



Kleine Bibliothek Nr. 16



Wie Berg und Tal entstehen

Von H. Dommelt



Verlag des Reichs-Gesundheitsamtes



A 14886

Geol. 1913.
Die Geschichte der Erde

I.
**Wie Berg und Tal
entstehen**

Kurzer Abriss der dynamischen Geologie

Von R. Zimmeli

Mit vielen Illustrationen und einer Karte:
Die tätigen Vulkane der Erde

Stuttgart
Verlag von J. G. W. Dietz Nachf. G. m. b. H.
1911

A 00 - 04700
= A 14 886

Inhalts-Verzeichnis.

	Seite
Vorwort	4
Ein orientierender Ausflug	5
I. Die umgestaltenden Wirkungen des Wassers und der Luft	10
Steter Tropfen höhlt den Stein	10
Bach und Fluß	14
Das Eis als geologisches Werkzeug	25
Wind und Welle	35
Das Wachsen der Steine	43
II. Die geologische Wirksamkeit der Organismen	48
Tiere als Baumeister	48
Korallen oder Blumentiere	49
Schwämme, Würmer, Stachelhäuter und Weichtiere	53
Felsbildende Urtiere	54
Die Pflanzen	56
III. Vulkane	60
Zahl, Form und Größe	60
Die Lava	66
Feuer und Wasser	69
Der Mont Pélé und der Untergang St. Pierres	74
Einiges über die Quelle der vulkanischen Kraft	80
IV. Erdbeben	89
Zahl und Wirkung	89
Das Erdbeben von Messina	95
Die Ursachen der Erdbeben	100
1. Einsink- oder Auslaugungsbeben	102
2. Die vulkanischen Beben	102
3. Stauungsbeben (tektonische oder Dislokationsbeben)	103
V. Gebirgsbildung	107
Vulkangebirge	107
Großonsgebirge	109
Bruchgebirge	110
Säkulare Hebungen und Senkungen	112
Ketten- oder Faltengebirge	115
Bilder-Verzeichnis	124
Namen- und Sachregister	125

Alle Rechte vorbehalten

Druck von F. G. W. Dieb Nachf. G. m. b. H. Stuttgart

822/73

15081

Vorwort.

Nicht ohne Zagen habe ich vor zirka fünfundzwanzig Jahren den Auftrag übernommen, eine populäre Geologie zu verfassen. Der unerwartete Erfolg derselben beweist — wie übrigens längst bekannt ist —, daß im werktätigen Volke ein wahrer Heißhunger nach wissenschaftlicher Aufklärung besteht. Nun ist die zweite Auflage meiner Geschichte der Erde vergriffen, und es soll ihr eine dritte folgen. Die geologischen, paläontologischen und prähistorischen Entdeckungen der letzten Jahre haben jedoch eine gänzliche Neubearbeitung notwendig erscheinen lassen. Dazu kam noch der Wunsch, die Anschaffung der Schrift dadurch zu erleichtern, daß sie in vier Bändchen zerlegt wird, von denen jedes für sich käuflich ist. So ist aus dem Alten etwas ganz Neues und, wie ich zu hoffen wage, Besseres geworden.

Das vorliegende erste Bändchen schildert den Einfluß der Naturkräfte auf die Erdoberfläche, die Bildung der Erdschichten, ihre Zerstörung und Abtragung, die Entstehung von Berg und Tal, Fluß und See. Das zweite Bändchen befaßt sich mit den geologischen Perioden und Formationen von der Urzeit bis zur Eiszeit und enthält ungefähr das, was als historische Geologie bezeichnet wird. Das dritte Bändchen ist paläontologischen Inhalts und führt dem Leser die berühmtesten Vertreter der ausgestorbenen Wirbeltiere vor Augen, und den Schluß bildet mit dem vierten Bändchen eine kurze Darstellung der älteren Steinzeit (Paläolithikum) mit einem Ausblick auf die ältesten Spuren des vorgeschichtlichen Menschen.

Seitens des Verlags ist alles getan worden, um trotz des ungemein billigen Preises die Bändchen aufs beste auszustatten.

So möge nun diese Erdgeschichte hinausgehen in die wissenschaftliche Lesewelt und sich recht viele Freunde erwerben.

