

III. Untersuchungen über die Einwirkung des kohlen-säurehaltigen Wassers auf einige Mineralien und Gesteine.

Von Richard Müller.

Es ist jetzt allgemein angenommen, dass das kohlen-säurehaltige Wasser in der Natur den grossartigsten Antheil an der Zersetzung der Felsarten und Mineralien nimmt. Man hat dies nicht nur durch zahlreiche Analysen von Quellwassern nachzuweisen vermocht, sondern das durch den Gebrauch des Mikroskops erweiterte Studium der Pseudomorphosen und die mannichfachsten Untersuchungen in chemischen Laboratorien haben auch bereits die wichtigsten Gesetze ermittelt, nach welchen die Gesteine und Mineralien Veränderungen durch das kohlen-säurehaltige Wasser unterworfen sind. Um sich aber von der Bedeutung und dem Umfange eines solchen Umwandlungsprocesses, von dem man weiss, dass er in der Natur ununterbrochen vor sich geht, vollständig Rechenschaft zu geben, ist es nicht allein genügend zu wissen, welche Substanzen hierbei Veränderungen erleiden, und welche neue Bildungen entstehen, es ist auch unbedingt nöthig, die absolute und relative Quantität derselben genau zu kennen. Sonderbarerweise hat man der Frage nach der Quantität der durch das kohlen-säurehaltige Wasser löslichen Substanzen bisher wenig Beachtung geschenkt. Man hat wohl gefunden, dass z. B. Orthoklas, Oligoklas, Labrador, Hornblende, Augit und Olivin die in ihrer Zersetzung einflussreichsten Mineralien sind, hat aber nicht dabei gefragt, wieviel die genannten Mineralien unter bestimmten Bedingungen bei der Einwirkung von kohlen-säurehaltigem Wasser abgeben, oder in welchem Verhältniss die in Lösung gegangenen einzelnen chemischen Bestandtheile untereinander stehen. Um aber einigermassen sichere Vergleiche zwischen den einzelnen Substanzen ziehen und überhaupt erst das Detail jener Vorgänge erfassen zu können, erscheint es unerlässlich, den letzteren Fragen näher zu treten.

Aus diesem Grunde wurden die unten folgenden Versuche über die Einwirkung des kohlen-säurehaltigen Wassers auf einige Mineralien

angestellt, welche zu den wesentlichen Gemengtheilen der Gesteine gehören.

Bevor dieselben näher ins Auge gefasst werden, sei es gestattet, die hierauf bezüglichen Arbeiten und deren Resultate, soweit sie der Oeffentlichkeit übergeben sind, kurz anzuführen.

Schon in den vierziger Jahren haben mehrere Chemiker bereits darauf aufmerksam gemacht, dass ein kieselsaures Alkali durch kohlen-säurehaltiges Wasser zersetzt wird. Es wird dies bestätigt von Doveri¹⁾. Auch Liebig²⁾ sagt, dass die löslichen Silicate durch Kohlensäure vollkommen zersetzt würden.

Ausführlichere Untersuchungen über die Löslichkeit der Mineralien und Gesteine durch kohlen-säurehaltiges Wasser hat alsdann Struve³⁾ angestellt. Er liess mit Kohlensäure gesättigtes Wasser unter gleichzeitigem Druck auf Pulver von Basalt, Phonolit, Gneiss, Granit, Thonschiefer und Porphyry bei gewöhnlicher Temperatur einwirken und fand, dass vor allem Kalk, Natron und Kali, alsdann kleine Mengen Kieselerde, Kochsalz und ein geringes Quantum Chlorcalcium (bei Gneiss, Granit und Thonschiefer) in Lösung gegangen waren.

In ähnlicher Weise haben die Gebrüder Rogers⁴⁾: Feldspath, Serpentin, Chlorit, Actinolith, Hornblende und noch mehrere andere Mineralien mit kohlen-säurehaltigem Wasser bei gewöhnlicher Temperatur behandelt, und es ergab sich, dass von den abgewogenen Substanzen 0.4 bis 0.1 Theile in Lösung gingen, welche letzere aus Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Thonerde, Kieselerde und Alkalien bestand.

Zu gleicher Zeit hat Bischof⁵⁾ kohlen-säurehaltiges Wasser auf künstlich hergestellte Lösungen von kieselsauren Alkalien einwirken lassen. Er fand dabei folgende Gesetze:

„Die Silicate der Alkalien und alkalischen Erden, des Eisen- und Manganoxyduls werden durch die Kohlensäure bei gewöhnlicher Temperatur zersetzt.“

„Es scheidet sich hierbei keine, oder doch nur eine ganz geringe Menge Kieselsäure aus.“

„Magnesiasilicat wird nicht durch Kohlensäure zersetzt, wenn es nur im Wasser suspendirt ist.“

„Da sich Kohlensäure nicht mit Thonerde verbinden kann, so ist klar, dass Thonerdesilicat nicht durch diese Säure zersetzt werden kann.“

Phosphorsaurer Kalk wird in wässriger Kohlensäure aufgelöst.“

„Die Silicate von Zink-, Kupfer-, Nickel- und Silberoxyd werden durch Kohlensäure zersetzt.“

¹⁾ Liebig u. Kopp, Jahresber. 1847 u. 48, pag. 400.

²⁾ Liebig, Agriculturchem. 6. Aufl. pag. 112.

³⁾ Struve, „Ueber die Nachbildung der natürlichen Heilquellen.“

⁴⁾ Americ. Jour. of Sciences a. Arts; May 1848.

⁵⁾ Bischof, Lehrbuch der chem. u. phys. Geologie. I., pag. 38.

Bezüglich der Löslichkeit der Kieselsäure in kohlenstoffhaltigem Wasser erhielt C. Struckmann¹⁾ ein von Bischof abweichendes Resultat. Er fand, als er Tage lang durch eine verdünnte Lösung eines künstlich hergestellten Kali-Natronsilicats Kohlenstoffgas leitete, dass das alkalische Silicat von der Kohlenstoff vollständig zersetzt und die Kieselsäure ausgeschieden wurde. Er zieht hieraus folgende Schlussfolgerungen:

„In Kohlenstofflingen kann ebenfalls freie Kieselsäure gelöst vorkommen.“

„Bei der langsamen Zersetzung der alkalischen Silicate im Boden, an der die Kohlenstoff jedenfalls einen bedeutenden Antheil nimmt, wird die Kieselsäure, wenn ein hinreichender Ueberschuss an freier Kohlenstoff vorhanden ist, stets als freie Kieselsäure ausgeschieden.“

Höchst schätzenswerthe Untersuchungen hat Dittrich²⁾ angestellt.

Er fand, dass kohlenstoffhaltiges Wasser fast die doppelte Wirkung des reinen Wassers auf die Gesteine ausübt, und dass Lehmboden und Porphyr vorzüglich alkalische Erden, Basalt hauptsächlich Alkalien an das kohlenstoffhaltige Wasser abgeben. Diese Versuche müssen später noch einmal herangezogen werden.

Haushofer³⁾ bestätigt Dittrichs Versuche. „Wasser, welches bei 0° mit Kohlenstoff gesättigt war, extrahirte unter fast gleichen Verhältnissen etwa die doppelte Menge Alkali, wie reines Wasser.“ Der feingepulverte Granit, resp. sein Feldspath gab in 8 Tagen an die 25fache Gewichtsmenge reines Wasser 0,03—0,04% Alkalien ab.

M. Daubrée⁴⁾ unterwarf 2 Kilogr. gut abgerundeten Kiesel, übergossen mit 3 Liter kohlenstoffhaltigem Wasser, 10 Tage lang der Rotation. Er erhielt das Resultat, dass Kali und Kieselsäure in Lösung gegangen waren, dass also die Gegenwart der Kohlenstoff die Zersetzung des Feldspathes in bedeutendem Grade bewirkt.

Ueber die Löslichkeit des kohlenstoffhaltigen Kalkes in kohlenstoffhaltigem Wasser und über den zersetzenden Einfluss des Wassers hat Alfons du Cossa⁵⁾ verschiedene Versuche angestellt. (Ricerca di Chim. miner. Udine. 1868.) Er liefert folgende Resultate:

„Vom weissen zuckerkörnigen Marmor von Carrara lösten 1000 Theile mit Kohlenstoff geschwängertes Wasser unter 753 Mm. Druck 1,181 Theile zwischen + 7,5° und 9,5°.“ Es werden dann noch verschiedene Gesteine angeführt. Feldspath, Granit, Gneiss, Syenit, Trachyt und Basalt hat er mit dem 25fachen Gewicht frisch destillirten Wassers 10 Tage lang bei + 17—18° in Berührung gelassen. Es ergab sich beim Abdampfen des Filtrats ein wägbarer Rückstand.

