

Die Verwitterung.

Von

Professor Dr. Wilhelm Graf zu Leiningen-Westerburg.

Vortrag, gehalten den 4. Dezember 1912.

(Mit 18 Abbildungen.)



Eine Erscheinung, die uns auch im täglichen Leben häufig genug beschäftigt und uns in der einen oder anderen Form entgegen tritt, ist die Verwitterung.

Fast alles, was ich darüber mitzuteilen die Ehre haben werde, können wir innerhalb der Grenzen der Monarchie beobachten; wir brauchen höchstens noch Exkursionen in befreundete Nachbarstaaten, nach Deutschland und Italien, zu unternehmen; so ist es mir auch möglich, meine Ausführungen auf Bildern aufzubauen, die ich fast ausnahmslos selbst in diesen Gebieten aufgenommen habe.

Die Verwitterung ist der mächtigste Faktor, welcher auf die Oberfläche, auf das Antlitz der Erde einwirkt. In dem Stadium, in welchem sich der Erdball jetzt befindet, würde er, abgesehen von Umbildungen, welche seine Kruste durch Hebungen und Senkungen erfährt, wohl wenig Veränderungen mehr ausgesetzt sein, wenn nicht äußere Kräfte auf ihn wirken würden, Kräfte, die wir unter der Bezeichnung „Verwitterung“ zusammenfassen. Dieser vermag keine Gestein, auch nicht das härteste, auf die Dauer zu widerstehen.

Zum Teile sind manche Schichten der Erde selbst schon uralte Verwitterungsprodukte, die bereits in den

frühesten geologischen Zeitabschnitten aus vorhandenem Urgestein gebildet wurden. So sind schon aus den ältesten Erstarrungsgesteinen des Erdkörpers Sedimente, Absätze gebildet worden, sowie sich nach genügender Abkühlung eine Atmosphäre um den Erdball herum gebildet hatte. — Die Atmosphäre war von Anbeginn die Trägerin aller Verwitterungskräfte und wir haben in den Sedimentärsteinen, in Kalk-, Sand- und Tongesteinen, das Resultat all der Angriffe, welche die Atmosphäre selbst und ihre flüssigen und festen Ausscheidungen, nämlich Wasser und Eis, in früheren Erdperioden auf die Erdkruste unternommen haben. Auch heute dauert die Verwitterung noch fort und sie wird so lange nicht zum Stillstand kommen, als bis die Sonne aufhört, Bewegung in die Luft-, Wasser- und Eismeere zu bringen. Die Verwitterung ist also indirekt abhängig von den Wärmemengen, welche die Sonne spendet. Bleiben die Sonnenstrahlen dereinst aus, so wird das Angesicht der Erde in starre Ruhe versinken, bis große kosmische Veränderungen diesen Gleichgewichtszustand stören.

Abgesehen von den atmosphärischen Wirkungen, von Wasser und Eis, kommen für die Verwitterung noch die Organismen in Betracht; diese haben natürlich erst ihre Tätigkeit entfalten können, seit die Besiedelung der Erde durch organische Lebewesen möglich ist, also erst seit verhältnismäßig jungen Erdperioden.

Wie wir schon angedeutet haben, ist das Resultat der Verwitterung keineswegs etwa nur eine Zerstörung und Abtragung der Erdhülle, sondern es werden auch

mannigfache Gebilde geschaffen, neue Schichten und Gebilde entstehen und durch die Kräfte der Verwitterung immer wieder fruchtbar gemacht, vermag die Erde sich stets aufs neue mit frischem Grün zu überziehen. So sind auch wir Menschen von den Veränderungen abhängig, welche die Verwitterung an der Erde hervorruft.

Wenn auch bei der Verwitterung in der Regel mehrere Ursachen gleichzeitig wirksam sind, so können wir doch wenigstens einigermaßen eine Scheidung derselben nach großen Gesichtspunkten vornehmen.

Was die verwitternde Wirksamkeit der Atmosphäre betrifft, übergehe ich zunächst ihre chemischen Wirkungen; zwar ist in ihr ein mächtiges Agens, die Kohlensäure, in ungeheuren Mengen enthalten, doch kommt die Kraft der letzteren nicht unmittelbar zur Geltung. Die Kohlensäure wirkt vielmehr gelöst in den Niederschlägen verwitternd. Und auch diese, Regen und Schnee, entstammen ja ursprünglich der Lufthülle der Erde, sie sind darin als Gas, in der Form von Wasserdampf in riesigen Mengen enthalten.

Von Bedeutung ist die Atmosphäre zunächst als Vermittlerin der Sonnenwärme, die ja bei allen Verwitterungsvorgängen eine Rolle spielt. Durch die Temperaturerhöhungen, welche unmittelbar auf die Gesteine einwirken, werden Spannungen erzeugt, die schließlich zum Zerspringen von mächtigen Felsen führen. Dies wird natürlich am deutlichsten in warmen Gegenden zum Ausdruck kommen, vor allen in den Wüsten, wo Temperaturen bis zu etwa 80°C an Gesteinen beobachtet wurden.

Die Atmosphäre nimmt aber auch alle Wärmeausstrahlungen des Erdkörpers wieder auf; kühlen sich hierbei die Gesteine sehr ab, so ruft auch dies in ihnen wieder Spannungen hervor, welche endlich zur Auslösung gelangen und eine Zertrümmerung von Felsblöcken verursachen; letzteres wird sich besonders in kühlen Gegenden, im Norden und im Hochgebirge äußern.

Es sind das also klimatische Verschiedenheiten, die aber in diesem Falle eine gleiche Wirkung hervorrufen. Sonst machen wir aber bei der Verwitterung die Erfahrung, daß gerade die Ungleichartigkeit des Klimas der einzelnen Zonen auch die Verwitterungsvorgänge sehr umzugestalten vermag.

Durch Sonnenwärme kommt Bewegung in die Atmosphäre, die sich in Wind und Sturm äußert. Hiedurch können nur kleinere Gesteinsteilchen, Sand oder Kiesel fortgeblasen, transportiert werden. Einerseits wird so darunter liegendes, noch unverwittertes Gestein seiner schützenden Hülle beraubt und der Verwitterung zugänglich gemacht. Dies trifft insbesondere für Berggipfel zu; selten nur findet der Alpenwanderer dort Staub oder feineren Gesteinsschutt, alles wird ja bald vom Winde weggeweht.

Andererseits aber wirkt das Luftmeer mittelbar durch Sand und Staub, den es fortbewegt, auf alles ein, was sich hindernd entgegenstellt. Felswände werden abpoliert, Leisten oder Höhlen herausmodelliert, wo die Gesteine ungleich hart sind, in weichem Gesteine ganze Täler ausgeblasen. So arbeitet der Wind gleich einen Sandstrahl-

gebläse zerkleinernd und vernichtend und doch wieder schaffend. Durch Sandschliff nämlich entstehen die sogenannten Kantengerölle (sandcuttings), unter denen sich häufig die bekannten Dreikanter finden. Diese verdanken der Bruchform des Gesteins, nicht, wie man früher glaubte, dem Angriff des Sandes aus den drei Hauptwindrichtungen ihre Form.

Am stärksten wird die Windwirkung in großen Ebenen sein, in vegetationsarmen Gegenden, in Wüsten und Steppen, wo der Wind ungehindert seine volle Kraft entwickeln kann, und endlich auch am Meeresstrande.

Das Resultat des Transportes durch bewegte Luft ist, wenn es sich um feinkörniges, staubartiges Material handelt, die Ablagerung von Löß, einer außerordentlich fruchtbaren Bodenart, deren Vorkommen in China besonders bekannt ist.

Wird Sand (in Körnern bis zu 7 mm Durchmesser) verweht, so entstehen Flugsande und Dünen, Gebilde, welche wandern und Verschüttungen hervorrufen. Dünen sind nicht an die Meeresküste gebunden, sondern entstehen auch im Binnenlande. Besonders nach den Eiszeiten wehten heftige Stürme und verursachten im norddeutschen Flachlande, in Nordbayern und Böhmen große, vielfach bogenförmig ausgebildete Dünen, die oft deutliche Schichtung aufweisen.

Dünen müssen, um ihre verheerende Wirkung hintanzuhalten, wenn sie z. B. gegen Dörfer oder Wälder weiterwandern (Fig. 1), durch Bepflanzung festgelegt werden, was durch Grasarten (*Ammophila arenaria*, Strand-

hafer, *Carex arenaria*, Strandsegge) eingeleitet wird. Durch mühsame und kostspielige Anforstung wird die Festlegung der Dünen vollendet, besonders eignet sich hierzu die Bergkiefer (Latsche).