Zürich, im Juli 1911.

Der Verfasser.

Ein orientierender Ausflug.

„Gestern noch hielt ich die Gestalt der Erde für unerschütterlich. Ich fand dieselbe Landschaft wieder, welche schon meine Väter gesehen. Auf dieser sich gleichbleibenden Oberfläche war es der Mensch allein, der sich veränderte, der um so vergänglichlicher, je mehr alles übrige fest und unveränderlich schien.“ So sagt der französische Philosoph und Historiker Edgar Quinet in seiner „Schöpfung“, und dies war Jahrtausende hindurch der Grundgedanke aller Poesie und Philosophie. Wie ganz anders denkt hierüber der moderne Mensch, der weiß, daß unsere Erde zahllose Ummwälzungen erfahren hat, daß ähnliche Ummwälzungen sich auch in Zukunft vollziehen werden und daß nichts beständig ist als der Wechsel. Selbst die ewigen Berge und das ewige Meer sind so wenig „ewig“ wie die Blumen des Feldes, sie entstehen und vergehen; auch sie haben ihre Geschichte, die Erdgeschichte oder Geologie.

Um den Leser mit den Grundbegriffen dieser Wissenschaft auf einfache Weise einigermaßen bekannt zu machen, ersuche ich ihn, mich im Geiste auf einer kleinen Schweizerreise zu begleiten.

Den ersten Halt machen wir in der Pestalozzistadt Zürich. Wenn wir den Hauptbahnhof verlassen, so winkt uns von der Höhe der imposante Bau Sempers: das eidgenössische Polytechnikum. Dort hinauf wollen wir die Schritte lenken, denn unser Besuch gilt der paläontologischen Sammlung. Da sind mehrere Säle voll der merkwürdigsten Reliquien: Schalen, Panzer, Knochen, ganze Skelette von Wesen, die nirgends mehr lebend angetroffen werden, desgleichen verkohlte und verfeinerte Pflanzen oder auch bloß Abdrücke von solchen, die schon zu Adams Zeiten längst ausgestorben waren. In den vielen Glaskränken liegen tausend und aber tausend Arten, von denen man bis vor verhältnismäßig kurzer Zeit keine Ahnung hatte. Jetzt gibt es darüber eine besondere und sehr ausgedehnte Wissenschaft, die Paläontologie, die Lehre von den „alten“, das heißt den ausgestorbenen Lebewesen.

Du bewunderst die gewaltigen Schneckengehäuse, die fast die Größe eines Wagenrads erreichen und aussehen wie spiralig aufgerollte Riesenschlangen! Es sind keine Schnecken, sondern

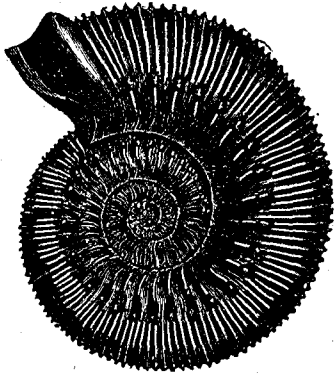


Abb. 1. Ein Ammonshorn.

Ammonshörner, Vorfahren der heutigen Tintenfische oder Kraken, also Meerestiere. Man kennt mehrere tausend Arten. In den Schweizer Bergen findet man sie massenhaft. Wie sind sie wohl dort hinauf gekommen? Du denkst: vielleicht durch die Sintflut? Aber zu Nochs Zeit war keine einzige Art mehr am Leben, sie waren schon viele hunderttausend Jahre vorher ausgestorben. Als sie sich in den damaligen Ozeanen tummelten (zum Schrecken der kleineren Wasserbewohner), existierten Alpen und

Jura noch nicht, die Schweiz war damals noch Meeresboden. Dasselbe gilt für den größten Teil Deutschlands und Österreichs. Ungefähr zur gleichen Zeit lebte das fischartige Ungeheuer mit den erschrecklichen Käberaugen und dem fürchterlichen Rachen. Das ausgewachsene Tier erreichte etwa neun

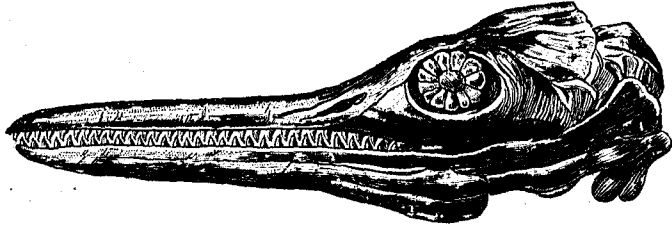


Abb. 2. Kopf des Fischdrachen (Ichthyosaurus). Wirkliche Größe 2 Meter lang.