H. Ludwig⁶⁾ fand, dass fein zerriebener Feldspath, Granit, Trachyt, Porphyr an Wasser etwas Alkali und Kieselsäure abgeben.

1) Wöhler u. Liebig, Ann. d. Chemie. 1855. pag. 337.

2) Journ. f. prakt. Chem. Bd. 74., pag. 129 ff.

3) Journ. f. prakt. Chemie, Bd. 103, pag. 131 ff.

4) Jahresbericht über die Fortschritte auf dem Gesamtgebiete der Agriculturchemie. 1867. pag. 10.

5) Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 103, pag. 125 u. Bd. 106, pag. 381.

6) Archiv d. Pharmacie. Bd. 91, pag. 147.

Die umfassendsten Untersuchungen über die Einwirkung des kohlensäurehaltigen Wassers bei chemischen Zersetzungen hat G. Rose¹⁾ in Poggendorffs Annalen veröffentlicht. Es kamen jedoch hierbei künstlich hergestellte Lösungen von kohlensauren Salzen in Anwendung; es können daher diese Untersuchungen, die noch vielfach mit den unten folgenden in keiner Beziehung stehen, übergangen werden.

In neuerer Zeit hat noch F. Hoppe-Seyler²⁾ in Strassburg hierher gehörige Versuche angestellt. In Platinröhren mit Kohlensäure und Wasserdampf gefüllt, wurden: Olivin, Augit, Frischschlacke, Broncit, Enstatit, Magnesiaglimmer, Oligoklas und Anorthit, nachdem man dieselben in kleine eckige Körner geschlagen hatte, auf 180—200° erhitzt. Es hatte sich kein einziges von den genannten Mineralien weder im äusseren Ansehen, Glanz, Durchsichtigkeit etc., noch an Gewicht (mit Ausnahme des Magnesiaglimmers) verändert, ein Ergebniss, welches in Anbetracht der früheren, oben angeführten Resultate sehr auffallend ist.

Struve beschleunigte die Wirkung des kohlensäurehaltigen Wassers durch Druck, während Hoppe-Seyler durch Temperaturerhöhung seine Resultate zu erlangen suchte. Da der Druck die Absorptionsfähigkeit des Wassers bedeutend erhöht, so schien die Anwendung desselben am geeignetsten. Während Bischof und Struckmann zu ihren Versuchen künstlich hergestellte Lösungen von alcalischen Silicaten benutzten, haben Struve, Dittrich, Haushofer, Daubrée, Ludwig und Hoppe-Seyler Kohlensäure und Wasser direct auf die gepulverten, natürlichen Mineralien und Gesteine wirken lassen.

Um zuverlässigere Schlussfolgerungen ziehen zu können, hielt ich das letztere für zweckmässiger; ich verdanke der Güte des Herrn Prof. Dr. Zirkel folgende Mineralien und Gesteine, die zur Untersuchung verwendet wurden:

1. Adular von St. Gotthard.
2. Oligoklas v. Ytterby i. Schweden.
3. Hornblendefels v. Altenburg.
4. Magneteisen v. Greiner (Zillerthal).
5. Magneteisenerz vom Kaschberg (Böhmen).
6. Moroxit v. Hammond, St. Lawrence Cty.
7. Apatit v. Katharinenburg.
8. Spargelstein v. Chili.
9. Olivinfels aus dem Ultenthal (Tyrol).
10. Edler Serpentin v. Snarum (Norwegen).

Diese Mineralien und Gesteine wurden sämmtlich gepulvert, gebeutelt, getrocknet und sofort nach der Wägung in vorher sorgfältig gereinigte Flaschen, welche ungefähr 1100 gr. Wasser fassten, gebracht.

Um eine möglichst grosse Oberflächenwirkung zu erzielen, wurde auf die Pulverisirung besondere Sorgfalt verwendet. Beispielsweise sei hier das Ergebniss zahlreicher mikroskopischer Messungen der

¹⁾ Poggendorffs Annalen. Bd. 83, 84, 85.

²⁾ Zeitschrift d. deutsch. geol. Gesellsch. 1875, pag. 515.

Adularstäubchen, an denen man bei stärkerer Vergrößerung vielfach graulich linienähnliche Striche und mit Flüssigkeit erfüllte oder leere Hohlräume zu beobachten Gelegenheit hat, angeführt. Die grössten Stäubchen hatten einen Durchmesser von 0,014 Mm., die kleinsten 0,002 Mm.

Das chemisch reine kohlen säurehaltige Wasser hat mir Herr Dr. Struve in Leipzig, dessen Name, wie bekannt, mit der Erzeugung künstlicher Säuerlinge rühmlichst verknüpft ist, darstellen lassen. Es befand sich in einem vorher vollständig gereinigten Ballon unter $3\frac{1}{4}$ Atmosphären Druck bei gewöhnlicher Temperatur (ungefähr + 12°). Die das gepulverte Material enthaltenden Flaschen wurden nun unter Anwendung der grösstmöglichen Vorsicht mit dem kohlen säurehaltigen Wasser gefüllt, fest verkorkt, versiegelt und alsdann in einem Keller-raum aufbewahrt, in welchem die Temperatur keinen grossen Veränderungen unterlag. Von Zeit zu Zeit, wenn möglich täglich, wurden die Flaschen geschüttelt.

Die nächste Aufgabe war nun, zu ermitteln, was für Bestandtheile und wie viel derselben durch die Einwirkung des kohlen säurehaltigen Wassers von den obengenannten Substanzen in einer bestimmten Zeit löslich werden. Es wurde daher jede Substanz auf 2, resp. 3 Flaschen vertheilt und jeder Theil abgewogen. Zur Ermittlung der relativen Menge des Gelösten wurden alsdann diejenigen Flaschen benutzt, von denen man am bestimmtesten annehmen konnte, dass bei ihrer Füllung mit kohlen säurehaltigem Wasser sämtliche Vorsichtsmassregeln Berücksichtigung gefunden hätten. Die zur quantitativen Untersuchung der in Lösung gegangenen Substanzen bestimmten Flaschen blieben vom 12. December 1875 bis 2. Februar 1876, resp. vom 24. April 1876 bis 12. Juni 1876 liegen, während welcher Zeit die zur Untersuchung verwendeten Materialien quantitativ analysirt wurden.

Quantitative Bestimmung der zur Untersuchung verwendeten Materialien und der durch das kohlen säurehaltige Wasser gelösten Substanzen.

A. Allgemeines.

Alle kleinen Vorsichtsmassregeln anzuführen, welche hierbei beachtet wurden, dürfte hier zu weit führen; es möge daher nur Folgendes erwähnt sein.

Bei denjenigen Mineralien, welche durch Salzsäure und Salpetersäure beim Digeriren in offenen Gefässen nicht zerlegt werden, wurde die Kieselsäure durch Aufschliessung mit kohlen saurem Kali-Natron

von den Basen getrennt und alsdann unter genauer Berücksichtigung der von Fresenius¹⁾ angegebenen Behandlungsweise als reine Kieselsäure gewogen. Bei der Untersuchung der in Lösung gegangenen Substanzen konnte die Kieselsäure direct bestimmt werden, indem durch Abdampfen und Trocknen die lösliche Modification in die unlösliche übergeführt wurde.

Die Thonerde wurde im reinen Zustand gewogen, nachdem sie in der von Fresenius²⁾ angegebenen Weise vom Eisenoxyd getrennt worden war.

Kali wurde als Kaliumplatinchlorid bestimmt.

Natron wurde als Natriumplatinchlorid durch Weingeist vom Kaliumplatinchlorid getrennt, das Filtrat verdampft, der Rückstand im Wasserstoffstrom zum gelinden Glühen erhitzt, mit Wasser ausgezogen und das in Lösung gegangene Chlornatrium gewogen.

Kalk wurde mit oxalsaurem Ammoniak gefällt und bei Adular, Oligoklas, Hornblendefels und Magneteisenerz als kohlen-saurer Kalk, bei den Apatiten als reiner Kalk gewogen.

Magnesia konnte durch phosphorsaures Natron gefällt und als pyrophosphorsaure Magnesia bestimmt werden.

Eisenoxyd wurde als Hydrat ausgefällt, getrocknet, geglüht und gewogen.

