$ vorhanden ist.

Da nun B auch jene Arbeit umfaßt, welche die Dissoziation erfordert, kann vermutet werden, daß diese Annahme dann ungefähr zutrifft, wenn das Lösungsmittel selbst eine Hemmung der Dissoziation zu bewirken vermag.

Zur Ermöglichung chemischer Reaktionen ist ein entsprechender Dissoziationszustand der Materie notwendig, nach Szilard⁵²⁾ kann jedoch jeder Körper im kolloiden Zustand erscheinen, falls er in ein Lösungsmittel gebracht wird, welches ihm keine Dissoziation ermöglicht. Kochsalz, das sich in Wasser elektrolytisch dissoziiert, kann daher in Benzol unter gewissen Umständen den kolloiden Zustand annehmen, wogegen Lecithin mit Wasser Kolloide, mit Alkohol dagegen normale Lösungen bildet.

Wie oben bemerkt wurde, ist der Magnetkies wahrscheinlich als Gel zur Ausscheidung gekommen; es wäre daher nicht ausgeschlossen, daß insbesondere bei jenen Kieslagern und Schiefergesteinen, welche Magnetkies beherbergen, die Voraussetzungen zur Bildung kolloider Lösungen vorhanden waren.

⁵¹⁾ Vgl. Zsigmondy: Zur Erkenntnis der Kolloide. Jena 1905. S. 6. — Pöschl: Die Härte der festen Körper. Dresden 1909. S. 67.

⁵²⁾ Beiträge zur allgemeinen Kolloidchemie. Dresden 1908. S. 22.

Wären wir daher imstande, für jedes der Sulfide Relativwerte von A zu berechnen, so müßten diese Werte, nach einer absteigenden Reihe geordnet dem relativen Alter der Sulfide entsprechen. Diese Reihe müßte zugleich aber auch die relative Löslichkeit der Sulfide in der allmählich erkaltenden Gallerte darstellen. Da wir annehmen, daß bei der höchsten Temperatur alle Sulfide gelöst waren und dann mit abnehmender Temperatur nacheinander zur Ausscheidung kamen, ist das am schwersten lösliche älteste Sulfid bei einer Temperatur abgelagert worden, bei der sich alle übrigen noch in Lösung befanden, und das am leichtesten lösliche jüngste bei einer Temperatur, bei welcher alle älteren bereits verfestigt waren.

Die Eigenschaften der Elemente sind in erster Linie Funktionen von Atomvolumen und Atomgewicht⁵³⁾. Da nun bei den Mineralien, wie u. a. Pöschl⁵⁴⁾ gezeigt hat, Beziehungen zwischen Löslichkeit und Härte bestehen, ist es naheliegend, A als eine Funktion der Härte und einer Raumgröße anzusehen, welche sich aus der chemischen Zusammensetzung ergibt.

Der Mineralog bestimmt die Härte eines Minerals durch die Ritzbarkeit mit einem anderen Mineral, dessen Härte bekannt ist, das heißt, er sucht durch Aufwendung verschieden großer Arbeitsmengen angenähert gleiche Volumen abzutrennen.

Würden von einem Mineral verschieden große Volumen abgetrennt werden, so verhielten sich nach Kicks⁵⁵⁾ Gesetz die Arbeitsgrößen wie die abgetrennten Volumina.

Es wäre daher, wenn mit A_1 und A_2 die Arbeitsgrößen und mit V_1 und V_2 die Volumina bezeichnet werden,

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{V_1}{V_2}$$

Wenn man daher an einem Mineral die Arbeitsgrößen A_1, A_2, \dots und die hierdurch abgetrennten aus möglichst kleinen Teilchen bestehenden Volumina V_1, V_2, \dots messen würde, so könnten $\frac{A_1}{V_1} = \frac{A_2}{V_2} = \dots = a$ als Maß der Härte⁵⁶⁾ angesehen werden.

Wäre ferner für ein Mineral: I

$$A_1 = a_1 V_1$$

⁵³⁾ Vgl. Traube: Grundriß der physikal. Chemie. Stuttgart 1904. S. 56.

⁵⁴⁾ a. a. O., S. 67.

⁵⁵⁾ Kick: Das Gesetz der proportionalen Widerstände. Leipzig 1885.

⁵⁶⁾ Vgl. Pöschl: a. a. O., S. 37. — Mayer: Untersuchungen über Härteprüfungen und Härte. Berlin 1908. S. 19.

und für ein zweites: II

$$A_2 = a_2 V_2$$

so hätte man für $\sqrt{V} = \sqrt{V_2}$:

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{a_2}{a_1}, A_2 = \frac{a_2}{a_1} A_1$$

und für

$$\frac{a_2}{a_1} = h_1 A_2 = h_1 A_1.$$

Wird A_1 auf das weichste Mineral, das ist den Anfangspunkt der Härteskala bezogen, so fällt h_1 mit dem mineralogischen Härtegrad zusammen.

Würde man endlich von dem Mineral II ein n mal größeres Volumen abtrennen, so wäre hierzu auch eine n mal größere Arbeit erforderlich.

Man hätte dann:

$$n A_2 = a_2 n V_2$$

und für:

$$n A_2 = A'', n V_2 = V'', A'' = a_2 V''$$

daher auch:

$$\frac{A''}{A_1} = \frac{a_2}{a_1} \frac{V''}{V_1} = h_1 \frac{V''}{V_1}$$

Für ein Mineral: III bekäme man in gleicher Weise:

$$\frac{A'''}{A_1} = h_2 \frac{V'''}{V_1}$$

und durch Division dieser Gleichungen:

$$\frac{A''}{A'''} = \frac{h_1 V''}{h_2 V'''}$$

Bei dem Abtrennen von Spänen ist nach Kick⁵⁷⁾ die Arbeitsgröße nur von dem abgetrennten Gesamtvolumen und nicht von der Größe der Späne abhängig. Wir können daher auch statt V'' und V''' Raumgrößen in Anwendung bringen, welche sich aus der chemischen Zusammensetzung und der Dichte bestimmen.

Setzt man in den allgemeinen Ausdruck

$$A = h V$$

für V das Atomvolumen bzw. den Quotienten aus Atomgewicht und Dichte ein, so ergibt sich die von Bottone⁵⁸⁾ für Metalle abgeleitete Beziehung.

Drückt man V dagegen durch den Quotienten: $\frac{M}{n d}$ aus, in dem M das Molekulargewicht, n die Anzahl der Atome im Molekül und d die Dichte ist, so resultiert der Ausdruck:

$$A = h \frac{M}{n d}$$

welcher sich mit einer von Schroeder van der Kolk⁵⁹⁾ auf einem anderen Wege gefundenen Gleichung deckt.

Zu diesem Ausdruck, der sich für die vorliegenden Zwecke insbesondere deshalb eignet, weil das wahre Molekulargewicht und daher auch das Molekularvolumen der meisten Mineralien unbekannt ist⁶⁰⁾, führt folgende Überlegung:

Bei den Monosulfiden der Schwermetalle kommt nach Traube⁶¹⁾ das Molekularvolumen annähernd gleich der Summe der Atomvolumina der Elemente, in zahlreichen anderen Fällen besteht diese einfache additive Beziehung jedoch nicht. Man erhält daher auch für das Sauerstoffvolumen ganz verschiedene Werte, wenn man dasselbe aus verschiedenen Sauerstoffverbindungen von Metallen unter Abzug des elementaren Metallvolumens berechnet.

Würde man demnach unter V das Molekularvolumen bzw. nach Muthmann⁶²⁾ das Äquivalentvolumen einer Verbindung verstehen, welche sich aus n Atomen aufbaut, denen die Atomvolumen $v_1, v_2 \dots v_n$ entsprechen, so bestünde zwar nicht die Gleichung:

$$(A) = h(v_1 + v_2 + \dots v_n)$$

wohl aber die Beziehung:

$$(A) = nh \left[\frac{V}{n} \right]$$

oder

$$A = \frac{(A)}{n} = h \left[\frac{V}{n} \right] = h \frac{M}{n d}$$

Für $n = 1$ hätte man statt des Molekulargewichts das Atomgewicht zu substituieren und käme dann auf den von Bottone gefundenen Ausdruck.

Bei der Anwendung der Gleichung

$$A = h \frac{M}{n d}$$

läßt sich eine gewisse Unsicherheit nicht vermeiden.

Schon im Jahre 1831 beobachtete Magnus⁶³⁾, daß Granat nach einer Schmelzung zwar dieselbe Farbe und Härte, jedoch ein kleineres spezifisches Gewicht besaß.

Letzteres betrug vor der Schmelzung 3,60 und nach der Schmelzung 2,95.

Zur Überführung des krystallinischen in einen amorphen Zustand und umgekehrt ist

⁵⁷⁾ Pöschl: a. a. O., S. 84.

⁵⁸⁾ Vergl. Doelter: Allgemeine chemische Mineralogie. Leipzig 1890. S. 235.

⁵⁹⁾ Grundriß der physikalischen Chemie. Stuttgart 1904. S. 206.

⁶⁰⁾ Brauns: Chemische Mineralogie. Leipzig 1896. S. 200.

⁶¹⁾ Fournet: Die Metamorphose der Gesteine. Deutsch von Vogelgesang. Freiberg 1847. S. 86.

⁵⁷⁾ a. a. O., S. 18.

⁵⁸⁾ Doelter: Physikalisch-chemische Mineralogie. Leipzig 1905. S. 98.

daher ein Arbeitsaufwand erforderlich, und dieser Arbeitsaufwand entspricht der von Tammann⁶⁴⁾ hervorgehobenen Unmöglichkeit eines kontinuierlichen Überganges aus dem isotropen in den anisotropen Zustand.

Ein kontinuierlicher Übergang zur Flüssigkeit besteht demnach, wie dies auch van Bemelen⁶⁵⁾ annimmt, nur bei amorphen Körpern.

Um daher dem wahren Wert von A möglichst nahe zu kommen, wäre es erforderlich, für d und h nicht Dichte und Härte des kristallisierten, sondern des in ein Glas umgeschmolzenen Minerals einzusetzen.

Durch Verwendung von ungeschmolzenem Material, die allerdings nur in beschränktem Maße möglich wäre, ließe sich vielleicht auch eine andere Fehlerquelle beseitigen. Der für A abgeleitete Ausdruck nimmt auf die Elastizität der Krystalle keine Rücksicht; das Entstehen eines Bruches, also auch eines Ritzes setzt aber voraus, daß zunächst die Elastizität einer, wenn auch sehr dünnen Schichte überwunden wird. Dazu ist jedoch eine gewisse Arbeit erforderlich, welche beim Messen der Ritzhärte kaum genügend zur Geltung kommt. Für sehr elastische Körper wie die meisten Mineralien der Glimmergruppe dürfte daher auch A wesentlich größer sein, als die Rechnung nach unserer Formel ergeben würde. h , M und d müßten überdies für jede Lagerstätte besonders bestimmt werden, und h wäre überhaupt erst dann sicher gegeben, wenn zur Ermittlung derselben ein einwandfreies Verfahren in Anwendung käme. Zurzeit liegen hierfür nur Angaben vor, die mit Hilfe der Mohs'schen Härteskala gewonnen worden sind. Dieselben basieren zwar auf so zahlreichen Beobachtungen, daß sie u. a. auch von Traube⁶⁶⁾ in seiner Untersuchung über die physikalischen Eigenschaften der Elemente benützt wurden, repräsentieren aber keine Zahlen, welche einen strengen Vergleich zulassen. Es sind nicht nur die Abstände der Einheiten der Mohs'schen Skala voneinander, wie schon Mohs⁶⁷⁾ selbst bemerkt hat, nicht gleich, sondern es müßte auch, um einwandfreie Werte zu erhalten, im Sinne der Ausführungen Pöschls der Einfluß ausgeschaltet werden, den die Spaltbarkeit bei den Härtebestimmungen ausübt.