Meter Länge, wovon zwei Meter auf den Kopf entfallen. Das war einmal ein „König“ unter den Tieren, noch gefürchteter als die großen Kraken und Haiische jener Zeit. Man hat es Ichthyosaurus getauft, was wir am besten mit Fischdrache übersetzen. Dieser grimmige Drache stammt indes nicht aus den

Schweizer Bergen, sondern aus dem gemüthlichen Schwabenland, aus der Gegend von Boll, allwo es von derlei Ungeheuern förmlich wimmelt. Daher besitzt auch das Stuttgarter Naturalienkabinett eine wundervolle Sammlung solcher und verwandter „Drachen“. Sie haben keine Nachkommen oder Bettern in der heutigen Tierwelt; die ganze vornehme Sippschaft ist ausgestorben. Das gleiche ist der Fall bei den Flugdrachen, die durch einige Exemplare aus den Schieferbrüchen bei Solnhofen in Bayern vertreten sind, wahre Fabeltiere, Basilisken



Abb. 3. Der Flugdrache (Pterodactylus).

mit großen Fledermausflügeln. Wie sonderbar mag die Welt vor etlichen Millionen Jahren ausgesehen und welch tiefgreifende Veränderungen müssen seither stattgefunden haben! Davon erzählen uns die wunderbaren Schätze des Museums.

Aber auch außerhalb desselben, in der freien Natur finden wir auf Schritt und Tritt Inschriften längst vergangener Zeitalter. Untersuchen wir die Gehänge des Riechberges und des benachbarten Klüberges, so finden wir, daß sie der Hauptsache nach aus Mergel, einem weichen, leicht verwitterbaren Gestein aus Kalk, Ton und Sand bestehen. Außerdem kommt auch Nagelfluh (zusammengebackener Flußkies), Sandstein und sogenannter Stinkkalk vor; es sind dieselben Gesteinsarten, die

sich heute am Boden des Züricher Sees, des Bodensees, des Vierwaldstätter Sees bilden. Damit stimmt auch das Vorkommen von Süßwassermuscheln und Süßwasserschnecken. Aus alledem geht mit untrüglicher Sicherheit hervor, daß sich an Stelle des Zürichberges und des Aäliberges einstmals ein großer Süßwassersee befunden hat. Dieser muß zur Zeit seiner größten Ausdehnung die ganze schweizerische Hochebene bedeckt und sich weit bis nach Schwaben und Bayern hinaus erstreckt haben.

Fahren wir den See hinauf nach Horgen, so finden wir ein kleines, jetzt nicht mehr abbauwürdiges Braunkohlenflöz mit Resten von Palmen, Sumpfpfeifen, Mammutbäumen, immergrünen Eichen, Kampfer-, Lorbeer- und Feigenbäumen. Kein Zweifel, zur sogenannten Braunkohlenzeit hatte die Schweiz ein wärmeres Klima als heute, das bezeugen auch die Versteinerungen von Tapiren, Urelefanten, Nashörnern, Krokodilen und Affen. Damals mag's bei Zürich fast wie in einem tropischen Urwald ausgesehen haben.

Aber nicht während der ganzen Vorzeit war's so!

Bei unserer Wanderung erblicken wir hier und da große eckige Blöcke von fremdartigem Aussehen, sogenannte Frrblöcke oder Findlinge. Nach mühevollen Untersuchungen ist es gelungen, ihren Ursprung festzustellen: sie stammen aus den Bündner und Glarner Alpen. Durch Wasserfluten sind sie nicht hertransportiert worden, dagegen spricht schon ihr Gewicht; wiegt doch der „Pflugstein“ bei Erlenbach zirka 90000 Zentner, und nordwärts von Zürich lag ein anderer, aus dessen Trümmern ein ganzes Haus errichtet werden konnte. Bei Wassertransport wären überdies ihre Ecken und Kanten abgerollt worden, wie wir das bei den Flußtiefeln beobachten können. Solche Blöcke können nur durch Eis verfrachtet worden sein, sie sind auf dem Rücken von Gletschern in die Nordschweiz und ins Schwabenland hinausgelangt. Bei Zürich gab's also ehemals riesige Gletscher und ein kälteres Klima als heute, es war „Eiszeit“. Großartige und zahlreiche Zeugen hierfür birgt auch die norddeutsche Tiefebene; die dortigen Gletscher kamen von Skandinavien und Finnland.

