

## Besprechungen.

C. R. van Hise: A treatise on Metamorphism. (U. S. A. geol. Survey. 47. 1—1243. 13 Taf. 32 Textfig. 1904.)

Wie vor einiger Zeit von amerikanischen Autoren ein petrographisches System ausgebaut worden ist, das die gesamte Eruptivgesteinswelt nach einem einheitlichen Prinzip zu ordnen bestimmt ist, so wird in diesem kompendiösen Werk von VAN HISE der Versuch unternommen, die überaus mannigfaltigen Erscheinungen des Metamorphismus nach den einheitlichen Gesichtspunkten der chemischen und physikalischen Gesetze zu betrachten. Manche der Ideen, die hier in größter Vollständigkeit und Ausführlichkeit vorgeführt werden, sind durch frühere Arbeiten des Verf.'s und anderer Autoren schon bekannt, wenn auch z. T. in etwas anderer Form (vergl. z. B. Principles of North America pre-Cambrian geology. 16. Ann. Rep. U. S. geol. Surv. 1896. Ref. im N. Jahrb. f. Min. etc. 1898. II. p. 282).

Der Begriff des Metamorphismus ist hier im denkbar weitesten Sinne gefaßt, nämlich als jede Veränderung, die alle Gesteine durch alle Kräfte, Agenzien und Prozesse erleiden können.

Die bisherigen Anschauungen über den Metamorphismus hatten vor allem den Fehler, daß sie seine Wirkung auf irgend einen chemischen oder physikalischen Vorgang zurückführten, z. B. Dynamometamorphose, Thermometamorphose u. a., obwohl niemals nur ein Agens oder eine Kraft allein dabei tätig ist. Das alleinige natürliche Einteilungsprinzip ist ein geologisches, bei dem alle für den Metamorphismus bedentsamen Faktoren in gleicher Weise in Rechnung gezogen werden können, chemische und mineralische Zusammensetzung, Struktur, klimatische und geographische Bedingungen, Zeit, Umgebung, Tiefenlage in der Lithosphäre u. s. f., vor allem aber auch die überall gleichen Kräfte und Agenzien des Metamorphismus selbst.

Die Kap. II („Die Kräfte des Metamorphismus“) und III („Die Agenzien des Metamorphismus“) können als Einleitung in die physikalisch-chemischen Verhältnisse gelten, die beim Meta-

morphismus von Wichtigkeit sind. Die Kräfte, die oft in kompliziertester Weise miteinander verknüpft sind, sind: chemische Energie, Schwere, Wärme und Licht; die Agenzien sind Gase, Flüssigkeiten, Organismen. In sehr ausführlicher Weise bringt Kap. III in enger Anlehnung an die physikalischen und physikalisch-chemischen Gesetze eine Besprechung der Wirksamkeit und der Wirkungsweise dieser Kräfte und Agenzien, besonders des Hauptagens des Metamorphismus, des Grundwassers, seiner chemischen und physikalischen Wirkungen, die Art und Richtung seiner Bewegung, deren Abhängigkeit von Gesteinsbeschaffenheit, Porosität und anderen Öffnungen usw., Verhältnisse, die zwar vielfach schon bekannt, aber wohl noch nie in solcher Übersichtlichkeit und Vollständigkeit mit Rücksicht auf die hier interessierenden Momente zusammengestellt worden sind.

Ein sehr ausführliches Kapitel (V) behandelt, z. T. tabellarisch, die Mineralien, soweit sie petrographisch von Bedeutung sind, und ihre Umwandlungserscheinungen gleichfalls wieder nach physikalisch-chemischen Gesichtspunkten. Das wichtigste Resultat ist hierbei, daß sich 2 Arten von Umwandlung ergeben, die für 2 Zonen charakteristisch sind; dabei besteht die Gesetzmäßigkeit, daß die Reaktionen in der einen Zone für die andere unkehrbar sind (vergl. weiter unten).