Für den vorliegenden Zweck wäre ferner die Kenntnis der mittleren Härte von Wichtig-

keit. Besteht analog den Verhältnissen an den Oberflächen von Flüssigkeiten auch eine Oberflächenspannung bei festen Körpern, so lassen sich erst dann verlässliche Werte für A gewinnen, wenn die mechanische Bedeutung dieser Differenzierung klargestellt ist.

Die Benützung des abgeleiteten Ausdrucks zur Lösung der gestellten Aufgabe geht endlich von der stillschweigenden Voraussetzung aus, daß der Quotient h/d fast unabhängig von Druck und Temperatur ist, eine Annahme, welche wohl nur annäherungsweise zutreffen kann.

Daß insbesondere h mit der Temperatur sich ändert, ist darum wahrscheinlich, weil auch andere Eigenschaften der Körper von der Temperatur abhängig sind. Stahl zeigt z. B. bei tiefer Temperatur größere Sprödigkeit und bei höherer größere Dehnbarkeit, und Zink ist in der Kälte spröde und bei 120° C am dehnbarsten.

Bei Krystallen könnte daher aus dem Wachsen ihrer Plastizität in der Nähe der Schmelzkurve auch auf eine geringere Härte bei ihrer Auflösung bzw. bei ihrer Bildung aus gewissen Lösungen geschlossen werden.

Es war denn auch schon Gerhard⁶⁸⁾ der Anschauung, daß bei den meisten Krystallen die Erhärtung, stufenweise erfolgt sei, und Breithaupt⁶⁹⁾ glaubt, daß die fertig gebildeten Krystalle nicht „immer gleich ganz feste, starre Körper“ seien, und daß gekrümmte Krystalle „unmittelbar nach ihrer Bildung, als sie noch nicht völlig starr und spröde, vielmehr gleichsam wie knetbar waren, gewaltsame Biegungen erfahren und angenommen haben, die man jetzt nicht mehr mit ihnen vornehmen kann“.

Cornu⁷⁰⁾ hat auf diese Angaben Breithaupt's bei Besprechung einer merkwürdigen Eigenschaft des Keramohalits hingewiesen. Bringt man Stücke von faserigem Keramohalit kurze Zeit hindurch in eine Wasserdampf-atmosphäre, so wird das Mineral plastisch, die Faserbündel schweißen zusammen und zeigen im parallel polarisierten Licht in der schönsten Weise das Phänomen der undulösen Auslöschung.

Nach Müller-Erzbach⁷¹⁾ besitzen auch die Krystalle wasserhaltigen Chlorcalciums eine große Plastizität und backen durch bloßes Aufeinanderliegen fest zusammen, obwohl jedes Austreten von Wasser oder Schmelzen ausgeschlossen ist.

⁶⁴⁾ a. a. O., S. 8.

⁶⁵⁾ Doelter: Physikalisch-chemische Mineralogie. Leipzig 1905. S. 4.

⁶⁶⁾ Z. f. anorganische Chemie, Bd. 34, 1903, S. 413. Grundriß der physikalischen Chemie. Stuttgart 1904. S. 208.

⁶⁷⁾ Naturgeschichte des Mineralreiches, 1. Teil. Wien 1836. S. 305.

⁶⁸⁾ Versuch einer Geschichte des Mineralreiches, 1. Teil. Berlin 1781. S. 17.

⁶⁹⁾ a. a. O., S. 10.

⁷⁰⁾ Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1907, S. 598.

⁷¹⁾ Z. f. physik. Chemie 1896, S. 553.

Die Erscheinung deckt sich mit einem analogen Verhalten des Eises, welche Pfaundler⁷²⁾ zu erklären versucht hat.

Einige Grade unter Null ist das Eis hart, es leitet die Elektrizität nicht und besitzt keine Fähigkeit zu Formveränderungen und zum Zusammengefrieren sich berührender Stücke. Sobald man dasselbe aber nahe zum Schmelzen erwärmt, wird es weich, es leitet dann die Elektrizität, läßt sich durch allmählichen, langdauernden Druck biegen und formen und zeigt außerdem die Eigenschaft, daß zwei sich berührende Stücke aneinander gefrieren.

Die sogenannte „Kaulquappenform“ der Quarze gewisser Quarzporphyre, welche Zirkel⁷³⁾ ausführlich bespricht, und von der u. a. auch Weinschenk⁷⁴⁾ glaubt, daß dieselbe nicht als das Resultat der Deformation eines spröden Krystalls betrachtet werden könne, ist vielleicht von diesem Gesichtspunkt aus zu deuten⁷⁵⁾.

Ich habe die nachstehenden Werte von A unter Benützung von Mittelzahlen für h und d berechnet, welche Naumann-Zirkels Elementen der Mineralogie⁷⁶⁾ entnommen wurden.

Für den Magnetkies ist aus den bereits oben angeführten Gründen die Zusammensetzung FeS angenommen worden. Die Zusammensetzung $Fe_{11}S_{12}$ würde den weit weniger wahrscheinlichen Wert: $A = 26,5$ ergeben.

Arsenkies: $FeAsS$	
(h = 5,75, d = 6,10),	A = 51,2
Schwefelkies: FeS_2	
(h = 6,25, d = 5,05),	A = 49,5
Kupferkies: $CuFeS_2$	
(h = 3,75, d = 4,20),	A = 41,0
Zinkblende unter der Annahme eines	
Gehaltes an FeS von 5 Proz.	
(h = 3,75, d = 4,05),	A = 40,3
Bleiglanz: PbS	
(h = 2,50, d = 7,50),	A = 39,8
Magnetkies: FeS	
(h = 4,00, d = 4,59),	A = 38,3
Antimonit: Sb_2S_3	
(h = 2,00, d = 4,55),	A = 29,6

Die für A berechneten Werte entsprechen ungefähr dem beobachteten Alter der Sulfide.

⁷²⁾ Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik, 3. Bd. Braunschweig 1907. S. 751.

⁷³⁾ Lehrbuch der Petrographie, 2. Bd. Leipzig 1894. S. 204.

⁷⁴⁾ Grundzüge der Gesteinskunde II. Freiburg i. B. 1905. S. 65.

⁷⁵⁾ Vgl. Lehmann: Die scheinbar lebenden Krystalle. Eßlingen und München (1907) und Nernst: Theoretische Chemie. Stuttgart 1909. S. 635.

⁷⁶⁾ Leipzig 1907.

Der Arsenkies ist nach den Angaben von J. H. L. Vogt und Stutzer älter als der Pyrit, und mit diesen Angaben stehen auch die von Kallwang und der Knappenstube mitgeteilten Beobachtungen nicht im Widerspruch. Das höhere Alter des Arsenkieses bringen auch unsere Zahlen zum Ausdruck, A ist für Arsenkies größer als für Pyrit.

Der Kupferkies, die dunkle Zinkblende, der Bleiglanz und der Magnetkies sind nach dem Pyrit und ungefähr gleichzeitig sedimentiert worden, A fällt denn auch für diese Sulfide fast gleich hoch und kleiner als für Pyrit aus. Gewisse Abweichungen, so der ältere und jüngere Magnetkies Kallwangs, die Erscheinung, daß in der Knappenstube Bleiglanz von Blende, am Politzberg dagegen Blende von Bleiglanz umschlossen wird, und dgl. lassen sich auf ein Übergreifen der Bildungsperioden, wie dies von Brauns⁷⁷⁾ bei magmatischen Ausscheidungen angenommen wird, zurückführen und können bei Sulfiden, welche ungefähr derselben Bildungsperiode angehören, kaum auffallen. Eine nicht unwesentliche Rolle spielt hierbei wahrscheinlich die Unterkühlung, auf welche wir noch zu sprechen kommen werden.

Wo Bleiglanz in den Kieslagern auftritt, enthält er, soweit meine Erfahrung reicht, stets Silber und Antimon, wogegen die ihn begleitende dunkle Zinkblende vor dem Lötrohr immer eine Cd-Reaktion gibt.

Für Dyskrasit: Ag_2Sb , h = 3,50, d = 9,70, erhält man: $A = 40,4$, d. i. fast denselben Wert wie für Bleiglanz, dagegen für Greenokit: CdS , h = 3,25, d = 4,95: $A = 47,5$, d. i. einen weit höheren Wert, als er für Blende angenommen worden ist.

Bestünde die Blende nur aus ZnS , so wäre für h = 3,75 und d = 4,05: $A = 45,1$.

Antimonit ist endlich im Knappenwald zweifellos das jüngste Sulfid, und dementsprechend fällt auch der Wert von A hierfür am niedrigsten aus.

Trotz ihrer Mängel gilt unsere Reihe annäherungsweise aber auch für Kieslager in paläozoischen Tonschiefern, so für den Rammelsberg. Pyrit ist auch hier das älteste Sulfid, und der älteste Teil des Lagers ist am reichsten an Schwefelkies, der jüngste dagegen an Bleiglanz.

Nach seiner hauptsächlichen Verbindung mit dunkler Blende und Bleiglanz könnte man vermuten, daß für Baryt $A = 40$ sein dürfte; der weiter unten folgende Wert für Baryt beträgt 42,6.

Vom Rammelsberg wird kein Magnetkies erwähnt. Da er zu fehlen scheint, trifft

⁷⁷⁾ a. a. O., 1896, S. 304.

nach dem über die Bedeutung des Magnetkieses Gesagten wohl auch unsere Voraussetzung nur unvollkommen zu.

Es ist naheliegend, den Versuch zu machen, den für A abgeleiteten Ausdruck auch auf die Sauerstoff-Verbindungen der Kieslager anzuwenden. Hierbei muß jedoch der Quarz, welcher uns ja als Lösungsmittel erscheint, ausgeschaltet und außerdem berücksichtigt werden, daß nach Traube⁷⁸⁾ in den organischen Verbindungen die mittleren Atomräume des Sauerstoffs wesentlich kleiner als jene des Schwefels sind. Würde daher bei den Sauerstoffverbindungen n in gleicher Weise wie bei den Sulfiden berechnet, so ist anzunehmen, daß A zu klein ausfällt. Da nun das Atomgewicht des Schwefels fast genau doppelt so groß als jenes des Sauerstoffs ist, erscheint es nicht unbegründet, bei der Bestimmung von n je 2 Sauerstoffatome als 1 Atom zu rechnen.

In eine Altersreihe können ferner einige Mineralien gar nicht, andere nur mit einer gewissen Beschränkung einbezogen werden.

Es sind dies Silikate wie Talk, Chlorit und dgl., deren wirkliche Härte⁷⁹⁾ unsicher ist, bestimmte Pyroxen-Varietäten, die Mineralien der Feldspat- und Glimmergruppe und in gewissem Sinne auch die Carbonate.