Eisenoxydul wurde als Eisenoxyd bestimmt.

Phosphorsäure wurde nach vorausgegangener Fällung durch Molybdänsäure-Ammon als pyrophosphorsaure Magnesia bestimmt.

Wie bei dem Füllen der Flaschen mit kohlen-säurehaltigem Wasser musste auch beim Oeffnen derselben die grösstmögliche Vorsicht in Anwendung kommen. Dieselben wurden, nachdem sie vom Siegelack vollständig befreit waren, mittelst eines Sicherheitshahnes geöffnet, der Inhalt durch doppeltes Filter (bei Adular und Oligoklas von schwedischem Filtrirpapier gefertigt) filtrirt und das Filtrat über dem Wasserbade in einer Porzellanschale (Adular und Oligoklas in einer Platinschale) abgedampft. Die Rückstände, die sich in Salzsäure oder Salpetersäure gewöhnlich unter Brausen lösten, wurden alsdann analysirt.

B. Specielles.

1. Adular v. St. Gotthardt.

Die Analyse dieses farblosen, starkglänzenden, halbdurchsichtigen Feldspaths ergab in 100 Theilen

SiO ₂	=	65,24
Al ₂ O ₃	=	18,15
CaO	=	1,28
K ₂ O	=	14,96
FeO	=	Spur
		99,73

¹⁾ Fresenius, Quantitative Analyse. pag. 460 ff.

²⁾ Dasselbe, pag. 574.

Merkwürdig erscheint es hierbei, dass kein Na_2O vorhanden war. Es wurden zur Ermittlung der relativen Menge des Gelösten 10,0715 gr. verwendet; diese enthielten demnach

SiO_2	=	6,5706	gr.
Al_2O_3	=	1,8279	"
CaO	=	0,1289	"
K_2O	=	1,5081	"
FeO	=	Spur	
<hr/>			
		10,0355	gr.

Der nach der 7wöchentlichen Einwirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers erhaltene Rückstand des zur Trockne eingedampften Filtrats brauste fast nicht mit Salzsäure. Er enthielt

SiO_2	=	0,0102	gr.
Al_2O_3	=	0,0025	"
CaO	=	Spur	
K_2O	=	0,0204	"
Fe_2O_3	=	Spur	
<hr/>			
		0,0331	gr. =

0,328% der angewendeten Menge.

Von 100 Theilen sind demnach in Lösung gegangen

SiO_2	=	0,1552
Al_2O_3	=	0,1368
K_2O	=	1,3527
CaO	=	Spur
FeO	=	Spur.

2. Oligoklas v. Ytterby in Schweden.

Dieser Feldspath zeigt an der betreffenden Localität, wie auch die in den verschiedenen Sammlungen aufbewahrten Stücke desselben erweisen, so gleichmässige Substanz von so charakteristisch übereinstimmender Ausbildung, dass von einer quantitativen Analyse abgesehen und die Berzelius'sche Analyse als auch auf das zur Untersuchung erhaltene Stück sich beziehend ohne Bedenken verwendet werden konnte.

Nach Berzelius enthält der Oligoklas von Ytterby in 100 Theilen

SiO_2	=	61,55
Al_2O_3	=	23,80
Fe_2O_3	=	Spur
CaO	=	3,18
MgO	=	0,80
Na_2O	=	9,67
K_2O	=	0,38
<hr/>		
		99,38

Zur Untersuchung wurden 8,906 gr. verwendet. Diese enthielten demnach:

SiO ₂	=	5,4826	gr.
Al ₂ O ₃	=	2,1196	"
Fe ₂ O ₃	=	Spur	"
CaO	=	0,2832	"
MgO	=	0,0712	"
Na ₂ O	=	0,8612	"
K ₂ O	=	0,0338	"
		<u>8,8516</u>	gr.

Der ebenso wie beim Adular behandelte Rückstand brauste sehr wenig mit Salzsäure und enthielt:

SiO ₂	=	0,013	gr.
Al ₂ O ₃	=	0,005	"
FeO	=	Spur	"
CaO	=	0,0091	"
Na ₂ O	=	0,0204	"
K ₂ O	=	Spur	"

0,0475 gr. = 0,533% der angewendeten Menge.

Von 100 Theilen Oligoklas sind demnach gelöst worden:

SiO ₂	=	0,237
Al ₂ O ₃	=	0,1713
FeO	=	Spur
CaO	=	3,213
Na ₂ O	=	2,367
K ₂ O	=	Spur.

3. Hornblendefels von Altenburg.

Dieses vollständig frisch aussehende Gestein war von zahlreichen dicken Quarzadern durchzogen, die bei der Zerkleinerung möglichst entfernt werden mussten, um ein reines Hornblendepulver zu erhalten. Die Analyse desselben ergab

SiO ₂	=	49,12
Al ₂ O ₃	=	9,004
Fe ₂ O ₃	=	14,62
FeO	=	10,305
CaO	=	8,761
MgO	=	5,92
Na ₂ O	=	2,13

99,860

Zur Untersuchung wurden 10,2 gr. verwendet. Diese enthielten:

SiO ₂	=	5,0102	gr.
Al ₂ O ₃	=	0,9184	"
Fe ₂ O ₃	=	1,4912	"
FeO	=	1,0511	"
CaO	=	0,8936	"
MgO	=	0,6038	"
Na ₂ O	=	0,2172	"
		<u>10,1855</u>	gr.

Von diesen waren durch das kohlen säurehaltige Wasser in Lösung gegangen :

SiO ₂	=	0,021	gr.
FeO	=	0,0594	"
CaO	=	0,0762	"
Al ₂ O ₃	=	Spur	
Na ₂ O	=	Spur (wägbar)	
MgO	=	Spur	

0,1566 gr. = 1,536 % der angewendeten Menge. Der Rückstand brauste, als er mit Salzsäure in Berührung gebracht wurde. Von 100 Theilen wurden gelöst:

SiO ₂	=	0,419
FeO	=	4,829
CaO	=	8,528
Al ₂ O ₃	=	Spur
Na ₂ O	=	Spur
MgO	=	Spur

4. Magneteisen vom Greiner (Zillerthal).

Zur Untersuchung wurden 6 aus dem Chloritschiefer herausgelöste Krystalle verschiedener Grösse in der Octaederform verwendet. Diese wogen fein gepulvert:

13,0626 gr.	
Nach Rammelsberg ¹⁾ besteht das Magneteisen aus	
Fe ₂ O ₃	= 67,59
FeO	= 32,54
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	
100,13	

Es kommen demnach auf 13,0626 gr:

Fe ₂ O ₃	= 8,8290 gr.
FeO	= 4,2505 "
<hr style="width: 50%; margin: 0 auto;"/>	
13,0795 gr.	

Nach der Einwirkung des kohlen säurehaltigen Wassers wurden in dem Rückstand des eingedampften Filtrats gefunden:

Fe₂O₃ = 0,0445 gr. =
0,04005 gr. FeO = 0,307 % der angewendeten Menge.

Da die oxydirende Wirkung der Luft nicht zu beseitigen war, konnte, wie auch bei dem Hornblendegestein, die Eisenverbindung nicht als Eisenoxydul, als welches dieselbe in Lösung gegangen sein muss, bestimmt werden.

Es waren also von 100 Theilen Magneteisen in Lösung gegangen:

FeO = 0,942.

5. Magneteisenerz vom Kaschberg in Böhmen.

Das gepulverte Gestein erwies sich, obschon es dem blossen Auge als ganz reines und homogenes Erz erschien, unter dem Mikroskop als ein Gemenge von Augit und Magneteisen. Da es hier, wie auch bei

¹⁾ Handbuch der Mineralchemie.

Nr. 4 vor allem galt zu ermitteln, ob und wie das kohlenensäurehaltige Wasser auf reines Magneteisen einwirke, wurde erst durch den Magnet, alsdann durch Schlämmen versucht, das Magneteisen von dem augitischen Gemenge zu entfernen. Es blieben aber — wie das Mikroskop zeigte — immer noch kleine Stäubchen des letzteren an den Magneteisenkörnchen hängen, welche die Ermittlung eines genauen Resultates nicht gestattet hätten. Aus diesem Grunde wurde das gepulverte Magneteisenerz ohne vorherige Trennung des augitischen Gemenges von dem Magneteisen zur Untersuchung verwendet. Die Analyse desselben ergab:

SiO ₂	=	1,0655
Fe ₂ O ₃	=	61,14
FeO	=	33,2164
CaO	=	3,507
Al ₂ O ₃	=	0,4815
		99,3104

Angewendet wurden 11,205 gr. Diese enthielten:

SiO ₂	=	0,1193 gr.
Fe ₂ O ₃	=	6,8507 "
FeO	=	3,7208 "
CaO	=	0,3929 "
Al ₂ O ₃	=	0,0539 "
		11,1376 gr.

