

des Unterrichtes anzuführen. Dadurch wird das Verständnis dieser Operation und der dadurch entstehenden Punktsysteme sehr erleichtert. Auch Gleitspiegelungsebenen und damit alle SCHÖNFLEIS-FEDOROW'schen „Raumgruppen zweiter Art“ lassen sich während der Vorlesung aufbauen, wenn man die Kugeln durch Befestigung einer leicht sichtbaren Marke genügend asymmetrisch gestaltet, so daß ihre Inversion bemerkbar werden kann. Der Hörer kann dadurch besser und leichter, als es durch den Anblick bereits fertiger Modelle möglich sein wird, vom Aufbau der BRAVAIS'schen Raumgitter zu den kompliziertesten Modellen der theoretischen Kristallstrukturlehre geführt werden.

Daß natürlich ebenso leicht die bisher experimentell ausgewerteten, viel einfacheren speziellen Strukturmodelle aufgebaut werden können, braucht eigentlich nicht erst erwähnt zu werden. Bei Vorhandensein von bestimmten Baugruppen (z. B. CO_3 in den rhomboedrischen Carbonaten, TiO_2 bei Rutil und ähnlichen Fällen) können auch kleinere Kugeln, mit dünneren Drahtstäben an einer größeren Kugel befestigt, den engeren Zusammenhang der betreffenden Atome darstellen. Schließlich ist auch die Möglichkeit, die Studierenden alle im Vorstehenden genannten Modelle mit dem gleichen billigen Vorrat an Stäben und Kugeln gelegentlich bei Übungen selbst ausführen zu lassen, als wertvolles Unterrichtsmittel nicht von der Hand zu weisen.

Kohlensäure und Hydrolyse bei der Verwitterung.

Von E. Ramann in München.

Die klassische Schule der chemischen Geologie steht mit ihrem größten Vertreter G. BISCHOF nach der damaligen Entwicklung der allgemeinen Chemie auf dualistischem Standpunkte. Elektropositive Basen und elektronegative Säuren vereinigen sich unter Ausgleich ihrer Elektrizitäten zu Salzen; je nach dem Grade der „Verwandtschaft“ der einzelnen Stoffe zueinander schrieb man ihnen verschiedenes Bestreben zu, sich miteinander zu binden. Die stärkere Säure verdrängte die schwächere, die stärkere Base die schwächere aus ihren Verbindungen und setzte sich kraft ihrer höheren Verwandtschaft an ihre Stelle. Die Fortschritte der allgemeinen Chemie gingen überwiegend vom Studium organischer Verbindungen aus, ihre Ergebnisse ließen sich nur schwierig auf die anorganischen Verbindungen übertragen und so blieb in der Mineralogie und Geologie die dualistische Auffassung um so mehr vorherrschend, als sie die bequemste Form war und

auch heute noch ist, Zusammenhänge für die verbreitetsten und wichtigsten Mineralien, die Silikate, zum Ausdruck zu bringen.

Erst die Fortschritte der physikalischen Chemie wandelten die Vorstellungen über den Verlauf chemischer Umsetzungen. An Stelle der „Affinitäten“ tritt die Lehre von den chemischen Gleichgewichten. Die chemischen Umsetzungen werden nicht mehr als nach einer, in einer bestimmten Formel ausdrückbaren Weise verlaufend gedacht, sondern angenommen, daß alle möglichen Verbindungen nebeneinander entstehen, daß aber von ihnen nur jene in erheblicher Menge erhalten bleiben, welche unter den herrschenden Bedingungen und nach den Eigenschaften der entstehenden Körper am beständigsten sind. Druck, Temperatur, Löslichkeit, Masse der vorhandenen einzelnen Stoffe werden entscheidend für den Verlauf der Reaktionen. Nicht die Reaktion selbst ändert sich, wohl aber die Menge, in welcher die einzelnen möglichen Stoffe gebildet werden, ist abhängig von der Masse, in welcher die einzelnen Stoffe in Wirkung treten und von den äußeren Bedingungen, unter denen sie entstehen. Deutlich tritt dies hervor bei den „umkehrbaren Reaktionen“, bei denen dieselben Stoffe je nach den vorhandenen Bedingungen ganz verschiedene Mengen ihrer Umsetzungsprodukte liefern. Aus der Vorstellung, daß das Ergebnis einer chemischen Reaktion von äußeren Bedingungen abhängt, läßt sich unmittelbar die Wahrscheinlichkeit ableiten, daß auch die gebildeten Stoffe ihre Erhaltungsfähigkeit mehr oder weniger verlieren werden, wenn sie unter abweichende äußere Bedingungen gebracht werden; sie werden schnell oder langsam in die unter den nun herrschenden Bedingungen beständigsten Verbindungen übergeführt. Die geringe Beständigkeit der chemischen Verbindungen tritt uns nirgends greifbarer entgegen als bei den Gesteinen und den sie zusammensetzenden Mineralien; überall an der Erdoberfläche erkennen wir Zeichen der Veränderung der Gesteine und bezeichnen sie als „Verwitterung“.