In Kallwang, in der Knappenstube und am Politzberg sind Reste von Pyroxen teils im Nebengestein, teils als Bestandteil der Quetscherze und Pochgänge nachweisbar. Er erscheint hier als eines der ältesten Silikate, ist jedoch nur ausnahmsweise frisch und dann stets korrodiert, sondern zum Teil in Epidot, zum Teil in Uralit umgesetzt.

Nach Doelter⁸⁰⁾ kann sich Hornblende unter ihrem Schmelzpunkt in Augit umwandeln, wogegen eine künstliche Umwandlung von Augit in Hornblende nicht bekannt ist. Da nun Hornblende nur bei niedrigerer Temperatur stabil ist, bei hoher aber nicht, können wir uns vorstellen, daß die Bildung der Gallerte mit der Zersetzung eines glühendflüssigen Magmas in kausaler Verbindung steht. In dem Magma war Pyroxen vorhanden, wogegen in der Gallerte Hornblende gebildet wurde.

Becke⁸¹⁾ hat durch eine graphische Darstellung der Analysen alpiner Gesteine dargelegt, daß die Zentralgneise der Hohen Tauern die Amphibolite und Eklogite des

Ötztales, die Grünschiefer in der Schieferhülle der Tauerngneise sowie gewisse Kalk- und Chloritschiefer sich als „Abkömmlinge ursprünglich magmatischer Erstarrungsgesteine“ verraten, wogegen die Glimmerschiefer, die Kalkglimmerschiefer und die Quarzite als „Abkömmlinge von Sedimenten“ betrachtet werden können.

Diese Ausführungen eines ausgezeichneten Kenners der alpinen Gesteine stehen mit unserer Vorstellung nicht in Widerspruch.

Verfolgt man ferner den Unterschied in der Mineralzusammensetzung chemisch gleichartiger Erstarrungsgesteine und krystallinischer Schiefer genauer, so ergibt sich nach Becke eine in vielen Fällen stichhaltige Regel, die unter dem Namen Volumgesetz bekannt ist und dahin lautet, daß in den krystallinischen Schiefen die Stoffe jenen Verbindungen zustreben, welche das höchste spezifische Gewicht haben, also den kleinsten Raum beanspruchen. „Daher die Neigung zur Bildung von Granat, von Epidot, von Titanit, die sich alle durch hohes spezifisches Gewicht auszeichnen, daher auch die Neigung, den Kalifeldspat durch den spezifisch schweren Natronfeldspat (Albit) zu ersetzen oder in die gleichfalls spezifisch schweren Glimmer umzuwandeln.“

Die gleichen Gesichtspunkte müssen aber auch für die Kieslager gelten, da dieselben, wie dies Stelzner-Bergeat⁸²⁾ hervorheben, „samt ihrem Nebengestein und samt den in ihnen eingebetteten Nebengesteinselementen (Lagerarten) den Metamorphismus erfahren haben“.

Bei fast allen Mineralien der Feldspatgruppe treffen nun unsere Voraussetzungen darum kaum zu, weil dieselben zu einem nicht unbeträchtlichen Teil elektrolytisch dissoziiert gewesen sein dürften, und das gleiche ist wohl auch für die Mineralien der Glimmergruppe anzunehmen.

In Kallwang hat sich der Biotit dort, wo die oben beschriebene pflasterartige Struktur auftritt, zugleich mit Albit abgelagert. Es wäre nicht ausgeschlossen, daß die Lagerpartien, welche diese auffallende Struktur besitzen, aus lokalen Ansammlungen von Restlaugen hervorgingen, eine Möglichkeit, die weiter unten noch berührt werden soll.

Hinsichtlich der Carbonate sprechen endlich viele Umstände dafür, daß sie sich bei einer relativ niedrigen Temperatur ausschieden.

Fand kein Wärmezugang, z. B. durch eruptive Nachschübe, statt, so erfolgte die Abkühlung des ganzen Schichtenkomplexes

⁷⁸⁾ Über den Raum der Atome. Stuttgart 1899, S. 21.

⁷⁹⁾ Vgl. Pöschl: a. a. O., S. 69.

⁸⁰⁾ Physikalisch-chemische Mineralogie. Leipzig. 1905. S. 39.

⁸¹⁾ Verh. d. Ges. deutscher Naturforscher und Ärzte. 81. Vers. Leipzig 1910. S. 167.

⁸²⁾ a. a. O., S. 328.

ungefähr nach einer logarithmischen Linie⁸³⁾. Würde man daher imstande sein, die Temperaturen als Ordinaten und die Zeiten als Abszissen zu verzeichnen, so müßte eine Kurve resultieren, welche sich asymptotisch der Abszissenachse nähert.

Temperaturunterschiede können demnach nur innerhalb des steileren Abfalls der Abkühlungskurve maßgebend gewesen sein, in dem asymptotischen Teil herrschte dagegen während längerer Zeit fast dieselbe Temperatur, auf die Ausscheidung der Carbonate, bei welchen auch eine Löslichkeitserhöhung infolge von Komplexbildung⁸⁴⁾ stattgefunden haben dürfte, werden daher unsere Voraussetzungen gleichfalls nur in beschränktem Maße Anwendung finden können.

Bei der Zusammenstellung der folgenden Zahlen sind die Feldspate darum berücksichtigt worden, weil wir weiter unten auf die hierfür berechneten Werte zurückkommen werden.

Zirkon: $ZrSiO_4$, ($h = 7,50$, $d = 4,70$),	$A = 73,0$.
Orthoklas: $KAlSi_3O_8$, ($h = 6,00$, $d = 2,56$),	$A = 72,7$.
Albit: $NaAlSi_3O_8$, ($h = 6,25$, $d = 2,63$),	$A = 69,5$.
Anorthit: $CaAl_2Si_2O_8$, ($h = 6,00$, $d = 2,745$)	$A = 67,8$.
Granat: ($h = 7,00$, $d = 3,85$).	
Eisengranat: $Ca_3Mg_3Fe_3Mn_3(Fe_3Si_3O_{12})_4$ $A = 67,6$.	
Tongranat: $Ca_3Mg_3Fe_3Mn_3(Al_3Si_3O_{12})_4$ $A = 60,1$.	
Rutil: Ti_2O_4 , ($h = 6,25$, $d = 4,25$),	$A = 58,9$.
Magnetit: Fe_3O_4 , ($h = 6,00$, $d = 5,05$),	$A = 55,0$.
Titanit: $CaSiTiO_5$, ($h = 5,25$, $d = 3,50$),	$A = 53,6$.
Zoisit und Klinozoisit (farbloser Epidot): $H Ca_2Al_3Si_3O_{13}$, ($h = 6,00$, $d = 3,305$),	$A = 53,4$.
Aktinolith: $CaMg_3Si_4O_{12}$, ($h = 5,50$, $d = 3,096$),	$A = 53,2$.
Eisenglanz: Fe_2O_3 , ($h = 6,00$, $d = 5,235$),	$A = 52,3$.
Baryt: $BaSO_4$, ($h = 3,25$, $d = 4,45$),	$A = 42,6$.
Manganspat: $MnCO_3$, ($h = 4,00$, $d = 3,45$),	$A = 38,1$.

⁸³⁾ War die Temperatur des ganzen Systems ursprünglich gleich groß, so änderte sich dieselbe an jedem Punkte mit der Zeit, zugleich aber auch von einem Punkte zu anderen. Da die nahe der Oberfläche liegenden Teile rascher die Temperatur des umgebenden Mittels annehmen müssen, ist die Temperatur in jedem Punkte eine Funktion von vier Variablen: der Zeit und den drei Koordinaten, welche die Lage des Punktes in dem System bestimmen.

⁸⁴⁾ Vgl. Rothmund: Löslichkeit und Löslichkeitsbeeinflussungen. Leipzig 1907. S. 474.

Spateisenstein: $FeCO_3$,
($h = 4,00$, $d = 3,80$),
 $A = 34,9$. |

Magnetit: $MgCO_3$,
($h = 4,25$, $d = 3,00$),
 $A = 34,1$. |

Calcit: $CaCO_3$,
($h = 3,00$, $d = 2,70$),
 $A = 31,8$. |

Ankerit: ($50 CaCO_3$, $32 FeCO_3$, $13 MgCO_3$, $5 MnCO_3$). Bestimmt man A aus den für die Komponenten ermittelten Werten, so ergibt sich: $A = 33,6$.

Nach diesen Zahlen wären die Silikate und Oxyde älter, die Carbonate aber, von Antimonit abgesehen, jünger als die Sulfide, wogegen der Baryt, wie schon oben bemerkt worden ist, ziemlich gleichzeitig mit Bleiglanz, Blende und Kupferkies zur Ablagerung kam.

Antimonit wäre weniger alt als Ankerit, bei dem Vorkommen in Knappenwald ist er denn auch tatsächlich jünger.

Im ganzen entsprechen daher nach Ausschaltung der Feldspate unsere Werte den beobachteten Verhältnissen.

J. H. L. Vogt⁸⁵⁾ hat gezeigt, daß in Schlacken und ähnlichen Schmelzen die vorhandenen Sulfide bei der Erkaltung zuallererst, u. zw. vollständig zur Ausscheidung gelangen. Nach diesen, aber noch vor den Silikatmineralien wird Spinell abgeschieden.

Die Ausscheidungsfolge in der Gallerte wäre demnach ziemlich genau entgegengesetzt jener in einer Schmelze, ein Unterschied, der darauf zurückgeführt werden kann, daß geschmolzene Salze auch ohne Gegenwart eines Lösungsmittels dissoziiert sind.

Die Erstarrungsgesteine bilden nach Becke⁸⁶⁾ eine Mischungsreihe in welcher von dem Si-reichsten Anfangs — gegen das Si-ärmste Endglied der Anorthitgehalt der Plagioklase zunimmt. Die Plagioklase selbst lassen ferner in der Regel einen gesetzmäßigen Zonenbau erkennen, wobei der innerste Kern am reichsten an Anorthit ist.

Die Plagioklase der krystallinischen Schiefer besitzen dagegen einen geringeren Gehalt an Anorthit als jene der chemisch gleich zusammengesetzten Massengesteine und charakterisieren sich außerdem dadurch, daß in jenen Fällen, wo Kern und Hülle unterscheidbar sind, die Hülle anorthitreicher ist, als der Kern.

Unserer für A gewonnene Ausdruck kann nun seiner Ableitung nach nur unter der Voraussetzung gelten, daß die Hauptmasse des gelösten Stoffes keine chemischen Veränderungen erfährt. Da aber angenommen werden muß, daß die Kieselsäure — Gallerten

⁸⁵⁾ v. Jüptner: Lehrbuch der physikalischen Chemie, 2. Teil. Leipzig und Wien 1905. S. 281.

⁸⁶⁾ a. a. O., S. 169.

mit mineralischen Stoffen überladen waren, trifft diese Voraussetzung bei höheren Temperaturen um so weniger zu, weil nach van 't Hoff's⁸⁷⁾ Untersuchungen schon eine Temperatursteigerung von je 10° bei den meisten Reaktionen eine Verdoppelung bis Verdreifachung der Reaktionsgeschwindigkeit bedingt.

