

durch eine zweite kürzere, die schmale Heide, verbunden sind, vormalß aber ohne Frage an eben diesen Stellen getrennt waren. Beide Landengen schließen ostwärts ein Binnenmeer, die Bodden, dessen westlicher Ausgang so enge ist, daß man ihn mit einem Kahn in 10 Minuten überschreitet, während die Schabe über eine Stunde Ausdehnung hat, aber nirgends mehr als eine Viertelstunde breit ist, auch aus einem kahlen unbewohnten Erdreich besteht, dessen Beschaffenheit, wenn andere Gründe fehlten, über seinen Ursprung die beste Auskunft ertheilen würde.

Aus allen diesen Thatsachen geht nun wohl zur Genüge hervor, daß die Gewässer für sich allein, und in Verbindung mit herrschenden Luftströmungen oder Winden, noch heut zu Tage eine bedeutende mechanische Wirkung auf das Land ausüben, also auch vormalß ausgeübt haben werden, und daß durch sie ein großer Theil jener Veränderungen herbeigeführt worden ist, von welchen die Erde in ihrer jetzigen Beschaffenheit Zeugniß giebt. Allein übersehen wir es nicht, daß alle diese Veränderungen nur geringe und größtentheils örtliche sind, welche eigentlich nichts Neues hervorbringen, sondern nur Vorhandenes umbilden; und daß wir mit Hülfe der mechanischen Thätigkeit des Wassers zwar die Form, aber nicht gut den materiellen Inhalt der großen geschichteten Niederschläge erklären können, deren Ausgänge wir noch in der Höhe vieler Gebirgsgipfel wahrnehmen. Wir würden dabei zu der Hypothese gelangen, daß sie selbst einmal in früherer Zeit Meeresboden waren, und wenn wir keine Ursachen ihrer Erhebung nachweisen können, annehmen müssen, daß das Meer einst so hoch stand, wie diese geschichteten Massen noch heute liegen. Eine spätere Untersuchung wird lehren, welche von beiden Ursachen die wahrscheinlichere ist, zuvörderst aber untersuchen wir im nächsten Abschnitt die chemischen Einwirkungen der Gewässer und der Atmosphäre.

3.

Chemische Wirkungen der Gewässer in der Gegenwart. — Theilnahme der Organismen. — Einfluß der Atmosphäre.

Eben nicht geringer, als die geschilderten mechanischen Einwirkungen der Gewässer auf die Gestaltung der Erdoberfläche, sind die Einflüsse, welche das Wasser chemisch als Lösungsmittel der Gesteine auszuüben im Stande

ist. Indes zeigt es in dieser Beziehung noch bei weitem verschiedenartigere Wirkungen; denn während es einige Stoffe, wie die Metalle, gar nicht zu lösen vermag, löst es andere, z. B. mehrere Salze, sehr leicht auf, und äußert gegen viele Erdarten, obgleich nur langsam, doch ähnliche Wirkungen.

Bei Untersuchung dieser Fähigkeit des Auflösens handelt es sich übrigens nicht darum, daß das Wasser in die Zwischenräume lockerer erdiger Körper, z. B. der Lehmslöße, eindringt und diese in einen oft sogar fließenden Brei verwandelt, sondern es handelt sich um eine wirkliche Auflösung, welche wir mitunter auch schmelzen nennen, obgleich diese Bezeichnung nur von feurig-flüssigen Körpern gebraucht werden sollte. Bei einer wahren Auflösung entzieht sich der gelöste Stoff immer in seiner räumlichen Begrenzung unseren Sinnen, er verschwindet so zu sagen im Wasser und verräth seine Anwesenheit nur noch durch diese oder jene Eigenschaft, die er dem Wasser beilegt, sei es eine Farbe, oder ein besonderer Geschmack, oder eine Umfangsvermehrung, oder eine größere Schwere. Allerdings wird dadurch das Wasser auch verändert, aber diese Aenderung tritt als neue Qualität des Wassers hinzu, und der gelöste Stoff ist als ein vom Wasser gesonderter Körper nicht mehr in ihm erkennbar; wie es bei mechanischen Mischungen immer der Fall ist, mag der Stoff auch noch so fein zertheilt sein. Beide Stoffe durchdringen sich also bei Lösungen auf die Weise, daß der eine die Individualität des andern vernichtet, während die seinige sich zugleich ändert, bei Mischungen aber behält jeder Theil seine ihm eigenthümliche Individualität bei, und es ändert sich höchstens nur die räumliche Beziehung des einen zum andern, sei es im Ganzen oder in den einzelnen Theilen.

Nur wenige Bestandtheile des Erdkörpers kann das Wasser leicht oder in größeren Quantitäten wirklich auflösen, und das sind vorzugsweise die Salze, wie Kochsalz, Glaubersalz, Bittersalz, Salpeter, Alaun und die Bitriole, welche ebendeshalb überall, wo sie mit dem Wasser in Berührung kommen, sich ihm mittheilen, und zu eigenthümlichen mineralischen Quellen der verschiedensten Art, unter andern auch zu den Salzquellen oder Soolen, aus denen wir das feste Salz durch Verdunstung des Wassers beim Kochen wieder darstellen, Veranlassung geben. Auf dieselbe Weise sind nicht bloß alle Mineralquellen mit ihren darin aufgelösten festen Stoffen entstanden, sondern auch die flüchtige Stoffe mit sich führenden Sauerlinge, welche Kohlensäure enthalten, oder die Schwefelwasser, denen Schwefelwasserstoffgas beigemischt ist. Das Wasser begegnet auf seinem oft sehr langen Wege, den es von der Oberfläche zur Tiefe durchläuft, um dem-

nächst an einem andern Orte wieder als Quelle hervorzubrechen, gewissen Gesteinen, worin sich auflöslliche Stoffe befinden; es nimmt diese Stoffe, während es die Gesteine durchdringt, je nach der vorhandenen Quantität oder der Schnelligkeit, womit es ihre Lager durchweilt, mehr oder weniger in sich auf, und gelangt endlich als veränderte Flüssigkeit wieder zu Tage. Allein nur wenige Quellen enthalten so starke, dem Geschmack leicht erkennbare Zusätze, das Wasser der meisten erscheint uns rein oder unvermischt; woraus wir schließen dürfen, daß die Gesteine in seiner Umgebung keine auflösllichen Stoffe hergaben und überhaupt die meisten festen Bestandtheile des Erdkörpers nicht vom Wasser aufgelöst werden können, weil Mineralwasser, Soolquellen und Säuerlinge zu den minder allgemeinen Vorkommnissen gehören.

Das Urtheil des bloßen Auges und der Zunge über die Reinheit des Quellwassers reicht freilich für eine wissenschaftliche Untersuchung nicht hin; wir müssen sichere Kennzeichen haben, wenn wir uns wirklich überzeugen wollen. Prüfen wir aber das scheinbar reine Wasser auf seine absolute oder chemische Reinheit, so ergibt sich, daß in der That kaum eine einzige Quelle ganz rein ist, sondern fast alle, neben Spuren von Säuren und Salzen, auch erdige Bestandtheile in sich aufgelöst enthalten. Am häufigsten von den Erden findet sich die Kalkerde im Quellwasser. Wir treffen selbige auf der Erdoberfläche vorzüglich mit der Kohlensäure verbunden als eigentlichen Kalk und mit der Schwefelsäure als Gyps an. Der Gyps ist für sich allein im reinen Wasser löslich, jede Quelle kann also Spuren von Gyps führen, die Gypslagern auf ihrer Bahn durch die Erdrinde begegnet. Kohlensaurer Kalk ist im reinen Wasser nicht löslich, wird es aber, wenn das Wasser freie Kohlensäure enthält. Ihre Anwesenheit in fast allen Quellen und Brunnen bewirkt die Auflöslichkeit des Kalkes und seine fast allgemeine Verbreitung im Quellwasser. An und für sich bemerkt man den Kalk nicht leicht, allein bei der Verdunstung des Wassers stellt er sich als Bodensatz dar, obgleich die geringen Quantitäten, worin er vorhanden ist, ihn erst wahrnehmbar machen, wenn große Wassermassen in demselben Gefäße verdunstet oder wenigstens gekocht wurden; denn schon beim Kochen entweicht die Kohlensäure mit der atmosphärischen Luft aus dem Wasser und der Kalk schlägt sich nieder. Dazu kommt, daß der kohlen saure Kalk im kalten Wasser leichter löslich ist, als im heißen; jede höhere Erwärmung des Wassers also die Abscheidung des Kalkes begünstigt. Mancherlei zum Theil allgemein bekannte, aber Vielen unklare Erscheinungen haben ihren Grund in den angegebenen Verhältnissen. Wir sehen, wie sich unsere Thecessel