Die äolische Abtragung und die erwähnten Ablagerungen Löß und Dünen treten mehr lokal auf. Sie dauern schon seit frühen Erdperioden an, was man z. B. an Sandsteinen ersehen kann, die aus Sandanwehungen vergangener Erdalter entstanden sind. Solche Gesteine weisen ausgesprochene Schichtung auf, genau wie dies bei Dünen der Fall ist. Der Quadersandstein in der Sächsischen Schweiz läßt dies mitunter sehr gut erkennen.

Von universeller Bedeutung sind die Wirkungen, welche die Lufthülle als Trägerin der sogenannten Atmosphärien hervorbringt.

Zu diesen gehört in erster Linie der in der Luft enthaltene Wasserdampf, d. h. Wasser in gasförmigem Zustande.

Dadurch, daß mit Wasserdampf gesättigte, feuchte Luft in Berührung mit verhältnismäßig kühlen Gesteinen Tauniederschläge veranlaßt, werden die Felsen häufig befeuchtet, was nicht wenig zu ihrer Verwitterung beiträgt. Feuchtigkeit wirkt bekanntlich zersetzend und auflösend und die Tauwirkung findet oft bis tief in das Innere poröser Gesteine statt.

Stärker noch als der Tau fallen die anderen Niederschlagserscheinungen, Regen und Schnee, sowie beide auch in Eis umgewandelt, ins Gewicht.

Besondere Kraft auf die Gesteine äußert das Wasser beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand, beim Gefrieren.

Verwandelt sich Wasser in Eis, so dehnt es sich rund um $\frac{1}{11}$ seines Volumens aus. Falls es in enge Spalten und Hohlräumen von Gestein eingeschlossen ist und Frost eintritt, so muß es infolge der Temperaturerniedrigung natürlich auch hier gefrieren und sprengt dabei durch seine Ausdehnung selbst den härtesten Fels. So werden überall, wo es häufig gefriert, ungeheure Mengen Gesteins losgebrochen oder doch gelockert. Je poröser oder plattiger eine Felsart ist, um so mehr wird sie durch den Spaltenfrost zerklüftet. Daß die Gewalt, welche sich beim Gefrieren des Wassers äußert, tatsächlich eine sehr erhebliche ist, können wir an einem Versuche ansehen, den wir mit einer starkwandigen eisernen Bombe anstellen. Wir füllen diese mit Wasser, verschließen sie fest mit einem Gewinde und legen sie in eine Kältemischung, hergestellt aus Eis und Kochsalz. Wenn das Wasser in der Bombe durch die Temperaturerniedrigung gefrieren muß, dehnt es sich aus und sprengt die eiserne Umhüllung.

Von den Niederschlägen wirkt im Hochgebirge und in polaren Gegenden vor allem der Schnee, allerdings indirekt, als Verwitterungsfaktor. In solchen Gegenden verfestigen sich die Schneemassen sehr bald zu Eis und bilden im Hochgebirge Gletscher, in den subpolaren Zonen Inlandeis; durch letzteres werden noch viel ausgedehntere Gebiete mit Eis überzogen als durch die verhältnismäßig

kleinen Gletscher der Alpen. Das Inlandeis spielte seine größte Rolle in den Eiszeiten, heute kommt es hauptsächlich noch im subpolaren Gebiete vor und bedeckt dort gewaltige Landflächen.

In den genannten beiden Formen wirkt das Eis als Transportmittel. Beim Vorrücken, das durch sein hohes Gewicht verursacht wird, schafft es viel Gestein von seinem Ursprungsgebiete fort, trägt es hinaus und lagert es beim Abschmelzen als Moränen ab, welche oft als ungeheure Wälle ausgebildet und bogenförmig ausgestaltet sind. Dies kommt davon, daß das Eis meist in Zungenform vorstößt und am Ende die Gesteinstrümmen ausapern.

Große Blöcke, mitunter Tausende von Zentnern schwer, werden durch Eis weithin verfrachtet und bleiben endlich als erratische Blöcke, Findlinge, liegen. Besonders hat dieser Vorgang in den Eiszeiten stattgefunden.

Aber auch zerkleinertes Gestein, Schutt, Sand und Lehm wurde in den Eiszeiten durch das Inlandeis von Skandinavien nach Süden gebracht und solche Moränenwälle sind noch bis in der Gegend von Leipzig und in Oberschlesien wahrzunehmen. Bogenmoränen geben oft Anlaß zur Seenbildung, indem sie später das Wasser anstauen, was wir sowohl in den Voralpen als in der Ebene, z. B. im norddeutschen Diluvium antreffen.

Der aus Sand, Lehm und Steinen bestehende Diluviallehm hat erst im Eise selbst seine jetzige Beschaffenheit angenommen, die Zerkleinerung erlitten und ist eine sehr fruchtbare Bodenart geworden, die sich für Wald- und Ackerbau gleich gut eignet. Seine Entstehung läßt sich

an den Gletschern der Alpen, die ziemliche Analogien aufweisen, verfolgen.

Wo Gletscher vorrücken, werden sie durch ihr ungeheures Gewicht auch auf den Gesteinsuntergrund einwirken. Das Gletschereis ist oft massenhaft mit hineingefallenen und mitgenommenen Mineralteilen durchsetzt. Wenn nun diese auf den Grund des Eises geraten und auf die Felsunterlage zu liegen kommen, so werden sie daran kratzen und schleifen. Das Eis allein würde am harten Felsgrund allerdings keine Eindrücke hervorrufen; aber die eingefrorenen Gesteine arbeiten gleich einem scharfen Meißel oder Hobel und lassen auf der Unterlage durch Kritzer und Rinnen noch nach Jahrtausenden Weg und Richtung erkennen, welche das Eis genommen hat. So entstehen die Gletscherschliffe.

Die scheuernde Wirkung, welche das Eis mit Hilfe eingefrorenen Gesteinsmaterials auf anstehendem Fels hervorruft, macht sich nach dem Abschmelzen sehr deutlich im Landschaftsbilde bemerkbar in den sogenannten Rundhöckern; die Felsen haben eine Politur erlitten und dadurch alle scharfen Kanten verloren; selbst ganze Gebirgsstöcke weisen rundliche Formen auf, wie wir das in Tirol und in der Schweiz so oft beobachten können. (Fig. 2.)

Die Gletscher erweitern auch Täler, in denen sie vorwärts gleiten, indem sie an den Talwänden scheuern, und zwar wiederum mit Hilfe eingeschlossener Geschiebe; daß sie aber Täler auszufurchen vermögen, ohne daß vorher schon ein Sprung, eine Spalte im Gebirge vorhanden wäre, ist unwahrscheinlich.

Die im Gletschereis eingebackenen Felsstücke werden, angepreßt an das steinerne Bett des Gletschers, auch selbst gekritz und geschliffen. Wenn sie nun öfters die Lage wechseln; so erhalten sie mehrere Schliffflächen, die dann aneinandergrenzend Facetten bilden; man nennt sie Facettengeschiebe, von denen auch einige charakteristische Exemplare ausgestellt sind; man darf dieselben nicht verwechseln mit den durch Sand geschliffenen schon erwähnten Gesteinen.

Wo die Abflüsse der oberflächlich abschmelzenden Gletscher durch Eisspalten wie durch einen Schacht hinunterstürzen und auf festes Gestein treffen, wirken sie durch mitgeführten Sand aushöhlend selbst auf ganz harte Gesteine wie Granit, noch mehr auf Kalk. Es entstehen die Riesentöpfe oder Gletschermühlen. Diese Strudellöcher kann man in Gebieten früherer Vergletscherungen häufig beobachten. Sie haben oft nur einen halben Meter Durchmesser, mitunter aber sind sie viel größer. Daß bei ihrer Entstehung sogenannte Reibsteine von kugelartiger Gestalt tätig gewesen wären, ist nicht anzunehmen, obwohl im Gletschergarten von Luzern sogar ein diesbezügliches Modell einer Gletschermühle gezeigt wird, das aber von unrichtigen Voraussetzungen ausgeht. Der Anprall des Wassers, das viel Sand und kleine Steinchen mitführt, genügt allein schon, um tiefe Löcher in den Fels zu bohren, die Mahlsteine sind wohl stets erst später in die Gletschertöpfe gefallen.