Die Analyse der durch das kohlenensäurehaltige Wasser gelösten Mengen ergab:

Fe ₂ O ₃	=	0,0901 gr. = 0,0811 gr. FeO
CaO	=	0,114 "
SiO ₂	=	Spur (gering)
		0,2041 gr. = 1,821 % der angewendeten Menge.

deten Menge.

Von 100 Theilen waren demnach gelöst worden:

FeO	=	2,428
CaO	=	29,015.

Der Rückstand des zur Trockne eingedampften Filtrats brauste stark, als Salzsäure hinzu gebracht wurde.

6. Moroxit von Hammond (N. Amerika).

Von dieser bläulichgrünen Apatitvarietät wurde ein Krystall von der Form ∞ P. P. ∞ P2 pulverisirt, der sich durch den Glasglanz auf den Krystallflächen und durch den Fettglanz auf den Spaltungs- und Bruchflächen besonders auszeichnete. Die Analyse ergab:

P ₂ O ₅	=	44,088
CaO	=	53,319
Fe ₂ O ₃	=	1,065
Cl	=	0,283
		98,755

Angewendet wurden 8,774 gr. In diesen waren enthalten:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 3,8682 \text{ gr.} \\ \text{CaO} = 4,678 \text{ " } \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,0934 \text{ " } \\ \text{Cl} = 0,0248 \text{ " } \\ \hline 8,6626 \text{ gr.} \end{array}$$

Hiervon wurden durch das kohlenensäurehaltige Wasser gelöst:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 0,0548 \text{ gr.} \\ \text{CaO} = 0,0794 \text{ " } \\ \hline 0,1342 \text{ gr.} = 1,529\% \text{ der ange-} \end{array}$$

wendeten Menge.

Von 100 Theilen wurden demnach gelöst:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 1,417 \\ \text{CaO} = 1,696. \end{array}$$

Von den folgenden Apatitkrystallen konnte wegen Mangel an hinreichender Substanz keine quantitative Analyse vor der Einwirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers ausgeführt werden. Es wurde deshalb wenigstens der Gehalt an Phosphorsäure und Kalk berechnet, und zwar auf folgende Weise:

Rammelsberg¹⁾ unterscheidet bei den Apatiten 2 Grundverbindungen:

1. Chlorapatite:

$$\begin{array}{r} \text{Cl} = 6,82 \\ \text{P}_2\text{O}_5 = 40,92 \\ \text{CaO} = 53,80 \\ \hline 101,44. \end{array}$$

2. Fluorapatite:

$$\begin{array}{r} \text{Fl} = 3,77 \\ \text{P}_2\text{O}_5 = 42,26 \\ \text{CaO} = 55,55 \\ \hline 101,58 \end{array}$$

Das Mittel aus beiden ergibt:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 40,92 \\ \text{P}_2\text{O}_5 = 42,26 = 41,54 \text{ P}_2\text{O}_5. \\ \hline 83,18 \\ \text{CaO} = 53,80 \\ \text{CaO} = 55,55 = 54,68 \text{ CaO.} \\ \hline 109,35 \end{array}$$

Diese Zahlen können ohne Bedenken als der Phosphorsäure- und Kalkgehalt der folgenden Apatite angenommen werden, da die Abweichungen nicht von allzugrosser Bedeutung sein können.

7. Apatit von Katharinenburg.

Zur Untersuchung wurden verwendet: 12,95 gr. Diese enthielten nach der oben berechneten Formel:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 5,3794 \text{ gr.} \\ \text{CaO} = 7,081 \text{ " } \\ \hline 12,46 \text{ gr.} \end{array}$$

¹⁾ Handbuch der Mineralchemie.

Durch das kohlenensäurehaltige Wasser wurden gelöst:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 0,098 \text{ gr.} \\ \text{CaO} = 0,1535 \text{ „} \\ \hline 0,2515 \text{ gr.} = 2,018\% \text{ der ange-} \end{array}$$

wendeten Menge.

Von 100 Theilen wurden demnach gelöst:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 1,822 \\ \text{CaO} = 2,168. \end{array}$$

8. Spargelstein von Chili.

Angewendet wurden: 13,626. Diese enthielten nach der oben berechneten Formel:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 5,6602 \text{ gr.} \\ \text{CaO} = 7,4506 \text{ „} \end{array}$$

Hiervon waren gelöst worden:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 0,12 \text{ gr.} \\ \text{CaO} = 0,145 \text{ „} \\ \text{FeO} = \text{Spur} \\ \hline 0,265 \text{ gr.} = 1,976\% \text{ der ange-} \end{array}$$

wendeten Menge.

Von 100 Theilen sind demnach gelöst worden:

$$\begin{array}{r} \text{P}_2\text{O}_5 = 2,12 \\ \text{CaO} = 1,946 \\ \text{FeO} = \text{Spur.} \end{array}$$

9. Olivinfels aus dem Ultenthal.

Die Analyse dieses Gesteins ergab in 100 Theilen:

$$\begin{array}{r} \text{SiO}_2 = 40,60 \\ \text{Al}_2\text{O}_3 = 0,86 \\ \text{MgO} = 45,81 \\ \text{FeO} = 12,35 \\ \text{CaO} = \text{Spur} \\ \text{CuO} = \text{Spur} \\ \hline 99,62. \end{array}$$

Zur Untersuchung wurden 10,0065 gr. verwendet, in denen sich also befanden:

$$\begin{array}{r} \text{SiO}_2 = 4,067 \text{ gr.} \\ \text{Al}_2\text{O}_3 = 0,086 \text{ „} \\ \text{MgO} = 4,583 \text{ „} \\ \text{FeO} = 1,2207 \text{ „} \\ \text{CaO} = \text{Spur} \\ \text{CuO} = \text{Spur} \\ \hline 9,9567 \text{ gr.} \end{array}$$

Hiervon waren in Lösung gegangen:

SiO ₂	=	0,0355	gr.
MgO	=	0,0692	"
FeO	=	0,1066	"
CaO	=	Spur	"
CuO	=	Spur	"

0,2113 gr. = 2,111% der angewen-

deten Menge.

Es sind demnach von 100 Theilen gelöst worden:

SiO ₂	=	0,873
MgO	=	1,291
FeO	=	8,733
CaO	=	Spur
CuO	=	Spur.

Der Rückstand brauste, als er mit Salzsäure übergossen wurde.

10. Edler Serpentin von Snarum.

Die Analyse ergab:

SiO ₂	=	40,82
MgO	=	36,78
Al ₂ O ₃	=	2,19
FeO	=	6,01
H ₂ O	=	13,48
		<u>99,28</u>

Merkwürdig erscheint hierbei der Thonerdegehalt. Jedoch fand Scheerer¹⁾ in einem Serpentin von Snarum 2,39% Al₂O₃. Es wurde auf die Trennung der Thonerde von dem Eisenoxyd besondere Sorgfalt verwendet; eine Ungenauigkeit liegt daher kaum vor.

Angewendet wurden; 13,08 gr.

Diese enthielten:

SiO ₂	=	5,3392	gr.
MgO	=	4,8108	"
Al ₂ O ₃	=	0,2865	"
FeO	=	0,7861	"
H ₂ O	=	1,772	"
		<u>12,9946</u>	gr.

Nach 7wöchentlicher Einwirkung des kohlensäurehaltigen Wassers, waren in Lösung gegangen:

SiO ₂	=	0,0189	gr.
Al ₂ O ₃	=	Spur	
FeO	=	0,012	"
MgO	=	0,1275	"

0,1584 gr. = 1,24% der angewen-

deten Menge.

Es wurden demnach von 100 Theilen gelöst:

¹⁾ Poggendorff, Annalen, Bd. 63, pag. 328.

SiO ₂	=	0,354
Al ₂ O ₃	=	Spur
FeO	=	1,527
MgO	=	2,649.