inwendig mit steiniger Kruste, dem Kessel- oder Pfannenstein, überziehen, ohne zu ahnen, daß es die kohlen-saure Kalkerde des scheinbar reinen Quellwassers ist, welche sich an den Wänden des Gefäßes beim Kochen absetzt. Wir bewundern die schönen buntfarbigen Sprudelsteine Karlsbads, wenn sie geschliffen zu so manchen Kunstsachen verarbeitet vor uns liegen, und haben in ihnen eins der schlagendsten Beispiele, wie große Massen fester Bestandtheile im Quellwasser vorhanden sein können; zumal wenn wir an die Schnelligkeit denken, mit welcher Blumensträuße, Vogel-nester und alles Hineingeworfene von dem steinigen Niederschlage des Sprudelwassers überzogen wird. Hier zeigt uns das heiße Wasser eine entschieden stärkere Thätigkeit, nicht bloß, weil die kohlen-saure Kalkerde wegen des stärkeren Ausscheidens der Kohlen-säure in ihm weniger löslich ist, sondern auch weil es schneller verdunstet, als kaltes und dadurch in kürzerer Zeit mehr feste Bestandtheile absetzt. Sehr viele Quellen, kalte wie warme, bilden ähnliche feste Niederschläge, und produciren mitunter weit ausgedehnte Kalkmassen, welche je nach ihrer Form: Kalksinter, Kalktuffe oder Tropfsteine genannt werden. Sinter sind kalkige Abfälle von deutlich krystallinischem Gefüge, Tuffe haben mehr ein erdiges Ansehn und pflegen porös zu sein, Tropfsteine zeigen concentrisch-krystallinische Schichtung, ähneln mächtigen Eiszapfen im äußeren Ansehn, und entstehen in natürlichen oder künstlichen Höhlen aus dem von der Decke herabträufelnden Wasser, welches, während es verdunstet, den Kalk zurückläßt, den es auf seinem Wege von der Erdoberfläche bis zur Decke der Höhle in sich aufgelöst hatte. Alle drei Niederschläge bestehen übrigens nicht bloß aus kohlen-saurer Kalkerde, sondern enthalten in der Regel noch andere Bestandtheile, namentlich kohlen-sauren Strontian, schwefel-sauren Talk, Gyps, Glaubersalz, Kochsalz, selbst Kieselerde und Eisenerze, vorzüglich Eisenoryd, welches die braune Farbe des jedesmaligen Abfages bewirkt und auch im Sprudelsteine die verschieden gefärbte Streifung veranlaßt, je nachdem es zu Zeiten mehr oder weniger als kohlen-saures Salz im Wasser aufgelöst ist. Das häufige Vorkommen von Tuffe oder Sinter absetzenden Quellen in den verschiedensten Gegenden der Erde, besonders aber in Italien, wo der Sinter den Namen Travertin führt, und als Baustein von den Alten benutzt wurde; gleich wie die Allgemeinheit der Tropfsteinhöhlen in unserem Vaterlande kann uns überzeugen, daß die auflösende Kraft des Wassers auf die Kalksteine in gegenwärtiger Zeit nicht so unbedeutend ist, wie man von der scheinbaren Reinheit des Quellwassers verleitet oft glaubt. Sicher wird sie auch in früheren Perioden der Erde eine

bedeutende Rolle gespielt haben. Bemerkenswerth ist es übrigens für un-
seren Zweck, daß die aus wässeriger Auflösung sich abscheidenden Stoffe
in der Regel eine krystallinische Beschaffenheit zeigen, weshalb wir ohne
hinreichende Gründe erdige oder derbe Niederschläge nur für mechanisch dem
Wasser vormals beigemischt gewesene Materien halten dürfen. Hiervon
scheinen freilich die schon erwähnten Tuffe eine Ausnahme zu machen,
denn sie sind eigentlich nicht krystallinisch, sondern derb, d. h. aber nur aus
höchst feinen, pulverförmigen Kryställchen gebildet, die wegen der Schnellig-
keit, mit welcher ihre festen Bestandtheile aus dem bewegten Wasser sich
absetzen mußten, nicht größer werden konnten. Auch haben die Tuffe ge-
meiniglich ein sehr ungleiches poröses Gefüge, weil sie fremde Körper,
Schilfstengel, Grashalme überziehen, und diese Körper in sich gleich Formen
abdrücken; ja es scheint, als ob gerade die Anwesenheit von Vegetabilien
in den kalkhaltigen Gewässern die Tuffbildung begünstige und deshalb so
häufig Pflanzenformen in den Tuffen abgedruckt vorkommen. Es entziehen
nämlich die Pflanzen den kohlensauren Gewässern ihre freie Kohlensäure
und fällen dadurch den kohlensauren Kalk aus der Auflösung. — Erdige
Stoffe oder Lagen werden wir also nicht leicht, selbst wenn sie entschiedene
Niederschläge aus dem Wasser sind, für chemisch in ihm aufgelöst gewesene
Materien ansehen dürfen, sondern wir werden bei ihnen lieber an eine
mechanische Beimischung denken; es sei denn, daß andere Gründe uns zu
der Annahme einer wirklichen Lösung nöthigen, wie dies bei den Tuffen der
Fall ist. —

Die Kieselerde erscheint unter den festen Bestandtheilen der Quellen
zwar nicht minder allgemein, als der kohlensaure Kalk, allein ihre Quan-
tität ist in der Regel viel geringer. Nimmt man $1\frac{1}{2}$ bis 2 Procent als
Durchschnittszahl für die aufgelösten festen Bestandtheile der gewöhnlichen
Quellwasser an, so kommen davon mindestens die Hälfte, häufig selbst zwei
Drittel, auf die kohlensaure Kalkerde, aber nur etwa 2 Tausendstel auf die
Kieselerde. Im Ganzen enthalten also süße Gewässer nur schwache Spuren
von Kieselerde, und das hängt sicher von ihrer beschränkten Löslichkeit ab.
An sich ist die Kieselerde ebenso unlöslich, wie der kohlensaure Kalk; wird
sie aber aus früheren Verbindungen, namentlich aus ihrer weitverbreiteten
Vereinigung mit Alkalien, durch eine stärkere Säure herausgetrieben, so
bleibt sie in dem Wasser, worin die Zersetzung stattfand, aufgelöst zurück
und scheidet sich aus ihm erst ab, wenn es verdunstet. Selbst die Kohlen-
säure kann unter Umständen, zumal wenn sie in beständig fortdauernde
Berührung mit gewässerten Silikaten tritt, eine langsame Zersetzung kiesel-

saurer Alkalien bewirken und die ausgeschiedene Kieselerde im Wasser löslich machen; welcher Proceß die Ursache der Kieselerde in den meisten Quellen um so eher zu sein scheint, als alle Silikate nach und nach Wasser chemisch in sich aufnehmen und dadurch im Wasser löslich werden können. Ganz besonders leicht vermögen übrigens heiße Wasserdämpfe die Kieselerdeverbindungen zu zerlegen, und daher steigert sich gewöhnlich mit der Temperatur einer Quelle ihr Gehalt an Kieselerde. Manche in der Siedhize zu Tage gehenden Quellen, wie z. B. der Geiser auf Island, sind außerordentlich reich an aufgelöster Kieselerde ($\frac{1}{2}$ Procent) und bilden Kieselsinter in ihrer Umgebung, die den Kalktuffen an Ausdehnung nicht nachstehen, und theils durch ihre weiche poröse Beschaffenheit jenen Tuffen ähneln, theils als dichte, opal- oder feuersteinartige Masse sie an Festigkeit bedeutend übertreffen.