Gletscherwasser, nach seiner milchweißen Trübung „Gletschermilch“ genannt, führt aus dem Eise, wie schon

erwähnt, Sand und Schlamm mit, soviel davon eben ausapert, trägt ihn hinaus ins Vorland und füllt dort mitunter große Mulden und Becken damit aus. Insbesondere aus der Eiszeit sind uns solche Staubeckensande erhalten, die sich durch äußerst feine Zermahlung auszeichnen.

Das sind in kurzen Zügen die Wirkungen des Eises, soweit sie für uns von Bedeutung sind. Daß das Eis in früheren Erdperioden viel stärker auf die Oberfläche der Erde umgestaltend wirkte, habe ich schon angedeutet; in den Eiszeiten war eben seine Verbreitung, vor allem aber seine Mächtigkeit, seine Dicke und damit sein Gewicht ein ungleich erheblicheres als bei den Gletschern, wie sie heute nur noch kleine Teile der Gebirge überziehen.

Die Verwitterungserscheinungen, welche Wasser in flüssigem Zustand hervorruft, sind uns zugänglicher als die Wirkungen des Eises. Der Regen sammelt sich in Wasserläufen: Bächen, Flüssen und Strömen und durch fließendes Wasser werden ungeheure Veränderungen auf der Erde geschaffen, welche alle auf den Grundbegriff „Verwitterung“ zurückzuführen sind und sich in der Abtragung der Festländer äußern. Selbst wenn sich die Ströme im Meere vereinigt haben, wirken die Fluten noch zerstörend und doch wieder aufbauend und durch die Verdunstung der ozeanischen Gewässer ist dafür gesorgt, daß der Prozeß der Verwitterung nie stille steht, solange Sonnenwärme herniederstrahlt; denn sie ist es, welche die Gewässer des Weltmeeres wieder zum Himmel erhebt.

Das strömende Wasser verursacht durch seinen Anprall an feste Körper eine mechanische Tätigkeit. Dabei

arbeitet es entweder durch seine Schwere allein ausfurchend und wegtragend; oder aber das Wasser wirkt mittelbar durch mitgeführte gröbere oder feinere Gesteinspartikel schleifend und zerkleinernd, also ganz ähnlich wie Eis und Wind. Das Endergebnis solcher Arbeit, der Erosion, ist die Einebnung der Erde durch die Abtragung höher gelegener Erdschichten und die Neuschaffung von Ablagerungen, Sedimenten, in den Tiefen.

Die chemische Wirkung des Wassers, soweit man sie überhaupt von der mechanischen Kraft trennen kann, lernen wir später kennen. Wenn der Regen sich auf den vegetationsarmen Gipfeln der Hochgebirge sammelt, schwemmt er von dort große Mengen lockeren, zerfallenen Gesteins herunter; der Spaltenfrost hat den Angriffen des Wassers dort schon vorgearbeitet; so wird das anstehende Gestein stets wieder von dem alten Schutt entblößt und für die Verwitterung werden neue Angriffspunkte geschaffen. Durch Schluchten und Einsenkungen wird besonders im Frühjahr, wenn die Schneeschmelze sehr viel Wasser liefert, das Schuttmaterial zutal gebracht und häuft sich am Fuße der Berge in Halden und Schuttkegeln an, die sich von Jahr zu Jahr vergrößern.

Besonders im Karste ist die Abschwemmung des Bodens sehr stark. Die Niederschläge sind infolge heftiger Gewitter dort oft sehr bedeutend und entblößen das Gestein, die fruchtbare Erde hinwegführend. Baumvegetation wirkt diesem Übelstand einigermaßen, aber oft nicht genügend entgegen und bald ragen die nackten Felsen aus dem immer spärlicher werdenden Boden hervor. (Fig. 3 und 4.)

Nicht nur verwittertes Gestein wird durch Gebirgsbäche abgeschwemmt, im Gebiete von Wildbächen können durch Wasseradern, welche sich in die Steilufer einbohren, sehr leicht die Erdmassen ganzer Abhänge ins Rutschen kommen, und zwar besonders dann, wenn die Steilhänge ihrer Vegetation entblößt worden sind. Eine unvorsichtige Waldwirtschaft kann dies hervorrufen; mit der Entfernung von Schutz- oder Bannwäldern wird dem Boden seine natürliche Festigung genommen, die er in dem Wurzelgeflecht der Bäume hat; ebenso wird durch den Tritt weidender Tiere, vor allem der Rinder die Grasnarbe zerrissen und das Absinken großer Mengen von Erde veranlaßt; besonders fördern starke Regengüsse diese Erscheinungen, da sie die Schuttmassen noch schwerer machen. Der zähe Erdbrei, mit Steinen reich durchmischt, sinkt durch sein Eigengewicht herunter, füllt gleich einem mächtigen Damme die ganze Breite eines Bachrinnsals aus, das seinen Weg kreuzt, und hinter diesem Wehr staut sich der Wildbach zum See; schließlich wird aber der Druck der steigenden Wassermengen zu hoch, der Staudamm bricht plötzlich durch, es stürzt Schlamm, Gestein und Wasser innig vermengt als Mure zutal, in einem Augenblick alles zerstörend, was Widerstand bieten möchte; Ortschaften werden vernichtet, Felder, Wiesen und Wald mit Steinen und Schutt überdeckt und auf Jahre hinaus unfruchtbar. Trotzdem liegen eine große Anzahl von Wohnorten der ackerbautreibenden Bevölkerung in solchen Vermurungsgebieten. Ungeachtet geradezu periodisch eintretender Murgänge will

sich der Gebirgsbewohner nicht von der Scholle trennen; auch ist an dieser Seßhaftigkeit sicher die Erneuerung des Bodens mit schuld, welche die Vermurung als Vorteil mit sich bringt. Sind nämlich nach solchen Katastrophen erst einmal die Steinblöcke aus dem Boden entfernt, so wird der neue Boden auch bald wieder fruchtbar und sogar ertragsreicher als von Muren verschonte Gebiete, die schon seit Jahrhunderten ausgebaut werden. Schutz gegen Vermurung gewährt nur eine sorgfältige Pflege der Wälder, welche die Steilhänge und Ufer der Gebirgsbäche bestocken. Wo solche fehlen, sucht man aufzuforsten, denn die Wurzeln der Bäume, die sich tief im Boden verankern, wirken am meisten dem Absinken von Erdmassen entgegen. Vielfach allerdings muß eine sehr teure Wildbachverbauung angewendet werden, um die Täler vor Schaden zu schützen, technische Maßregeln, welche bei uns in Österreich häufig notwendig sind und mit Meisterschaft ausgeführt werden. Solche Verbauungen vermögen aber niemals den Abtrag der Gebirge zu verhindern, sondern nur in ruhigere Bahnen zu lenken.

Nicht immer wirkt die Erosion zerstörend durch Schutt- und Schlammassen; fließen die Gewässer nicht allzu heftig, so bringen sie nur feineres Material, Sand und viel Schlamm mit sich; setzt sich letzterer bei Überstauungen ruhig ab, so wird er oft zu einer Quelle größter Fruchtbarkeit. Am bekanntesten ist wohl der Nilschlamm.

Wenn durch Erosion Abtragung erfolgt, wirkt diese Naturkraft oft geradezu modellierend. Am schönsten

zeigt sich dies wohl bei der Entstehung der Erdpyramiden. Wo abfließende Gewässer einen Abhang durchschneiden, welcher aus Lehm oder nicht zu grobem Schotter besteht, der einen genügenden Zusammenhang, eine gewisse Festigkeit besitzt, so bleiben zwischen den Wasseradern langgezogene, kulissenartige Erdwälle zurück, die oben einen scharfen Grat tragen; durch ablaufendes Regenwasser zerklüftet sich dann jede Kulisse in eine Anzahl von Kegeln, Erdpyramiden genannt. Manche derselben tragen schützende Decksteine, ja sogar kleine Bäume und erinnern mit ihrer Form an Pilze, andere, und zwar die meisten, besitzen diesen Schutz nicht, sie haben dann eine zuckerhutförmige Gestalt. Zur Entstehung ist jedoch ein Deckstein in keiner Weise notwendig, da die Erdkulissen auch ohne einen derartigen Schutz in einzelne Pyramiden zerfallen (Fig. 5).

Diese Erdpyramiden haben zum Teil eine bedeutende Höhe, die bekannten Vorkommen im Glaziallehm des Rittens bei Bozen sind bis etwa 30 m hoch.