Fahren wir dem Züricher See entlang nach Südosten, so umgibt uns gar bald die großartige Szenerie der Alpenwelt. Kühn streben die gähstohigen Felswände zum Himmel empor und bilden majestätische Dome und Kathedralen. Die Felschichten

— meist dunkler bis blauschwarzer Alpentalk — liegen nicht horizontal wie bei Zürich, sondern steil aufgerichtet, übergekippt, gefaltet, geknickt, zerknittert, über- und durcheinander geschoben, zerquetscht, als hätte eine grandiose Weltrevolution das Unterste zu oberst gelehrt. Und doch war das, wie ich bereits angeführt habe, ehemals glatter Meeresboden. Die Felsen wimmeln von Schalen und Skeletten ausgestorbener Meerestiere, als da sind: Kreidestierchen, Seesterne, Seeigel, Meeresschnecken, Muscheln, Ammonshörner, Korallen, Schwämme usw. Wo Wiggis und Glarnerisch stehen, herrschten einst Fisch- und Schlangendrachen, Kraken und Tintenfische, Rochen und Haie.

Wie sollen wir uns dies erklären? Wer kann wissen, was vor Jahrmillionen sich abgespielt? Wo sind die Zeugen, die der Aufrichtung der mächtigen Kalkgewölbe beigewohnt haben? Wo steht aufgezeichnet, wer die Felsgräte und Fische, die Talgründe und Schluchten ausgemeißelt hat, kurz, wie Berg und Tal entstanden sind? In den folgenden Kapiteln wollen wir versuchen, auf diese Fragen Antwort zu geben. Vorerst aber müssen wir wissen, in welcher Weise die Naturkräfte in der Gegenwart tätig sind, wie die Veränderungen der Erdoberfläche sich in der Jetztzeit vollziehen. Man bezeichnet diesen Teil der Erdgeschichte als „dynamische Geologie“.

I.

Die umgestaltenden Wirkungen des Wassers und der Luft.

Steter Tropfen höhlt den Stein.

Wenn ein Bewohner der Ebene oder hügeliger Länder, schreibt Heim in seiner „Verwitterung der Gebirge“, von irgend einem Ding sagen will, es sei fest und unwandelbar, so sagt er gern: Fest wie ein Fels. Er ist vielleicht vorübergehend auch schon ins Hochgebirge gekommen, versuchte dort an einem scharf vorspringenden Felszahn zum Spaß zu rütteln, ging dann weg und dachte: Der ist für die Ewigkeit hingestellt. . . . Dem Gebirgsbewohner hingegen ist nicht der Fels, sondern vielmehr die von Menschenhand gebaute Mauer das Sinnbild des Festen und Unwandelbaren. Beispielsweise hört man im Kanton Uri oft Redensarten wie: Das hat er geglaubt so fest wie eine Mauer. Auf diesen Fels darfst du schon treten, der hält wie eine Mauer. Dagegen: Das ist faul wie Felsen! — An den einzelnen Stellen der Schluchten, Abhänge, Gräte und Gipfel, die der Alpenjahrrelang in der Nähe sieht, beobachtet er ein ewiges Sichverändern, bald langsam, bald erschreckend heftig und ruckweise. Selbst der härteste Granitfels „verfault“, die Trümmer werden vom Wasser fortgeführt, und der Berg erleidet eine Verminderung, einen Abtrag.