Wir haben bisher die auflösenden Fähigkeiten der Quellen in ihren wichtigsten festen Bestandtheilen untersucht, und dürfen jetzt die Frage, ob auch das Meer solche Eigenschaften besitze, nicht länger zurückweisen. Indes beantwortet schon die bloße Beschaffenheit des Meerwassers jene Frage zu seinen Gunsten. Es ist eine bekannte Thatsache, daß das Meer seinen eigenthümlichen Geschmack den darin aufgelösten Salzen verdankt, und daß man nach Abscheidung derselben aus dem Meere ein eben so reines Wasser, wie aus den Quellen und Flüssen erhält. Hauptbestandtheile dieser Salze sind salzsaures Natron¹⁾ und salzsaure Talkerde, doch finden sich neben beiden immer noch salzsaurer Kalk, Gyps und Glaubersalz (schwefelsaures Natron) nebst einigen minder allgemeinen Stoffen, wie Jod und Brom. Am meisten überwiegt von diesen Bestandtheilen das Kochsalz, welches $2\frac{1}{2}$ bis nahe an 4 Procent der Mischung betragen kann, und an manchen Stellen sogar aus dem Meere gewonnen wird. Durch einen so starken Salzgehalt zeichnen sich besonders die Binnenmeere wärmerer Gegenden aus, während kältere Binnenmeere, z. B. die Ostsee, einen sehr geringen Antheil von Salzen besitzen und deshalb auch minder

1) Der Ausdruck salzsaures Natron, dessen wir uns hier, wie später gewöhnlich, für Kochsalz bedient haben, ist zwar nicht genau, aber von Alters her gebräuchlich. Denn Kochsalz besteht nicht eigentlich aus Salzsäure und Natron, sondern aus Chlor und Natrium (Natronmetall), indem der Wasserstoff der Salzsäure mit dem Sauerstoff des Natrons sich zu Wasser verbunden hat, und als solches bei der Bildung des Kochsalzes ausgeschieden ist. Letzteres heißt daher richtiger Chlornatrium. Derselbe Fall tritt bei den übrigen salzsauren Salzen und bei den flußsauren ein; sie sind eigentlich bloß Chlor- und Fluor-Verbindungen. —

salzig schmecken²⁾. Ueber den Ursprung der Salze im Meere war lange Zeit nichts Genügendes ermittelt; allein gegenwärtig hat wohl die Ansicht, daß alle aufgelösten festen Bestandtheile dem Meer durch die Binnengewässer mitgetheilt worden seien, allein noch Geltung; insofern höchstens eine örtliche Aenderung durch eigne Auflösung des Meeres zulässig zu sein scheint. Hiefür spricht vielleicht der Umstand, daß gerade die minder allgemeinen Stoffe in gewissen, zumal vulkanischen, Gegenden sich sehr vorwiegend im Meere aufgelöst finden, und durch bloße Verdunstung aus demselben in fester Gestalt sich wieder abscheiden; obgleich der größere Gehalt auch aus den reichlicher damit gesättigten Binnengewässern, welche an dieser Stelle ins Meer münden, abgeleitet werden könnte. Dadurch entstehen noch unter unseren Augen marine Sandsteine und Kalkschichten. Großes Aufsehen erregte ein auf solche Weise entstandenes Kalksteinlager an der Küste von Guadalupe, weil man darin vollständig erhaltene Menschengelbeine fand, die man für den sichersten Beweis eines präadamitischen Menschengeschlechts hielt, bis genauere Untersuchungen die Entstehung dieses Kalksteins in späterer Zeit darthaten. Nicht minder auffallend waren den ersten Beobachtern eigenthümliche Kalksteinröhren an den Küsten Neuhollands, woselbst sie nach den Beobachtungen Riche's durch Verdunstung von Meerwasser entstehen, welches die hochgehende See bei Stürmen an die am Ufer stehenden Gewächse spritzt und dadurch nach und nach mit einer Kalkkruste überzieht. Solche Thatfachen beweisen die auflösende Thätigkeit des Meerwassers, oder wenigstens seine Fähigkeit, aufgelöste ihm zugeführte Stoffe

2) Die neuesten Analysen von Forchhammer (Froberg's n. Not. 40. 243) haben gezeigt, daß das Meer zwischen den Tropen den stärksten Gehalt an seinen Bestandtheilen besitzt, nämlich 36,3 Theile auf 1000 Theile Wasser. Gegen die Pole hin fällt der Gehalt bis auf 32,3; den allerstärksten Gehalt zeigte das Wasser des Mittelmeeres, nämlich 37,4; den geringsten die Ostsee. Ueberall ist das Meer an den Küsten ärmer an salinischen Stoffen, als in der hohen See; offenbar wegen der vielen in dasselbe mündenden süßen Gewässer. Alle festen Bestandtheile sind entweder Chlorverbindungen (s. die vorige Note), oder schwefelsaure und kohlen-saure Salze. Das Verhältniß dieser beiden Mischungsantheile ergibt sich aus ihren Säuren wie 10,0 zu 1,0—1,24; wobei der stärkere Gehalt an Schwefelsäure von der Nähe der Küsten abhängig zu sein scheint und wahrscheinlich von der aufgelösten schwefelsauren Kalkerde (Gyps) herrührt, welche die Flüsse dem Meere zuführen. Die kohlen-sauren Salze (Talk und Kalk) sind nur in Spuren vorhanden, weil die größere Masse der dem Meere zugeführten Carbonate, entweder wie die Alkalisalze, in Chlorverbindungen und Sulphate umgesetzt, oder in fester Gestalt, wie die Geadsalze, aus ihm wieder abgetrieben wird.

in ihrer Auflösung erhalten zu können, ebenso entschieden, wie die Tuffe und Sinter das Auflösungsvermögen der Quellen; sie geben zugleich über den Ursprung mancher Kalklager in frühern Erdbildungsperioden Aufschlüsse, und weisen auf die Entstehung deroolithischen Kalksteine älterer Perioden als Niederschläge aus einem reichlich mit aufgelöstem kohlen-sauren Kalk gesättigten Meere hin, während zugleich die mächtigen Sandsteinlager uns von der Anwesenheit mechanischer Beimengungen überzeugen. Den letzteren verdankt nämlich der Meeressand seinen Ursprung. Anzunehmen, daß der Meeressand von im Meere aufgelöster Kieselerde herrühre, wie das vordem öfters geschah, ist weniger erlaubt, weil das Meer gegenwärtig nur sehr geringe Quantitäten von Kieselerde enthält, und zu deren Abscheidung besonderer, meist organischer Prozesse bedarf. Inzwischen muß Kieselerde in früheren Perioden der Erdbildung stärker im Meere aufgelöst gewesen sein, weil man Kieselerdeknollen, sogenannte Feuersteine, in vielen Sedimenten antrifft, welche nachweislich Meeresproducte sind, und weil die Feuersteine fast alle in sich Versteinerungen enthalten, ja ganze Thierkörper umschließen oder sich darnach geformt haben. Der Mangel einer krystallinischen Struktur zeigt übrigens, daß kein chemischer Proceß ihre Abscheidung bewirkte; er führt uns in Verbindung mit dem häufigen Vorkommen organischer Körper in den Feuersteinen zu der Vermuthung einer durch Organismen veranlaßten Ausscheidung. In der That wollen auch einige Naturforscher die *Badeschwämme* (*Spongiae*) für die Urheber der Feuersteine erklären und behaupten, daß diese Geschöpfe die Kieselerde entweder mechanisch dem Meere, auf dessen Boden sie wuchsen, entzogen, oder selbst chemisch aus ihm abschieden. In ihre von Kieselerde durchdrungenen Gebäude seien Thierkörper zufällig gerathen, daselbst festgehalten und so in die Feuersteinmasse aufgenommen worden. Damit wäre freilich die Form der Feuersteine erklärt, aber nicht der Ursprung der Kieselerde im Meerwasser jener Zeit; ihn zu deuten ist die Annahme großartiger Zersetzungen in älterer Zeit um so nöthiger, als nur sie das Entstehen freier Kieselerde zu erklären vermögen.

Wir ersehen aus dem, was soeben über die Bildung der Feuersteine gesagt worden ist, daß auch organische Geschöpfe an dem Umsatz der unorganischen Bestandtheile unseres Erdkörpers Antheil nehmen können, und werden dadurch veranlaßt, diese Seite des organischen Lebens weiter ins Auge zu fassen. Es ist eine derartige Betrachtung schon deshalb hier am Orte, weil die bezeichnete Thätigkeit der organischen Geschöpfe sich lediglich auf das Auflösungsvermögen des Wassers gründet, und keine anorganische