Steigen wir mit einem Gebirgsbache hinab zutal, so müssen wir häufig eine Klamm durchwandern, in der von Fels zu Fels das Wasser hinunterstürzt, wie dies ein Bild aus dem Hinterzillertal zeigt. Auch die Cañons sind durch die Wirkung des fließenden Wassers tief ins Gestein eingesnitten; es wäre aber ein Trugschluß zu glauben, das Wasser allein habe diese Rinnsale in ihrer ganzen Tiefe erodiert, denn in vielen Fällen folgen die Gewässer vorhandenen Spalten, diese nur vertiefend und erweiternd. Die Spalten selbst aber verdanken großen Sprüngen und

Verschiebungen im Gebirge, tektonischen Ursachen, ihr Dasein.

Hiebei mag noch Erwähnung finden, daß breite Täler und Schluchten charakteristisch sind für feuchteres Klima, während in trockenen Gebieten schmale, aber tief einschneidende Schluchten, die erwähnten Cañons ausgebildet werden, die einem dünnen Wasserfaden ihr Dasein verdanken, der die Ränder nicht sehr stark zu erweitern vermag.

Die brausenden Gebirgsgewässer treten nun hinaus in ein weites Tal, sie fließen ruhiger und füllen in diesem Stadium den Talboden immer mehr mit mitgeführtem Schutt auf. Hat das Wasser bisher abtragend, zerstörend gewirkt, so äußert es — Hochwasser ausgenommen — eine aufbauende Tätigkeit. Im Oberlauf bringt das Wasser wohl noch große Blöcke mit sich, allein alle Ecken und Kanten haben sich gegenseitig abgeschliffen, es sind Gerölle entstanden, die mitunter große Ablagerungen hervorrufen. Aber je weiter wir uns vom Ursprung entfernen, um so kleiner werden diese Flußschotter. Insbesondere zur Eiszeit haben solche Schotter oft eine große Mächtigkeit erlangt, wie manche Schotterterrassen zeigen, deren Profil dadurch freigelegt wurde, daß sich in jüngster Zeit wieder Flußtäler in dieselben einbohrten. (Fig. 6.)

Die Flüsse vermögen mit den mitgeführten Geschieben allmählich ganze Seebecken zu verkleinern und endlich auszufüllen. So hat man berechnet, daß ein oberbayerischer See, der Chiemsee, durch die großen Mengen Schutt, welche die Marquartsteiner Ache in ihm hineinträgt, in 5000 Jahren verlandet sein wird.

Der Fluß wird zum Strome und mündet endlich in trägern Laufe ins Meer. Diese Verlangsamung im Unterlaufe bringt dort noch bedeutende Schlammablagerungen mit sich, es entstehen die sogenannten Deltas, die immer mehr anwachsen. Ich erinnere nur an das Nildelta mit seinem außerordentlich fruchtbaren Boden.

Die letzten Anteile mitgeführter fester Stoffe, Schlamm oder höchstens noch Sand sinken nun auf den Grund der Weltmeere, dort neue Sedimente hervorrufend und endlich selbst die tiefsten Tiefen ausfüllend.

So sehen wir einen merkwürdigen Kreislauf in der Natur: Gar manches Sandkörnlein, das heute dem Gipfel eines Berges entführt und in den Ozean geschwemmt wird, war schon einmal in tiefen Meeresfluten begraben. Mit all den Muschelresten, mit Sauriern und Meeresungeheuern war es in eine Schicht eingebacken, die dann durch vulkanische Gewalten zu Bergeshöhe gehoben wurde. Von dort mußte es dann von neuem seine Wanderung zur Tiefe antreten und noch kaum zum letzten Male!

Wie uns die Küsten der Ozeane zeigen, ist auch das Meer selbst an der Zerstörung der Festländer beteiligt. Der Anprall seiner Wassermassen an den Ufern ruft fortwährend Landverluste hervor. Je weicher das Gestein, um so heftiger wird es von den Fluten benagt. So ist die Kreideküste der Insel Rügen nur durch harte Felsblöcke, die als Wellenbrecher wirken, einigermaßen vor den Angriffen der Wellen geschützt; bei Stürmen aber ist die See durch weggeführten Kreideschlamm weithin milchweiß gefärbt.

Ist das Gestein härter, z. B. Kalk oder Dolomit, so beginnt das Meer seine Tätigkeit auf den Klüften und Sprüngen der Felsen, je nach dem Verlaufe derselben verschiedenartig wirkend, wie dies durch die Bilder gezeigt werden kann (Fig. 7). Die zerstörende Gewalt des Meeres ist viel augenfälliger als die schaffende. Die Neubildungen in der Tiefe sind unseren Blicken entzogen; doch beobachten wir in seichtem Küstenwasser Landanschwemmungen, so in den Marschen Frieslands. Allerdings werden dort, um die Anschlickung zu befördern, Bühnen eingebaut und das gewonnene Land muß durch Dämme, sogenannte Deiche, gegen Zerstörungen infolge von Sturmfluten geschützt werden; die Marschen sind Ländereien von unvergleichlicher Fruchtbarkeit.

Die mechanischen Kräfte des Wassers kennen wir nun in ihren Grundzügen. Von physikalischen Eigenschaften wäre nur noch zu erwähnen die Fähigkeit des reinen Wassers, lösliche Stoffe wie Steinsalz oder Gips aufzulösen, was an Gips besonders gut zu beobachten ist durch die eigenartige Modellierung der Ablaufrinnen an Gipsstücken. Durch die Lösung größerer Gipsmassen unter Tag, d. h. in tieferen Schichten, finden oft gewaltige Einstürze statt.

Nun wirken aber die Gewässer noch durch chemische Lösungskraft, die ihnen selbst innewohnt, oder durch Stoffe, die im Wasser aufgelöst sind. Selbst sehr feste, stabile chemische Verbindungen, wie sie in der Natur als Silikate (Kieselverbindungen) vorkommen, werden von reinem Wasser angegriffen und gespalten. Solche Silikate,



Fig. 1. Dünen bei Misdroy (Ostsee), einen Wald verschüttend.



Fig. 2. Rundhöcker am Berninapass (Schweiz), Granit durch Gletscher poliert.



Fig. 3. Erosionsfurchen in den Anhäufungen von Roterde (Terra rossa)
bei Lovrana.

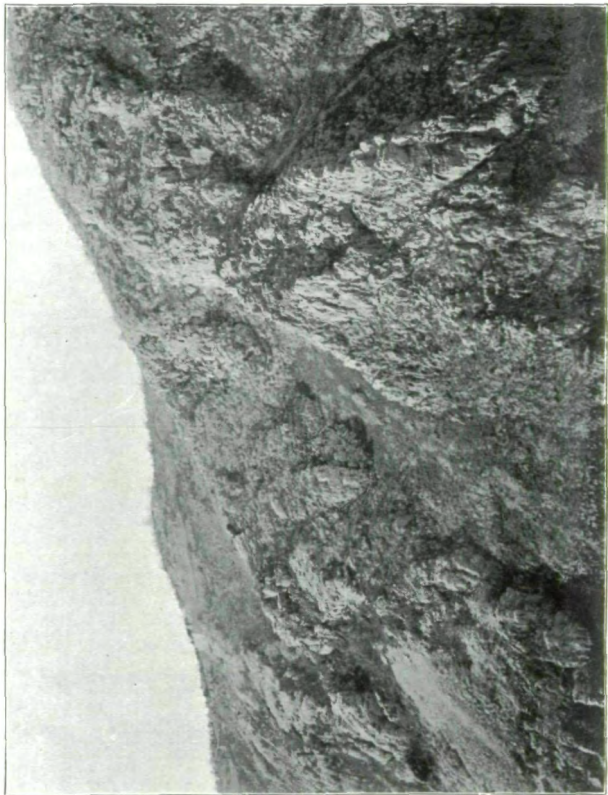


Fig. 4. Von Erde entblößter Felsabhang, nur mit wenig Vegetation überzogen.
Karstgebirge bei Fiume.