Die allgemeinen Gesichtspunkte dieser beiden Zonen werden in Kap. IV\* behandelt. Wesentlich ist dabei vor allem, daß die gleichen Kräfte und Agenzien in beiden durchaus verschiedene Wirkungen ausüben. Die erste Zone nimmt die äußeren Teile der Lithosphäre ein; sie ist durch solche Reaktionen gekennzeichnet, bei denen viel Wärme frei wird und Volumzunahme stattfindet; es herrscht die Tendenz, komplizierte in einfachere Verbindungen überzuführen. Diese Zone, die im wesentlichen identisch ist mit der „zone of fracture“ desselben Autors, wird hier als Zone des Katamorphismus bezeichnet. Umgekehrt herrschen in der tiefer gelegenen Zone („zone of flowage“) Reaktionen mit schwacher positiver oder negativer Wärmetönung und Verkleinerung des Volumens, also Erhöhung des spezifischen Gewichts. Sie wird genannt: „Zone des Anamorphismus“. Die Zone des Katamorphismus zerfällt wieder in 2 Gürtel (belt), von denen der obere, der Verwitterungsgürtel (belt of weathering), über dem Niveau des Grundwasserspiegels liegt, der untere, unter dem Grundwasserspiegel gelegene als Verkittungsgürtel (belt of cementation) bezeichnet wird. Im Verwitterungsgürtel „degenerieren“ die Gesteine, im Verkittungsgürtel werden sie verhärtet und gefestigt.

(Kap. VI, the belt of weathering.) Wenn auch oberhalb des Grundwassers gelegen, so ist doch die Wasserführung im Verwitterungsgürtel der Hauptfaktor. Von den Niederschlägen treten

je nach den klimatischen Verhältnissen des betreffenden Landstriches 50—100 % in den Untergrund ein, und so können die Gesteine dort alle Grade der Wasserführung, von völliger Trockenheit bis zu völliger Sättigung annehmen. Dies und die hier besonders wichtige Einwirkung von Gasen und Organismen, ferner die überaus große Mannigfaltigkeit der Gesteine, die in dieser Zone dem Metamorphismus unterworfen werden, bedingen eine unendliche Fülle der Erscheinungen. Wasser, Eis, Wind, Temperaturwechsel, lebende und tote Pflanzen und Tiere u. a. m. wirken chemisch und mechanisch fortwährend ein, und zwar meist so, daß eines die Wirkungsweise des andern unterstützt und beschleunigt. Dabei sind die geographischen und klimatischen Verhältnisse der verschiedenen Länderstriche von großer Bedeutung für die Frage, ob chemische oder mechanische Einwirkungen vorherrschen.

Die wichtigsten chemischen Reaktionen in diesem Gürtel sind: Oxydation, Carbonatisierung, Hydratisierung; besonders die Verdrängung von Kieselsäure durch  $\text{CO}_2$  ist ein ungemain bezeichnender Vorgang. Chemisch werden beträchtliche Mengen aller Bestandteile in diesem Gürtel gelöst und fortgeführt, durch Pflanzen, Wasserläufe etc.; vieles geht aber auch in die tieferen Teile der Zone hinab, oder wird an der Oberfläche durch Verdunstung konzentriert. Die teils schwebend, teils gelöst fortgeführten Bestandteile dieses belts sind die Quelle für alle Sedimentgesteine.

Kontaktwirkungen durch eruptive Gesteine beschränken sich auf Härtung, Frittung, Verglasung und auf die Folgen der Sulfataren- und Fumarolentätigkeit.

Die Grenze zu dem unteren Gürtel der Zone ist keine scharfe in Anbetracht der schwankenden Grenze zwischen beiden, des Grundwasserspiegels.

Der Verkittungsgürtel (Kap. VII) umfaßt den Teil der Lithosphäre der unterhalb des Grundwasserspiegels liegt und nach unten bis zur Zone des Anamorphismus geht. Das die Gesteins Hohlräume und -Poren völlig erfüllende Wasser, oder richtiger die wässerigen Lösungen, sind hier der Hauptträger des Metamorphismus, viel weniger wirken naturgemäß Organismen und Gase, stärker dagegen erhöhte Temperatur und Druck, der sich speziell durch Verfestigung, Spannung und Bruch äußert. In chemischer Hinsicht herrschen die gleichen Vorgänge wie im Verwitterungsgürtel. Oxydation, hervorgerufen durch den im Wasser gelösten Sauerstoff an Stellen, wo er unter besonders günstigen Umständen den oberen Gürtel passieren konnte: Carbonatisierung, wobei die  $\text{CO}_2$  z. T. die gleiche Herkunft hat wie der Sauerstoff, z. T. aus der Zersetzung von Carbonaten oder organischen Substanzen in dem Gürtel selbst sich bildet, z. T. aber auch aus der

tiefer gelegenen Zone des Anamorphismus stammt, wo Verdrängung der  $\text{CO}_2$  durch Kieselsäure ein wichtiger Vorgang ist; Hydratisierung, Bildung von Chlorit, Epidot, Zeolithen, Serpentin, Limonit etc. Ganz besondere Bedeutung gewinnt hier aber der Vorgang des AnflöSENS und Wiederabsetzens; dadurch entsteht der eine Hauptvorgang in diesem belt:

Die Verkittung, bestehend in der Ausfüllung aller Gesteinshohlräume durch Mineralsubstanz. Von solchen treten hauptsächlich auf: von Oxyden: Quarz, ganz besonders verbreitet, daneben Chalcedon und Opal; Hämatit, Limonit, Magnetit; Hydrargillit, Diaspor; von Carbonaten: Calcit, Dolomit, Siderit; von Silikaten: Zeolithe, Prehmit; Chlorit, Epidot, Serpentin, Talk; Feldspate, Hornblende, Glimmer; von Sulfiden: Pyrit und Markasit.