Bereits mäßige Abweichungen der äußeren Bedingungen, wie Temperatur, vorhandene Wassermenge, Zeitdauer u. dergl. können schon merkbare Änderungen im Verlauf der Verwitterung herbeiführen.

Unterschiede in der Beschaffenheit der Verwitterungsprodukte an der Erdoberfläche und den obersten Bodenlagen (Oberflächenverwitterung) und in tieferen Schichten (Tiefenverwitterung), in klimatischen Trocken- und Feuchtgebieten, in warmen und kühlen Klimaten sind leicht erkennbar. Es kann daher auch nicht auffallen, daß in den verschiedenen geologischen Formationen

zwar der allgemeine Charakter der Verwitterung erhalten bleibt, doch merkbare Verschiedenheiten der Ablagerungen auftreten.

Die Ursache der Verwitterung muß man in dem Bestreben der chemisch-physikalischen Kräfte suchen, zu Gleichgewichten zu gelangen, welche möglichst unveränderlich sind, und stabile Verbindungen zu bilden, die weiteren Umsetzungen immer weniger und weniger zugänglich sind. Je abweichender die Bedingungen bei der Entstehung chemischer Verbindungen waren, um so mehr werden sie zum Zerfall und Übergang in widerstands- und erhaltungsfähige Verbindungen geeignet sein, um so leichter werden sie „verwittern“. Große Unterschiede bestehen zwischen den Bildungsbedingungen der kristallinen Gesteine und den nahe der Erdoberfläche herrschenden Verhältnissen; die kristallinen Gesteine werden daher vergleichsweise leicht verwittern, aber auch die bereits angegriffenen und dem Klima mehr oder weniger angepaßten Verbindungen erliegen fortgesetzt Umbildungen, da die Gleichgewichte sich ändern. Jeder Wechsel in der Zusammensetzung der sich im Gestein bewegenden schwachen Salzlösungen führt dazu, neue Gleichgewichte zu schaffen.

Ans den entwickelten Anschauungen ergibt sich folgende; allgemeingültige Definition für die Vorgänge der Verwitterung:

Die chemische Verwitterung umfaßt alle chemischen Umsetzungen, welche an der Erdoberfläche und in mäßigen Erdtiefen vorhandene feste Körper in die unter den herrschenden äußeren Bedingungen beständigsten (stabilsten) Verbindungen überführen.

Es ist nun zu untersuchen, welche Stoffe es sind, die „verwitternd“ wirken. Man kommt leicht zu der Auffassung, daß alle vorhandenen, chemisch wirksamen Bestandteile daran teilnehmen müssen; das ist auch unzweifelhaft der Fall. Allgemein verbreitete, verwitternd wirkende Verbindungen sind Wasser und Kohlensäure. (Sauerstoff tritt nur für den Abbau organischer Stoffe und für die Oxydation einzelner Metallverbindungen [Eisenoxydul, Manganoxydul, Sulfide] in Wirkung und braucht hier nicht berücksichtigt zu werden.)