Ausser den obengenannten Mineralien wurden noch einige mit kohlen säurehaltigem Wasser behandelt, von denen die in Lösung gegangenen Substanzen aber nur qualitativ bestimmt werden konnten:

1. Kaliglimmer aus dem Ural.

Wie die höchst vollkommene Spaltbarkeit dieses Minerals, das dem Drusenraume eines granitischen Gesteins entstammt, schon beim Pulverisiren besondere Schwierigkeiten bereitete, verhinderte später, beim Füllen der Flaschen mit kohlen säurehaltigem Wasser, ein nicht vorhergesehener Unfall die quantitative Bestimmung der gelösten Substanzen. Eine der mit dem Pulver des Kaliglimmers gefüllten Flaschen zersprang, wahrscheinlich des allzu hohen Druckes wegen. Da an demselben Tage und auch in derselben Woche die Füllung einer neuen Flasche nicht gut möglich war, so konnte nur eine Flasche zur Untersuchung verwendet werden. Nach Verlauf von 4 Wochen fanden sich in dem zur Trockne abgedampften Rückstande:

K₂O, CaO, Fe₂O₃ und Spuren von SiO₂.

Das sämmtliche Eisenoxydul des abgewogenen Materials schien in Lösung gegangen zu sein. Es fand sich wenigstens in dem von dem kohlen säurehaltigen Wasser nicht angegriffenen Rückstande kein Eisenoxydul mehr, während es sich bei der Analyse des Minerals deutlich gezeigt hatte.

2. Kobaltblüthe aus dem Pucherschacht bei Schneeberg.

Auch hier konnte die relative Menge des Gelösten nicht bestimmt werden. Wollte man die pfirsichblüthrothen, haarförmigen Krystalle von den Quarzkrystallen, auf denen dieselben sassen, trennen, so ergab dies zu wenig Substanz. Es wurden daher die Quarzkrystalle sammt der Kobaltblüthe gepulvert und zu diesem Gemisch das kohlen saure Wasser gebracht. Der durch Eindampfen des Filtrats erhaltene Rückstand zeigte eine hellrothe Farbe; er brauste beim Zusatz von Salzsäure und wurde grün; bei fernerem Zusatz von Wasser färbte er sich dunkelbraun. Es fanden sich darin:

Co, Ni, Fe₂O₃ und deutliche Spuren von SiO₂.

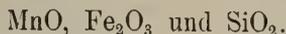
3. Nickelblüthe v. Schneeberg.

Dieselbe konnte von dem Kobalterz, auf welchem sie sich befand, ebenfalls nicht getrennt werden. Im Rückstand, der ebenfalls mit Salzsäure brauste, wurden gefunden:

Ni, Co und Fe₂O₃.

4. Wolframit v. Zinnwald.

Dieser war in eine Quarzmasse eingesprengt, von welcher man ihn nicht trennen konnte, ohne dass Quarztheilchen an demselben hängen blieben. Der Rückstand brauste mit Salzsäure und enthielt:



Es sei hierbei bemerkt, dass schon bei diesen 4 Mineralien die von Bischof aufgestellten Sätze bezüglich der Löslichkeit der alkalischen Silicate vollständig bestätigt gefunden wurden. Dass, wie Bischof so oft hervorhebt, Magnesiumsilicat von kohlensäurehaltigem Wasser nicht zersetzt werden kann, möchte hier schon angezweifelt werden; es wird dieser Zweifel bei Besprechung des Serpentin noch seine nähere Begründung erhalten.

Unwillkürlich drängte sich bei diesen Untersuchungen die Frage auf: ob nicht auch das Glas der verwendeten Flaschen von dem kohlensäurehaltigen Wasser angegriffen würde. Um dies genau ermitteln zu können, wurden 6 Flaschen nur mit kohlensäurehaltigem Wasser gefüllt. Nach Verlauf von 2 Monaten wurde der Inhalt eingedampft. Es zeigte sich dabei kein Rückstand, ein Beweis, dass das Glas der verwendeten Flaschen, welches nach einer brieflichen Mittheilung des Herrn Glasfabrikanten Friedrich Siemens in Dresden aus einem Gemenge von

700	Gewichtstheilen	Granit
150	„	Kalk und Mergel
25	„	Flussspath
130	„	Glaubersalz

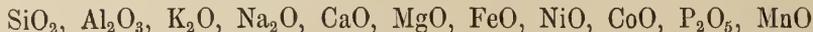
dargestellt ist, nicht angegriffen wird.

In nachstehender Tabelle sind die in Lösung gegangenen Substanzen, nach Procenten berechnet, zusammengestellt worden, um die gewonnenen Resultate einer näheren Betrachtung unterwerfen zu können.

Materialien	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	P ₂ O ₅	FeO	Summa
Adular	0,1552	0,1368	1,3527	—	—	—	—	Spur	0,328 ⁰ / ₀
Oligoklas	0,237	9,1713	—	2,367	—	3,213	—	Spur	0,533 ⁰ / ₀
Hornblendefels	0,419	Spur	Spur	—	—	8,528	—	4,829	1,536 ⁰ / ₀
Magnetisen	—	—	—	—	—	—	—	0,942	0,307 ⁰ / ₀
Magnetisenerz	Spur	—	—	—	—	—	—	2,428	1,821 ⁰ / ₀
Moroxit	—	—	—	—	—	1,696	1,417	—	1,529 ⁰ / ₀
Apatit	—	—	—	—	—	2,168	1,822	—	2,018 ⁰ / ₀
Spargelstein	—	—	—	—	—	1,946	2,12	Spur	1,976 ⁰ / ₀
Olivin	0,873	Spur	—	—	1,291	Spur	—	8,733	2,111 ⁰ / ₀
Serpentin	0,354	—	—	—	2,649	—	—	1,527	1,211 ⁰ / ₀

Es muss zunächst constatirt werden, dass die in der Einleitung angeführten Resultate früher angestellter Versuche zum grössten Theil ihre Bestätigung finden. Es hat sich der Nachweis ergeben, dass das

kohlensäurehaltige Wasser im Stande ist, von den obengenannten Mineralien und Gesteinen die wesentlichsten Bestandtheile, als da sind:



zu lösen.

Die Tabelle zeigt ferner, dass Kalk und Eisenoxydul am meisten, Kieselsäure und Thonerde am wenigsten von dem kohlensäurehaltigen Wasser angegriffen werden. Dies stimmt mit dem Erscheinen des kohlensauren Kalkes und des kohlensauren Eisenoxyduls in der Natur vollkommen überein. Unter allen kohlensauren Salzen sind neben Magnesiicarbonat diese in grösster Menge vorhanden. „Es ist daher unzweifelhaft“, sagt Bischof¹⁾ mit Recht, „dass der kohlensaure Kalk bei weitem in den meisten Fällen auf nassem Wege krystallisirt, und dass bei weitem das meiste kohlensaure Eisenoxydul durch Zersetzung der Eisenoxydsilicate mittelst kohlensauren Wassers entstanden ist.“ Es darf ferner mit Bischof²⁾ wohl behauptet werden, dass die im Mineralreiche, in Quellen und in allen Gewässern vorkommenden Carbonate meist durch Zersetzung der ihnen entsprechenden Silicate entstanden sind.“

Was nun die beiden Feldspathe:

Adular und Oligoklas

anbelangt, so ist bei ihnen durch den quantitativen Nachweis der in Lösung gegangenen Substanzen der zuerst von Werner³⁾ und Bischof aufgestellte Satz, „dass Kohlensäure und Wasser die Zersetzung des Feldspaths bedingen“, hinreichend bewiesen. Ferner hat sich hier das Struckmann'sche⁴⁾ Resultat: „In Kohlensäurerlingen kann freie Kieselsäure gelöst vorkommen“, durch den quantitativen Nachweis der gelösten Kieselsäure vollkommen bestätigt und kann daher die Ansicht Bischofs⁵⁾: „Man könne nicht annehmen, dass die ausgeschiedene Kieselsäure, als solche, neben dem ursprünglichen kiesel-sauren Alkali aufgelöst sei“, nicht getheilt werden.

Ob die Kieselsäure als kiesel-saure Thonerde oder als Hydrat in Lösung gegangen ist, lässt sich nicht mit Bestimmtheit feststellen. Jedenfalls ist das letztere wahrscheinlicher. Man kann auch nicht annehmen, dass das kohlensaure Kali, was sich zunächst gebildet haben muss, in so verdünnter Lösung die Bildung von kiesel-saurem Kali veranlasst hat; unter diesen Verhältnissen ist die Kieselsäure nicht im Stande, die Kohlensäure auszutreiben. Es bleibt vielmehr wahrscheinlicher, dass die Kieselsäure ausgeschieden wurde und als solche in Lösung ging.

¹⁾ Bischof, chem. Geol. II, pag. 136.