Die vom Verwitterungsgürtel herabkommenden Wässer bringen fortwährend große Mengen von gelöstem Material herab, doch gleichzeitig bringen Quellen, die dem Verkittungsgürtel entspringen, mindestens ebensoviel, wahrscheinlich sogar mehr Substanz wieder an die Oberfläche zurück. Daß trotzdem die allgemeine Verkittung stattfindet, wird einerseits erklärt durch das Vorherrschen von Reaktionen, durch die eine wesentliche Volumvergrößerung hervorgerufen wird (bis 25 und mehr Prozent), andererseits können mitwirken das von erstarrenden Intrusivmassen abgegebene, an gelösten Substanzen sehr reiche Wasser, Diffusionsvorgänge u. a. m.

Der 2. Hauptvorgang in diesem Gürtel ist der Metasomatismus. Durch ihn werden Mineralien ganz oder teilweise in andere verwandelt, oder durch andere ersetzt, oder — mit oder ohne chemische Umsätze — umkristallisiert. Porosität und hohe Temperatur begünstigen diesen Vorgang, bei dem sich die gleichen Mineralien neu bilden wie beim Verkittungsprozeß, und bei dem im allgemeinen — wenn kein Druck wirkt — die Struktur erhalten bleibt. Gewisse Fälle von Serpentinisierung, Silifizierung etc. gehören hierher.

Der Einfluß feurigflüssiger Gesteinsmassen in diesem Gürtel wird unter dem Begriff der Injektion zusammengefaßt. Es gehören hierher die Bildung von Gängen, Intrusivlagern etc.

Von diesen 3 Hauptvorgängen treten sehr oft 2 oder mehr gemeinsam auf, indem sie sich in ihrer Wirkung gegenseitig fördern. Die chemische Durchschnittszusammensetzung eines Gesteins kann durch die Vorgänge in diesem Gürtel erheblich verändert werden.

Eines der bedeutungsvollsten Kapitel des Werkes ist das achte, das von der Zone des Anamorphismus handelt. Sie beginnt da, wo infolge des hohen Druckes, der hier alle chemischen und physikalischen Vorgänge in erster Linie beeinflußt, nur noch subkapillare Räume für die Zirkulation des Wassers zu Gebote stehen. Dessen Bewegungsgeschwindigkeit ist daher nur ge-

ring, und die Menge im allgemeinen unter 1 0/0, die hohe Temperatur aber, die z. T. wahrscheinlich über dem kritischen Punkt liegt, verleiht ihm eine besondere chemische Aktivität. Das Wasser rührt z. T. aus den Gesteinen her, die aus der oberen Zone in die des Anamorphismus hinabsinken und es mechanisch umschlossen halten, zum größeren Teil aber aus der hier sehr verbreiteten Dehydration oder aber von Intrusivmassen her. Infolge wechselnder Bedingungen sind die in der Zone herrschenden Vorgänge außerordentlich mannigfach. Von mechanischen Vorgängen sind besonders wichtig:

Verschweißung (welding), wobei durch den Druck die verschiedenen Mineralpartikel so nahe zusammengebracht werden, daß sie innerhalb der gegenseitigen molekularen Kohäsionswirkung stehen;

Spannung innerhalb der Elastizitätsgrenzen;

Spannung über die Elastizitätsgrenze hinaus wirkt hier viel intensiver als im Verkittungsgürtel, und ergreift alle selbst die kleinsten Mineralpartikel, wenn auch verschiedene Mineralien sich verschieden verhalten. Es entsteht so der sehr verbreitete Vorgang der Granulation.

Von chemischen Vorgängen treten besonders die Umkehrungen der Hauptreaktionen in der oberen Zone auf, nämlich: Reduktion.

Silikation besonders durch Vertreibung der Kohlensäure durch Kieselsäure: Calcit wird zu Wollastonit, Siderit zu Grünerit, Rutil + Calcit zu Titanit, Olivin + Calcit zu Aktinolith u. s. f., Vorgänge, die mit 20—40 0/0 Volumabnahme verknüpft sind. Die meiste juvenile Kohlensäure entstammt diesem Prozeß.