Nach den oben abgeleiteten Zahlen wäre A für Orthoklas fast gleich groß wie für Zirkon. Orthoklas würde daher schon bei verhältnismäßig hoher Temperatur ausgeschieden werden. Da jedoch mit dem Zunehmen der Temperatur die kolloidale Kondensation sinkt, die Dissoziation wächst und die Reaktionsgeschwindigkeit steigt, ist die Wahrscheinlichkeit einer solchen Ausscheidung geringer als jene der Bildung stabilerer Mineralien aus der Orthoklassubstanz.

Anorthit ist ferner, wie seine Löslichkeit in Salzsäure lehrt, weniger stabil als Albit und wird sich daher, da A für ihn höher ausfällt als für Granat, im allgemeinen auch weniger häufig als Albit gebildet haben.

Stark⁸⁸⁾ hat aus den Beobachtungen Beckes den Schluß gezogen, daß in wässrigen Lösungen, wie solche bei den krystallinischen Schiefen in Betracht kommen, Albit schwerer löslich sei als Anorthit, wogegen in Magmen die umgekehrten Löslichkeitsverhältnisse bestehen.

In Übereinstimmung mit Stark haben wir für Albit $A = 69,5$ und für Anorthit $A = 67,8$, das heißt: unter den hier in Betracht kommenden Voraussetzungen hat sich Albit wahrscheinlich vor Anorthit ausgeschieden.

Sehr wertvolle Mitteilungen über die Kontaktlagerstätten von Concepcion del Oro sind von Bergeat⁸⁹⁾ veröffentlicht worden.

In Cabrestante ist Orthoklas jünger als Pyrit der Prismen von Hornblende umschließt, Pyrit, und Kupferkies aber sind gleich alt mit Granat und älter als Magnetit und Eisenglanz.

Diese Ausscheidungsfolge ist ganz verschieden von jener, welche man nach den oben angeführten Werten von A erwarten würde, eine Verschiedenheit, welche sich aus den Bildungsverhältnissen erklärt: „Die Kontaktlagerstätten sind im großen ganzen nichts anderes als an Kupfererz und teilweise auch an Magneteisenstein ganz besonders reiche Silikatfelse in der Kontaktzone und verdanken ihre Entstehung wie diese einer

pneumatolytischen Stoffzufuhr im unmittelbaren Zusammenhang mit dem Emporsteigen des Granodiorits.“

Da hierbei Vorgänge stattfanden, welche sich mit unseren Voraussetzungen nicht decken, ist der für A abgeleitete Ausdruck nicht anwendbar. Das gleiche gilt aber auch für die Ablagerung von Sulfiden in Drusen.

Eine diesbezügliche Bemerkung Breithaupts hinsichtlich der Paragenesis von Kupfer- und Eisenkies wurde bereits oben angeführt, es mag daher hier nur noch erwähnt werden, daß dieselbe Sukzessionsreihe wie auf Lagern auf manchen echten Gängen außerhalb der Drusen gleichfalls vorkommt. Der Gang von Wandelitzen bei Völkermarkt⁹⁰⁾ zählt nach Becks Übersicht der Gangformationen zur kiesigen Bleiformation, erinnert jedoch durch die fast rein quarzige Gangart sowie den verhältnismäßig hohen Silber- und niederen Bleigehalt seiner Geschiebe an die edle Quarzformation. In dem grauen mattschimmernden und hornsteinähnlichen Gangquarz, der Nebengesteinsbruchstücke und in Drusen kleine, oft vollkommen farblose Quarzkrystalle umschließt, hat sich Pyrit zweifellos zuerst abgelagert, worauf dann Beiglanz, Zinkblende und Kupferkies ziemlich gleichzeitig sedimentiert wurden.

Hinsichtlich der Kieslager und der dieselben begleitenden Gesteine ergibt sich aus unseren Zahlen folgendes:

Zirkon ist in den Quarzphylliten Kallwangs recht verbreitet und hier gleichwie in anderen Felsarten zweifellos eines der ältesten Mineralien.

Granat dient nach Zirkel⁹¹⁾ in den Amphiboliten oft als Strukturzentrum, umgeben von radial gestellten Hornblenden oder von farblosen Zonen aus Feldspat und Quarz, in welche radial gruppiert Hornblendesäulen von außen hineinragen. Er umschließt Rutil, Feldspat, Epidot, Quarz und Eisenerze, oft in so großer Menge, daß der Granat nur ein Geäder zwischen diesen Substanzen bildet. Nach diesen Einschlüssen sollte A für Granat nicht größer, sondern kleiner als z. B. für Aktinolith ausfallen, der Unterschied wäre jedoch erklärlich, wenn Granat besonders stark zur Unterkühlung neigen würde.

Auf Kieslagern scheint Granat ziemlich selten zu sein.

⁸⁷⁾ Vorlesungen über theoretische und physikalische Chemie I. Braunschweig 1901. S. 224.

⁸⁸⁾ Tschermaks Mineralogische und petrographische Mitteilungen, 27. Bd., 1908. S. 545.

⁸⁹⁾ N. J., Beil.-Bd. 28, 1909. S. 516.

⁹⁰⁾ Vgl. R. Canaval: Carinthia II, 1902, Nr. 4 und 5.

⁹¹⁾ Lehrbuch der Petrographie, 3. Bd. Leipzig 1894. S. 335. Vgl. Becke: Tschermaks Min. u. petr. Mitteilungen IV, 1881, S. 285.

Für das Kieslager von Ducktown betrachtet, wie oben erwähnt wurde, Henrich den Granat als gleichaltrig mit der Hornblende, eine Annahme, welche der Ausscheidungsfolge in den Amphiboliten ungefähr entsprechen würde.

Der Pyrit des Kieslagers von Lading in Kärnten⁹²⁾, welches mit Granat führendem Zweiglimmergneis verbunden ist, umschließt neben Biotit und Titanit auch Granat, und in dem Magnetkies des dem Granatglimmerschiefer angehörenden Kieslagers von Aufer-villgraten bei Silian in Tirol kommt gleichfalls Granat vor.

In beiden Lagerstätten ist der Granat jedenfalls älter als die Sulfide.

Für Titanit, Zoisit und Aktinolith fällt A fast gleich groß aus, was auf ein ungefähr gleiches Alter dieser Mineralien hinweist. In den Hornblendeschiefern Kallwangs scheinen dieselben denn auch zeitlich einander recht nahe zu stehen.

Für Magnetit haben wir $A = 55,0$, für Aktinolith $A = 53,2$, für Arsenkies $A = 51,2$ und für Pyrit $A = 49,5$.

Magnetit und Arsenkies sind in den norwegischen Vorkommen älter als Pyrit, in Prettau ist Magnetit älter als Hornblende und hier sowie am Politzberg die Hornblende im allgemeinen auch älter als Pyrit.

Recht gut kommt ferner das höhere Alter des Magnetits gegenüber dem Pyrit bei dem Kiesvorkommen von Großfragant und das höhere Alter der Hornblende gegenüber dem Pyrit bei dem Kiesvorkommen von Kallwang zum Ausdruck.

In dem Kieslager der Knappenstube und in den Kies führenden Gangtrümmern am Laitenkofel ist zwar das Alter des Pyrits gegenüber der Hornblende unsicher, zweifellos sind hier jedoch Hornblende und Pyrit älter als Magnetkies.

Eisenglanz ist auf Kieslagern recht selten.

In den von J. H. L. Vogt⁹³⁾ beschriebenen Eisenerzvorkommen von Nordland Amt, von welchen ein Teil vielleicht genetisch hierher gestellt werden darf, sind Magnetit und Eisenglanz hauptsächlich mit Quarz oder einem ziemlich SiO_2 -reichen Silikatgemisch gemengt.

Da für Magnetit und Eisenglanz, deren paragenetische Verbindung u. a. auch Knop⁹⁴⁾ hervorhebt, A nur wenig abweicht, wäre diese Vergesellschaftung verständlich.

⁹²⁾ Vgl. R. Canaval: Jahrb. des naturhistor. Landes-Museums von Kärnten, 1900, S. 299.

⁹³⁾ Salten og Ranen. Kristiania 1891. S. 219.

⁹⁴⁾ Studien über Stoffwandlungen im Mineralreich. Leipzig 1873. S. 53.

In dem Eisenglanzvorkommen von Waldenstein⁹⁵⁾ ist der Pyrit anscheinend jünger als Eisenglanz und älter als Spateisenstein. A fällt denn auch für Eisenglanz größer als für Eisenkies aus.

Stelzner-Bergeat⁹⁶⁾ vermuten, daß die Sulfide der Magnetit- und Eisenglanz-Lager „wenigstens teilweise nicht zum ursprünglichen Erzbestand gehören“, eine Vermutung, die durch unsere Zahlen unterstützt wird.

In Großfragant kommt Eisenglanz mit Calcit und Chlorit auf Primärtrümmern vor. Für diese recht häufige Assoziation, welche besonders hübsch auf ziemlich mächtigen Gangtrümmern entwickelt ist, die im Hornblendeschiefer von Wieting bei Hüttenberg auftreten, sind jedoch die Voraussetzungen unseres für A abgeleiteten Ausdrucks nicht erfüllt.

Nach Wölbling⁹⁷⁾ erfolgt die Umsetzung von kolloidalem Eisenoxyd in krystallisiertes schon bei ziemlich niedriger Temperatur.

Da nun auch die Ausscheidung der Carbonate auf den Kieslagern zuletzt, das ist bei niedriger Temperatur stattgefunden zu haben scheint, wären 2 zeitlich voneinander verschiedene Eisenglanzgenerationen nicht ausgeschlossen.

Titanit ist in Kallwang sehr regelmäßig mit Magnet- und Kupferkies assoziiert und wurde am Politzberg ziemlich gleichzeitig mit der Blende verfestigt, eine Vergesellschaftung, welche wieder als das Resultat von Unterkühlung betrachtet werden kann.

Nach einer Beobachtung Dufours⁹⁸⁾ blieb eine Kugel geschmolzenen Schwefels von 6 mm Durchmesser, die in einer Lösung von Chlorzink schwebte, noch bei einer Temperatur von 50°C flüssig, obwohl der Erstarrungspunkt bei 109° liegt. Da nun Unterkühlungserscheinungen besonders ausgeprägt bei den meisten Silikaten auftreten⁹⁹⁾, sind auch hier größere Abweichungen als bei den Sulfiden wahrscheinlich.

Wie Doelter¹⁰⁰⁾ hervorhebt, fällt bei den Silikaten der Erstarrungspunkt nie mit dem Schmelzpunkt zusammen, er kann 100° und sogar noch tiefer unter diesem liegen. „Sehr große Mengen von Wasser und Mineralisatoren können die Unterkühlung zum Teil aufheben, was wahrscheinlich bei Apliten

⁹⁵⁾ Vgl. R. Canaval: Carinthia II, 1903, Nr. 3.

⁹⁶⁾ a. a. O., S. 111.

⁹⁷⁾ (Essener) Glückauf, 1809. S. 1.

⁹⁸⁾ Pfaundler: Müller-Pouillet's. Lehrb. der Physik, 3. Bd., 4. Buch. Braunschweig 1907. S. 453.

⁹⁹⁾ Vgl. Heyn und Bauer: Metallographie II. Leipzig 1909. S. 11.