²⁾ Bischof, chem. Geol. I, pag. 31.

³⁾ Werner, Neue Theorie von der Zersetzung der Erzgänge. pag. 130.

⁴⁾ Ann. d. Chemie v. Wöhler u. Liebig. Bd. 94, pag. 344.

⁵⁾ Bischof, chem. Geol. I, pag. 32.

Ebenso muss auch von der Thonerde angenommen werden, dass sich Thonerdehydrat gebildet und direct gelöst hat. Dieses Resultat widerspricht der Behauptung der meisten Lehrbücher der Chemie, wie von Graham-Otto¹⁾ u. a., „dass Thonerde in Wasser und kohlen-säurehaltigem Wasser unlöslich sei“; auch stimmt es nicht mit dem von Bischof aufgestellten Satz überein: „Da sich Kohlensäure nicht mit Thonerde verbinden kann, so ist klar, dass Thonerdesilicat nicht durch diese Säure zersetzt werden kann.“ Es wird jedoch von den Gebrüdern Rogers und von Dittrich²⁾ bestätigt, dass kohlen-saures Wasser im Stande ist Thonerde, wenn auch in geringen Mengen, zu lösen. Letzterer hat gefunden, dass

Humushaltiger Lehm Boden	0,29 %
Geglühter Lehm Boden	Spur
Thonsteinporphyr	0,007%
Basalt	0,003%

Eisenoxydul und Thonerde an das kohlen-säurehaltige Wasser abgeben; erstere führen unter den gelösten Substanzen bei der Einwirkung von kohlen-säurehaltigem Wasser auf Hornblende, Actinolith, Epidot, Serpentin, Chlorit und Feldspath, auch Thonerde an.

Der quantitative Nachweis der in Lösung gegangenen Thonerde vom Adular und Oligoklas stellt daher fest, dass das kohlen-säurehaltige Wasser im Stande ist, aus dem Feldspath geringe Mengen Thonerde zu lösen.

Betrachtet man die Summe der gelösten Substanzen vom Adular = 0,328%, so ergibt ein Vergleich mit Dr. Carl Haushofers³⁾ Resultat, nach welchem die 25fache Gewichtsmenge reines Wasser aus fein gepulvertem Granit bei gewöhnlichen Temperatur- und Druckverhältnissen in 8 Tagen 0,03% Alkali extrahirt, Folgendes: Die zur Untersuchung angewendeten Flaschen fassten eine Wassermenge von ca. 1000 gr. Beim Adular wurden 10,035 gr. zur Untersuchung verwendet. Es kam daher auf letzteren ungefähr die 100fache Gewichtsmenge Wasser. Bei gewöhnlichem Druck hätte nach Haushofer der Adular an reines Wasser 0,12% Alkali abgeben können. Da nun kohlen-säurehaltiges Wasser, nach Dittrich und Haushofer, fast die doppelte Wirkung des reinen Wassers auf die Gesteine ausübt, so würde der Adular bei gewöhnlichem Druck 0,24% abgeben können. Berechnet man hierzu den erhöhten Druck und die längere Zeitdauer, so liess sich erwarten, dass vom Adular mehr als die erhaltene Menge 0,328% hätte gelöst werden müssen. Beachtet man jedoch, dass das zur Untersuchung verwendete Stück vollständig frisch erhalten war, und dass bei den hiesigen Versuchen die Zeit nicht eine so grosse Rolle spielt, als man erwarten sollte, — wie es ein bei der Hornblende erhaltenes Resultat zeigen wird, — so stellt sich eine ziemliche Annäherung des beim Adular erhaltenen Resultates mit dem Haushofers heraus.

¹⁾ Graham-Otto, Lehrb. d. Chem. Bd. II, Abthl. II, pag. 55.

²⁾ Erdmann, Journ. f. pr. Chemie. Bd. 74. pag. 137.

³⁾ Journal f. prakt. Chemie. Bd. 103, pag. 131.

Dass Oligoklas leichter zersetzbar sei als Adular, konnte schon aus dem Kalk- und Natrongehalt des ersteren erwartet werden. Es hat sich dies vollkommen bestätigt. Ein Vergleich der Summen der in Lösung gegangenen Substanzen vom Adular und Oligoklas beweist es hinreichend.

Im Allgemeinen stellen nun die bei diesen beiden Feldspathen erhaltenen Resultate fest, was Zirkel¹⁾ bei der Besprechung des Kaolin über die Zersetzung der Feldspathe sagt. Es heisst daselbst: „Die Verwitterung der einzelnen Feldspathspecies geht jedenfalls mit verschiedener Schnelligkeit vor sich; so widerstehen die kieselsäurereicheren Feldspathe länger der Zersetzung als die kieselsäureärmeren und die kalireichen werden ungleich schwieriger zersetzt als die natron- und kalkreichen.“ Hieraus erklärt sich auch die verschiedene Zusammensetzung der Kaoline, die, wie Werner, Forchhammer, Fuchs und Bischof zuerst nachwiesen, unbedingt als Zersetzungsproducte der Feldspathe anzusehen sind. Ferner ist die Erscheinung, dass viele Granite, Syenite, Gneisse und Felsitporphyre nicht selten von der Oberfläche her in viele Fuss tief zu einer krusigen Masse aufgelöst sind, der Wirkung des kohlen-säurehaltigen Wassers zuzuschreiben, indem dasselbe die Zersetzung der in jenen Gesteinen befindlichen Feldspathe bedingt. Auch ist es, nach Naumann²⁾, dieser Zersetzungsprocess, welcher hauptsächlich das Material zur Bildung der Arkose oder feldspathreichen Sandsteine geliefert hat.

Delesse³⁾ unterscheidet zwei Stadien in der Zersetzung der Feldspathe: die Rubifaction und die Kaolinisation und sagt, dass die Röthung um so lebhafter sei, je mehr Eisen die Feldspathe enthielten. Es kann dies durch das erhaltene Resultat der Einwirkung des kohlen-säurehaltigen Wassers auf das Eisenoxydul, welches sowohl in dem Adular als auch in dem Oligoklas enthalten war, bestätigt werden. Obleich das durch das kohlen-säurehaltige Wasser gelöste Eisenoxydul nicht quantitativ bestimmt wurde, so konnte doch bei beiden Feldspathen beobachtet werden, dass das Pigment am leichtesten löslich sei. Es fand sich in der vom kohlen-säurehaltigen Wasser nicht angegriffenen Feldspaths substanz kein Eisenoxydul mehr.

Die Umwandlung des Eisenoxyduls in kohlen-saures Eisenoxydul und schliesslich in Eisenoxydhydrat wird darum wohl auch in der Natur als erstes Zeugniß der Zersetzung zu bemerken sein.

Bei dem Hornblendegestein konnte schon während des Abdampfens der Lösung über dem Wasserbad deutlich bemerkt werden, dass auf dasselbe das kohlen-säurehaltige Wasser bedeutend mehr eingewirkt habe, als auf die obengenannten Feldspathe. Die quantitative Analyse des zur Trockene eingedampften Rückstandes, der mit Salzsäure brauste, bewies dies deutlich.

¹⁾ Zirkel, Petrographie. Bd. II, pag. 609.

²⁾ Naumann Geognosie. I, pag. 725.

³⁾ Bull. d. la soc. géol. VI. pag. 396.

Es stellte sich ferner heraus, dass Kalk und Eisenoxydul am leichtesten extrahirt werden, indem sie in bedeutenderen Mengen, als alle übrigen Bestandtheile der Mineralien und Gesteine als doppeltkohlensaurer Kalk und als kohlen-saures Eisenoxydul in Lösung gehen.

Die Kieselsäure hat sich höchst wahrscheinlich, wie bei Adular und Oligoklas, als Hydrat gelöst.

Aus dem grossen Einfluss, welchen das kohlen-säurehaltige Wasser auf die Hornblende ausübt, lassen sich die zahlreichen Pseudomorphosen nach derselben erklären, welche namentlich von Blum und Bischof vortrefflich beschrieben sind. Ebenso muss die tiefeingreifende Zerstörung derjenigen Gesteine, in welchen die Hornblende als vorwaltender Gemengtheil auftritt, der leichten Zersetzbarkeit der letzteren durch kohlen-säurehaltiges Wasser zugeschrieben werden.