Um zum Verständnis des Anteils zu kommen, den diese beiden Körper an der Verwitterung haben, mag es gestattet sein, ihre Eigenschaften zu behandeln und einige allgemeine chemische Bemerkungen vorzuschicken; für den ersten Angriff der Verwitterung kommen vorwiegend Wasser und wässrige Lösungen in Betracht.

Allgemein bekannt ist, daß man in Lösung befindliche Stoffe als mehr oder weniger in kleinere Einheiten, in Ionen, gespalten betrachtet. Die Ionen verhalten sich wie Elektrizitätsverbindungen, sie enthalten je nach ihren Eigenschaften eine bestimmte Menge

positiver oder negativer Elektrizität. In den Lösungen ist die Elektrizitätsmenge der vorhandenen Ionen verschiedenen Vorzeichens gleich. Die chemische Wirksamkeit der Ionen ist um so stärker, je mehr Ionen in der Volumeneinheit der Flüssigkeit vorhanden sind (es entspricht dies im wesentlichen dem Begriff ihrer „aktiven Masse“). Erfahrungsgemäß sind die freien Wasserstoffionen (H^+) und die Hydroxylionen (OH^-) chemisch sehr stark wirksam. Die Verbindungen, welche Wasserstoffionen liefern, bezeichnet man als Säuren, Hydroxylionen liefernde als Basen.

Säurewirkung: Die zumeist herrschende Auffassung sieht als grundlegenden Vorgang der Verwitterung die zersetzende Einwirkung der Kohlensäure auf die Silikate an. Die Grundzüge der BISCHOFF'schen Verwitterungslehre lassen sich in den Sätzen zusammenfassen: Die Kohlensäure ist in wässriger Lösung eine stärkere Säure als die Kieselsäure, sie verdrängt daher in den Silikaten die Kieselsäure und bildet mit Alkalien, alkalischen Erden und Erden Carbonate. Eisenoxyd, welches kein erhaltungsfähiges Carbonat liefert, scheidet sich ab, Aluminium bleibt als wasserhaltiges Silikat erhalten. Kalksilikate werden durch Kohlensäure zersetzt, wasserhaltige Magnesiumsilikate sind gegen sie widerstandsfähig. Diese Sätze geben ein einfaches Bild des Verlaufs der wichtigsten Verwitterungsvorgänge, es fragt sich nur, ob die ihnen zugrunde liegende Vorstellung sich mit dem Stande der chemischen Erfahrungen im Einklang befindet. Die Voraussetzung der ganzen Auffassung gründet sich auf die verschiedene „Stärke“ der Säuren und auf die chemische „Affinität“ der einzelnen Stoffe; es ist daher notwendig, sich über diese Grundlagen zu verständigen.

Die einzige zurzeit haltbare Definition einer Säure ist: Säuren sind Verbindungen, die Wasserstoffionen liefern. Die Säurewirkung ist die Wirkung der vorhandenen freien Wasserstoffionen und deshalb unabhängig von den positiv geladenen Ionen und wird allein bestimmt von der in der Volumeneinheit vorhandenen Menge Wasserstoffionen (Wasserstoffionen-Konzentration¹). Die verschiedensten Säuren (Schwefelsäure,

¹ Die Wasserstoffionenkonzentration ergibt vielfach sehr kleine Werte; aus Zweckmäßigkeitsgründen drückt man sie nicht in absoluten Werten, sondern in den Logarithmen der Volumina (Liter) aus, die je 1 g Wasserstoffionen enthalten und bezeichnet den so erhaltenen „Wasserstoffexponenten“ durch das Zeichen P_H . Da in jeder wässrigen Lösung das Produkt Wasserstoffionen \times Hydroxylionen konstant ist, so ist der Wasserstoffexponent zugleich ein Maßstab für die Hydroxylionenkonzentration. $P_H = 7$ entspricht neutraler Reaktion, Zahlen unter 7 gelten für saure, über 7 für alkalische Reaktionen.

Kohlensäure usw.) haben bei gleichem Gehalt an Wasserstoffionen in der Volleinheit die gleiche Säurewirkung.