Dehydration.

Von größter Bedeutung sind hier schließlich die Vorgänge der Lösung und Wiederabsetzung, aus denen sich ergeben:

Verkittung, wie in dem entsprechenden Gürtel wirksam, wenn auch nicht von der gleichen Bedeutung. Die chemische Zusammensetzung eines Gesteins wird dabei kaum verändert. Dagegen spielt der:

Metasomatismus eine außerordentliche Rolle. Er unterscheidet sich von dem im Verkittungsgürtel auftretenden wesentlich durch den Mangel an Wasser und den umgekehrten Verlauf der Reaktionen, wodurch wasserfreie oder doch wasserarme Mineralien entstehen. Er geht in 2 verschiedenen Arten vor sich:

1. Unter mechanischen Druckverhältnissen; dadurch entsteht der weitverbreitete Vorgang der Rekristallisation. Er spielt sich etwa nach folgendem Prinzip ab: Das gegebene Gestein wird im allgemeinen aus verschiedenen großen

Partikeln bestehen. Die größeren Partikel bieten den Lösungen eine relativ kleine Angriffsfläche dar und werden durch den Druck daher vorwiegend granuliert. Die so entstehenden kleineren Partikel besitzen nun im Verhältnis zu ihrem Volumen eine beträchtliche Angriffsfläche, ebenso wie die ursprünglich vorhandenen kleineren Mineralpartikel; die Folge ist zunächst Lösung. Nun werden aber unter den örtlich und zeitlich wechselnden Druckverhältnissen die gelösten Bestandteile an geeigneten Stellen wieder abgesetzt im wesentlichen senkrecht zu der Druckrichtung. Auch die potentielle Energie, die in den nicht bis zu der Elastizitätsgrenze gespannten Mineralien aufgespeichert ist, löst sich vorzugsweise in Rekristallisation aus. Das Resultat dieses komplexen Vorganges ist daher ein Gestein, das unter Verwischung der primären Strukturverhältnisse bei schieferiger Beschaffenheit aus parallel angeordneten Mineralpartikeln von möglichst gleicher Größe besteht. Die Rekristallisation vermag dabei infolge der außerordentlichen Wirksamkeit des überhitzten Wassers mit der Deformation gleichen Schritt zu halten.

2. Unter statischen Druckverhältnissen. Die Bedingungen des allseitigen hydrostatischen Drucks rufen im Gegensatz zu 1. keine Parallelstruktur hervor, ebensowenig Gleichmäßigkeit in Form, Größe und Anordnung der Mineralpartikel; es herrscht vielmehr die Tendenz, daß sich größere Individuen auf Kosten der kleineren bilden, daß also das Entstehen porphyrischer Strukturen begünstigt wird; Staurolith, Granat, Andalusit, Hornblende, Sprödglimmer etc. sind dazu am vorzüglichsten geeignet.

Die Einwirkung schmelzflüssiger Massen spielt in dieser Zone eine große Rolle. Die mise en place dieser Gesteine wird hauptsächlich durch mechanische Vorgänge erklärt; Schmelzung und Absorption des Nebengesteins kommen zwar auch vor, besitzen aber nicht die Bedeutung, die ihnen von mancher Seite zugeschrieben wird. Außer Injektionsvorgängen sind es insbesondere die exomorphen Kontaktwirkungen, die von weittragender Bedeutung sind. Auch die Kontakthöfe der deutschen Mittelgebirge werden hier angeführt. Anhangsweise bant Verf. hier eine schon früher von ihm mitgeteilte Theorie über die Bildung der Pegmatite aus: unter geeigneten Umständen sind alle Übergänge vorhanden von Wasser, welches Mineralsubstanz gelöst enthält zu Magma, das Wasser enthält, d. h. Wasser und Magma sind in jedem Verhältnis mischbar. Aus solchen Mischungen bilden sich die Pegmatite; diese Annahme erklärt auch den häufigen Fall, daß Pegmatite in reine Quarzgänge übergehen.