Aber freilich, nicht nur der Fels „verfault“, sondern auch die von Menschenhand errichtete Mauer. In alten Tempeln, Domen, Burgen, Palästen und Denkmälern ist das Zerstörungswerk offensichtlich. Daher die kostspieligen Restaurationsarbeiten am Kölner Dom, am Heidelberger Schloß, am Berner Münster, am eidgenössischen Polytechnikum in Zürich. Sandsteinmonumente werden oft schon nach einigen Jahrzehnten ganz unkenntlich, so zwar, daß die Köpfe menschlicher Figuren nur noch runde Knollen darstellen.

Man bezeichnet diesen Vorgang als Verwitterung. Besonders augenfällig ist dieselbe im Hochgebirge. Als Hauptursachen

der Verwitterung haben wir Wasser, Luft und Temperaturschwankungen anzusehen. Das Wasser dringt in die feinsten Poren und Klüfte des Gesteins, weshalb die Gebirgsmassen im Innern und in der Tiefe stets feucht sind (Bergschweiß).

Der Techniker spricht freilich von durchlässigen und undurchlässigen Schichten und rechnet zu letzteren beispielsweise Ton, Lehm, Tonchiefer, dichte Kalle, Mergel, Gneis, Granit, Basalt; aber das sind nur relative Begriffe (im Verhältnis zueinander), es handelt sich dabei lediglich um ein Mehr oder ein Weniger. Denn alle Gesteine haben feinere oder gröbere Klüfte und Fugen, die einer Flüssigkeit Durchlaß gewähren. Wie künstliche Versuche ergeben haben, ist der beste Granit nicht vollständig undurchlässig. Ja, man kann gewisse Edelsteine mittels geeigneter Lösungen künstlich färben, ein Beweis, daß fremde Substanzen dieselben zu durchdringen vermögen.

Das Wasser hat nun die Fähigkeit, die verschiedenartigsten Mineralien aufzulösen. Sehr leicht löslich sind Kochsalz, Bittersalz, Eisen- und Kupfervitriol, Salpeter, Gips, schwerer löslich sind Kalk, Dolomit und Quarzit. Die Lösungsfähigkeit wird erhöht durch Anwesenheit von Säuren, zum Beispiel von Kohlenensäure, sowie durch hohe Temperatur und hohen Druck. Kohlen-saurer Kalk findet sich in beträchtlichen Mengen im Quells-, Fluß- und Seewasser. Beim Kochen schlägt er sich nieder als Pfannen- oder Kesselstein, was bei Dampfkesseln sehr lästig und manchmal verhängnisvoll wird. Nimm ein Glas klaren Quellwassers und erhitz es, gleich wird es trüb. Durch die Wärme wird die Kohlen-säure ausgetrieben, und der Kalk, der in chemisch reinem Wasser fast unlöslich ist, scheidet sich aus. Wenn wir zwar einen weißen Quarzkiesel in ein Glas Wasser legen, so können wir nach Tagen und Wochen keinerlei Veränderung wahrnehmen und selbst mit den feinsten chemischen Methoden keine solchen nachweisen; der Chemiker sagt daher: Quarz ist in Wasser unlöslich. Für den Geologen gilt das nicht; denn die Natur arbeitet mit viel großartigeren Mitteln und vor allem mit gewaltigeren Zeiträumen als der Forscher im Laboratorium. Die Menge Wassers, welche jahraus jahrein die Klüfte, Poren und Fugen des Gesteins durchdringt, ist eine ungeheure. Im Simplontunnel war der Wasserandrang so gewaltig, daß die Bohrungen unterbrochen werden mußten und die Ausföhrung des Riesens-

werkes in Frage gestellt schien. Daß in Bergwerken das Hinausschaffen des Wassers ein schweres Stück Arbeit ist und daß durch Wassereintrüche nicht selten Katastrophen herbeigeführt werden, dürfte allgemein bekannt sein. Man glaubt annehmen zu dürfen, daß annähernd der dritte Teil des Regen- und Schneewassers versickert, das würde für die Schweiz jährlich etwa 10 000 Billionen Liter ausmachen. Diese Wassermassen sind rastlos tätig, Jahrhunderte, Jahrtausende, ganze Ewigkeiten hindurch.