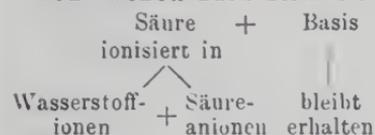
Die Stärke einer Säure (oder Base) ist ein Ausdruck für den Zerfall dieser Verbindung in Ionen (Ionisierungsgrad). „Starke“ Säuren sind bereits bei hoher Konzentration weitgehend gespalten, „schwache“ Säuren erreichen den gleichen Zerfall erst in sehr verdünnten Lösungen.

„Säurewirkung“ und „Stärke der Säuren“ sind also zwei ganz verschiedene Begriffe, die miteinander nur soweit zu tun haben als starke Säuren bei gleicher Konzentration mehr Wasserstoffionen enthalten als schwache.

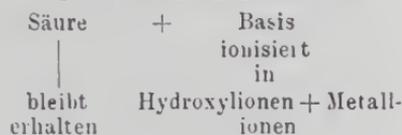
Mit der Stärke der Säuren steht ferner in Beziehung der Grad der Hydrolysierbarkeit der Salze. Starke Säuren liefern mit starken Basen „Neutralsalze“, während starke Säuren mit schwachen Basen „sauer“ reagierende Salze, starke Basen mit schwachen Säuren in Lösung „alkalisch“ reagierende Salze bilden. Die hydrolytischen Zerfallprodukte verhalten sich in Lösungen nach den selbständigen Eigenschaften der Bestandteile, sie werden weiter in Ionen gespalten. Ein Schema mag den Vorgang erläutern:

Hydrolytische Spaltung.

I. Salz einer starken Säure und schwachen Basis zerfällt in



II. Salz einer schwachen Säure und starken Basis zerfällt in



Schwache und starke Säuren und Alkalien unterscheiden sich in ihrer chemischen Wirksamkeit dadurch, daß die saure oder basische Wirkung mit dem Verbrauch der vorhandenen Ionen zu Ende geht, da nicht in Ionen gespaltenen Moleküle kaum vorhanden sind. Schwache Verbindungen liefern dagegen durch weiteren Zerfall von Molekülen fortgesetzt kleine Mengen von Wasserstoff- oder Hydroxylionen. Die Wirkung der „starken“ Verbindungen ist daher bei gleichem äquivalenten Gehalte in der Lösung kräftig, aber nicht anhaltend, bei „schwachen“ Verbindungen gering, aber längere Zeit anhaltend.

Ein zweiter Vorgang, welcher Säuren wie Basen die Eigenschaften schwacher Verbindungen erteilt, ist geringe Beständigkeit. In den meisten Fällen tritt Zerfall in Wasser und ein nicht ionisierendes Molekül ein ($\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$; $\text{H}_2\text{SiO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$; $\text{NH}_4\text{OH} = \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3$).

Für die Vorgänge der Verwitterung ist dies Verhalten von grundlegender Bedeutung, da die beiden vorwiegend in Betracht kommenden Säuren (Kohlensäure und Kieselsäure) es zeigen.

Kohlensäuren. Die physikalischen Konstanten der Kohlensäuren sind noch nicht genau bekannt, besonders gilt dies für die eigentliche Kohlensäure ($H_2CO_3 = H'H + CO_3''$). In chemischen Kreisen war man geneigt, dieser Verbindung weitgehenden Ionenzerfall und damit die Eigenschaften „starker“ Säuren beizulegen, sie wohl sogar den starken Mineralsäuren nahe zu stellen. Dagegen sprach die Hydrolysierbarkeit ihrer Salze. Es ist anzunehmen, daß Kohlensäure eine mittelstarke Säure ist, die den starken Mineralsäuren erheblich nachsteht, jedoch beträchtlich stärker ist, als die organischen Säuren. Wenn die Kohlensäure, also die Säure der eigentlichen Carbonate, trotzdem in typischer Weise die Eigenschaften einer „schwachen“ Säure zeigt, so beruht das nicht auf ihrer „chemischen“ Stärke, sondern auf ihrer geringen Beständigkeit, da sie unter den herrschenden Verhältnissen fast vollständig in Wasser und Kohlendioxyd zerfällt,



nur verschwindende Mengen der Säure bleiben erhalten.