Materie anders, als im aufgelösten Zustande, von den Thieren oder Pflanzen aufgenommen werden kann; die auflösende Kraft der Gewässer also indirect durch die anorganischen Absätze bewiesen wird, welche das Thier- und Pflanzenreich veranlaßt, wenn nicht geradezu bildet. In der That giebt es wenig lebende Geschöpfe, deren Lebensproceß nicht gewisser anorganischer Stoffe bedürfte und selbige, wenn das Geschöpf beim Tode in seine Elemente sich auflöst, in fester Gestalt dem Medium wieder übergäbe, welchem sie dieselben in flüssiger Form früher entzogen haben. Den größten Theil dieser festen Bestandtheile der Geschöpfe liefern die Kalkerde und die Kieselerde, also gerade die beiden Materien, deren allgemeinste Verbreitung in der Erdrinde, wie in den Gewässern, wir erkannt haben. Die Kalkerde wird besonders von den Thieren aufgenommen und zu den harten Gerüsten ihres Körpers verwendet; die niederen Thiere fixiren sie als kohlensaure Kalkerde, die höheren und namentlich die Rückgrathiere nehmen vorzugsweise phosphorsaure Kalkerde auf und entziehen dieselbe imgleichen den Gewässern, obwohl die Quantität des aufgelösten phosphorsauren Kalkes oder *Apatits* viel geringer ist, als die des kohlensauren Kalkspaths. Die Masse von Kalkerde, welche dadurch aus den Gewässern wieder abgeführt wird, muß als höchst beträchtlich erscheinen, wenn man auf die Millionen von Muscheln, Schnecken und Korallen des Meeres Rücksicht nimmt, und dazu noch die an Zahl zwar geringeren, aber an Masse jenen kleineren Geschöpfen im Ganzen wohl nicht nachstehenden größeren Rückgrathiere mit ihren kalkigen Skeleten in Erwägung zieht. Schon die alleinige Betrachtung des menschlichen Körpers zeugt für die enorme Masse anorganischen, von den Organismen aufgehäuften *Materials*; denn rechnen wir nur 3 Pfund Kalk auf jeden Menschen (ein erwachsener gesunder Mann besitzt dessen etwa 7 Pfund), so ergiebt das eine Summe von 27 Millionen Centnern, die alle aus dem Wasser herrühren, welches die Menschen als Getränk oder in den Nahrungsmitteln während ihres Lebens verbraucht haben. Dahin aber kehrt dieser Kalk beim Tode der einzelnen Individuen wohl nur seinem kleineren Theile nach zurück, ein großer Theil bleibt als fester Bestandtheil im Boden und vermehrt die erdige Schicht, welche einträchtig mit dem Ausbreiten der Organisation über die Oberfläche unseres Weltkörpers sich hinzieht. — Die Kalkerde der Landthiere, also auch des Menschen, stammt übrigens größtentheils aus den Binnengewässern und namentlich aus den Quellen, deren Wasser die Geschöpfe tranken; sie wird, wie die Erfahrung lehrt, nur in ihrem kleineren Theile wirklich diesen Gewässern durch Thiere entzogen, viel scheidet

sich durch Verdunstung daraus ab, noch mehr gelangt aufgelöst bis ins Meer; und da beginnt nun der großartigste Ausscheidungsproceß durch die Muscheln, Schnecken, Polypen und die anderen zahlreichen Kalk in sich aufnehmenden Meeresthiere. Was die aller Orts im Meere vorhandenen Muscheln und Schnecken abscheiden, ist zwar nicht unbeträchtlich, — wiegt doch die Schaafe einer einzigen großen Muster 20—25 Loth, und wie viele Hunderttausende solcher Schaaalen werden nicht jährlich durch die Leckermäuler aller Nationen der Erde wieder übergeben, — allein es verschwindet gegen die ungemaine Thätigkeit der Korallenthier, auf deren Dasein sich die Existenz großer Felsenriffe im Meere und selbst die Entstehung von Inseln gründet. Diese mächtigen Dämme kohlen-saurer Kalkerde mit ihren zahllosen, von Generation zu Generation in unermüdlicher Thätigkeit fortbauenden Bewohnern sind es besonders, an denen die erstaunenswürdige Macht der Kalkabsonderung durch die Thierwelt sich offenbart, an denen die gleichsam filtrirende ausscheidende Wirkung der Organisation auf das Meerwasser sich unzweideutig herausstellt³⁾. Im klaren, wenn auch nicht ruhigen, aber dem Lichte und dem erwärmenden Sonnenstrahl gleichmäßig zugänglichen Ozean gründen sie auf fester Basis ihre ersten kalkigen Wohnungen und führen sie fort, so lange das Meer seine gleiche krystalline Reinheit, seine ungeänderte höhere Wärme behält. Beide Bedingungen dürfen ihnen nicht fehlen und daher beschränken sich Korallenriffe auf die tropischen Gegenden der Südsee und Westindiens, wo ihnen untermeerische Felsenreihen als Grundlage dienen und gleichmäßige Meerestiefen fortdauernd zu Gebote stehn. Schäumende Brandungen stören sie nicht, im Gegentheil, die Korallen bauen am liebsten gerade da, wo sie heftig wirken; aber ein continuirlicher Strom, besonders wenn er durch ausmündende Flüsse bewirkt wird und Unreinlichkeiten aller Art ihnen in den Weg treibt, hindert ihre Ausbreitung; er durchbricht das Riff und öffnet dem kühnen Schiffer den

3) Die Betrachtungen von G. Bischof (chemische Geolog. I. S. 964.) lehren, daß durch Verdunstung keine kohlen-saure Kalkerde aus dem heutigen Meere, seinen allgemeinen Eigenschaften nach, abgeschieden werden kann, weil der Verlust an Flüssigkeit durch den atmosphärischen Niederschlag fortdauernd wieder ergänzt wird. Ähnliche, wenigstens nicht sehr wesentlich verschiedene Verhältnisse fanden aber auch in der Vorzeit statt, und eben diese machen es wahrscheinlich, daß schon damals der kohlen-saure Kalk nur durch die Organismen dem Meere entzogen wurde. Wir werden auf diesen Gegenstand später bei der Schilderung der Erdbildung im Allgemeinen und bei Darstellung der Grauwacken- und Kreide-Periode zurückkommen, weshalb wir ihn jetzt nur so kurz berühren.

Zugang zu diesen natürlichen Hafengebäuden im sturmbewegten Weltmeer. Die ruhige Lagune in ihrem Innern ist dann der Sammelplatz zahlreicher Organismen und der Ablagerungsort ihrer verwesenden Leiber; hier vereint sich das Kalkgerüst der Fische mit dem Panzer der Krebse und den Schalen der Muscheln wie Schnecken zu einem homogenen mächtigen Kalkniederschlage, welcher mit keinem älteren Gebilde besser, als mit der Kreide, sich vergleichen läßt. Wo aber ungünstige Verhältnisse den Anbau der Korallenthiere hindern, wo flache schlammige Ufer das Meer trüben, wo große Ströme ihren Schlick absetzen, da bleiben die Muscheln und Schnecken noch thätig, da bilden sich die Austerbänke auf Untiefen, da siedeln sich die zarteren Röhrenpolypen, die kalkführenden Algen an, und verbreiten mittelst ihrer jährlich absterbenden Generationen den flüchtigen kohlensauren Kalk durch die sedimentäre Schicht, welche sich hier aus jenen Zufuhren vom Lande her nach und nach als Mergel, Sandstein oder Thonlager gestaltet. Als petrificirte Reste werden dereinst die besser erhaltenen Schalen oder Gerüste in späterer Zeit von dem Dasein ihrer Urheber sichere Auskunft geben.

Die Kieselerde ist nur in sehr geringen Quantitäten als Bestandtheil thierischer Körper nachgewiesen, dagegen sehr allgemein im Pflanzenreich verbreitet. Alle Gräser, besonders die Schilfrohrarten, die Palmen, die Schachtelhalme, enthalten in ihren Oberhautgebilden eine große Menge von dieser Erde und verdanken derselben die ungewöhliche Härte, die Schärfe ihrer schneidenden Kanten, das Dauerhafte ihres Stammes. Von dem gewöhnlichen Schachtelhalm (*Equisetum arvense*) liefert die Asche 95 Procent Kieselerde, vom Rottang-Rohr (*Calamus Rotang*), dem bekannten Material des Flechtwerkes unserer Stühle, sogar 97 Procent. Ganz besonders thätige Firatoren der Kieselerde sind aber die kleinsten vegetabilischen Gestalten, die nur aus einfachen Zellen bestehenden kiesel-schaaligen Bacillarien oder Diatomeen. Millionen dieser mit Unrecht dem Thierreiche zugezählten Geschöpfe bevölkern alle stehenden Gewässer, von der kleinsten Wiesenlache bis zum Ocean, und binden hier fort und fort die in ihrem Wasser enthaltene Kieselerde. Die ungeheure Zunahme und die Menge so kleiner scharfkantiger, von glasartiger kieseliger Oberfläche umschlossener, innen mit gelb, braun oder grün gefärbtem Stoffe theilweis erfüllter Wesen bewirkt allerdings völlig erstaunenswürdige Resultate; sie liefert in kurzer Zeit mehrere Fuß starke Erdschichten, und beweist ihr gewaltiges Eingreifen in die Vermehrung des Festlandes durch die ausgebreiteten, 20—30 Fuß mächtigen Lager, welche von ihnen als Polierschiefer, Kieserguhr, Tripel oder Smirgel