In beträchtlichen Tiefen und im Innern der Gebirge herrscht höhere Temperatur und stärkerer Druck, wodurch die zerfetzende Tätigkeit des Wassers gefördert wird. Heiße Quellen (Thermen) sind meist reich an mineralischen Bestandteilen und werden dann als Mineralquellen, Schwefelquellen, Stahlsäuerlinge usw. bezeichnet. Die Thermen von Baden in der Schweiz befördern jährlich 2 Millionen Kilogramm fester Substanz an die Oberfläche, diejenigen von Karlsbad in Böhmen allein 110 000 Kilogramm Glaubersalz. Eine Quelle des Leuker Bades (Wallis) entführt dem Erdinnern pro Jahr 40 000 Zentner Gips, das entspricht einem Raum von 100 Meter Länge, 6 Meter Breite und 3 bis 4 Meter Höhe. Die Elbe führt aus Böhmen jedes Jahr 6 Millionen Zentner Mineralsubstanz in gelöster Form, darunter $1\frac{1}{2}$ Millionen Zentner Kalk. Angefichts solcher Tatsachen kann uns das Vorkommen zahlloser Höhlen und Grotten, unterirdischer Flüsse und Seen, das Versickern von Flüssen usw. nicht mehr wundernehmen.

Eine gewisse Berühmtheit sowohl in geologischer als volkswirtschaftlicher Beziehung haben die Donauversickerungen zwischen Immendingen und Tuttingen erlangt. Durch mehrere Trichter und Spalten des felsigen Bettes verliert sich der „ungetreue Strom“ und kommt in der Singer Nach wieder zum Vorschein. Anno 1893 war das Donaubett 172 Tage lang trocken. Am Joursee (sprich Schufsee) im Waadtland finden sich drei unterirdische Flußläufe. Auf der rechten Seite beim Dorfe l'Abbaye (Vabâ) ist der sogenannte Höllenkessel (chaudière d'enfer) mit natürlichen Schächten und Stollen und einem kleinen, sehr tiefen See; am linken Ufer bei Le Vieu (Lô Riv) verliert sich ein Teil des Seewassers in einer Felspalte, und am Nordende bei Bonport stürzt das Wasser mit solcher Gewalt in einen Trichter, daß es eine Turbine zu treiben vermag. Unten bei Ballorbe,

am Fuße einer zirkusartigen Kalkwand, tritt das Wasser als Orbesluß wieder zutage. Der Schwäbische und Fränkische Jura ist von vielen alten und neuen Wasserläufen unterminiert. Noch reicher an derlei Vorkommnissen ist der Karst, ein furchtbar übes Kalkgebirge nördlich von Triest, mit zahllosen Höhlen, Senkungstrichtern und unterirdischen Flußläufen. Am bekanntesten ist die Adelsberger Grotte mit einer ganz eigenartigen Tierwelt. Das ganze Gebirge ist, wie ein Geologe sagt, „vollständig in Auflösung begriffen“.

Nicht selten kommt es vor, daß große Höhlen zusammenbrechen, wodurch lokale Erdbeben entstehen. Solche „Einsturzbeben“ werden besonders häufig aus dem Karst gemeldet. Findet der Einsturz nahe der Erdoberfläche statt, so gibt er sich durch Bildung eines Trichters (Erdfall) zu erkennen.

Wo das Wasser auf schwer lösliches Gestein stößt, sucht es sein Ziel auf Umwegen zu erreichen, indem es die Mineralsubstanz chemisch verändert und in leicht lösliche umwandelt. Ein auffälliges Beispiel hierfür liefert der Anhydrit, wasserfreier schwefelsaurer Kalk, der in gewaltigen Stöcken und Lagern vorkommt. Er verbindet sich gerne mit Wasser, wodurch er in Gips übergeführt wird, das heißt in wasserhaltigen schwefelsauren Kalk. Dieser kann nun leicht aufgelöst und fortgeführt werden, denn 10 000 Teile Wasser vermögen 25 Teile Gips zu lösen (von Kalk nur 9 bis 12 Teile). Durch schwefelhaltige Quellen und schweflige Ausdünstungen wird auch Kalk in Gips umgewandelt, indem die Kohlensäure des Kalksteins durch Schwefelsäure ausgetrieben und ersetzt wird.