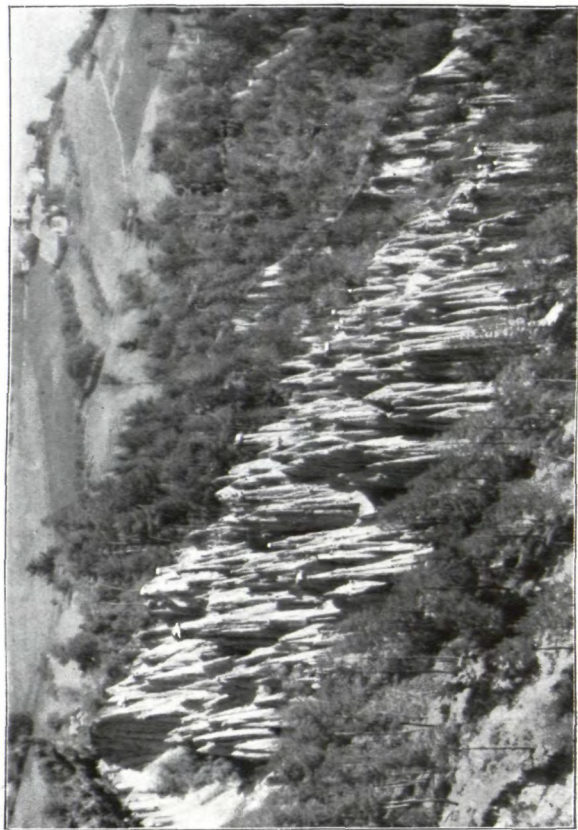


Fig. 5. Erdpyramiden bei Lengmoos am Ritten.

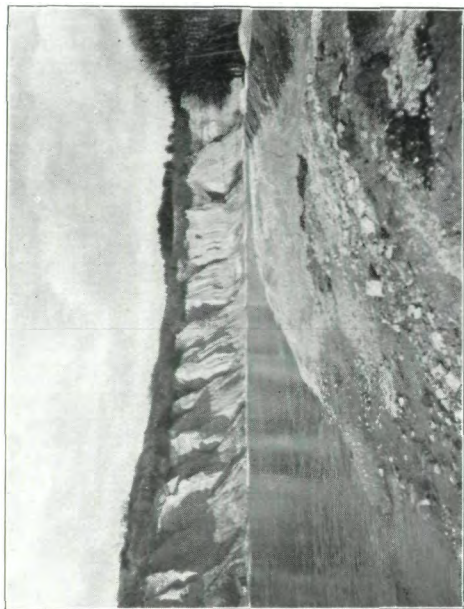


Fig. 6. Diluviale Schotterablagerungen bei Wasserburg
am Inn (Bayern).

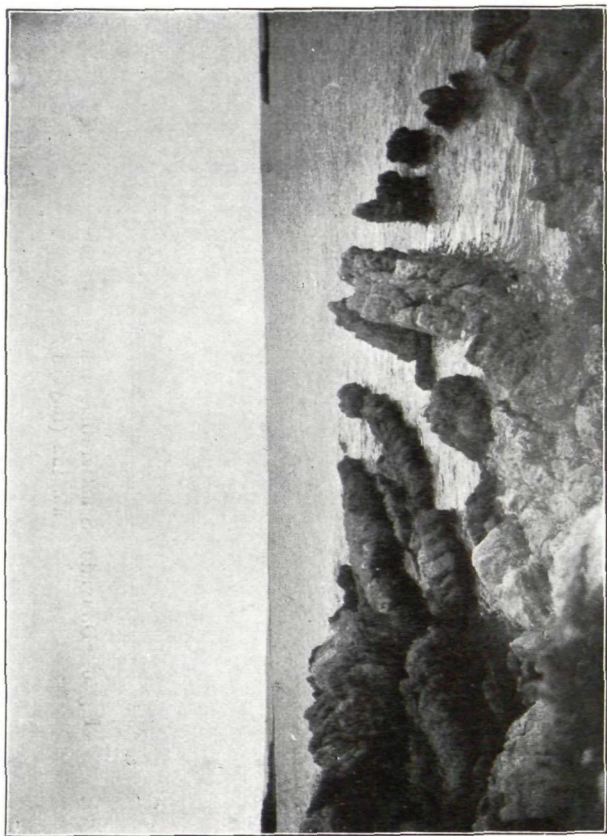


Fig. 7. Verwitternde Kalkschichten auf den Lérinischen Inseln bei Cannes.

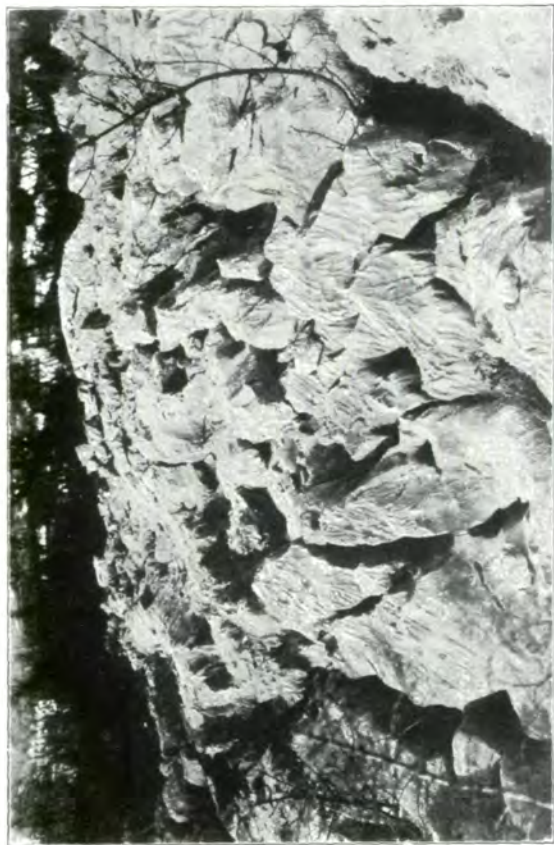


Fig. 8. Karrenfeld bei Portoré mit deutlicher Kannelierung.
Der Verwitterung folgt Spalten im Gestein, in der Tiefe Terra rossa.

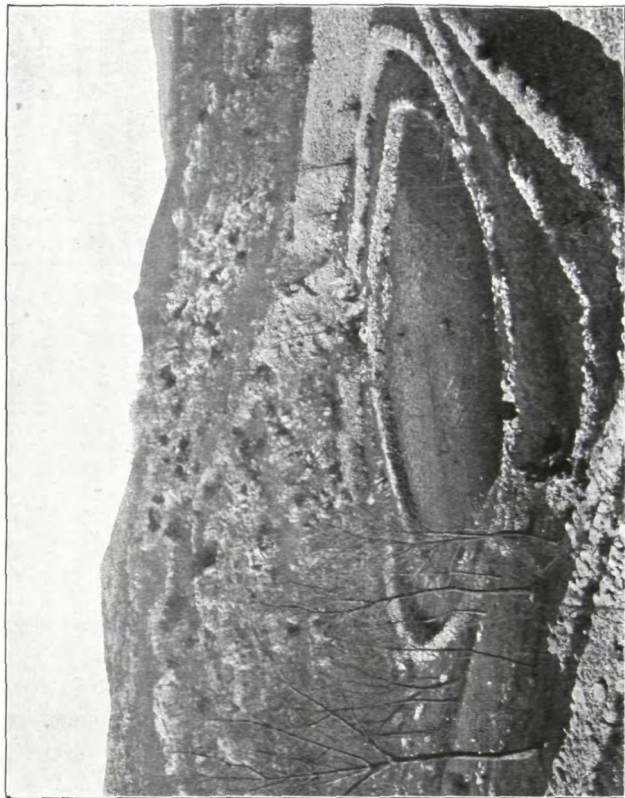


Fig. 9. Eine Doline bei Buccari; die Ablänge der Vertiefung sind terrassenförmig ausgebaut und werden ebenso wie der Dolinenboden landwirtschaftlich genutzt.

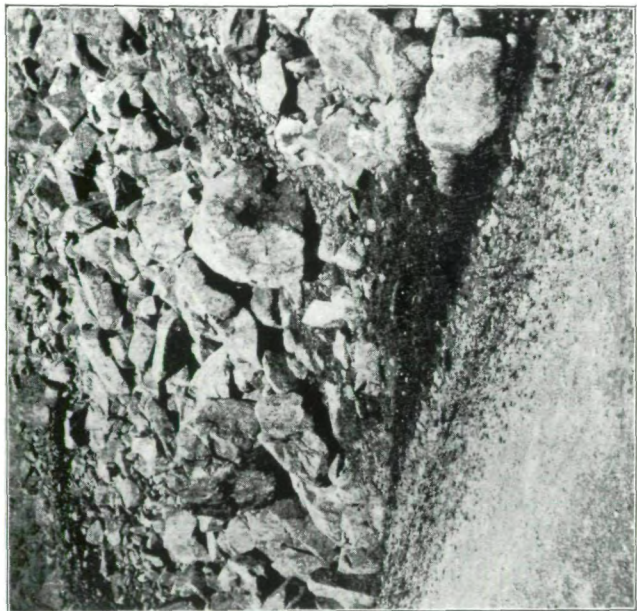


Fig. 10. Bergsturz am Albulapaf (Schweiz).