in vorhistorischen Perioden gebildet wurden. Ohne Frage sind diese kleinsten und einfachsten Pflanzenformen das wichtigste und thätigste Hülfsmittel, die aufgelöste Kieselerde aus dem Wasser niederzuschlagen und gleichsam die Reductoren derselben in feste Gestalt; überall, wo sie Raum gewinnen, ist die Abscheidung der Kieselerde gesichert und ihr Niederschlag, den chemische wie mechanische Kräfte unter den obwaltenden Umständen nicht in Aussicht stellten, eben dadurch gewonnen worden. — Aber nicht bloß lebende Geschöpfe, auch todt verwesende Organismen wirken durch ihren Zersetzungsproceß reducirend auf manche im Wasser vorhandenen anorganischen Materien. Namentlich scheinen die weichen Theile abgestorbener Meerthiere, der Schnecken, Muscheln, Radiaten, eine anziehende Kraft auf die mechanisch im Wasser schwebende Kieselgallerte ausüben zu können, weil wir nicht sowohl die Schalen, als die inneren hohlen Räume derselben häufig mit Kieselerde gefüllt und in Feuerstein verwandelt finden. Von ähnlicher Art dürfte die Einwirkung der Badeschwämme auf die Kieselerde des Kreidemeeres gewesen sein und daraus die unregelmäßig knollige, mit den Resten thierischer oder pflanzlicher Wesen durchdrungene Form der Feuersteine folgen. Vielleicht daß selbst die noch vegetirende Spongie, vermöge des gallertartigen Nebels, der sie in der Art, wie wir es bei vielen Süßwasser-Algen antreffen, umgab, anziehend auf die Kieselgallerte wirkte und eine ursprünglich bloß formelle Affinität, nämlich der gallertartige Zustand, die Verbindung beider heterogenen Stoffe, der vegetabilischen und anorganischen Gallerte, zu einem Ganzen, dem späteren Feuerstein, veranlaßte. Diese Vorgänge sind indessen, so viel auch neuerdings über sie verhandelt worden ist, noch nicht genügend aufgeklärt, obgleich das nicht mehr bezweifelt werden kann, daß organische Körper einen gewissen Antheil an der Entstehung der Feuersteine haben. — Leichter und besser läßt sich die Einwirkung verstehen, welche die in der Zersetzung begriffenen Organismen auf das Eisen, diesen nicht minder allgemein, als die Kieselerde, verbreiteten Stoff, ausübten. Wir haben schon gesehen, daß Eisen in vielen Quellwässern als kohlensaures Dryd gelöst enthalten ist und beim Verdunsten des Wassers aus ihm sich abscheidet. Diesen Proceß unterstützen die fauligen thierischen Stoffe, indem sie den Sauerstoff des Eisenorydes zu ihrer Zersetzung an sich reißen und das Eisen zu anderen Verbindungen nöthigen. Die allgemeinste derselben ist die mit Schwefel, woraus der Schwefelkies entsteht, und indem die meisten Wasser, welche kohlensaures Eisenoryd führen, auch schwefelsaure Salze gelöst enthalten, bewirken die sich darin zersetzenden organischen Körper eine Verbindung des Schwefels mit dem Eisen, während

sie den Sauerstoff des zuvor gebildeten schwefelsauren Eisenoryds sich aneignen und die Kohlensäure frei machen. Daher kommt es, daß so viele Versteinerungen in Schwefelkies sich verwandelt haben. Eine solche Einwirkung üben thierische wie pflanzliche Körper in gleichem Grade aus; beide reduciren durch den Faulungsproceß, indem sie den Sauerstoff ihrer Umgebungen verbrauchen und diejenigen Stoffe, welche bisher mit ihm verbunden waren, zu neuen Verbindungen unter einander nöthigen. Eben dieser Umstand erklärt nun zur Genüge das so häufige gefellige Vorkommen von Eisenkies und organischen Resten, oder die Umwandlung dieser in jenes. Ohne Zweifel sind aber die ursprünglichen Zustände der jetzt fixirten Stoffe die Lösungen gewesen, in denen sie sich im Wasser jener Zeitalter befanden, und wenn auch in ihrer gegenwärtigen Form das Wasser kein Auflösungsmittel mehr für sie ist, so war es das doch in ihrem früheren Zustande. Dafür zeugt ihre Umwandlung in eine organische Gestalt, weil jedweder lebende wie todt Organismus nur Flüssigkeiten in seine organischen Gewebe aufnimmt und nur aus flüssigem Zustande die festen Stoffe abscheidet, welche er an ihre Stelle setzt. —

Die Auflösungen durch Gewässer können natürlich nur dann eintreten, wenn das Wasser wirklich mit den zu lösenden Stoffen in Berührung kommt; weshalb die Beschränkung desselben auf bestimmte Räumlichkeiten eine solche Einwirkung gar sehr zu beeinträchtigen scheint. Dieser Beschränkung ist indeß durch die beständige Anwesenheit des Wassers in der Atmosphäre als Dunst begegnet; die Wasserdünste finden mit dem Luftkreise überall hin einen Eingang, sie versehen die feste Erdrinde ebensogut in der Höhe mit Wasser, wie es sein eignes Gewicht in ihre Tiefe hinabzieht und selbst bis in die engsten Lücken der Felsmassen hineindrängt. Das in der Atmosphäre enthaltene Wasser übt aber, wenn auch langsamer, dieselben Einwirkungen auf die Gesteine aus, welche das unterirdische und superficielle äußert, es löst sie nach und nach, wenn hinreichende Wassermassen vorhanden sind. Daraus entsteht die unter dem Namen der Verwitterung bekannte Erscheinung; sie ist in der That nichts anderes als ein Auflösen der Gesteine in dem Wasser und den freien Säuren der Atmosphäre. Ihr erliegen mit der Zeit selbst die härtesten Gesteine; zumal der Granit, ein Gemisch dreier krystallinischer Substanzen, des Feldspathes, Quarzes und Glimmers. Besonders ist es der Feldspath, welcher dazu neigt, und weil er in den meisten Graniten den größeren Mischungsantheil bildet, zum Verwittern der ganzen Masse Veranlassung giebt. Der Feldspath besteht nämlich selbst wieder aus verschiedenen

Stoffen, von welchen zwei, die Kiesel- und Thonerde, immer in ihm vorhanden sind, ein dritter aber theils Kalkerde, theils Kali, theils Natron sein kann. Indes würde die Einwirkung des atmosphärischen Wassers schwerlich genügen, die Verbindung dieser drei Stoffe zu lösen, wenn nicht in der Luft ebenfogut, wie im Quellwasser, freie Säuren, zumal die Kohlensäure, vorhanden wären⁴⁾, unter deren lang fortdauerndem Einfluß Kali, Natron und Kalkerde ihre Verbindung mit der Kiesel-erde aufgeben, sich in kohlensaure Salze umsetzen, als solche vom Wasser sich auflösen lassen, und dadurch die zwischen ihnen und den genannten Erden im Granit bestandene Verbindung zerstören. Alsdann zerfällt das feste krystallinische Gestein in eine weiße erdige Substanz, welche wesentlich aus einer Verbindung von Kiesel-erde mit Thonerde und Wasser besteht, die als Porzellan-erde oder Kaolin vielfache Benutzung findet. Eine solche Zersetzung des Feldspaths ist auch möglich, wenn er sich nicht im krystallinischen Zustande, sondern im einfach derben (f. S. 5) befindet, und da diese Art seines Vorkommens bei allen Porphyren die gewöhnliche ist, so zerfallen letztere ebenso, wie die Granite, in Porzellan-erde. Nicht minder thun es die Basalte, derbe Gesteine von schwarzer oder grauer Farbe, welche aus einem Gemenge feiner Zeolith- und Augitkörner mit mehr oder minder beträchtlichen Antheilen (10—20 Procent) von Eisenoryden bestehen; auch ihre Verwitterung ist ein dem Auslaugen ähnlicher Proceß, und wird durch Ausziehen der Alkalien aus dem Zeolith vermittelt gesäuerten Wassers bedingt, wobei das Eisen in Rost (Hydrat) sich verwandelt und die davon braun gefärbte Thonerde mit dem feinen Augitpulver einen mehrlartigen Ueberzug oder eine solche Kruste bildet, die fallender Regen nach und nach abwäscht und mit sich fortführt. Dies ist der gewöhnliche Weg, den die Verwitterungsproducte nehmen; sie werden fortgeschwemmt, begegnen auf ihrem Wege mit dem Wasser anderen Stoffen aller Art, hüllen sie in sich ein, und bilden, wo das Wasser stehen bleibt, neue Erdlagen, Sedimente oder Flöße, welche häufig mit Sandkörnern und Bruchstücken anderer Gesteine gemischt sind, und in dieser Form Conglomerate oder Breccien genannt werden. Es leuchtet ein, daß die schweren Massen zu unterst im Lager sich absetzen werden, daß über ihnen die Sandkörner liegen müssen

⁴⁾ Durchschnittlich enthält die Atmosphäre 0,04 Procent Kohlensäure. Nach Gewittern zeigen sich auch geringe Antheile von Salpetersäure. Ihre Hauptbestandtheile sind bekanntlich Stickstoff (79 Procent) und Sauerstoff (21 Procent), nebst Wasserdunst in höchst schwankender Menge.

und erst oben die feinere Thonerde reiner auftreten wird, mithin durch einen einzigen Wasserstrom die Bildung dreifacher Schichten, der Conglomerate, Sandsteine und Thonflöze, bewirkt sein kann.