In größeren unterirdischen Wasserläufen gesellt sich zur chemischen Tätigkeit die mechanische, indem die mitgeführten Gesteinsbrocken wie Meißel wirken und die Kanäle rasch erweitern und vertiefen. So entstehen schließlich jene großen Höhlen, welche in der Vorzeit wilden Tieren und Urmenschen als Unterschlupf gedient haben und für die Erforschung des vorgeschichtlichen Menschen von so ungeheurer Bedeutung geworden sind! Beiläufig mag erwähnt werden, daß zum Beispiel die Gailenreuther Höhle in Oberfranken die Reste von 1000 Höhlenbären, eine solche im schwäbischen Nachtal Knochen von Bären, Höhlenlöwen, Renttieren, Mammutelefanten und Nashörnern geliefert hat. Noch berühmter sind die belgischen

und südfrenzösischen Höhlen, mit denen wir uns in einem späteren Bändchen eingehender beschäftigen werden.

Zum Schlusse sei noch der Karrenfelder Erwähnung getan. Auf sanft geneigten Kalkflächen, die einen großen Teil des Jahres von Schnee bedeckt sind, bilden sich durch das kohlenstoffhaltige Schmelzwasser und infolge ungleicher Löslichkeit schwache Vertiefungen. Kein Kalkfels ist nämlich vollkommen gleichmäßig in seiner Masse, die einen Partien sind etwas leichter löslich, andere um ein Geringes schwerer. Von den widerstandsfähigeren, erhabenen Stellen läuft das Wasser ab und sammelt sich in den entstandenen Vertiefungen; hier ist nun die Auflösung fast ununterbrochen tätig. Die dadurch gebildeten Löcher und Rinnen vertiefen und erweitern sich immer rascher, bis nur noch schmale Rippen zwischen denselben übrig bleiben. Diese sind oft messerscharf und geben beim Anschlag einen hellen Ton. Wenn der Sturm über die scharfen Schneiden streicht, entsteht ein hohles Geheul. Das sind die wilden, zerhackten „Karren“ oder „Schratten“. Die Begehung derselben ist äußerst schwierig und gefährlich, denn ein unglücklicher Sturz hat schwere Verletzungen zur Folge. Es gibt Karren, sagt Heim, welche viel schwieriger und gefährlicher zu durchwandern sind als manches gefährliche Gletscherlabyrinth. Die Löcher und Rinnen werden häufig 2 und 3 Meter tief, es sollen sogar solche von 10 bis 15 Meter vorkommen. Und zu solchen Wirkungen bedarf es keineswegs großer Wassermassen, es genügen dazu verhältnismäßig geringe Mengen der langsam abschmelzenden Schneedecke, sogar spärlich zufließende Sickerwasser, wie Karrenbildungen auf bedeckten Kalkschichten beweisen. Kaum gibt es ein zweites Beispiel, das uns in anschaulicherer Weise die Richtigkeit des Wortes beweist: „Steter Tropfen höhlt den Stein.“

Bach und Fluß.

Auf den Gipfeln und an den Abhängen der Gebirge bleiben die Produkte der Verwitterung — Blöcke, Schiefer, Felschutt, Sand, Lehm — nicht liegen, sie rollen und gleiten abwärts, dem Zuge der Schwere folgend, oder sie werden fortgerissen durch Schneelawinen, durch Stürme, durch Eis und fließendes Wasser. Wer im Hochgebirge herumsteigt, hört sehr häufig das



Abb. 4. Karrenfeld (Schrattenalp im Canton Schwyz).

Auffschlagen einzelner Steine, das Geriesel von allerlei Grus oder das Herniederpoltern größerer Schuttmassen.

Wenn bedeutende Felsmassen abbrechen und herniederstürzen, oder wenn wegen Durchweichung einer mergeligen Unterlage ganze Schichten ins Rutschen kommen, so sprechen wir von Bergstürzen. Sie sind im Gebirge eine recht häufige und naturnotwendige Erscheinung. Bisweilen führen sie Millionen von Kubikmetern Material ins Tal — Dörfer, Felder und Auen verschüttend, Flüsse stauend, Seen bildend oder ausfüllend, Menschen und Tiere begrabend. In aller Gedächtnis ist sicherlich noch das letzte derartige Ereignis in Elm, Kanton Glarus (1881), und nicht minder bekannt ist wohl dasjenige, welches im Jahre 1806 Goldau zwischen Rigi und Roßberg betraf, wobei 220 Scheunen und Ställe, 2 Kirchen, 111 Wohnhäuser und 457 Menschen verschüttet wurden. Ein großer Teil der zerstörenden Masse erstürmte, im Tale angekommen, noch den jenseitigen steilen Fuß des Rigi-berges, und einzelne Bäume und Felsstücke flogen hoch am Abhang hinauf. Innerhalb drei bis vier Minuten hatte das Unglück seinen Lauf vollendet. Die vom Roßberg abgestürzte Felsmasse betrug zirka 15 Millionen Kubikmeter, die beim Bergsturz von Elm 10 Millionen.