Von den Hauptprozessen der Zone kommt kaum je einer für sich allein vor; wie in der oberen Zone regen sie sich auch hier gegenseitig an und fördern sich in ihrer Wirksamkeit. Am

deutlichsten tritt dies bei den Beziehungen zwischen Granulation und Rekristallisation zutage. Ob die eine oder die andere in Erscheinung tritt, hängt ab von der Natur des Gesteins, der Korngröße, der Temperatur — niedrige Temperatur begünstigt Granulation, hohe, durch Tiefenlage oder nahe Intrusivmassen verursachte führt zu Rekristallisation —, Druck und Deformationsgeschwindigkeit, Wassergehalt — wenig Konstitutionswasser begünstigt Granulation, vieles führt zu Rekristallisation —; es werden daher Sedimente und schlackige Eruptivgesteine leicht rekristallisiert, körnige Eruptiva, Granit etc. eher granuliert. Die Kraft, die zur Granulation erforderlich ist, ist bedeutend größer als die, welche Rekristallisation hervorruft; darum, und weil die bei der Granulation vorkommende, wenn auch nur sehr geringe Volumvergrößerung bei der Rekristallisation wegfällt, ist dieser letztere Vorgang der häufigere.

Die Gesamtheit aller dieser Prozesse, wie sie in der Natur die Umwandlung in der Zone des Anamorphismus bedingen, also Spannung, Gleitung, Granulation, Verschweißung, Verkittung und Rekristallisation umfassen den Vorgang, den Verf. schon in früheren Arbeiten als *Rock flowage*, Gesteinsfließen, bezeichnet hat. Er wird also hauptsächlich bedingt durch fortwährendes Lösen und Wiederabsetzen des Gesteins durch das darin enthaltene Wasser. Dieser Vorgang wird stark beeinflusst durch die mechanischen Vorgänge, die z. T. direkt an der *Flowage* mitwirken. Im Anfang, während und am Ende des Prozesses ist das Gestein mit Ausnahme eines minimalen Betrages, des in Lösung befindlichen Teiles, ein fester und kristallisierter Körper, der sich während des ganzen Vorganges in einer fortwährenden Anpassung an seine Umgebung befindet. Die primären Strukturen werden im allgemeinen verwischt, bei der rein mechanischen Granulation jedoch weniger stark als bei der Rekristallisation. Dagegen sind die Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung der betroffenen Gesteine — außer bei Injektionsvorgängen — infolge der geringen Wassermengen und ihrer langsamen Zirkulation nur sehr unbedeutend.

Der Besprechung der verschiedenen Gesteinsarten und ihres Verhaltens in den Zonen des Metamorphismus (Kap. IX) werden einige allgemeine Strukturbezeichnungen vorausgeschickt, die für die durch den Metamorphismus gebildeten Gesteine gelten. Es sind von diesen besonders wichtig die Erläuterungen der Begriffe *slate*, *schist* und *gneiss*, die hier lediglich strukturell, ohne alle genetische Beziehung angewandt werden. Von den Gesteinen selbst werden nur die Sedimente eingehend behandelt, für die Eruptivgesteine ist dies wegen des Mangels einer genügenden Systematik zurzeit noch nicht möglich.

Die Sedimente werden nach folgendem Schema eingeteilt:

Klassen*	Ordnungen	Familien	
Nicht fragmentäre Gesteine	Nitrate	Salpeter	
	Sulphate	Gips und Anhydrit	
	Chloride	Steinsalz	
	Carbonate	Ca Mg-Carbonate	Fe-haltige Carbonate
		Oxyde	
	Kieselsäure		
Fragmentäre Ge- steine	Psephite	Geröll, Kies etc.	
	Psammite	Quarzsand	und ihre meta- morphen Äqui- valente.
		Feldspat-Quarz- sand	
		Fe Mg-haltiger Sand	
Pelite	Tone		

Die Umwandlungen der leicht löslichen Gesteine (Salpeter, Salz, Gips) durch die Agenzien des Metamorphismus beschränkt sich im wesentlichen auf Lösung und Rekristallisation. Beim Kalk sind die Erscheinungen schon mannigfacher; während im Verwitterungsgürtel Lösung und Wiederabsatz herrscht — z. B. Stalaktiten in Kalkhöhlen — bildet sich schon im Verkittungsgürtel durch Rekristallisation Marmor aus, der in der Zone des Anamorphismus vorherrscht, z. T. aber infolge partieller oder völliger Verdrängung der  $\text{CO}_2$  durch Kieselsäure in silikatführenden Marmor oder in Kalksilikatfelse bzw. -hornfelse übergeht. Eisen- und magnesiahaltige Carbonate liefern die interessanten Aktinolith- und Grüneritmarmore in der Zone des Anamorphismus, eigentümliche eisenreiche Schiefer und kieselige Gesteine im Verwitterungsgürtel, die ihrerseits beim Übergang in die Zone des Anamorphismus in „Jaspilit“ übergehen. (Vergl. das Referat im N. Jahrb. f. Min. etc. 1905. 1. p. 75 u. ff.: Eisenerze vom Lake superior.)