Viel größere Bedeutung für die Verwitterung haben die Eigenschaften der einbasischen Kohlensäure der Hydrocarbonsäure oder Wasserstoffkohlensäure, die Säure der „sauren“ kohlensauren Salze, der Bicarbonate; sie entspricht der ersten Ionisationsstufe von H_2CO_3 :



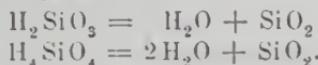
ihre Salze unterscheiden sich durch größere Löslichkeit von den Carbonaten, die nur mit Alkalien verbunden löslich sind.

Die Hydrokohlensäure ist ebenfalls unter den in der Natur herrschenden Verhältnissen instabil, sie ist nur erhaltungsfähig, wenn ein Überschuß von Kohlendioxyd in der Lösung vorhanden ist, sonst zerfällt sie in Wasser und Kohlendioxyd.

Die Säurewirkung der Kohlensäure ist infolge ihrer Unbeständigkeit sehr gering und steigert sich auch nur wenig, wenn ein großer Überschuß von Kohlendioxyd vorhanden ist. Die Absorption von Kohlendioxyd in Wasser ist von dem Teildruck in der umgebenden Luft abhängig; selbst sehr starke Erhöhungen des Druckes wirken auf Zersetzung von Silikaten nur unbedeutend ein. Die Versuche von SICHA¹, der in versilberten Eisenflaschen kohlensaures Wasser auf Silikate einwirken ließ, zeigen nur kleine Unterschiede in der Angreifbarkeit verschiedener Silikate zwischen 1—50 Atm. CO_2 -Druck. Die Annahme, daß höherer Kohlendioxydgehalt der Luft tieferer Erdschichten die Verwitterung durch gesteigerte Säurewirkung erhöhe, hat daher wenig Wahrscheinlichkeit für sich, wohl aber kann die verstärkte lösende Kraft des an Kohlendioxyd reicheren Wassers erheblichen Einfluß gewinnen.

¹ Dissert. Leipzig 1891.

Kieselsäuren. Die Sauerstoffverbindungen des Siliciums bieten der chemischen Forschung ungewöhnliche Schwierigkeiten. Die Erfahrung lehrt, daß freie Kieselsäure ganz unbeständig ist und sofort so gut wie vollständig in Wasser und Siliciumdioxid zerfällt. Geht man von Salzen der einfachst zusammengesetzten Kieselsäuren $M_2^1SiO_3$ (Metasilikate) und $M_4^1SiO_4$ (Orthosilikate) aus, so zerfallen sie beim Freiwerden:



Der gleiche Vorgang, welcher der Kohlensäure die Eigenschaften einer schwachen Säure verleiht, tritt bei den Silikaten in noch schärferer Weise hervor. Die Beständigkeit der Kieselsäuren ist so gering, daß sich kein Gehalt an freien Wasserstoffionen nachweisen läßt, sie also nicht sauer reagieren.

Hydrolyse und Kohlensäureeinwirkung auf Silikate. Das Wasser ist sehr wenig in Ionen gespalten, in 10 Millionen Liter sind 18 g freie Ionen vorhanden¹. Die kräftige chemische Wirkung dieser sehr kleinen Ionenmengen auf die Zersetzung der Silikate beruht darauf, daß durch Zerfall der Kieselsäure in Wasser und Siliciumdioxid die Säurewirkung der Wasserstoffionen aus dem System ausscheidet, während die alkalischen Wirkungen nicht nur voll erhalten bleiben, sondern sich durch Zurückdrängen der freien Wasserstoffionen (entsprechend der Konstanz des Produktes aus Wasserstoff \times Hydroxylionen) noch weiter steigern. Daß dies wirklich der Fall ist, ergeben zahlreiche Erfahrungen. Wasserglaslösungen verhalten sich annähernd wie Lösungen von Ätzkali oder Ätznatron. Silikate wie Orthoklas usw. widerstehen dem Angriff starker Säuren (die Fluorwirkung beruht auf anderen Gleichgewichten), werden aber durch alkalische Lösungen angegriffen und endlich völlig zersetzt. Silikatpulver befeuchtet, geben alkalische Reaktion. Beim Mahlen von Orthoklas für die Porzellanfabrikation