Tritt der bezeichnete Verwitterungsproceß der älteren Gesteine also in der Weise ein, daß die verwitterten Massen von fließenden Gewässern fortgeleitet und an anderen Orten wieder abgesetzt werden, so entstehen daraus die mechanischen Wassergebilde oder Sedimente. Aber die Verwitterung wirkt nicht immer zugleich producirend, sondern ebenso häufig mehr zerstörend. Sie entführt durch das atmosphärische Wasser aus vielen Sandsteinen das Bindemittel, gewöhnlich Thon oder Kalk, und der fallende Regen reißt die von einander abgelösten Sandkörner hinunter. Viele ältere aus Sand- und Kalksteinen aufgeführte Gebäude zeigen uns an den verschiedenen Baustücken die mannigfaltigen Grade oft sehr deutlich, in welchen ein und dasselbe Gestein verwittert, und erklären leicht die Proceße, denen der Erdball im Großen seit Jahrtausenden ausgesetzt war. Besonders stark ist die Verwitterung in Flußthälern, welche durch Sandsteine gehen, weil der beständig vom Fluß aufsteigende Wasserdunst die Atmosphäre des Thales reichlich mit Wasser versorgt. Es können auf solche Art anfangs sehr enge Thäler nach und nach erweitert werden, und es kann der Sandgehalt vieler Flüsse von solchen Verhältnissen herrühren. Vielleicht finden ähnliche Umstände beim Erhöhen des Nilthales mit statt, doch können dieselben hier weniger einflußreich als an andern Orten sein, weil die Atmosphäre Aegyptens nur sehr wenige Wasserdünste enthält und der beständige Nordwind alle südwärts mit sich fortführt; daher es auch in Ober-Aegypten fast nie regnet³⁾ und die einzige Erquickung des Bodens durch das Austreten des Niles möglich wird.

Aus dem Verwitterungsvermögen erklären sich übrigens viele anscheinend höchst wunderbare Erscheinungen an Gebirgen in der Gegenwart. So leitet man z. B. die kesselförmigen Vertiefungen in den Graniten, welche an manchen Orten, z. B. auch auf der Roßtrappe, wo sie die Sage dem Fußstritte eines Riesensperdes zuschreibt, bemerkt werden, von gleichen Veranlassungen her. Aehnliche aber größere Kessel sieht man in Graniten Westenglands, in Cornwallis und Devonshire, und das Volk betrachtet sie hier als künstliche Bassins aus grauer Vorzeit, worin die Druiden ihre Opfer den Göttern darbrachten. Geologisch merkwürdiger sind die

3) Ein Regen in Ober-Aegypten galt schon im Alterthume für ein Wunder der seltensten Art, wie Herodot (L. 3. c. 10.) berichtet.

schwankenden Steine derselben Gegenden; sie bestehen aus einzelnstehenden Granitsäulen, auf deren Spitzen kugelförmige Blöcke liegen, welche leicht in Bewegung versetzt werden können und bei starken Stürmen hin und her schwanken. Ihren Ursprung verdanken diese Säulen dem eigenthümlichen Vermögen aller krystallinischen und derben Gesteine, nach gewissen Richtungen Spalten zu reißen und dadurch in einzelne Stücke sich zu sondern⁶⁾. In diese Spalten dringt die Atmosphäre, wirkt verwitternd auf ihre Wände, schleift dadurch Kanten und Ecken der Blöcke ab und giebt ihnen ein mehr kugelförmiges Ansehn. Solche Blöcke ruhen dann oft nur noch auf einer kleinen Fläche, und da die Unterlage ebenso abgerundet ist, wie der Block selbst, so schwanken sie auf ihr hin und her, wenn äußere Gewalten sie treiben, bis ein zu heftig einwirkender Stoß endlich den Block herunterschleudert.

Das eben besprochene Spaltungsvermögen aller krystallinischen und derben Gesteine giebt übrigens noch auf eine andere Weise zur Zerstörung der Felswände Veranlassung, und wirkt ähnlich wie die schieferige Textur der erdigen Schichten. Hiezu bietet wieder das Wasser die Hand, indem es sich in die Spalten, Klüfte und Schieferungsebenen eindringt und daselbst, zumal in den engsten, durch die Kapillaranziehung⁷⁾ festgehalten, stehen bleibt. Hier kann es nun auch auslaugend und auflösend thätig sein, ganz besonders aber mechanisch eine Veränderung der Gesteine beim Eintreten starker Temperaturunterschiede bewirken. Zwar ändern alle Materien ihre Ausdehnung beim Wechsel der Temperatur; sie ziehen sich

6) Die Spaltenbildung der Gesteine befolgt entweder keine bestimmte Richtung, und heißt dann Zerklüftung; oder die Spalten nehmen bestimmte Richtungen an, in denen sie sich schneiden oder parallel laufen, je nachdem eine, zwei oder mehrere Richtungen vorkommen. Diese Erscheinung nennt man *Absonderung*. Sie bewirkt an den Gesteinen gleichartig geförnte Theil- oder Bruchstücke, welche man nicht für Krystalle halten darf, mit denen sie oft große Aehnlichkeit haben. Auch kugelige Absonderungsflächen kommen vor.

7) *Kapillarität* nennt man das Vermögen aller Flüssigkeiten, an den Wänden sehr enger Röhren oder Spalten fester Materien sich anhängen und in diesen gegen die Richtung der Schwere um so mehr aufwärts steigen zu können, je enger die Lücken sind. Das Sinsaugungsvermögen aller schwammigen Stoffe beruht auf der Kapillarität oder Haarröhrenanziehung. Aber nicht bloß sie sind porös, sondern auch die meisten krystallinischen oder derben Gebirgssteine haben feine, dem bloßen Auge unsichtbare Lücken, worin das Wasser eindringt und den Verwitterungsproceß um so schneller zu Stande bringt. Nur die glasförmigen Substanzen scheinen der Poren ganz zu entbehren.

zusammen, wenn die Wärme abnimmt, und dehnen sich wieder aus, wenn sie zunimmt; allein das Wasser hat die merkwürdige Eigenschaft⁸⁾, seine größte Schwere und Dichtigkeit schon bei 3° Reaum. vor dem Gefrieren zu erhalten, mithin beim Festwerden wieder einen größeren Raum einzunehmen, als vorher, wie es flüssig war. Während also die benachbarten festen Stoffe bei Zunahme von Kälte sich immer mehr verkleinern, dehnt sich das Wasser stärker aus, wenn es Eis wird, und sprengt dadurch seine Umgebung, wenn dieselbe keine Nachgiebigkeit besitzt. Das alltäglich im Winter vorkommende Beispiel durch Gefrieren zersprungener Wasserflaschen zeugt für die Richtigkeit dieses Factums. Wir lernen zugleich aus der Beobachtung aller dabei stattfindenden Erscheinungen, daß das gefrorne Wasser, so lange es in diesem Zustande bleibt, wie ein Kitt verbindend auf die zersprungenen Theile wirkt, sobald es aber aufthaut, diese Einwirkung durch die dabei eintretende Zusammenziehung auf einen kleineren Raum verliert, und nun erst die getrennten Theile aus einander fallen läßt. Wenden wir diese Erfahrung auf die zerklüfteten Gebirgssteine, in deren Lücken Wasser eingedrungen ist, an, so finden wir, daß dieses Wasser beim Sinken der Temperatur gefriert, dadurch die vorhandenen Spalten erweitert, so lange aber noch die zerklüfteten Massen zusammenhält, als ein Kältegrad unter 0 fort dauert, und hernach, wenn die Temperatur über 0 steigt, die abgelösten Stücke, welche nicht mehr in der Richtung ihrer Schwere unterstützt sind, fahren läßt oder herunter stößt, mithin wesentlich zur Zertrümmerung der Gesteine beiträgt. Zwar können die angedeuteten Wirkungen nur da eintreten, wo es Temperaturgrade unter 0 giebt, und hiernach scheint ihr Einfluß ein beschränkter zu sein; berücksichtigt man aber, daß auf allen höheren Gebirgen, selbst in der Tropenzone, nicht bloß periodisch eine so niedrige Temperatur sich einstellt, sondern in einer bestimmten Höhe fort dauernd anhält, ohne anders als örtlich und auf gewisse Zeiten über den Gefrierpunkt des Wassers sich zu erheben, so wird man die Allgemeinheit der Temperaturwirkungen nicht mehr verkennen. Oberhalb einer constanten Grenze, welche man die Schneelinie genannt hat, tragen solche Gebirge nur Eis oder Schnee, und senken ihn an einzelnen Stellen sogar weit unter die Schneelinie hinab, die als Gletscher bekannnten Eisfelder daraus bildend. Ihre Anwesenheit ist für die Veränderungen der benachbarten Ge-