Fig. 11. Parallele Kannelierung auf Kalkplatten, welche in Karrenfelder zerfallen
(Nago am Gardasee).

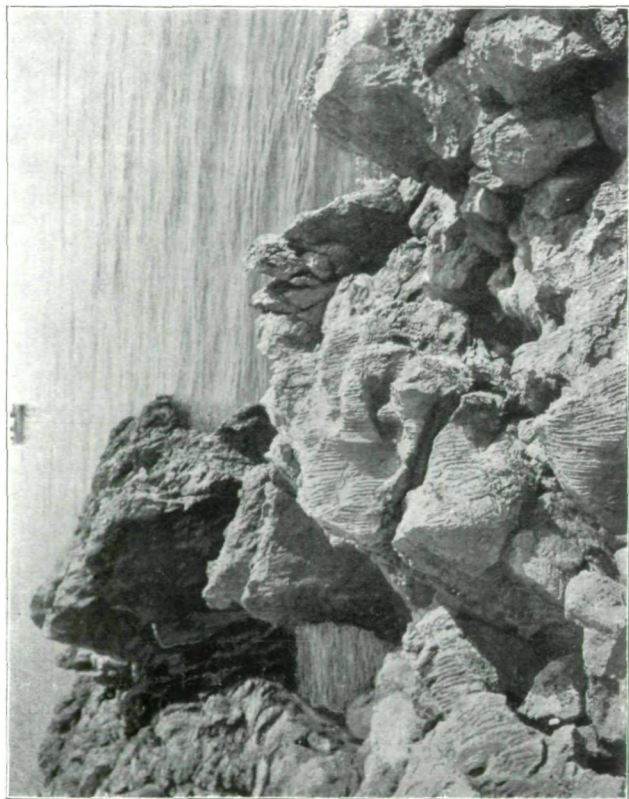


Fig. 12. Strandkarren bei Lovrana; auf den Karrenfirsten parallele und divergierende Kannelierung.



Fig. 13. Oben deutlich kannelierter, scharfkantiger Karrenfirst (von Nago), darunter Zerfall eines Kalkstückes von Opčina in dünne Platten nach dem Verlauf der Sprünge.

($\frac{2}{3}$ der natürlichen Größe.)



Fig. 14. Verlauf der Verwitterung nach den Klüften und zellige Verwitterung des Quadersandsteines (Bastei, Sachsen).

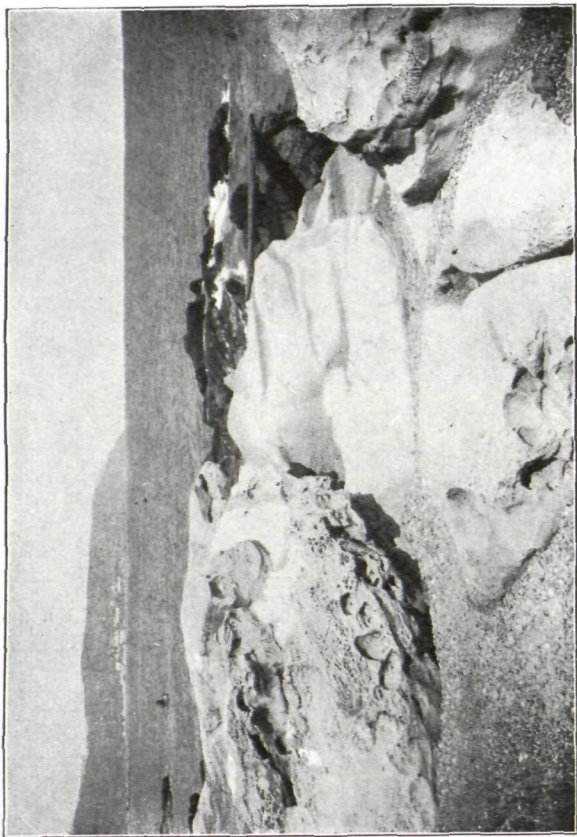


Fig. 15. Lächerige Verwitterung des Sandsteines bei Bordighera.



Fig. 16. Sogeanter Arco naturale, Verwitterung der
Kalkschichten auf Lacroma.

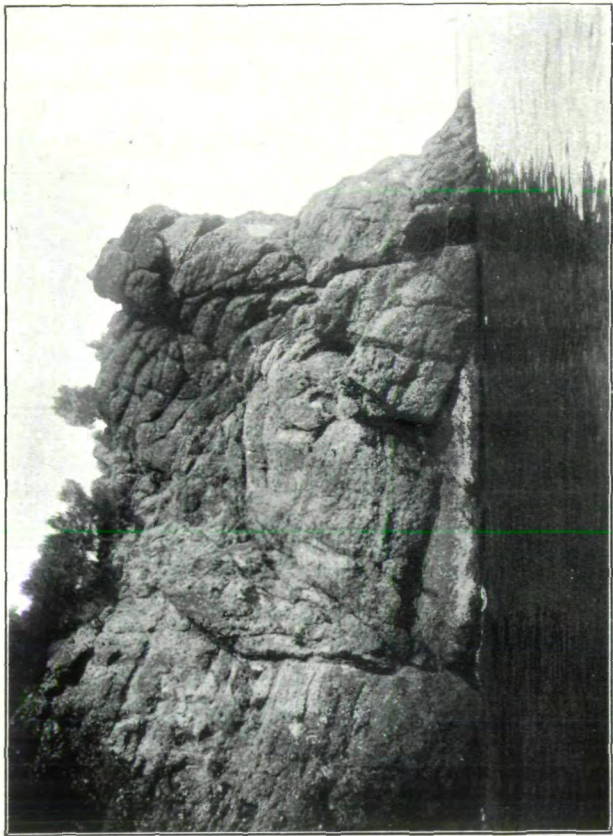


Fig. 17. Verwitterung von Konglomeraten bei Portofino.



Fig. 18. Durch Flechten (*Verrucaria marmorea* Scop.) hervorgerufene
Grüben im Nummulitenkalk von Nago.



wie sie in den Urgesteinen, z. B. im Granit enthalten sind, kann man am besten einigermaßen mit dem Glase vergleichen, welches in fein verteiltem Zustand, gepulvert ebenfalls von Wasser angegriffen wird. Es findet dabei eine Spaltung dieser Verbindungen statt, ein Vorgang, den man Hydrolyse nennt. Wenn man Feldspat (Orthoklas), einen Bestandteil des Granites, mit Wasser versetzt, wird Kali daraus gelöst und der Rückstand würde, wenn die Reaktion zu Ende geführt werden könnte, Tonsubstanz sein. Natürlich ist der Vorgang der Hydrolyse für die Fruchtbarkeit der Böden von allergrößter Wichtigkeit, denn er trägt mit zur Freimachung von Nährstoffen aus dem Gestein und damit zur Fruchtbarkeit der Böden bei. — Mit zunehmender Temperatur steigert sich jede chemische Reaktion, so auch die Hydrolyse und damit hat sie für die Verwitterung der Gesteine in warmen Gegenden große Bedeutung; die Erfahrung zeigt denn auch, daß in den Tropen die Zersetzung der Gesteine eine viel tiefgehendere ist als bei uns, woran in erster Linie nach neueren Forschungen die Hydrolyse schuld ist.

Besonders stark lösend wirken heiße Gewässer, welche aus dem Erdinnern kommen. Man kann dies indirekt ersehen aus den Abscheidungen, welche durch Thermen in der Form von Sprudelstein oder durch Geysire als Kieselsinter verursacht werden, Vorkommen, die insbesondere vom Amerika her bekannt sind.