Was Bischof¹⁾ von der Umwandlung der Hornblende sagt, kann aus dem hier erhaltenen Resultate ebenfalls gefolgert werden: „Tritt die Kalkerde ganz und das Eisenoxyd mehr oder weniger aus der Mischung der Hornblende: so entsteht Chlorit. Scheidet sich gleichzeitig die Thonerde aus: so entsteht Serpentin. Treten ausser der Magnesia alle Basen aus der Mischung: so entsteht Speckstein oder Talk.“

Die Hornblende, wovon reichliches Material vorlag, gab Gelegenheit, den Einfluss der Zeit auf den Grad der Zersetzung zu ermessen. Ausser der 7wöchentlichen Einwirkung wurde auch noch eine 3wöchentliche vorgenommen. Es stellte sich dabei folgendes Resultat heraus:

Nach 3wöchentlicher Einwirkung des kohlen-säurehaltigen Wassers waren von 9,015 gr. feingepulverter Hornblende gelöst worden

SiO ₂	=	0,019	gr.
CaO	=	0,0705	„
FeO	=	0,0514	„
Al ₂ O ₃	=	Spur	

0,1237 gr. = 1,359% der ange-

gewendeten Menge.

Nach 7wöchentlicher Einwirkung wurden 1,536% gelöst, also nur 0,175% mehr, als nach 3wöchentlicher Einwirkung.

Es darf hieraus geschlossen werden, dass bei den in Rede stehenden Versuchen die längere Zeitdauer verhältnissmässig wenig Einfluss ausgeübt hat, dass es vielmehr der stärkere Druck gewesen ist, welcher die Wirkung des kohlen-säurehaltigen Wassers erhöhte.

Da das Magneteisen bei der mikroskopischen Untersuchung selbst sehr zersetzter krystallinischer Massengesteine, z. B. Diabase, Melaphyre, so oft neben stark umgewandelten anderen Gemengtheilen vollkommen frisch und scharf umgrenzt erscheint, und da sich andererseits oft genug nachweisen lässt, dass die mikroskopischen Magneteisenkörner, welche bei dem Wachsthum der übrigen grösseren Gemengtheile eines Gesteins eingeschlossen wurden, keineswegs secundäre Producte sein können, so konnte nicht erwartet werden, dass das kohlen-säurehaltige Wasser, sofern demselben die Hauptrolle bei der Zersetzung der

¹⁾ Bischof, chem. Geol. II., pag. 686.

Felsarten zufällt, verhältnissmässig ebenso auf das Magneteisen einwirke, wie es die Salzsäure thut, eine Vermuthung, welche Zirkel¹⁾ bei Besprechung des Apatit folgendermassen ausspricht:

„Es scheint demnach, dass man aus dem Verhalten der Felsartengemengtheile gegen Salzsäure nicht ohne weiteres auf deren Angreifbarkeit durch natürliche kohlen säurehaltige Gewässer schliessen dürfe, ein Punkt, welchem die Beschaffenheit des Magneteisens in den Felsarten zur Unterstützung gereicht.“

Der quantitative Nachweis des vom Magneteisen gelösten Eisenoxyduls stellt nun fest, dass das Magneteisen zwar ebenfalls vom kohlen säurehaltigen Wasser angegriffen wird, dass aber der Zersetzungsprocess langsamer vor sich geht, als bei allen übrigen Gemengtheilen der Gesteine. So löst z. B. das kohlen säurehaltige Wasser von Oligoklas 0,535%, vom Magneteisen unter den gleichen Verhältnissen nur die Hälfte. Die Hartnäckigkeit, mit welcher das Magneteisen den zersetzenden Einflüssen des kohlen säurehaltigen Wassers widersteht, ist höchst wahrscheinlich in der grossen Verwandtschaft des Eisenoxyduls zum Eisenoxyd zu suchen. Bischof²⁾ führt hierzu eine Analogie an und zwar in der Legirung des Silbers mit Gold, wenn Letzteres mehr als den dritten Theil beträgt. Er sagt: „Sowie in einer solchen Legirung das Silber gegen die oxydirende Wirkung der Salpetersäure durch das Gold geschützt wird, so wird im Magneteisen das Eisenoxydul gegen die oxydirende Wirkung des Sauerstoffs durch das Eisenoxyd geschützt.“

Dass das untersuchte Mageteisenerz bedeutend mehr Eisenoxydul abgeben würde als reines Magneteisen, durfte bestimmt gehofft werden, da es, wie schon oben bemerkt worden ist, unter dem Mikroskop als ein Gemenge von Augit und Magneteisen erschien. Die Tabelle der gelösten Substanzen zeigt, dass das kohlen säurehaltige Wasser von diesem Gestein noch einmal so viel Eisenoxydul gelöst hat, als vom reinen Magneteisen.

Wenn nun nach dem Vorhergehenden der ausgezeichnete Erhaltungszustand des Magneteisens in den Gesteinen mit der geringen Angriffsfähigkeit durch das als Hauptumwandlungsagens vorausgesetzte kohlen säurehaltige Wasser wohl übereinstimmt, so bietet der Apatit in dieser Hinsicht ganz abweichende Verhältnisse dar. Von den Apatiten sagt Zirkel³⁾ „Sie gehören trotz ihrer Löslichkeit in Salzsäure zu den Gemengtheilen, welche den die Zersetzung bewirkenden Agentien am längsten Widerstand leisten; selbst in beträchtlich umgewandelten Gesteinen, und wo sie in durch und durch molecular veränderten Hornblenden und Augiten sitzen, haben sie ihre Klarheit und Greligkeit oft noch gar nicht eingebüsst“. Der Annahme, dass der Apatit ein späteres Product der Bildung eines Gesteins sei, widerspricht ganz entschieden die Beobachtung, dass er oft gleichförmig durch alle Gemengtheile

1) Zirkel, mikrosk. Beschaffenheit d. Min. u. Gesteine, pag. 224.

2) Bischof, chem. Geol. II., pag. 935.

3) Zirkel, mikr. Besch. d. Min. u. Gest., pag. 224.

eines Gesteins sich stecknadelartig in dichten Schwärmen oder vereinzelt hindurchzieht.

Die Analyse der vom Moroxit, Apatit und Spargelstein durch das kohlenensäurehaltige Wasser gelösten Substanzen hat nun ergeben, dass die Apatite keineswegs im Stande sind, den zersetzenden Einflüssen des kohlen-säuren Wassers besonderen Widerstand zu leisten. Vielmehr hat letzteres auf die Apatite sogar stärker eingewirkt, als auf Feldspath und Hornblende. Es hat sich Kalk als doppeltkohlensaurer Kalk ausgeschieden, während Phosphorsäure als solche gelöst wurde, was man aus dem Verhältniss der äquivalenten Mengen ersehen kann.

Vom Moroxit sind z. B. gelöst:

$$\begin{aligned} \text{P}_2\text{O}_5 &= 1,417\% \\ \text{CaO} &= 1,696\% \end{aligned}$$

In den neuen Atomgewichten ausgedrückt, ist die Formel für Apatit: $3 \text{CaO} + \text{P}_2\text{O}_5$ oder 168 : 142.

Dies stimmt mit den gelösten Mengen überein.

Der Apatit von Katharinenburg verhält sich ähnlich wie der Moroxit von Hammond. Merkwürdiger Weise hat sich beim Spargelstein von Chili mehr Phosphorsäure als dieser entsprechender Kalk gelöst.

Eine directe Lösung des phosphorsauren Kalkes ist nicht denkbar.

Wie nun auch die Apatite unter dem Mikroskop erscheinen mögen, so ist doch hier gewiss der Schluss gestattet, dass auch in der Natur die Apatite den zersetzenden Einflüssen des kohlen-säurehaltigen Wassers nur geringen Widerstand zu leisten vermögen. Es sprechen hierfür noch folgende Thatsachen:

Berzelius¹⁾ wies in den heissen Quellen Carlsbads phosphorsauren Kalk nach. Bischof²⁾ fand, dass 1 Theil Apatit nach starkem Schütteln sich in 96570 mit Kohlensäure gesättigtem Wasser löste.

Ferner berichtet Bischof³⁾ von dem Wasser eines artesischen Brunnens zu Wildeggen im Canton Argau in der Schweiz, in welchem sich fast 5mal so viel phosphorsaure Salze (phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia) finden, als in Carlsbads Sprudel. Er schliesst hieran die Bemerkung: „Ohne dass es durch Analysen nachgewiesen zu werden braucht, ergibt sich von selbst die Nothwendigkeit von der Gegenwart des phosphorsauren Kalkes in allen Gewässern, welche dem Meer zufließen.“

Auch ist es nach Lassaignes⁴⁾ Untersuchungen, deren Resultat Dumas bestätigt, kohlen-säurehaltiges Wasser, welches phosphorsauren Kalk den Pflanzen zuführt.