¹⁰⁰⁾ Petrogenesis. Braunschweig 1906. S. 138

und ähnlichen Gesteinen der Fall war; hier tritt dann plötzliche und gleichzeitige Erstarrung des eutektischen Gemisches der Gemengteile ein“. Es wäre möglich, daß ein analoger Vorgang auch das Entstehen der oben erwähnten pflasterartigen Struktur in dem Kieslager von Kallwang vermittelt hat. Ein Teil des Biotits kann sich aus einer Lösung regeneriert und zugleich mit Albit abgesetzt haben.

Nach einem von Nernst¹⁰¹⁾ ausgesprochenen und bewiesenen Satz vermindert sich die Löslichkeit, wenn der Lösung eines Salzes ein anderes zugesetzt wird, das mit dem ersteren ein Ion gemeinsam hat, wogegen nach einem Satz von Noyes der Zusatz eines Salzes, das kein Ion gemeinsam hat, die Löslichkeit erhöht.

Die Assoziation Albit-Biotit erinnert an den Satz von Noyes. Die Löslichkeit beider kann durch Wechselwirkung erhöht worden sein, so daß diese Mineralien sich mitsammen erst bei niederer Temperatur ausschieden.

Eine lokale Peptisation der Kieselsäuregallerte durch die Elektrolyte¹⁰²⁾ könnte hierbei gleichfalls eine Rolle gespielt haben.

Weinschenk¹⁰³⁾ unterscheidet die Zertrümmerung der Gesteinskomponenten, welche während der Verfestigung des Gesteins eintritt (Protoklase) von jener, die in dem schon verfestigten Gestein zur Ausbildung kommt (Katakclase), und betrachtet die erstere als das Ergebnis einer Bewegung des Schmelzflusses oder einer Zusammenziehung bei der Erstarrung.

Hat sich aber der Quarz aus einer Gallerte gebildet, so ist anzunehmen, daß der Zustand, in dem sich die Gallerte zuletzt befand, auf die Ausbildungsweise, in der uns der Quarz jetzt erscheint, von Einfluß war.

Nach den weiter unten angeführten Ermittlungen von Bemelens könnte man daher vermuten, daß der klastische Quarz des Erzvorkommens von Knappenwald aus einer sehr zähen Gallerte hervorging, eine Vermutung, welche sich durch die Tatsache unterstützen läßt, daß Quarz von ganz gleicher Beschaffenheit auch auf echten Erzgängen, so jenen der Dechant im Mölltale¹⁰⁴⁾, neben krystallisiertem und in diesen übergehend auftritt.

¹⁰¹⁾ Rothmund: Löslichkeit und Löslichkeitsbeeinflussung. Leipzig 1907. S. 167.

¹⁰²⁾ Vgl. Müller: Allgemeine Chemie der Kolloide. Leipzig 1907. S. 8.

¹⁰³⁾ Die gesteinsbildenden Mineralien. Freiburg i. B. 1901. S. 40.

¹⁰⁴⁾ Vgl. R. Canaval: Carinthia. II, 1908, Nr. 4, 5 u. 6; 1909, Nr. 1.

Die auffällige Erscheinung, daß der Albit des Knappenwalder Vorkommens eine so gut ausgesprochene Altersverschiedenheit gegenüber den Sulfiden und Carbonaten erkennen läßt, hängt vielleicht mit diesem Umstande zusammen.

Eine zähe Gallerte würde auf niedere Temperatur und geringere Dissoziation schließen lassen. Wären jedoch die Voraussetzungen vorhanden, um auf Albit unsere Formel anzuwenden, so hätte man für denselben: $A = 69,3$, das heißt, er müßte vor den Sulfiden und Carbonaten verfestigt worden sein, wie dies denn auch hier tatsächlich der Fall ist.

III.

Ausgehend von den Anschauungen Fuchs, Breithaupts und Lehmanns läßt sich die Reihenfolge eines Teiles der mineralischen Ausscheidungen gewisser Kieslager erklären; diese Anschauungen ermöglichen es aber auch, manche andere Eigentümlichkeiten derartiger Lagerstätten verständlich zu machen.

Sehr charakteristisch für fast alle Lager ist ihr Aufbau aus linsenförmigen Körpern. Das Kieslager von Kallwang verflächt im Mittel unter 50°. Spitzt sich nach der Fallrichtung eine Linse ein, so nimmt das Verflächten am Hangenden, wo man den Fallwinkel zu messen pflegte, ab. Es resultierte daher die Regel, daß flacheres Fallen das Lager veredle.

Die Bildung solcher linsenförmigen Körper kann nun mit der Annahme, daß ursprünglich eine Gallerte vorlag, recht gut verbunden werden.

Die innere Reibung emulsoider Lösungen wird durch die Konzentration, die Temperatur und durch Zusätze geändert¹⁰⁵⁾.

Im allgemeinen erhöhen zunehmende Konzentration und abnehmende Temperatur die Viskosität derart, daß Gallerten resultieren, welche festen Körpern nahestehen, und die Viskosität von Gelatinelösungen wird durch den Zusatz von Sulfaten vergrößert, von Chloriden, Nitraten, Säuren und Basen aber herabgesetzt.

Die Messungen von Schröders haben ferner dargetan, daß ein vollkommen stetiger Übergang der inneren Reibungswerte von den für flüssige Systeme charakteristischen Größen bis zu jenen fester Körper vorhanden ist.

Die Flüssigkeitsabgabe und -Aufnahme durch Gallerten zeigt sehr verschiedenes Gepräge, so daß elastische und wenig elastische Gallerten unterschieden werden können.

¹⁰⁵⁾ Ostwald: S. 199.

Zu den wenig elastischen Gallerten gehört jene der Kieselsäure, deren Bildung aus dem Liquor silicum schon lange bekannt ist. Bei ihrem Eintrocknen restiert eine Glasritzende Masse, weshalb bereits Brogniart und Turner¹⁰⁶⁾ der Ansicht waren, daß sich Chalcedon, Feuerstein und auch Bergkrystall auf diese Weise gebildet haben könnten.

Sehr eingehend hat van Bemelen¹⁰⁷⁾ das Verhalten solcher Gallerten bei der Entwässerung verfolgt.

Kieselsäuregele, die durch Vermengen von Silikatlösung mit verdünnter Salzsäure unter Zusatz von etwas Ammoniak erzeugt wurden, sind zunächst, nachdem man das Wasser nach Möglichkeit hat abtropfen lassen, noch sehr wasserhältig: auf 1 Mol SiO_2 kommen je nach dem ursprünglichen Gehalt der Lösungen 50—300 Mol Wasser. Entwässert man das Gel durch Pressen oder durch Stehenlassen über Schwefelsäurelösungen, so ändern sich seine Eigenschaften stetig. Bei einem Gehalt von 1 Mol SiO_2 auf 30—40 Mol Wasser läßt es sich schneiden, bei 20 Mol Wasser ist es ziemlich steif, bei 12 kann man es fein reiben, es hängt aber noch am Glas, bei 10 wird es bröcklig, bei 7—8 springen bisweilen Stücke elastisch auseinander und bei 6 ist es zu einem feinen, anscheinend trockenen Pulver zerreibbar.

Würde daher eine aus einer Kieselsäure-Gallerte bestehende Schichte zwischen plastischen Schichten liegen, welche für das Dispersionsmittel nicht undurchlässig sind, so könnte der Flüssigkeitsgehalt der Gallerte durch den Druck des Hangenden allmählich vermindert werden. Die Gallert-Schichte würde dann nach oben und unten von Flächen begrenzt sein, die sich als Niveauflächen darstellen, und welche bei gleichem spezifischen Hangenddruck und bei gleicher Konzentration der Gallerte offenbar Ebenen wären. Wäre dagegen die Konzentration der Gallerte örtlich verschieden, so würde auch der Flüssigkeitsgehalt in ungleichem Maß eine Minderung erfahren, und müßten sich beide Grenzflächen so lange ändern, bis ein Gleichgewicht zwischen der Konzentration der Gallerte und dem Außendruck eintritt.

Die Gallerte würde demnach eine Schichte von variabler Mächtigkeit bilden, die dort am dicksten ist, wo der geringste, und dort am dünnsten, wo der größte Flüssigkeitsgehalt vorhanden war. Wäre die innere Reibung in den Schichten im Hangenden und Liegenden der Gallert-Schichte gleich, so könnten

Änderungen in den beiden Begrenzungsflächen nur in demselben Sinne stattfinden. Biegt sich daher die obere Fläche ein, so muß dieser Einbiegung entsprechend die untere aufgestülpt werden. Die Gallertschichte wird demnach in linsenförmige Körper zerfallen, die dann stabil sein werden, wenn zwischen dem Druck von außen auf die Gallerte und dem Gegendruck von der Gallerte nach außen ein Gleichgewicht eintritt, und dieses weiterhin keine Störung erfährt. Da die vertikalen Komponenten der von Außen gegen beide Begrenzungsflächen wirkenden Drücke als gleich groß angesehen werden können, läßt sich für diesen Grenzfall annehmen, daß auch alle Horizontalspannungen gleichen Wert besitzen. Für die beiden Kurven eines Linsenquerschnitts würden dann ungefähr dieselben statischen Voraussetzungen gelten wie für einen Träger mit konstanten Horizontalspannungen der Gurtungen¹⁰⁸⁾ das heißt, diese Kurven wären sehr flache Parabeln. Hätte das Hangende größere Zähigkeit als das Liegende, so könnte die Gallert-Schichte nach Eintritt des Gleichgewichts gegen das Hangende ebenflächig, gegen das Liegende aber wellenförmig begrenzt sein, wogegen bei größerer Zähigkeit des Liegenden das Umgekehrte eintreten müßte.

Eisenstein, v. Smoluchowsky und The Svedeberg¹⁰⁹⁾ haben gezeigt, daß ebenso wie die gelösten Moleküle in ihrem Lösungsmittel die suspendierten Teilchen in ihrem Medium von Orten höherer zu Orten niederer Konzentration diffundieren; stünde daher dem Prozesse unter bestimmten, gleichbleibenden Verhältnissen eine genügende Zeit zur Verfügung, so würde auch ein vollkommener Ausgleich in der Konzentration der Gallerte stattfinden. Schon gebildete Linsen würden demnach immer flacher werden, so daß schließlich nur mehr sehr dünne, spitz ausgezogene Lagen bestandfähig blieben.

Bei plastischen bzw. viskosen Körpern müssen lokale Formveränderungen, die durch Druck entstehen, in ähnlicher Weise fortgepflanzt werden, wie dies nach Mayer¹¹⁰⁾ durch Eindrücken einer Kugel in verlötete Kupferplatten erfolgt.

Eine Linsenbildung durch den Hangenddruck wird daher von Schichtenbiegungen begleitet sein, die nächst den Linsen am

¹⁰⁸⁾ Ritter: Lehrbuch der höheren Mechanik, 2. Teil. Leipzig 1899. S. 134.

¹⁰⁹⁾ Vgl. Werner Mecklenburg: Naturwissenschaftl. Wochenschr. 1910, Nr. 3.

¹¹⁰⁾ Untersuchung über Härteprüfung und Härte. Berlin 1908. S. 5.

¹⁰⁶⁾ Hartmann: Jahrbücher der Berg- und Hüttenkunde I, 1834, S. 306.