8) Vergl. über analoge Erscheinungen bei einigen anderen Körpern die Abhandlung von Düvernoy in Leonh. und Bronn n. Jahrb. 1852. S. 781.

birgsgipfel von größter Wichtigkeit und bedarf um so mehr der weiteren Berücksichtigung, als Gletscher in früheren Perioden der Erdumwälzungen eine sehr große Rolle gespielt zu haben scheinen. Wir werden deshalb die Gletscher selbst näher kennen zu lernen suchen.

Gletscher ⁹⁾ sind also Eismassen, welche von den Spitzen der Berge herabkommen, die obersten Thalenden erfüllen und sich geraume Strecken im Thale hinziehen, während die benachbarten Thälwände schon längst vom



Oberer Theil des Zermatt-Gletschers, im Hintergrunde das Breithorn, links im Vordergrunde das Niffelhorn.

Eise befreit erscheinen. Ihren Ursprung nehmen sie aus dem Schnee des Hochgebirges, mit dem sie auch oben in ununterbrochener Verbindung stehn, und ebendeshalb hier noch ein lockeres Gefüge besitzen. Aber die Schneeflocken thauen im Sommer unter dem Einfluß der steiler auffallenden Sonnenstrahlen äußerlich an, runden sich dabei ab, saugen das Wasser ein, oder lassen es in die Tiefe hinabträufeln, bis es die Lücken zwischen ihnen ausgefüllt hat und wieder Eis geworden ist; was bald der Fall sein muß,

⁹⁾ Vortreffliche Arbeiten über sie lieferte Louis Agassiz in seinen Untersuchungen über die Gletscher. Solothurn 1841. 8. mit Atlas in Folio; und seinem mit Guyot und Defer bearbeiteten Systeme glaciaire etc. Paris 1847. 8. Atl. in Fel.

weil die Wirkung der Sonnenwärme eben nicht weit in die Schneeschicht eindringen kann. Durch diesen Proceß entsteht aus ihr der körnige Firn. Schreitet später das Abthauen des Schnees und das darauf folgende nächtliche Gefrieren des Wassers noch weiter vor, so verwandelt sich der Firn in festes Eis, und der Gletscher wird allmählig zu krystallhellen, anfangs noch blasenreichen, später ganz homogenen Eismassen von azurblauer Farbe. Die Art, wie der Gletscher sich nach und nach gestaltet hat, ist zugleich Ursache seiner fortschreitenden Bewegung; sie veranlaßt ihn, thalwärts vorzurücken, wobei er natürlich in eine Gegend gelangt, deren gesteigerte Temperatur seinem Bestehen hinderlich wird; er muß wieder abschmelzen und Wasser erzeugen, das alsbald in zahlreichen Bächen, gewöhnlich aus weiten Mündungen, sogenannten Gletscherthoren, unter ihm hervorrieselt. Die Bewegung des Gletschers wird übrigens durch das Gefrieren des Wassers bewirkt, welches von der Oberfläche abthauend in die Lücken des Firns eindringt und dabei sich ausdehnt, mithin seine Umgebung nach allen, doch zumeist nach denjenigen Seiten vorwärts schiebt, wo es den geringsten Widerstand findet; sie wird aber noch unterstützt durch die Neigung der Bergflächen, auf welchen die Gletscher ruhen und durch tiefe Querrisse, Schründe genannt, in welche alle Gletscher mehr oder weniger leicht sich theilen, je nachdem sie von mehr oder weniger abschüssigen und unebenen Unterlagen getragen werden. In diese Schründe dringt ebenfalls Wasser und gelangt aus ihnen seitlich in zahlreiche feine Haarspalten, welche das ganze Gletschereis durchsetzen, und sich mit Wasser füllen, sobald ihnen solches zugänglich wird. Die Ausdehnung des hier wieder gefrierenden Wassers verursacht auch einen Theil der allgemeinen Gletscherbewegung thalabwärts, welche natürlich durch die Neigung des Gletscherbodens und den Mangel eines Widerstandes am untern Ende des Gletschers als die einzig mögliche gegeben ist. Sorgfältige Beobachtungen bestätigen diese Vorstellung und fügen hinzu, daß das Fortschreiten des Gletschers an seinen Seitenrändern langsamer geht, weil das Abthauen des Eises in der Umgebung aller fremden Massen durch die leichtere Erwärmung derselben beschleunigt wird, mithin weniger Eis übrig bleibt, als in der Mitte, wo ganz besonders in den sehr zahlreichen Haarspalten das Gefrieren des Wassers zu Eis die stärkere Ausdehnung der Gesamtmasse erzeugt. Je dicker ein Gletscher ist, um so mehr Wasser kann er aufnehmen, um so stärker sich ausdehnen, wenn es Eis wird¹⁰⁾.

10) Die Ansichten von Agassiz und Forbes stehen sich in diesem Punkte ent-

Die Gletscherbildung in den Hochgebirgen wirkt nun in mehrfacher Beziehung auf die Veränderung der Gebirgskämme ein, und zwar im Allgemeinen zerstörend. Zuerst sprengen die tieferen Temperaturgrade, welche durch die Nähe so großer Eismassen unterstützt werden, mittelst des in die Spalten der Gesteine eingedrungenen Wassers die Thälwände, und veranlassen ein beständiges Herabfallen der Gebirgsbruchstücke auf den Gletscher. Rückt nun der Gletscher vorwärts, so gehen die abgefallenen Bruchstücke mit ihm, und beschreiben von der Ursprungsstelle her eine Linie auf dem Gletscher, welche bis an's Ende desselben reicht, und den Namen Gufferlinie führt, so lange sie auf seiner Fläche bleibt. Weil aber die Felsbruchstücke nur von freien Felswänden herabfallen können, so entstehen mittlere Gufferlinien bloß an Orten, wo zwei oben getrennte Gletscher sich vereinigen; alle Trümmer, welche der Gletscher von beiden Seiten empfängt, bleiben auf seinem Rande liegen und werden in derselben Lage von ihm weiter geschafft. Diese Trümmerlinien nennt man Gandecken. Der gemeinsame Name für beide Felsblockreihen ist übrigens Morainen, wobei man die einzelnen je nach ihrer Vertheilung über den Gletscher als Mittel-Morainen, Seiten- oder Rand-Morainen und End-Morainen unterscheidet. In solcher Art führen die Gletscher Bruchstücke der Gebirge aus den höchsten Regionen in die Tiefe hinab, und häufen an ihrem Ende mit der Zeit Steindämme auf, welche nur zufällig vermehrte Kräfte, wie sie aufgestaute Wassermassen erlangen, in die Ebene führen können. Wir haben hiervon oben bei Schilderung durchbrechender Seen ein Beispiel kennen gelernt, und könnten diese Thatsache durch neue Belege noch mehr bestätigen, wenn es unsere Absicht wäre, alle einzelnen Beispiele für aufgestellte Behauptungen ausführlicher zu erörtern. Wir gehen aus demselben Grunde nicht weiter in die Untersuchung der fortschaffenden Wirkungen des Gletschereises ein, sondern berühren nur noch eine zweite merkwürdige Erscheinung, welche mit dem Fortschreiten desselben verbunden ist. Das sind die abgeschliffenen, polirten Felswände und Kuppen, welche man in vielen Thälern als Wirkungen der Gletscher beobachtet hat, als Producte der Reibung des Gletschers mittelst seiner rauhen, sandigen Grundfläche gegen die Gesteine des Thalbodens und der Wände während seiner langsamen Bewegung. Man trifft polirte Stellen heutigen Tages in vielen Thälern an, wo keine Gletscher mehr stehen, und schließt daraus

gegen; ich glaube, nach Einsicht des Systéme glaciaire, mich jetzt für die des Ersteren entscheiden zu müssen.