Der Hydrolyse folgen weitere Angriffe des Wassers auf Gesteine, welche es dadurch hervorzubringen vermag, daß in ihm Gase, aus der Atmosphäre stammend, aufge-

löst sind. Der Luftstickstoff an und für sich wirkt auf diese Weise nicht lösend, wohl aber, wenn er, durch atmosphärische Elektrizität in salpetersäureähnliche Sauerstoffverbindungen übergeführt, in die Niederschläge gelangt, eine besonders in den Tropen häufige Erscheinung; hiedurch werden die in heißen Ländern anzutreffenden tiefgehenden Verwitterungserscheinungen wiederum erklärlich. Aus der Atmosphäre wird durch die Niederschläge stets auch der allerdings sehr geringe Gehalt an schwefliger Säure und Salzsäure niedergerissen. Ich meine damit nicht die Verunreinigung der Luft durch Rauch- und Fabriksabgase, sondern die Produkte vulkanischer Aushauchungen, wie wir sie an Lavaströmen und ausgebrannten Kratern wahrnehmen können. Bei der großen Verdünnung, welche diese sauren Gase im unendlichen Luftmeere erleiden, entzieht sich ihr Angriff auf die Gesteine unserer unmittelbaren Wahrnehmung, drückt sich aber in dem Gehalte der Ozeane an Chloriden und Sulfaten aus, denn diese vulkanischen Exhalationen dauern schon seit den ältesten Erdperioden an.

Durch derartige vulkanische Gase, vielleicht auch durch Thermen allein, welche in den Tiefen der Erde unter Hitze und Druck auf die Gesteine einwirkten, ist auch der Kaolinit entstanden, aus dem durch Aufschlänmen mit Wasser eine schneeweiße, plastische Tonmasse erhalten wird, der Porzellanton. Früher glaubte man, daß der Kaolinit durch die normale Oberflächenverwitterung, durch die im Wasser gelöste Kohlensäure entstanden sei, allein hiedurch kann niemals reiner Kaolin

gebildet werden; das ist ein Glück, denn sonst wäre die Erde bald unfruchtbar, enthält ja doch Kaolin so gut wie keine Pflanzennährstoffe. Wir werden aber bei der Verwitterung durch Humusstoffe nochmals hierauf zurückkommen. Hier wollte ich die Kaolinisierung nur als ein Beispiel für die sogenannte Tiefenverwitterung anführen.

Zwei Gase sind es aber, die, in Wasser aufgelöst, auf Gesteine und Böden noch heftiger einwirken, welche dem Angriffe der Hydrolyse folgen, Kohlensäure und Sauerstoff, beide in der Luft enthalten und vom Wasser in großen Mengen aufgenommen. Der Sauerstoff wirkt oxydierend, d. h. er führt Metalle, vor allem das Eisen und dessen Verbindungen in Substanzen über, die Sauerstoff aufgenommen haben; durch diese Zunahme an Stoff müssen sie sich natürlich ausdehnen, vergrößern. Durch die Sauerstoffaufnahme, die Oxydation muß also das Gefüge der Gesteine gelockert werden; äußerlich ist die Oxydation von Gesteinspartikeln erkennbar durch Bräunung, Ausbildung von Rostflecken; wir können dies z. B. im Granit an den eisenhaltigen Glimmerblättchen beobachten. Auch Lehm und andere Bodenarten verdanken dem Rosten der Eisenverbindungen ihre Farbe. Vor allem die Roterde, die Terra rossa der Mittelmeergebiete, hat ihre intensiv rote Farbe von solchen oxydischen Eisenverbindungen erhalten.

Intensiver als Sauerstoff sind die gesteinszersetzenden Wirkungen der Kohlensäure, welche, in geringen Anteilen in der Atmosphäre enthalten, in alle Gewässer übergeht. Wasser, welches dieses Gas gelöst enthält, wirkt

stark lösend vor allem auf Kalkgesteine aller Art; man hat berechnet daß die Elbe aus dem böhmischen Flußgebiete allein jährlich 140 Millionen Kilogramm Kalk in gelöster Form hinwegführt.

In früheren Erdperioden, als die Atmosphäre höhere Prozente Kohlensäure enthielt, z. B. in der Jura- und Kreidezeit, hat diese noch viel mehr zur Verwitterung und Umwandlung der Gesteine beigetragen als heute.

Während sich von Kalk schon 1 Teil in 1000 Teilen kohlen-sauren Wassers löst, werden Silikatgesteine, z. B. Granit, Glimmerschiefer usw.; weniger angegriffen, ein Umstand, der sich auch in den Formen der Berge äußert. In Granit-, Porphyr- und Schiefergebirgen erhalten sich scharfe Grate und Zacken, steile Felskegel viel länger als im Kalkgebiete. Natürlich kann man bei Betrachtung solcher Einzelwirkungen, in diesem Falle der Kohlen-säure, nie die anderen Faktoren, z. B. Spaltenfrost, Erosion usw., ganz ausschalten.

Gleichviel, um welche Art von Gestein es sich handelt, immer beginnt die Verwitterung auf den Spalten und Klüften; zumal wenn diese steil aufgerichtet sind, kann das Wasser leicht eindringen. Wo aber die Schichten, durch keine Hebung und Senkung beeinflußt, ihre ursprüngliche Lagerung beibehalten haben, wird das Gestein viel widerstandsfähiger sein und nur die Spalten werden stärker benagt.

Gesteine, welche aus feuerflüssigem Magma hervorgegangen sind, haben sich beim allmählichen Erkalten zusammengezogen und in Platten oder Säulen abgesondert.

Zwischen diese sickert das Wasser ein und ruft durch Spaltenfrost und Lösungskraft den Zerfall hervor. Ist bei diesen Gesteinen das Verwitterungsprodukt ein Haufwerk von Säulen oder Plattentrümmern, so kennt man bei manchen Basalten und Quarzporphyren auch kugelige Gebilde als Resultat der Verwitterung, wie ich solche vorgelegt habe.

Vor allem wittert leicht lösliches Material aus dem umgebenden Gesteine aus, wodurch oft die merkwürdigsten Felsgebilde zustande kommen; abgesehen hievon wird den weiteren Angriffen der Verwitterungskräfte Tür und Tor geöffnet, so daß zum Schluß selbst ganze Gebirgsstöcke einstürzen können.

Zumal in den Karrenfeldern, die ja im Karst so häufig sind, sehen wir, daß leichter lösliche Teile im Gestein zuerst auswittern und daß dann von hier aus die Verwitterung weiter arbeitet, tiefe Klüfte hervorrufend, durch welche die Niederschläge versinken; auf diese Weise herrscht an der Oberfläche natürlich große Wasserarmut. In den Tiefen erweitert das Wasser vorhandene Spalten des Gesteins und ruft die Ausbildung von Höhlen hervor, die nicht nur im Karst, sondern in Kalkgebirgen überhaupt sehr verbreitet sind. (Fig. 8.)

Brechen solche Höhlen ein, so entstehen wannen- oder kesselartige Vertiefungen, Dolinen genannt; diese Dolinen, welche in ihrem Größenverhältnis außerordentlich wechseln, sind aber durchaus nicht immer durch Einstürze von Höhlen verursacht, sondern sehr häufig das Resultat des kombinierten Angriffs der chemischen

und mechanischen Kraft des Wassers auf die Oberfläche der Kalkplateaus. (Fig. 9.) Bei der Höhlenbildung selbst spielt natürlich gleichfalls die Erosion eine große Rolle.

Findet ein Auswittern weicherer Schichten, z. B. von Mergelbänken im Kalk in größerem Maßstabe statt, so kann das ein Zusammenbrechen darüberliegender Kuppen im Gefolge haben, Bergstürze werden ausgelöst und begraben in wenigen Minuten ganze Ortschaften und blühende Ländereien unter ihren Trümmern. In den Alpen finden sich häufig die Zeugen solcher Katastrophen, die sich in vorgeschichtlicher Zeit abgespielt haben, wobei es sich um ungeheure Massen niedergegangenen Gesteines handelt. (Fig. 10.) Beim Bergsturz von Flims in Graubünden z. B. wird angegeben, daß die Schuttmengen 15 Kubikkilometer betragen; dieser muß mindestens schon vor der letzten Eiszeit stattgefunden haben, so daß sich auf ihm dann noch erratische Blöcke ablagern konnten.

Allerdings ist an jeglichem Abstürzen von Gesteinsmassen nicht etwa nur Unterspülung, sondern stets noch mit die Schwerkraft schuld, welche den sogenannten trockenen Abtrag im Gebirge verursacht; letzterer findet überall da statt, wo die Wirkungen des Wassers zurücktreten, also bei manchen Arten von Bergstürzen bei der Entstehung von Schutthalen, endlich bei Erdschlipfen, Bergschlipfen. Darunter versteht man ein ganz allmähliches Heruntersinken von Erdmassen, ohne daß dabei die Rasenarbe zerrissen würde. Daran ist aber auch das Weidevieh schuld, welches mit seinen Tritten das Abrutschen des Bodens befördert.