¹⁰⁷⁾ Freundlich: Kapillarchemie. Leipzig 1909. S. 487.

intensivsten sind und mit zunehmender Entfernung ins Hangende und Liegende abnehmen.

Die Kieslager der krystallinischen Schiefer lassen denn auch tatsächlich neben der Linsenbildung recht häufig solche Schichtenbiegungen erkennen, eine Eigentümlichkeit, die schon lange bekannt ist und z. B. recht gut in einem Querschnitte des Kieslagers von St. Domokos in Siebenbürgen zum Ausdruck kommt, den Grimm¹¹¹⁾ veröffentlichte.

Für die Wahrscheinlichkeit derartiger Vorgänge kann geltend gemacht werden, daß gleiche Erscheinungen wie bei Kieslager auch bei anderen Minerallagerstätten auftreten, deren Bildung sich leichter übersehen läßt.

Zu Selenitza in Albanien kommt nach Höfer¹¹²⁾ Asphalt im pliocänen Sandstein und Konglomerat, parallel zur Schichtung eingelagert, überaus reichlich vor, und ein von Coquand herrührendes Profil stellt eine solche Lagermasse dar, die in unregelmäßige linsenförmige Partien zerquetscht wurde.

Unmittelbar im Liegenden des Asphaltlagers folgt eine Schichte, welche noch deutliche Aufstülpungen zeigt. In größerer Entfernung von dem Lager sind diese nur mehr angedeutet.

Würde man sich an Stelle des Asphaltlagers eine mit Kiesen imprägnierte Quarzmasse und an Stelle der sedimentären Gesteine krystallinische Schiefer denken, so hätte man ein Kieslager vor sich. Auch Apophysen würden nicht fehlen. Trotz der wesentlichen Verschiedenheit des Materials dürften doch bei beiden Vorkommen dieselben mechanischen Vorgänge wirksam gewesen sein: bei dem Kieslager das allmähliche Entweichen des Dispersionsmittels aus einer Kieselsäure-Gallerte und bei dem Asphaltlager das allmähliche Entweichen flüchtiger Kohlenwasserstoffe aus einer zähflüssigen Masse. Für beide Fälle kann ferner angenommen werden, daß der spezifische Druck des Hangenden lange Zeit konstant, dagegen die Konzentration derart verschieden war, daß ein stetiger Übergang der inneren Reibungswerte von Punkten niedriger zu solchen hoher Konzentration stattfand.

Zur Verdeutlichung mag endlich noch auf eine wohl allen Lesern bekannte Erscheinung verwiesen werden: die schon von Lyell¹¹³⁾ erörterten und insbesondere in Braunkohlen gruben oft sehr entwickelten creeps.

Infolge des Hangenddruckes dringt in

breite Strecken zwischen schmalen Kohlenpfeilern aus First und Sohle plastischer Schiefertone ein und füllt dieselben allmählich aus.

Auf unseren Fall angewendet, wären die Kohlenpfeiler Gallertpartien mit sehr großer, die Strecken solche mit sehr kleiner Konzentration und die Schiefertone im Hangenden und Liegenden des Flözes die plastischen Schichten, welchen die Gallert-Schichte eingelagert ist.

In einer von Lyell wiedergegebenen Skizze sind auch die durch Fortpflanzung des Druckes entstandenen Störungen zu erkennen.

Die besprochene Bildungsweise von linsenförmigen Körpern aus einer Gallert-Schichte würde mit gewissen Abänderungen auch auf gangförmige Gallertmassen, die plastische Schichten verqueren, unter der Voraussetzung Anwendung finden, daß Druckkräfte auftreten, deren Resultierende auf den Begrenzungsflächen dieser Massen ungefähr senkrecht stehen.

Auf diese Bildungsweise, neben welcher zweifellos noch manche andere Vorgänge linsenförmige Massen zu bewirken vermochten, läßt sich eine recht beachtenswerte Eigentümlichkeit mancher Kiesellager zurückführen.

Bei den Kieslagern von Schmöllnitz tritt nach Stelzner-Bergeat¹¹⁴⁾ in den Ausspitzungen der Kiesstöcke ein Substanzwechsel auf. Die beiden großen Stöcke werden dort kupferreicher, und äußerst feine Lagen von Zinklende und Bleiglanz stellen sich ein. Fand aber die Linsenbildung statt, nachdem der Eisenkies ausgeschieden war, so kann die Restlauge in der Richtung des geringsten Widerstandes bzw. der kleinsten Konzentration das ist seitlich, angesammelt worden sein und dort dann zur Ablagerung der jüngeren Sulfide Anlaß gegeben haben.

Der Vergleich von Krystallen desselben Stoffes, von welchen sich die einen langsam, die anderen schnell gebildet haben, lehrt, daß Krystalle von langsamer Bildung bedeutend flächenreicher sind. Langsam bildet sich ein Krystall aus einer wenig unterkühlten Schmelze oder aus einer wenig übersättigten Lösung, schnell aus tiefer unterkühlten Schmelzen oder stärker übersättigten Lösungen¹¹⁵⁾.

In den Kieslagern sind die Pyritkrystalle im allgemeinen flächenarm und fast ausschließlich Hexaeder. Eine bemerkenswerte Ausnahme bildet in dieser Hinsicht das oben erwähnte Kieslager von Lading, dessen Derb-

¹¹¹⁾ Grundzüge der Geognosie für Bergmänner. Prag 1856. S. 292.

¹¹²⁾ Die Geologie des Erdöls. Leipzig 1909. S. 193.

¹¹³⁾ Geologie. Berlin 1857. S. 70.

¹¹⁴⁾ a. a. O., S. 286.

¹¹⁵⁾ Tammann: a. a. O., S. 131.

kiese vorwiegend Pentagondodekaederflächen erkennen lassen, und welche im Dünnschliffe, weder die feinkörnige Schnittfläche unveränderter Eisenkieswürfel noch jenes eigentümliche Bild zeigen, das die Kiese der Kallwanger Lagerstätte auszeichnet.

Lading, das leider noch sehr wenig aufgeschlossen ist, repräsentiert ein Übergangsglied zu dem Eisenglanzvorkommen von Waldenstein, das gleichfalls fast nur Pentagondodekaeder von Pyrit u. zw. zum Teil in sehr flächenreichen Krystallen, beherbergt.

Da nun die Unterkühlung bei den Sulfiden weit weniger ins Gewicht fällt als bei den Silikaten; waren die Lösungen, welche den Pyrit der Kieslager lieferten, wohl in den meisten Fällen übersättigt, und kann daher bei der Krystallbildung die Erscheinung mitgespielt haben, welche Pfaunder¹¹⁶⁾ Rekrystallisation genannt hat. Ein Alaunkrystall z. B. ändert seine Gestalt innerhalb seiner gesättigten Lösung, auch wenn dieselbe auf das sorgfältigste vor Temperaturänderungen geschützt wird, und mehrere sich berührende Alaunstücke krystallisieren unter solchen Umständen an den Berührungspunkten zusammen.

Das Auftreten großer Pyritwürfel bei manchen Vorkommen und von grobkörnigem aus solchen Krystallen entstandenen Pyrit kann mit derartigen Vorgängen zusammenhängen und die Annahme eines sehr langsamen Niedersinkens der anwachsenden Krystalle in der Gallerte auch die Erscheinung erklären, daß manche Kiesvorkommen, so jenes am Politzberg, grobkörnigen Kies hauptsächlich am Liegenden beherbergen.

In einem Zylinder, der mit einer wässrigen kolloidalen Lösung oder Emulsion gefüllt ist, gehorcht nach Perrin¹¹⁷⁾ die Verteilung der suspendierten Teilchen in den verschiedenen Höhen des Zylinders demselben Gesetz wie die Verteilung der Luftteilchen in den verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche.

Die gleiche Verteilung läßt sich daher auch für minder viskose Gallertschichten annehmen.

Tritt in einer solchen aber eine Erhöhung der Konzentration am Liegenden, andererseits eine Minderung der Konzentration am Hangenden ein, so muß hierdurch eine Ansammlung der Restlaugung am Hangenden veranlaßt werden.

Die gleichfalls bei dem Kiesvorkommen

am Politzberge zu beobachtende Erscheinung, daß hier Bleiglanz und Zinkblende hauptsächlich am Hangenden auftreten, kann auf einen derartigen Vorgang zurückgeführt werden.

Da endlich der Übergang in den festen Zustand auch mit einer Wärmeentwicklung verbunden ist, kann am Schlusse der Bildungsperiode des Pyrits wieder eine solche Wärmemenge vorhanden gewesen sein, daß unter Vermittelung des restlichen Lösungsmittels die von Stutzer erwähnten Ätzfiguren entstehen konnten.

Über den Wachstumsdruck der Krystalle hat F. E. Sueß¹¹⁸⁾ sehr interessante Bemerkungen veröffentlicht.

Wachsende Krystalle sind imstande, hebende Wirkungen, das ist einen Druck, auszuüben, und Sueß führt hierauf u. a. auch die „Deformation der Gesteinsmasse“ in der unmittelbaren Nachbarschaft vollkommen ausgebildeter Pyrit- und Magnetit-Krystalle zurück.

Die Arbeit, welche der Wachstumsdruck zu leisten vermag, muß zwar nach dem Prinzip der lebendigen Kraft von der bewegten Masse und der Geschwindigkeit, mit welcher die Bewegung erfolgt, im vorliegenden Falle daher von der Krystallisationsgeschwindigkeit abhängen, das Schlußergebnis des ganzen Erstarrungsvorganges kann jedoch nicht durch die Größe dieser Arbeit allein bestimmt werden.

Die Unterkühlungsfähigkeit von Flüssigkeiten hängt nach Tammann¹¹⁹⁾ von der Zahl der spontan entstehenden Krystallisationszentren und der linearen Krystallisationsgeschwindigkeit ab.

Die Zahl der Krystallisationszentren nimmt mit der Unterkühlung zu und kann auch durch bereits vorhandene feste Partikeln vergrößert werden, die lineare Krystallisationsgeschwindigkeit aber steigt nach Nernst¹²⁰⁾ mit dem Grad der Unterkühlung und erreicht dann ein Maximum, um bei starker Unterkühlung wieder abzufallen.

Entstehen viele Krystallisationszentren, so werden sich die von denselben ausgehenden Drücke zum Teil entgegenwirken, andererseits können dann aber auch die bewegten Massen so klein sein, daß sie die Trägheit von Teilchen, welche keine Krystallisationszentren sind, nicht zu überwinden vermögen.

Mineralien, die sich aus stärker unterkühlten Lösungen bilden, können daher

¹¹⁶⁾ Müller-Pouille's Lehrbuch der Physik, 3. Bd., 4. Buch. Braunschweig 1907. S. 752. Wien. Akad. Ber. 59 und 73.

¹¹⁷⁾ Vgl. Werner Mecklenburg: Naturwissenschaftl. Wochenschr. 1910, Nr. 3. — Freundlich: Kapillarchemie. Leipzig 1909. S. 334.

¹¹⁸⁾ Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien 1909, S. 414.

¹¹⁹⁾ a. a. O., S. 148.

¹²⁰⁾ Theoretische Chemie. Stuttgart 1909. S. 583.

reicher an Einschlüssen sein, wie dies denn auch bei den Silikaten der Kieslager gegenüber den Sulfiden tatsächlich der Fall ist.