mit einigem Recht auf ihre frühere Anwesenheit. Ganz allgemein ist indeß dieser Schluß nicht erlaubt, da auch fallende Gießbäche, welche Gerölle mit sich fortführen, abschleifend auf ihre Seitenwände und Unterlagen wirken, mithin dieselben Erscheinungen, wie Gletscher hervorbringen. Auch der bloße Wasserstrom kann, wenn er längere Zeit mit großer Gewalt durch einen engen Ausgang getrieben wird, abschleifen, und nach und nach die Stellen, welche er berührt, sogar etwas aushöhlen. Vermehrt würde übrigens auch in diesem Falle die Wirkung und beschleunigt, wenn der Strom Gerölle triebe und damit die Wände des Engpasses abschleife. Auf die Möglichkeit eines solchen Verhältnisses hat zuerst L. v. Buch hingewiesen, indem er die merkwürdigen Vertiefungen erklärte, welche im Thale der Salza bei Golling, oberhalb Salzburg, 150 Fuß über dem jetzigen Wasserspiegel an den Felswänden vorkommen, und aus mehreren parallel übereinander fortlaufenden Löcherreihen bestehen, die der Fluß, als er einzstens in dieser Höhe stand, auswusch. —

Gefrorne Wassermassen von beständiger Dauer giebt es aber nicht bloß auf den höchsten Punkten derjenigen Gebirge, welche die Schneelinie überragen, sondern auch an den Polen unseres Planeten. Hier sind sie unter dem Namen Polareis ebenso allgemein bekannt, wie die Gletscher in den Alpen, erreichen aber einen bei weitem größeren Umfang, indem sie am Nordpol zwischen 70° und 80°, aber am Südpol schon zwischen 60° und 70° beginnen, weiterhin immer dichter werden und gleich mächtigen Felsen die ganze Fläche des Polarmeeres bedecken. Auch diese Eismassen sind Gletscher, welche vielleicht von Inseln oder noch unbekanntem Polarländern ausgehen, nach und nach vorschreitend das Meer erreichen, und wenn sie bis zu hinreichenden Tiefen gelangt sind, vom Meere schwimmend fortgeführt werden¹¹⁾. So kommen sie in die wärmeren Regionen, thauen hier ab und verschwinden allmählig ganz, während neue Massen von den Polen her ihnen folgen. Manche dieser Eisberge führen Gerölle und Schutt auf ihrer Oberfläche mit sich, ja ungeheure Felsblöcke hat man in ihnen bis-

11) Da das gefrorene Wasser, wie Seite 50 bemerkt wurde, einen größeren Raum einnimmt, als dieselbe Quantität flüssiges, so ist natürlich jedes Stück Eis leichter als eine ebenso große Masse noch tropfbares Wassers; weshalb alle Eismassen auf dem flüssig gebliebenen Wasser schwimmen, wenn dasselbe tief genug ist, um ihnen an Umfang gleich zu kommen. Ist das nicht der Fall, so stößt das Eis auf den Grund, und schiebt so lange fest, bis durch das Abthauen das Gleichgewicht des Umfanges zwischen ihm und dem tropfbaren Wasser hergestellt ist.

weilen wahrgenommen; weshalb es keinem Zweifel unterliegt, daß sie vom Lande herkommen, auf dem sie nach Art der Gletscher mit Felstrümmern sich bekleideten, oder daß sie an Küsten festsaßen, und vielleicht von dort her die Schuttmassen aufhoben. Auf solche Art können die Eisberge ihre Steindecken, wenn sie bei beträchtlicher Größe nur langsam abthauen, in ferne Gegenden bringen, indem sie daselbst auf den Strand gerathen und zerfließen, ihre Beischlüsse allein zurücklassend; wie es namentlich in Nordamerika an der Mündung des Lorenzo eine bekannte, sich jährlich wiederholende Erscheinung ist. Diese Erfahrung hat für uns eine sehr große Wichtigkeit, denn sie erklärt am besten die Verbreitung von Felstrümmern über Gegenden, welche vormals nachweislich Meeresboden waren, und gegenwärtig nicht mehr mit den Gebirgen in Berührung stehen, von denen die Trümmer herkommen. Solche zerstreute Felstrümmer werden erratische oder Findlings-Blöcke genannt; sie finden sich sehr häufig in der ganzen norddeutschen Ebene bis nach Polen und Rußland hinein, und scheinen von den Gebirgen Scandinaviens oder Finlands herzurühren, da sie ihrer Beschaffenheit nach ganz mit den dort anstehenden Gesteinen übereinstimmen. In ähnlicher Weise finden sich erratische Blöcke auf den Höhen des Jura, die ursprünglich Bestandtheile der gegenüberliegenden Alpenkette waren. Giebt man nun zu, daß Norddeutschland noch Meeresboden war, als auch die flacheren Küstengebiete des nördlichen Schwedens unter dem Wasserspiegel sich befanden, so stütheten die auf den Höhen des Kjölengebirges entstandenen Eismassen ungehindert über die damals weit nach Süden ausgehnte Ostsee fort, und verloren, je weiter sie südlich vordrangen, die ihnen anhängenden Felsentrümmer, welche natürlich zu Boden fielen und den damaligen Seegrund bedeckten. Ganz ähnlich hat man sich das heutige Thal der Aar und ihrer Nebenflüsse bis zum Genfersee als einen tiefen Meerbusen zu denken, auf dem die Gletscher des Montblanc und des Berner Hochlandes umhertrieben, bis sie am gegenüber liegenden Jura strandeten und hier ihre Morainen absetzten; wenn man nicht annehmen will, daß das ganze Gebiet zwischen beiden Höhen von einem großen zusammenhängenden Gletscher bedeckt wurde, der später abschmolz und jene Felsentrümmer als Denksäulen seiner Größe zurückließ¹²⁾. Welche von beiden Annahmen die richtige ist, lassen wir dahingestellt sein; auf

12) Man vergleiche die populäre Darstellung von Gsch er v. d. Linth mit einer Charte, welche die Vertheilung der Trümmer sehr anschaulich macht. Zürich 1832. 4.

jeden Fall aber rühren erratiche Blöcke von Eismassen her, die sie trugen und da niederlegten, wo wir sie gegenwärtig finden. Ist dies ermittelt, wie man jetzt allgemein zugiebt, so wird sich ihr Ursprung aus der Uebereinstimmung ihres Materials mit noch anstehenden Gebirgssteinen erkennen und daraus bald nachweisen lassen, ob die erratiche Blöcke von Süden oder Norden, von Osten oder Westen herbeigeführt wurden. Nach dieser Entscheidung müssen andere Untersuchungen darthun, ob es auf dem Lande ruhende Gletscher, oder schwimmende Eisberge waren, welche die Findlinge fortschafften.

Wir haben mit diesen Betrachtungen so ziemlich den Kreis der Wirkungen erschöpft, welche das Wasser in den verschiedenen Formen seines Vorkommens an der Oberfläche der Erde auf die festen Gesteine auszuüben im Stande ist, und dürfen als das Endresultat unserer Untersuchungen wohl unfehlbar bekennen, daß die noch jetzt wahrnehmbaren Wirkungen nicht ausreichen, die Entstehung aller festen Massen aus dem Wasser zu erklären. Haben wir uns gleich überzeugt, daß die erdigen Schichten, daß selbst viele krystallinische und derbe Gesteine als Niederschläge oder Absätze des Wassers, je nach ihrer Beschaffenheit, angesehen werden können, so äußerte doch auf andere krystallinische und derbe Massen das Wasser bloß eine theilweis verändernde Einwirkung, und war unfähig, sie ganz aufzulösen. Deshalb können aber auch diese Massen keine Niederschläge oder chemische Auscheidungen des Wassers sein, und ihren Bildungsproceß zu erklären, dazu reicht die Einwirkung des Wassers auf sie nicht hin. Ueberhaupt ergab sich uns eine in jeder Beziehung mehr zerstörende als hervorbringende Thätigkeit der heutigen Gewässer, und wenn wir nach den mitgetheilten Thatsachen auch die Möglichkeit zahlreicher, selbst großartiger Umwälzungen auf der Erdoberfläche, die das Wasser veranlaßte und ausführte, nicht leugnen können, so sind wir doch ebensowenig im Stande, aus der heutigen Thätigkeit der Gewässer alle Bildungsverhältnisse des Erdkörpers, so weit wir ihn kennen, zu erklären.