Auch oberflächlich wirkt das kohlen säurehaltige Wasser auf die Felsen ein, es erzeugt beim Abfließen auf den Kalkblöcken rinnenartige Vertiefungen, sogenannte Kannelierungen; ihre Richtung erhalten diese merkwürdigen Abfließformen in der Weise, daß das Wasser, dem Gesetze der Schwerkraft folgend, auf schiefen Ebenen parallele Rillen hervorbringt (Fig. 11, 12 und 13); wenn es aber von dem Gipfel eines spitzen Blockes abrinnt, verlaufen diese Rinnen jedoch nach allen Seiten. Auch an manchen Sandsteinen beobachtet man derartige Kannelierungen und außerdem oft zellen- und löcherartige Vertiefungen, ebenfalls durch die lösende Kraft des kohlen säurehaltigen Wassers hervorgerufen. Ungleiche Widerstandsfähigkeit des Gesteins und seiner Bindemittel (Kalk oder Ton) ist daran schuld. Besonders im Quadersandstein Böhmens oder der Sächsischen Schweiz, aber auch an der Riviera ponente, so bei Bordighera findet man diese auffallende Erscheinung. (Fig. 14, 15, 16 und 17.)

Wenn Kalksedimente, z. B. Jura- oder dolomitische Kalk, durch die atmosphärische Verwitterung aufgelöst werden, so sammelt sich in den Spalten des Gesteins oder am Fuße solcher Gebirge toniger, lehmiger Boden an. Dieser ist in solchen Fällen als Lösungsrest, Verwitterungsrückstand der Kalkgesteine zu bezeichnen; der Lehm, beziehungsweise Ton war ursprünglich schon in solchen Gesteinen, die ja Meeresabsätze sind, eingeschlossen und wittert nun wieder aus. Auch der Höhlenlehm, welcher am Grunde von Höhlen oft in mächtigen Lagen gefunden wird, ist auf diese Weise

entstanden, ebenso die Terra rossa südlicher Kalkgebirge.

Im allgemeinen zählt Lehm, beziehungsweise tonhaltiger Boden zu den fruchtbaren Bodenarten. Je reiner die Kalkgesteine sind, um so weniger Boden kann aus ihnen hervorgehen. Unreine, besonders mergelige Kalke verwittern rasch und geben dabei reiche, tiefgründige Böden. Sedimente, deren Sandkörner durch kalkige Bindemittel zusammengehalten werden, geben Sandböden, wenn ihr Zement bei der Verwitterung ausgelaugt wird. Tonige Sandsteine zerfallen durch Verwitterung in ein Gemisch von Ton und Sand; es entstehen so also die verschiedenartigsten Bodenarten, die aber durch die mechanische Gewalt des Wassers häufig noch verändert werden. So kann aus tonhaltigen Sandböden der ganze Gehalt an Ton ausgeschlämmt und anderswo abgelagert werden; dann bleibt reiner Sand zurück und der Ton setzt sich als Tonlager da ab, wohin ihn das Wasser eben trägt.

Mit diesen wenigen Beispielen wollte ich das Schicksal der festen Verwitterungsprodukte illustrieren.

Nicht alle Mineralteile, welche bei der Verwitterung in Lösung gehen, gelangen bis in das Meer. Durch chemische und physikalische Prozesse, zum Teil auch durch die Lebenstätigkeit von Organismen werden da und dort Ausscheidungen, Absätze aus den Lösungen hervorgerufen. So entstehen in Höhlen durch Verlust an Kohlensäure aus gelöstem Kalk Tropfsteine oder an Abhängen Kalktuffablagerungen; manche Eisenquellen, vor allem

Eisensäuerlinge geben ihren Gehalt an Eisen als Ocker ab, teilweise mächtige Schichten dieser gelbbraunen Substanz bildend. Algen scheiden Kalk, Eisen, Schwefel usw. ab. Niedere Pflanzen, Wassergewächse, z. B. die Characeen, nehmen den gelösten Kalk aus dem Wasser auf und umhüllen sich damit; aus ihnen werden dann beim Verwesen auf dem Grunde der Seen Kalksedimente gebildet, Seekreide oder Alm genannt. Der Volksmund bezeichnet diese aus dem Wasser heraufschimmernden weißen Flächen als „Seewiesen“. Vor allem aber finden im Boden Umsetzungen statt, durch welche aus den hinuntersickernden Gewässern die wichtigen Pflanzennährstoffe absorbiert, festgehalten werden. Wäre dies nicht der Fall, so würde ja Acker- und Waldboden bald an den notwendigen Nährsalzen verarmen und die Verwitterung könnte gar nicht schnell genug für Ersatz sorgen. In der Bodenkunde nennt man solche für das Pflanzenleben so bedeutende Prozesse „komplizierte Verwitterung“, Vorgänge, die ich hier nur streifen kann.

Abscheidungen von Kalk im Boden, vor allem in dem fruchtbaren Löß, werden deutlich sichtbar in Form von „Lößkindchen, Lößpuppen“, die ich in einigen Exemplaren aufgestellt habe; ihren Namen haben sie von ihrer Gestalt erhalten.

Wir haben nun schon wiederholt das Kapitel „Organismen“ erwähnt und es bleibt mir als Letztes noch in aller Kürze darauf hinzuweisen, daß auch Lebewesen, Tiere und Pflanzen verwitternd tätig sein können.

Angriffe von Tieren sehen wir an Kalkgesteinen, welche von Bohrmuscheln durchlöchert sind. So bohrt z. B. die Seedattel (*Lithodomus lithophagus*) mit ihren kleinen Zähnen tiefe Löcher in die Kalkbänke und Seeigelarten verursachen napfartige Vertiefungen im Gestein. Bohrschwämme greifen Kalkgesteine ebenfalls an, darin zahllose kleine Zellen aushöhlend, wie dies an den ausgestellten Stücken zu ersehen ist.

In den Seen sind es Insektenlarven, wohl im Vereine mit Algen, welche durch ihre Tätigkeit die sogenannten Furchensteine hervorrufen.

Ich brauche kaum daran zu erinnern, daß Pflanzenwurzeln die Spalten der Felsen durchdringen und sie sprengen, daß die Wurzeln ätzend auf das Gestein einwirken, daß niedere Pflanzen, Flechten, im Gesteine kleine Grübchen verursachen und dadurch die Verwitterung fördern. (Fig. 18.) Bakterien scheiden säureähnliche Produkte ab, welche die Felsen zermürben; all das wirkt zusammen und diese kleinen Kräfte dürfen nicht unterschätzt werden.

Allein noch nach ihrem Tode vermögen Pflanzen ganz erhebliche Wirkungen zu äußern, wenn die Reste derselben nicht zersetzt werden, sich als braune bis schwarze Humusmassen auf dem Boden anhäufen. Im Humus bilden sich dann Kolloide, säureähnliche Stoffe, die sogenannten Humussäuren, welche selbst widerstandsfähige Gesteine wie z. B. Granit angreifen. Äußerlich erkennbar macht sich die Humussäureverwitterung durch eine intensive Ausbleichung solcher Gesteine, die eintritt,

wenn sie lange in Humus gelegen sind, oder aber, wenn in den Gewässern gelöste Humusstoffe diese Gesteine angegriffen haben. Auch den Boden beeinflussen die Humusstoffe; sie entfärben ihn ebenfalls und führen die Nährstoffe aus ihm weg, also eine wenig erwünschte Erscheinung, die insbesondere in Waldgebieten vorkommt.

Nach der Ansicht einzelner Autoren soll auch durch Humussäureverwitterung Kaolinit entstehen können.

Die genauere Besprechung solcher Einzelheiten würde uns zu weit führen, in das Gebiet der Bodenkunde, einer Wissenschaft, die sich speziell mit dem Boden, seiner Entstehung, seinen Veränderungen, seinem Verhältnis zur Pflanzenwelt und umgekehrt beschäftigt. Wenn wir auch heute darauf nicht eingehen können, so glaube ich doch darauf hingewiesen zu haben, wie sehr die Verwitterung auch von Bedeutung ist für den Boden, die Fruchtbarkeit und damit auch für unser ganzes wirtschaftliches Leben.

Von den vorgeführten Lichtbildern (etwa 70 Stück) sind hier 18 wiedergegeben. 12 Klischees stammen aus der Naturwissenschaftlichen Zeitschrift für Forst- und Landwirtschaft. Alle Bilder sind nach Originalaufnahmen des Verfassers angefertigt.