Beim Übergang aus dem tropfbar-flüssigen in den starren Zustand nimmt das Volum in den meisten Fällen ab. Eine solche Abnahme ist aber bei den Silikaten schon darum anzunehmen, weil die Dichte derselben im kristallisierten Zustande größer ist als nach ihrer Umschmelzung. Während daher das Fortschreiten der Erstarrung von gewissen Krystallisationszentren aus eine Verschiebung nach Außen zu bewirken vermag, müssen bei raschem Erstarren Strömungen nach innen stattfinden.

Die oben erwähnte Eigentümlichkeit des Granats, als Strukturzentrum zu dienen, steht vielleicht mit derartigen Strömungen im Zusammenhange und würde nebst dem reichlichen Gehalt an Einschlüssen für die Vermutung sprechen, daß sich Granat besonders stark zur Unterkühlung neigt.

Die eigentümlichen Pressungserscheinungen, welche der Pyrit der Kieslager erkennen läßt, habe ich in meiner Arbeit über das Kiesvorkommen von Kallwang¹²¹⁾ „als verschieden vorgeschrittene Stadien seiner Auflösung“ betrachtet, in meinen Bemerkungen über das Kieslager der Knappenstube¹²²⁾ aber mit Bewegungen in Verbindung gebracht, welche in der Lagerstätten-Ebene stattfanden. Diese Pressungserscheinungen, welche zeitlich vor der Verfestigung der jüngeren Kiese zur Ausbildung kamen, können aber auch mit dem Prozeß der Verdichtung der Gallerte, das ist der allmählichen Entweichung des Dispersionsmittels zur Zeit der Linsenbildung, zusammenhängen. Da sich dieser Prozeß, auf welchen wir weiter unten noch zurückkommen werden, bei einer Temperatur abgespielt haben muß, welche jener nahestand, bei der die Ausscheidung des Pyrits erfolgte, war vermutlich die Widerstandsfähigkeit des Minerals gegen den Druck damals nicht dieselbe wie später.

Andererseits wird aber auch zu berücksichtigen sein, daß die Zeiträume, welche hier in Betracht kommen, verhältnismäßig große sind, und daß während dieser Zeiträume neben der Schwerkraft noch andere Kräfte tätig gewesen sein können.

Am naheliegendsten ist es wohl, an intrusive Vorgänge zu denken, und die eigentümlichen Verfaltungen sowie die Apophysen der Kieslager lassen sich auf Verschiebungen zurückführen, die während der Verfestigung

stattfanden und welche auch bei Herausbildung der Pressungserscheinungen des Pyrits mitbeteiligt sein können.

Faltungen kommen bei vielen Kieslagern vor, und ihre Bildung wird durch die schönen Versuche Reyers¹²³⁾ verständlich.

Eine Mechanik der plastischen Stoffe steht noch aus. Einfache Gesetzmäßigkeiten können nach O. Lehmann¹²⁴⁾ nur bei Substanzen auftreten, die lediglich aus einer Art von Molekülen bestehen. Auf amorphe oder gallertartige Körper lassen sich daher auch die Gleichungen Maxwells nicht anwenden, und die mit Hilfe dieser Gleichungen berechneten Werte stimmen bei solchen Körpern wenig mit der Erfahrung. Bei der Verfolgung von Faltungsvorgängen in plastischen Stoffen ist man deshalb auf das Experiment angewiesen, zu dessen Durchführung Reyer eine einwandfreie Methode geschaffen hat.

Durch Bewegungen, die während der Verfestigung stattfanden, sind wahrscheinlich das gangartige Vorkommen bei dem Kieslager der Knappenstube und die kiesführenden Gangtrümmer am Laitenkofel gebildet worden.

Für solche Bewegungen und für die oben angenommene Verschiebung der Restlaugen spricht denn auch eine Apophyse des Knappenstübener Kieslagers. Dieselbe durchsetzt, sich rasch verschmälernd, fein geschichteten Hornblendeschiefer und führt anfänglich stark gepreßten Pyrit, dann Pyrit und Kupferkies und schließlich nur mehr Kupferkies. Wo Kupferkies neben Pyrit erscheint, erfüllt der gepreßte Pyrit den zentralen Teil des Spaltenraumes, wogegen auf den Spaltenwänden sich Kupferkies, u. zw. mit allen Eigentümlichkeiten eines Gangminerals, als dünne, im Querbruche stengelige Haut abgelagerte.

In Übereinstimmung mit unseren Betrachtungen lehrt diese Apophyse, daß die Bildung der Hornblende zur Zeit der Ablagerung des Kupferkieses schon beendet war, die Gallerte aber doch noch eine solche Beweglichkeit besaß, daß sie in den breiteren Teil des Spaltenraumes hineingepreßt werden konnte.

Die Diffusionsgeschwindigkeit molekular- und iondispenser Systeme in Gallerten ist beträchtlich abhängig von der Konzentration der letzteren¹²⁵⁾ und kann bei sehr konzentrierten Systemen auf einen Bruchteil der freien Bewegungsgröße sinken. Diese Hemmung

¹²³⁾ Geologische und geographische Experimente, 1. Heft. Leipzig 1892. — Geologische Prinzipienfragen. Leipzig 1907. S. 114.

¹²⁴⁾ Z. d. Vereines deutscher Ingenieure, 52. Bd., 1908, S. 389.

¹²⁵⁾ Ostwald: a. a. O., S. 205.

¹²¹⁾ Mitteilungen des naturwissenschaftl. Vereines für Steiermark 1894, S. 52.

¹²²⁾ Jahrb. des naturhistorischen Landes-Museums von Kärnten, 1899, S. 149.

ist außerdem für verschiedene Salze verschieden und wird überdies auch noch durch andere Umstände: das Alter und die thermische Vorgeschichte einschließlich Erstarrungsgeschwindigkeit, durch Stoffe, die in der Gallerte enthalten sind, und dgl. variiert.

Das Auftreten des Magnetits in manchen Kieslagern läßt sich mit solchen Unterschieden in den Diffusionsvorgängen in Zusammenhang bringen.

Die Sulfide und Sulfosalze von Metallen können nach Doelter¹²⁶⁾ durch Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf die Chloride, Oxyde und Carbonate derselben dargestellt werden. Wirkt Schwefelwasserstoff „bei nicht sehr hoher Temperatur“ auf Eisenoxyd, so bildet sich Pyrit und unter gleichen Umständen aus Kupferoxydul und Eisenoxyd: Kupferkies. Doelter¹²⁷⁾ hält daher auch in manchen Fällen eine Umsetzung von Magnetit in Magnetkies und Eisenglanz in Sulfide als wahrscheinlich.

H. O. Lang¹²⁸⁾ hat in einer Arbeit über erratische Gesteine aus dem Herzogtum Bremen ein dunkelgrünes, aphanitisches Gestein beschrieben, das aus einer stengeligen, grünen Hornblende, Feldspat, Epidot, opakem Erz und einer chloritischen Substanz besteht. Die in reichlicher Menge eingestreuten opaken Erzkörner, welche sich als Magnetkies erwiesen, „besitzen gewöhnlich ganz regellose Formen, einzelne sind wie lamellar zerklüftet, die Mehrzahl von ihnen zeigt im auffallenden Licht den hellen Glanz der Kiese, um viele herum findet man dünne, dem Leukoxen ähnliche, jedoch trübere und graue Kränze“. In den Gesteinen Kallwangs habe ich nichts derartiges beobachtet, wohl aber in einem sericitischen Schiefer im Liegenden des Kieslagers der Knappenstube, welcher sich durch einen großen Reichtum an Rutil auszeichnet, der besenförmige Anhäufungen und sagenitartige Verwachsungen bildet. Einzelne unregelmäßige Aggregationen des Pyrrhotins sind hier von einer trüben Masse umgeben, welche im auffallenden Licht zum Teil eine schmutzigweiße, zum Teil eine rötlichgelbe, an Rutil erinnernde Farbe besitzt.

Da nun Titanmineralien und insbesondere auch Titanit in manchen Kieslagern eine nicht unwichtige Rolle spielen, liegt die Annahme nahe, daß die Eisenerze eines Diabasgesteines oder, richtiger gesagt, eines

Diabas-Magmas das Material zur Bildung der Kiese geliefert haben.

Da aber andererseits, wie die oben angeführten Beispiele lehren, Magnetit als ältere Bildung auf Kieslagern vorkommt, ist es wahrscheinlich, daß zu einer gewissen Zeit, u. zw. etwas früher als Hornblende, nur Magnetit zur Ausscheidung kam. Derselbe blieb dann später, das ist zur Zeit der Ausscheidung der Sulfide, erhalten, wenn die ihn umgebende Gallerte gewisse Diffusionsvorgänge nicht mehr zuließ, wogegen er sonst in ein Sulfid umgesetzt wurde. Die von Großfragant mitgeteilten Erscheinungen sprechen für diese Annahme. Einzelne Stücke dieses Vorkommens erinnern denn auch an die oben wiedergegebenen Beobachtungen Breithaupts: Der sehr verwachsen begrenzte kiesführende Quarz füllt „Interstitien“ im Magnetit führenden aus.

Werden Reaktionen in Gallerten in der Weise ausgeführt, daß man die eine Reaktionskomponente in der Gallerte gleichmäßig auflöst, die andere aber in das Emulsoid hineindiffundieren läßt, so entstehen miteinander abwechselnde, von Niederschlägen erfüllte und niederschlagsfreie Zonen. Liesegang¹²⁹⁾, der diese nach ihm benannten Schichtungen zuerst darstellte, hat auch beobachtet, daß Krystalle von Kaliumbichromat, welche in Gallerten durch langsames Trocknen erhalten wurden, sich gleichfalls in parallelen Linien anordnen.

Der Aufbau mancher Hornblendeschiefer aus parallelen, an Amphibol reichen und armen Lagen sowie die oft höchst auffällige Anordnung von Pyritkrystallen in geraden Linien und in ungefähr gleichen Abständen voneinander können mit derartigen Vorgängen im Zusammenhange stehen.

„Nach Untersuchungen von Riecke“ führt Weinschenk¹³⁰⁾ aus, „wirkt orientierter Druck auf die in einer gesättigten Lösung vorhandenen oder sich bildenden Krystalle in der Weise ein, daß die Wachstumsgeschwindigkeit in der Richtung senkrecht zum Druck zunimmt, während sie sich in der Richtung des Druckes selbst vermindert, oder gar Auflösung eintritt. Anderntheils wirkt der Druck auf tafelige oder nadelige Krystalle, welche sich in einer plastischen Masse ausscheiden, orientierend ein, so daß sie sich mit ihrer Haupttrichtung senkrecht zu jenem stellen. Die Folge dieser Erscheinung ist, daß in kontakt-

¹²⁶⁾ Allgemeine chemische Mineralogie. Leipzig 1890. S. 124.

¹²⁷⁾ a. a. O., S. 228.

¹²⁸⁾ Abhandlungen. Herausgegeben vom naturwissenschaftl. Vereine zu Bremen, 6. Bd., 1880, S. 222.

¹²⁹⁾ Ostwald: a. a. O., S. 208. — Müller: Allgemeine Chemie der Kolloide. Leipzig 1907. S. 95.