¹⁾ Gilberts Annalen Bd. 74, pag. 136.

²⁾ Journ. f. pr. Chemie. Bd. 74, pag. 31.

³⁾ Bischof, chem. Geol. Bd. II, pag. 241.

⁴⁾ Journ. chim. méd. T. IV., pag. 534.

Schliesslich mag noch darauf hingewiesen werden, dass nach der Ansicht Sandbergers die mächtigen Phosphoritlagerstätten Nassaus von der Zersetzung der Apatite herrühren, welche ursprünglich in den benachbarten Diabasen und Schalsteinen eingewachsen waren und bei der Alteration dieser in Lösung geriethen.

Wenn aber alle obigen Erfahrungen sich zu der Anerkennung des Satzes vereinigen, dass Apatit verhältnissmässig sehr leicht durch kohlenensäurehaltiges Wasser gelöst wird, so wird die Frische der Apatitdurchschnitte in den zersetzten Gesteinen dadurch nur um so wunderlicher; ja, man wird fast zu dem Glauben gedrängt, dass es in solchen Gesteinen kein kohlenensäurehaltiges Wasser gewesen sein kann, wodurch die Alterationserscheinungen der anderen begleitenden Mineralien herbeigeführt wurden.

Vom Olivin haben bereits zahlreiche mikroskopische Untersuchungen nicht nur ergeben, dass er von den die Zersetzung der Felsarten bewirkenden Agentien stark angegriffen wird, sondern auch das gesetzmässige Detail dieser Prozesse kennen gelehrt. „Bemerkenswerth ist es,“ sagt Zirkel¹⁾ bei Behandlung des Olivin, „wie oft der Olivin in den Felsarten so stark alterirt erscheint, ohne dass die benachbarten Gemengtheile besonders hervorstechende Merkmale der Verwitterung offenbaren, selbst diejenigen nicht, welche sonst als ziemlich angreifbar gelten.“ Es muss hier ebenfalls bestätigt werden, dass der Olivin von den zur Untersuchung verwendeten Mineralien und Gesteinen am meisten vom kohlenensäurehaltigem Wasser angegriffen wird, indem in beträchtlichem Maasse Kieselsäure höchst wahrscheinlich als Hydrat, Magnesia als kohlen-saure Magnesia und Eisenoxydul als kohlen-saures Eisenoxydul in Lösung gegangen sind. Es darf hieraus mit Recht geschlossen werden, „dass diejenigen Gesteine, in welchen Olivin selbst in seinen mikroskopischen Individuen die ursprüngliche Beschaffenheit noch besitzt, wesentlichen Zersetzungsprocessen bis jetzt nicht unterworfen gewesen sind.“

Wie sich in der Natur und unter dem Mikroskop die Serpentinisierung des Olivin oft genug nachweisen lässt, so kann man, da aus dem Olivin das meiste Eisenoxydul durch kohlenensäurehaltiges Wasser fortgeführt wird, auch mit Sicherheit behaupten, dass der Olivin zur Bildung des Magneteisens und der Eisenoxydhydrate die meiste Veranlassung gibt.

Fasst man das procentuelle Verhältniss der aus dem Olivin durch Lösung entfernten Bestandtheile ins Auge, so erkennt man, dass in dem Rest Kieselsäure und Basen ungefähr in der gegenseitigen Proportion stehen, wie sie der Serpentin (abgesehen von seinem Wassergehalt)

¹⁾ Zirkel, mikr. Besch. d. M. u. Gest., pag. 217.

²⁾ Ibid. pag. 218.

besitzt; es steht daher von chemischer Seite nichts im Wege, sich die Umwandlung des Olivin in Serpentin als durch kohlenensäurehaltiges Wasser erfolgt vorzustellen.

Wie schon beim Olivin, so zeigte sich auch beim Serpentin der von Bischof aufgestellte Satz: „Magnesiasilicat wird nicht durch Kohlen-säure zersetzt“, auf diese beiden Mineralien nicht anwendbar. Im Gegentheil hat die quantitative Analyse der vom Serpentin durch kohlenensäurehaltiges Wasser gelösten Substanzen ergeben, dass Magnesiasilicat zersetzbar ist.

Es ist nicht wahrscheinlich, dass die Lösung der Magnesia hier nur eine Wirkung des hohen Druckes gewesen ist. Jedenfalls geht derselbe Process, wenn auch langsam, in der Natur vor sich. Es ist auch, wie aus zahlreichen Analysen hervorgeht, in sehr vielen Serpentinvarietäten etwas Kohlen-säure nachgewiesen worden, welche mit Magnesia verbunden sein dürfte.

Der im Mineralreich weit verbreitete Process der Serpentinisirung kann daher nicht als Endziel der Verwitterungsprocesse in der Natur angesehen werden. Es lässt sich vielmehr der Schluss ziehen, dass auch die Mineralien der letzten Umwandlungsprocesse nicht eine ewige Dauer haben, sondern in den Kreislauf zurückkehren, der sich im ganzen Mineralreich zeigt.

Im Folgenden sind die hier erhaltenen Resultate zusammengestellt:

1. Sämmtliche obengenannten Mineralien und Gesteine werden vom kohlenensäurehaltigen Wasser zersetzt.

2. Hiebei werden folgende Substanzen, die wesentliche Bestandtheile der Mineralien und Gesteine bilden, in Carbonate umgewandelt:



3. Bei der Einwirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers auf alkali-haltige Silicate, wie Adular, Oligoklas etc, gehen stets geringe Mengen Kieselsäure, höchst wahrscheinlich als Hydrat, in Lösung.

4. Selbst Thonerde wird in ganz geringen Mengen gelöst.

5. Adular widersteht den zersetzenden Einflüssen des kohlen-säurehaltigen Wassers bedeutend länger als Oligoklas.

6. Die Röthung der Feldspathe kann als erstes, die Kaolinisirung als zweites Stadium der Zersetzung angesehen werden.

7. Hornblende wird leichter zersetzt als Feldspath.

8. Der stärkere Druck erhöht die Wirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers mehr als die längere Zeitdauer.

9. Aus dem Verhalten des Magneteisens gegen Salzsäure kann nicht auf seine Zersetzbarkeit durch kohlenensäurehaltiges Wasser geschlossen werden. Von allen hier genannten Mineralien und Gesteinen wird es am wenigsten angegriffen.

10. Der Apatit löst sich bedeutend leichter in kohlenensäurehaltigem Wasser, als man nach seinem Erscheinen unter dem Mikroskop erwarten kann.

11. Olivin wird unter den untersuchten Silicaten am leichtesten von kohlenensäurehaltigem Wasser zersetzt, ungefähr noch einmal so leicht als Serpentin.

12. Magnesiasilicat wird von kohlenensäurehaltigem Wasser angegriffen; die Serpentinisirung kann nicht als Endziel der Umwandlungsprocesse im Mineralreich angesehen werden.

Zum Schluss fühle ich mich gedrungen, den Herren Professoren Zirkel und Wiedemann, die mich bei dieser Arbeit sowohl, als auch in meinem Studium der Mineralogie und Chemie in der liebenswürdigsten Weise wesentlich gefördert und unterstützt haben, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Vita.

Unterzeichneter wurde am 12. März 1853 zu Kamenz in der Oberlausitz geboren, erhielt seine Vorbereitung zum Lehrerberuf auf dem Seminar zu Bautzen, fungirte nach bestandener Abiturientenprüfung 2 Jahre als Lehrer zu Hauswalde bei Grossröhrsdorf, unterzog sich Ostern 1874 der Wahlfähigkeitsprüfung und besuchte alsdann die hiesige Universität, wo er die Vorlesungen der Herren Professoren Credner, Heinze, Hofmann, Hankel, Kolbe, Leuckhardt, Masius, Schenk, Strümpell, Wiedemann und Zirkel gehört hat und im chemischen Laboratorium des Herrn Professor Wiedemann, sowie im mineralogischen Institut bei Herrn Professor Zirkel praktisch thätig gewesen ist.

Julius Richard Müller.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mineralogische Mitteilungen](#)

Jahr/Year: 1877

Band/Volume: [1877](#)

Autor(en)/Author(s): Müller Julius Richard

Artikel/Article: [III. Untersuchungen über die Einwirkung des kohlenensäurehaltigen Wassers auf einige Mineralien und Gesteine. 25-48](#)