Die psephitischen Geröll- und Kiesablagerungen gehen im Verkittungsgürtel durch Zementation mit Quarz, Carbonaten oder Eisenoxyden in Konglomerate über; diese werden in der Zone des Anamorphismus je nach ihren Strukturverhältnissen zu Schieferkonglomeraten oder Gneispsephiten, oder zu Konglomeratschiefern bzw. Psephitgneisen.

Von den Psammiten wird der weit verbreitete Quarzsand durch Zementation zunächst zu Sandstein, bei weiterer Verkittung, die 25—30 % des ursprünglichen Quarzgehalts durch  $\text{SiO}_2$ -Zuführung aus Lösung erfordert, zu Quarzit. Rekristallisation und Granulation machen daraus Schieferquarzit und Quarzitschiefer. In analoger Weise gehen Quarzfeldspatsande in Arkosen und weiter in Arkoseschiefer oder Arkosegneise (gewisse Glimmergneise deutscher Autoren) über. Treten zu dem ursprünglichen Sand-

material noch Eisenmagnesiumsilikate, Glimmer, Hornblende etc. hinzu, so bildet sich durch Zementierung „grit“, weiterhin Grauwacke, durch die Vorgänge in der unteren Zone Schiefer- oder Gneisgranwacken.

Auf die pelitischen Tongesteine wirkt in dem Verkittungsgürtel weniger Zementation, als Konsolidierung durch Verschweißung ein. Außerdem kehren sich hier die für diesen belt bezeichnenden Vorgänge der Hydratisierung und Oxydierung um, d. h. die obere Grenze der Tiefenzone liegt für die tonigen Pelite höher wie für andere Gesteine. Erst in dieser Zone selbst entwickeln sich durch Rekristallisation größere Individuen und zwar vorwiegend Quarz und Glimmer, z. T. auch aus den etwa vorhandenen Feldspäten; unter Umständen fallen sie auch der Granulation anheim. Der Wassergehalt nimmt konstant ab,  $\text{CO}_2$  verschwindet völlig, die Reduktion schreitet weiter fort. So entstehen Pelitschiefer und Pelitgneise.

Hiermit sind die eigentlichen metamorphen Vorgänge erledigt. Es sind aber noch eine Anzahl von Momenten und Tatsachen vorhanden, deren Besprechung im Anschluß an die vorhergehenden Kapitel natürlich erscheint. Das sind zunächst die Beziehungen von Metamorphismus und Stratigraphie, die im Kap. X näher erörtert werden. Speziell handelt es sich dabei um die Gründe für die leichte Verwechselbarkeit metamorpher Eruptiv- und Sedimentgesteine und die Methoden ihrer Unterscheidung. Auch hier ergeben sich mancherlei interessante Seitenblicke auf andere Gebiete der allgemeinen Geologie, z. B. den Zusammenhang der Zonengliederung der Lithosphäre mit der Gebirgsbildung, Betrachtungen, die sich z. T. allerdings etwas weit auf das spekulative Gebiet wagen.

Von großem Interesse sind ferner die Betrachtungen die im Kap. XI angestellt werden, und die von der quantitativen Verteilung der chemischen Elemente aus dem ursprünglichen, eruptiven Gesteinsmaterial in den daraus abgeleiteten Sedimenten durch die Wirksamkeit der metamorphosierenden Vorgänge handeln. Dies wird auf dem Wege erreicht, daß die Gesamtmenge der Sedimente und die relativen Mengen der wichtigsten von ihnen, ferner die Mächtigkeit der verschiedenen Zonen und Gürtel ermittelt, und in geeigneter Weise mit den Resultaten der chemischen Analyse, insbesondere der Durchschnittsberechnungen für Litho-, Hydro- und Atmosphäre und für die Hauptgesteinsgruppen verrechnet werden, so daß sich auf diesem Wege die Zu- und Abnahme an bestimmten Elementen für die Hauptgesteinsarten ergeben. Manche der Grundlagen für diese Berechnungen erscheinen wohl etwas unsicher, doch betont Verf. selbst, daß er weniger die definitive Lösung der Probleme als vielmehr die Grundzüge zu derselben geben wolle.

Aus der Fülle interessanter Einzelheiten seien einige Beispiele herausgegriffen, um die Absichten des Verf. zu zeigen. So wird beim

Kapitel über den Sauerstoff berechnet, daß, um das ursprünglich in der Lithosphäre vorhanden gewesene  $\text{FeO}$  zu  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  zu oxydieren, in welchem Zustande es in den Sedimenten zum größten Teil vorliegt, 435 000 000 000 000 Kubiktonnen, d. h. 35 % des heute in der Atmosphäre vorhandenen Sauerstoffes erforderlich gewesen sind; für die Oxydation von Sulfiden zu den heute vorhandenen Sulphaten sind 199,91 % des heutigen Luftsauerstoffes nötig gewesen.