¹³⁰⁾ Grundzüge der Gesteinskunde II. Freiburg i. B. 1905. S. 9.

metamorphen Gesteinen sich sehr häufig Schieferstruktur findet, die um so deutlicher ausgeprägt ist, je bedeutender der Druck war, unter welchem sich die Umwandlung vollzog.“

Dasselbe Endresultat müßte in einer Gallerte aber auch dann eintreten, wenn diese bei mäßig hohem Druck sehr langsam verdichtet wird.

Die von Kallwang beschriebenen parallelen Querbrüche, welche ein Tremolitbündel durchsetzen und außerhalb des Bündels in dem benachbarten Quarz als Reihen von Fluidaleinschlüssen fortziehen, deren Deutlichkeit mit wachsender Entfernung von dem Tremolitbündel immer mehr abnimmt, ist mit der Annahme, daß der Tremolit in einer Gallerte ausgeschieden wurde, recht gut vereinbar, und die Bildung der Tremolitbündel selbst erklärt sich nach Pfaundler durch Rekrystallisation bzw. die oben erwähnten von Cornu und Müller-Erzbach beobachteten Erscheinungen.

War die Konzentration der Gallerte nicht durchaus gleich groß, so erfolgte auch die Verdichtung derselben nicht vollkommen gleichmäßig, und mußten daher Krystallnadeln, welche sich in der Gallerte ausgeschieden hatten, zerbrochen werden. Man kann annehmen, daß die hiermit zusammenhängenden kleinen Verschiebungen in die Gallerte fortgepflanzt wurden und hier eine lokale Ansammlung des Dispersionsmittels und weiterhin die Ausscheidung der Fluidaleinschlüsse bewirkten. Waren die Verschiebungen stärker, so ist die entstandene Fraktur mit dem jüngsten Mineral: Calcit und zum Teil mit Kieselsäure erfüllt worden. Durch ähnliche mechanische Vorgänge wurden dann wahrscheinlich auch die Umlagerung eines Pyritdurchschnittes von zerbrochenen Hornblendestengeln in Kallwang, die zerdrückten Albit- und Ankerit-Durchschnitte von Knappenwald, die bereits oben besprochenen Pressungserscheinungen des Pyrits u. dgl. hervorgerufen.

Lösungen gewisser Kolloide haben die Fähigkeit, zu Hydrosolen anorganischer Stoffe zugesetzt, die Ausfällung der letzteren durch Elektrolyte wesentlich zurückzuhalten, eine Wirkung, die Zsigmondy¹³¹⁾ als Schutzwirkung bezeichnete.

Ein besonders wirksames Schutzkolloid ist der Leim, von dem schon minimale Mengen imstande sind, die Veränderung eines Goldhydrozols durch Kochsalzlösung zu verhindern.

Organische Kolloide vermögen jedoch nicht allein Goldhydrosole vor Ausflockung

zu schützen, sondern ähnliche Schutzwirkung auch auf andere anorganische Sole zu äußern.

Die höchst eigentümliche Erscheinung, daß oft recht engbegrenzte kohlenstoffhaltige und wenig veränderte Gesteinspartien in und neben krystallinisch gewordenen auftreten, ist vielleicht als das Resultat derartiger Schutzwirkungen zu betrachten.

Nach Rosenbusch¹³²⁾ bleibt bei sehr kohlenreichen Tonschiefern der klastische Charakter länger erhalten; „sie entwickeln sich offenbar weit schwieriger krystallin als kohlenärmere; daher behalten die Alaunschiefer und selbst die Graphitoidgneise noch deutliche Spuren ihres klastischen Ursprungs“.

Da nun Gallerten und gallertartige Gebilde nur schwierig die Diffusion anderer Kolloide gestatten, wäre es möglich, daß Schutzkolloide lokal lange Zeit wirken und den Übergang der kolloiden Phase in die krystalloide verzögern konnten.

Es lassen sich hierher zwei Petrefaktenfunde stellen, welche ich im Gebiete der Erzlagerstätten von Deutsch-Feistritz in Steiermark machte, und ein eigentümliches Auftreten von Pyrit bei dem Kieslager der Knappenstube.

In einem Schurfstollen¹³³⁾, den man in der obersten Lage jener Phyllite eintrieb, welchen die genannten Erzlagerstätten angehören, verquerte man eine geringmächtige Lage dichten dunklen, etwas Eisenkies führenden, von sericitischem Schiefer durchwachsenen Kalkes, welcher gut erhaltene Stielglieder von Crinoiden beherbergt, deren zentraler Nahrungskanal deutlich sichtbar ist. Crinoiden-Stielglieder von derselben Frische fanden sich dann auch in einem zweiten, viel tieferen Horizont, u. zw. in einem Liegend-schlage am ersten Laufe des Bergbaues Deutsch-Feistritz¹³⁴⁾ selbst, in einer dunklen schieferigen Kalkbank.

Dieser Fund ist namentlich deshalb bemerkenswert, weil derselbe dem Liegenden der tiefsten Elisabeth-Lagerstätte entstammt, die petrefaktenführende Kalkbank daher von so hoch veränderten Gesteinen überdeckt wird, daß Vacek¹³⁵⁾ alle diese Glieder bereits dem Quarzphyllit des krystallinischen Grundgebirges zurechnet.

Ebenso unvermittelt wie diese dunklen

¹³³⁾ Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereines für Steiermark, 1889, S. XCV.

¹³⁴⁾ Vgl. Jahrbuch des naturhistorischen Landes-Museums von Kärnten, 1893, S. 184.

¹³⁵⁾ Verhandlungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt, 1907, S. 172.

¹³¹⁾ Müller: Allgemeine Chemie der Kolloide. Leipzig 1907, S. 7.

¹³²⁾ Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart 1898. S. 424.

petrefaktenführenden Kalke kommt bei dem Kieslager der Knappenstube eine eigentümliche Ausbildungsweise des Pyrits vor.

Soweit die in der letzten Betriebsperiode erfolgten Aufschlüsse dies beurteilen lassen, stellt sich verbunden mit dem Graphitschiefer im Liegenden des Kieslagers ab und zu ein grauschwarzer, kohlenstoffreicher Schiefer ein, der gewissen paläozoischen Tonschiefern gleicht und sich schon makroskopisch durch seine kryptomere Beschaffenheit in höchst auffälliger Weise von dem Granat-Glimmerschiefer unterscheidet, welcher den Graphitschiefer unterlagert.

Der Schiefer ist zum Teil reich an Pyrit und beherbergt dann kugelige Pyritkörner, deren Durchmesser bis auf 4 mm ansteigt. Unter dem Mikroskope läßt sich eine aus kleinen pelluciden Körnchen und chloritischer Substanz bestehende Grundmasse erkennen, die reichlich Kohlenstoff führt, und welche Pyrit in sehr sparsamen kleinen Würfelchen und häufigen größeren kugelförmigen Bröckchen enthält. In dieser Masse liegen die kugeligen Pyritkörner, welche ab und zu von unregelmäßigen Rissen durchsetzt werden, und in denen sporadisch auch kleine, eckige dem Anscheine nach durch Vermittlung solcher Risse infiltrierte Blendekörner interponiert sind.

Die eigentümliche Form dieser Pyritkörner spricht für die Ausscheidung des Sulfids als Gel. Es entstanden hierbei Tropfen, welche sich infolge ihrer Oberflächenspannung vereinigten. Mit steigender Unterkühlung wurde dann später zwar die Tendenz zu krystallisieren sehr groß, da aber die Krystallisationsgeschwindigkeit mit sinkender Temperatur noch rascher abnahm¹³⁶⁾, trat erst nach sehr langer Zeit eine Krystallisation ein, welche jedoch die äußere Umgrenzung dieser Gebilde nicht mehr zu ändern vermochte.

Die Frage nach der Bildung natürlicher kolloidaler Kieselsäurelösungen und von Kieselsäure-Gallerten soll an einem anderen Orte berührt werden. Hier mag es genügen, darauf hinzuweisen, daß in manchen Fällen wahrscheinlich präexistierende Einlagerungen löslicher Gesteine zwischen losen Agglomeraten zur Entstehung von Gallert-Schichten Anlaß gaben.

Es dürfte dies insbesondere für zahlreiche Erzlagerstätten im Facieswechsel gelten, einem Typus von Erzvorkommen, über welchen ich¹³⁷⁾ bereits wiederholt berichtet habe, und

¹³⁶⁾ Vgl. Pfaundler: Müller-Pouillet's Lehrbuch der Physik, 3. Band. Braunschweig 1907. S. 479.

¹³⁷⁾ Jahrbuch des naturhistorischen Landes-Museums von Kärnten, 1893, S. 174. Carinthia II, 1901, Nr. 6 und 1904, Nr. 6.

den Stelzner-Bergeat¹³⁸⁾ mit Recht als noch ganz unsicher betrachten.

Ergebnisse.

Mit der Annahme, daß die Kieslager und die dieselben begleitenden Schiefergesteine durch Vermittlung heißer Kieselsäure-Gallerten gebildet wurden, läßt sich die weitere Annahme verbinden, daß der fortschreitenden Abkühlung entsprechend, die Ausscheidung der Mineralien stattfand.

Da nun eine Lösung als „eine außerordentlich feine Verteilung des festen Körpers in einer Flüssigkeit“ betrachtet werden kann, sind zur Bewirkung einer Lösung zwei Arbeitsgrößen nötig, eine: A, welche die Kohäsion der festen Teilchen aufhebt und eine zweite: B, welche die Verteilung dieser Teilchen vermittelt.

Da B auch jene Arbeit umfaßt, welche die Dissoziation erfordert, kann vermutet werden, daß die Ausscheidung der Mineralien in einer Gallerte durch die Größe A bestimmt wird, für welche sich unter Benützung des Kickschen Gesetzes der Ausdruck:

$$A = h \cdot \frac{M}{nd}$$

ergibt. In demselben bedeuten:

h die Härte,

M das Molekulargewicht,

n die Anzahl der Atome im Molekül und

d die Dichte.

Werden, um einen Vergleich der Schwefel mit den Sauerstoffverbindungen zu ermöglichen, bei der Bestimmung von n je 2 Sauerstoffatome als 1 Atom gerechnet, so entsprechen die mit Hilfe dieses Ausdruckes für einzelne Mineralien berechneten Werte ziemlich gut dem beobachteten relativen Alter derselben.

Abweichungen wie z. B. bei Granat können als das Resultat von Unterkühlung gedeutet werden.

Die Annahme über die Bildung der Kieslager und gewisser Gesteine aus Gallerten ermöglicht es, auch manche andere Erscheinungen zu deuten: den Aufbau der Kieslager aus linsenförmigen Körpern, die Schichtenbiegungen nächst den Linsen, die Ansammlung jüngerer Sulfide in den Ausspitzungen der Linsen, das Auftreten von grobkörnigem Kies am Liegenden und von Bleiglanz und Zinkblende am Hangenden, die Ätzfiguren auf Pyrit, das Vorkommen von Magnetit auf manchen Kieslagern, ferner gewisse Pressungserscheinungen und das Auftreten wenig veränderter kohlenstoffhaltiger Gesteinspartien in und neben krystallinisch gewordenen.

¹³⁸⁾ a. a. O., S. 320.