¹ Wasser zerfällt in Wasserstoff- und Hydroxylionen ($H_2O = H^+ + OH^-$), es übt daher sowohl saure wie alkalische Wirkungen aus. Die Spaltung des Wassers in Ionen entspricht einem Gleichgewichtszustande, so daß die Menge der vorhandenen Wasserstoffionen mit der Menge der Hydroxylionen multipliziert eine Konstante ($K = 1,7 \times 10^{-14}$) ergibt. Vermehrt man willkürlich eine Ionenart in der Lösung (etwa durch Zusatz einer Säure die H-Ionen, oder durch eine Base die OH-Ionen), so vereinigen sich Wasserstoff- und Hydroxylionen so lange zu Wasser, bis in der Lösung das Produkt der beiden Ionenmengen wieder = K wird. Zugabe von Säuren führt also zur Abnahme des aus dem Wasser stammenden Gehaltes an Hydroxylionen, von Basen der Wasserstoffionen. Alle wässrigen Lösungen, selbst die der stärksten Säuren und Basen, enthalten daher sowohl freie Wasserstoff- wie Hydroxylionen in einem bestimmten Verhältnis zu der jedesmal vorhandenen Gesamtkonzentration an beiden Ionenarten.

hat man Trockenmahlung anwenden müssen, da Feuchtmahlen stark alkalische Laugen liefert. Diese Beispiele ließen sich noch weiter vermehren; man ist daher zur Annahme berechtigt, daß die Silikatzersetzung vorwiegend durch Angriff der Hydroxylionen bewirkt wird.

Bei der Verwitterung frei werdende Basen werden von den beim Zerfall der Silikate entstehenden amorphen Stoffen durch Adsorption gebunden oder treten in chemische Verbindungen ein. Es kann auffallen, daß Bestandteile, welche beim Zerfall vorhandener Moleküle ausgeschieden werden, mit zugleich entstandenen Zersetzungsprodukten zu reagieren vermögen. Der Grund ist in der Erhaltungsfähigkeit der Verbindungen zu suchen. Die Silikate der meisten Gesteine sind als Ergebnisse abweichender Gleichgewichtszustände wenig stabil, die neugebildeten Verbindungen entsprechen den herrschenden Verhältnissen. Der Angriff durch Kohlensäure führt die Silikate in Carbonate und Kieselsäure über. Die Kieselsäuren zerfallen in Wasser und Siliciumdioxid. Die Carbonate scheiden sich unlöslich ab und scheiden dadurch aus dem System aus oder sie bilden leicht hydrolysierbare Salze, die sich wie schwache Alkalilösungen verhalten, d. h. freie Hydroxylionen führen. Also auch bei der Verwitterung durch Kohlensäure herrscht die Wirkung der Hydroxylionen vor.

Es lassen sich diese Beziehungen in chemische Formeln fassen. Geht man von einem Natriummetasilikat Na_2SiO_3 aus, so ergeben sich folgende Beziehungen:

1. Hydrolyse: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SiO}_3$.
 H_2SiO_3 zerfällt in Siliciumdioxid und Wasser, zurück bleiben 2NaOH .
2. Kohlensäure auf Natriummetasilikat. $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{H}_2\text{CO}_3 = \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3$.

Die Kieselsäure zerfällt; das Natriumcarbonat hydrolysiert mit Wasser zu $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{CO}_3$, so daß durch Zerfall der Kohlensäure in $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ auch hier die alkalische Komponente hervortritt. Die folgenden Schaubilder zeigen diese Beziehungen übersichtlich.