Der Gehalt der Lithosphäre an  $\text{CO}_2$  beträgt 0,81 %; in den Kalken ist sie zu 38,58 % konzentriert. Der Gesamtgehalt der sedimentären Gesteine an  $\text{CO}_2$  ist 12 900mal größer als der der heutigen Atmosphäre, 1970mal größer als der der Atmosphäre und Hydrosphäre zusammen. Ebenso gewaltig ist der Betrag des in der Lithosphäre lokal als Kohle, Graphit etc. konzentrierten Kohlenstoffes, der im ursprünglichen Zustand ebenso wie die andern Elemente in gleichmäßiger Verteilung zu denken ist.

Das Schlußkapitel handelt von dem Zusammenhang des Metamorphismus mit den Erzlagerstätten. Eine kurze und klare Rekapitulation der gesamten Anschauungen des Verf. über den Metamorphismus, die dem Kapitel vorausgeschickt ist, macht es eigentlich zu einer selbständigen in sich geschlossenen Abhandlung.

Die Erzlagerstätten werden wie folgt eingeteilt:

- I. Sedimentäre Erze.
- II. Eruptive Erze.
- III. Metamorphe Erze.

Bei den Sedimenterzen werden unterschieden: Präzipitationserze (Sumpferze, gewisse Manganvorkommen) und mechanisch konzentrierte Erze (Gold-, Platin-, Zinnstein u. a. Seifen).

Von eruptiven Erzen erkennt Verf. als sicher nur die titanreichen Eisenerzausscheidungen aus gabbroiden Gesteinen an.

Die metamorphen, d. h. die durch die Vorgänge des Metamorphismus im van Hise'schen Sinne abgesetzten Erze zerfallen in 2 Hauptgruppen:

1. Erze aus gasförmigen Lösungen abgesetzt, sie bilden sich in der Zone des Anamorphismus bei Temperaturen die über dem kritischen Punkt des Wassers liegen. Hierher gehören Topas-Zinnsteingänge, Turmalin- oder Biotit-, Gold-, Kupfergänge. Das Auftreten schwerer, wasserfreier Silikate ist bezeichnend.

2. Erze aus wässerigen Lösungen bilden den weitaus größten Teil aller Erzlagerstätten überhaupt. Die Vorgänge des Absatzes entsprechen im allgemeinen denen des Verkittungsgürtels, ebenso die Begleitminerale, wie Kaolin, Sericit, Zeolithe, Carbonate, Quarz etc.

Die Herkunft der wässerigen Lösungen wird in allererster Linie im meteorischen Wasser gesucht, während die aus der Ana-

morphismuszone emporsteigenden Lösungen nur von untergeordneter Bedeutung sein sollen. Demgemäß stammen auch die gelösten Metalle aus der Zone des Katamorphismus, worauf schon die Abhängigkeit der Gangminerale von der Natur des jeweils umgebenden Gesteins hinweist.

Diese Metalllösungen bewegen sich nun mehr oder weniger rasch abwärts, zugleich auch seitwärts, dies aber um so weniger, je tiefer die betreffenden Stellen liegen. Dafür ist an solchen Stellen der Betrag an gelöstem Material um so höher. Diese Bewegung führt den Gangspalten die Lösungen zu; im gewissen Sinne handelt es sich hierbei also um eine Lateralsekretion, wenn auch in viel weiterem Sinne als bei SANDBERGER. In den Spalten herrscht nach den allgemein abgeleiteten Verhältnissen der Grundwasserzirkulation eine Bewegung nach aufwärts und aus diesen aufwärts strömenden Lösungen scheiden sich die Erze aus. Das kann auf verschiedene Weise geschehen: durch Abnahme des Druckes und der Temperatur beim Aufsteigen; oder durch Mischung verschiedener Lösungen, die zur Bildung unlöslicher Verbindungen führt; oder durch Reaktionen zwischen Lösung und Nebengestein bezw. früher abgesetztem Erz.

Auf diese Weise werden abgesetzt:

Gold, Silber, Kupfer, Sulfide, Telluride, Eisenglanz, Magnetit, auch Mangan- und Zinkerze; von Begleitmineralien: Kalkspat, Dolomit, Eisen- und Manganspat, Strontianit, Witherit, Muscovit, Biotit, Chlorit, Pyroxen, Amphibol, Granat u. a.

Sehr wichtig sind nun die Wirkungen, welche von absteigenden Lösungen innerhalb der durch aufsteigende Lösungen abgesetzten Erzlagerstätten hervorgebracht werden, wenn Teile einer solchen über den Grundwasserspiegel geraten. In einer solchen Lagerstätte sind 3 Zonen zu unterscheiden:

Eine obere mit vielen Oxyden, Carbonaten und wasserhaltigen Silikaten neben gediegen Gold, Silber, Kupfer, sekundär angeereicherten Sulfiden und Telluriden u. a.; hervorgebracht sind solche Veränderungen durch die Reagenzien und Kräfte des Verwitterungsgürtels; eine mittlere Zone in der Umgebung des Grundwasserhorizonts und schließlich zu unterst die normale Lagerstätte.

Die ungeheure Mannigfaltigkeit dieser sekundären Umwandlungserscheinungen werden an verschiedenen Beispielen näher erläutert. Allgemein wird durch sie eine erhebliche Anreicherung der Lagerstätte über dem Grundwasser erzielt.

Für Erze, die lediglich absteigenden Lösungen ihre Existenz verdanken, ist wesentlich die Existenz einer undurchlässigen Unterlage für die Lagerstätte. Eisen- und Manganerze, z. T. durch Verdrängung von Kalken erzeugt, gehören hierher. Wechsel in der Porosität der Gesteine, präexistierende Öffnungen, der Charakter der Topographie, geologische und physikalische Umwälzungen u. a. m.

beeinflussen die Absatzverhältnisse solcher Lagerstätten in verschiedenster Weise. Die geologische Geschichte einer Lagerstätte ist also oft ein auf viele Bildungsperioden verteilter Vorgang von meist äußerst komplexer Natur.

Nur in großen Zügen konnte hier auf die Anschauungen des Verf. eingegangen werden, von der Fülle von verarbeitetem Material und den vielen einzelnen interessanten Schluffolgerungen läßt sich im Rahmen des Referats kaum eine Vorstellung geben. Man kann vielleicht die gar zu breite Darstellung und die fast ausschließliche Anwendung amerikanischer Vorkommen als Beweismittel für die Anschauungen des Verf. bedauern. Wie man sich auch zu der Anordnung des Stoffes stellen mag — und die Kritik wird an manchen Punkten einsetzen können —, so wird man doch dem Autor nicht bestreiten können, daß er seine Anschauungen mit großer Konsequenz und gründlicher Beherrschung der vielseitigen Materie darzustellen gewußt hat.

O. H. Erdmannsdorffer.

---

**Max Dittrich:** Chemisches Praktikum für Studierende der Naturwissenschaften. Qualitative Analyse. Heidelberg. Carl Winter's Universitätsbuchhandlung. 1906. 216 p. Mit 11 Textfig.

Der als Mineralchemiker wohlbekannte Verf. wendet sich mit seinem Leitfaden der qualitativen Analyse, der in seinem Laboratorium schon seit 2 Jahren in hektographierter Form in Gebrauch ist, in erster Linie an die zukünftigen Lehrer, sowie an die Physiker, Mineralogen, Geologen, Botaniker etc. Aber auch für Chemiker von Fach mit weitergehenden Bedürfnissen soll das Buch zur Einführung in die Laboratoriumsarbeit dienen, sowie für Mediziner, die nur kurze Zeit auf solche Arbeiten verwenden können, und denen daher das für sie Entbehrliche durch besondere Zeichen kenntlich gemacht ist. Für schwierigere Fälle wird auf größere Werke verwiesen. Die Spektralanalyse und die BUNSEN'schen Flammenreaktionen sind nicht resp. beinahe nicht berücksichtigt. Von der mikroskopischen Analyse ist gar nicht die Rede, obwohl sie manche recht brauchbare Methoden bietet. In dem „Praktikum“ ist der Versuch gemacht, außer der älteren Formelschreibung auch die neueren, auf physikalisch-chemischem Wege gewonnenen Anschauungen und Schreibweisen wenigstens in ihren Grundzügen zum Ausdruck zu bringen. Da Verf. als Analytiker über eine besonders reiche Erfahrung verfügt, so wird sein Werk gewiß in den Kreisen, für die es bestimmt ist, den verdienten Anklang finden.

Max Bauer.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie](#)

Jahr/Year: 1906

Band/Volume: [1906](#)

Autor(en)/Author(s): Erdmannsdörffer O. H., Bauer Max Hermann

Artikel/Article: [Besprechungen. 605-616](#)