I.		II.		III.
Hydrolyse		Carbonatwirkung		Hydrocarbonatw.
Na_2SiO_3		Na_2SiO_3		Na_2SiO_3
$\text{OH}' + \text{H}'$		$\text{CO}_3'' + \text{H}' + \text{H}'$		$\text{CO}_3\text{H} - \text{H}$
$\text{OH}' + \text{H}'$		$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3$		$\text{CO}_3\text{H} - \text{H}$
$2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SiO}_3$		$+ 2\text{OH}' + 2\text{H}'$		$2\text{NaHCO}_3 + \text{H}_2\text{SiO}_3$
		$2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{CO}_3$		
ionisiert	zerfällt			zerfällt in
in	in	ionisiert	ionis. u zerf.	$\text{H}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{CO}_3$
$2\text{Na}' + \text{OH}'$	$\text{H}_2\text{O} + \text{SiO}_2$	in	endlich in	(wie II.)
		$2(\text{Na}' + \text{OH}')$	$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	

Hydrolyse wie Kohlensäureangriff führen daher zur Wirkung des Hydroxylions, welches als vorherrschendes Werkzeug der Silikatzersetzung zu betrachten ist. Die Meinungsverschiedenheit, ob Hydrolyse oder Kohlensäurewirkung die Silikatverwitterung beherrsche, löst sich daher in der höheren Einheit, daß beide zum gleichen Ergebnis führen. Die Silikatverwitterung ist wesentlich Hydroxylionenverwitterung, sie bekommt ihren Charakter durch Ausschalten des Wasserstoffions, infolge Zerfalles der Kieselsäure wie der Kohlensäure in Wasser und Dioxide¹.

Salzlösungen. Der weitere Verlauf der Verwitterung ist noch sehr unvollkommen bekannt. Der Einfluß wechselnder Temperaturen trifft nur die obersten Bodenschichten. Die Grenze der täglichen Temperaturschwankungen reicht nicht über Metertiefe, der jährlichen Schwankungen in den Tropen 4—6 m; in gemäßigten Gegenden werden die Schwankungen unter 10 m Tiefe sehr unbedeutend. Die allgemeine Temperaturwirkung bei der Verwitterung beruht weniger auf Steigerung der Salzlöslichkeit bei höherer Temperatur als auf stärkerer Ionisierung des Wassers, die in Tropengebiete etwa doppelt so hoch ist als in gemäßigten Gegenden, und auf der in niederen Breiten während des ganzen Jahres gleichmäßigen Temperatur. Bereits einige Meter unter der Erdoberfläche wird der Temperatureinfluß auf die Verwitterung für jede Erdschicht praktisch konstant. Er steigt mit größerer Tiefe langsam an, aber erst bei recht erheblichen Abständen kann sich das in den herrschenden chemischen Gleichgewichten bemerkbar machen, so daß man den Unterschied der Temperaturen zwar für die Geschwindigkeit der gesamten Verwitterungsvorgänge einsetzen kann, nicht aber für Änderungen der örtlich herrschenden Gleichgewichte. (Schluß folgt.)

¹ Der Unterschied der Säuren, deren Anionen durch Zerfall in Wasser und chemisch ganz oder fast unwirksame Hydroxyde aus den herrschenden Gleichgewichten ausgeschieden werden, gegenüber solchen Säuren und Salzen, bei denen sie im System verbleiben, hat praktische Bedeutung für die Mineraldüngung unserer Felder, besonders tritt dies bei Anwendung von Kalidüngern hervor, deren Anionen (Chlor und Schwefelsäure) im Boden verbleiben und zu weitgehenden Umsetzungen, zumal Bildung löslicher Kalksalze Veranlassung geben. Verf. hat übrigens in seinem Kolleg bei Behandlung der Mineraldünger seit Jahren diesen Unterschied zwischen den beiden Säuregruppen scharf hervorgehoben und darauf hingewiesen, daß die Erhaltung der neutralen oder schwach alkalischen Reaktion der Böden überhaupt nur durch die Ausschaltung der Säurewirkung durch Zerfall der beiden im Boden vorherrschenden Säuren verständlich ist.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1921

Band/Volume: [1921](#)

Autor(en)/Author(s): Ramann E.

Artikel/Article: [Kohlensäure und Hydrolyse bei der Verwitterung. 233-241](#)