Trotz der Großartigkeit solcher Vorkommnisse ist die Felsmasse, welche das ganze Jahr hindurch ununterbrochen als kleine Schutrutschungen, als Schlamm, als leichtes Geriesel und als sogenannte „Steinschläge“ vom Berge sich löst, eine weit beträchtlichere. Auf den Alpenweiden sieht man nicht selten lange, tiefe Furchen, offenbar erst vor kurzem entstanden; sie rühren von Felsblöcken her, die in rasendem Schwunge auf die Wiese gestürzt sind und im Weiterrollen den Boden aufgerissen haben. Sie fordern nicht wenige Opfer an weidenden Tieren, mitunter auch an Menschen.

Du wähnst vielleicht in einer „Runse“, einem trockenen Bachbett, einen bequemen Aufstieg entdeckt zu haben — der erfahrene Führer hält dich zurück: lieber jene steile, aber feste Felswand hinauf; jene Runse ist eine sogenannte „Steinschlagrinne“. Mancher unerfahrene Alpenwanderer, nicht bekannt mit der Tücke einer solchen, wurde von einem herniederfallenden Steine erschlagen.

Am Fuße einer solchen Steinschlagrinne sammelt sich der Schutt zu einem halbkegelförmigen, unten breiten, oben spizen,

ziemlich steilen Haufen, dem „Schuttkegel“. Stehen viele solcher Schuttkegel nahe beisammen, so vermachsen sie zu einer Schutthalde. Nach reichlichem Regen und zur Zeit der Schneeschmelze wird jede Rinne zu einem wilden Strome, dessen tosende, schlammige Fluten den Schutt ins tiefe Tal hinunter verfrachten. Wo das Gefäll sanfter wird, muß der Wildbach einen Teil seiner schweren Last liegen lassen. Hier entsteht abermals ein Schuttkegel, der aber, weil unter Mithilfe fließenden Wassers gebildet, viel flacher ist. Dafür ragt er weit aus dem Seitental vor, hier einen See entzwei schneidend (Brienzer und Thuner See im Berner Oberland), dort zur Neubildung eines solchen Veranlassung gebend oder wenigstens das Wasser des Hauptflusses in gefahrdrohender Weise stauend. Aber der starke Sohn der Berge duldet nicht lange verhassten Zwang. Plötzlich macht er sich eine Gasse, und wehe den unteren Talschaften, über die seine entfesselten Fluten hinweggehen. Man nennt das Murgang. Die Geröll- und Schuttmassen wälzt er abwärts in tobendem Laufe und versenkt sie im tiefen See oder zerreibt sie zu zartem Kies, Sand und Schlamm. Die Geschiebestücke, die sich, entsprechend ihrer Schwere, mit ungleicher Schnelligkeit bewegen, prallen aufeinander und reiben sich, so daß ihre scharfen Kanten und Ecken bald verschwinden und lauter platte, kugelige und scheibenförmige Kollstücke (Kies, Schotter) übrigbleiben. Das knackt und kracht und knirscht, daß man's oft deutlich aus dem Brausen und Tosen des Wassers heraus vernehmen kann. Die Felsstücke und Sandmassen reiben und zerkleinern sich nicht nur gegenseitig, sie rizen und scheuern auch die Ufer und den Untergrund des Flußbettes und wirken dadurch wie eine Säge. Diese Wirkung der anprallenden Steine ist beispielsweise bei der Linth im Kanton Glarus eine so ausgiebige, daß dicke Eisplatten, womit das Wasser zu industriellen Zwecken gestaut wird, schon in wenigen Jahren vollständig durchsägt werden.

Bei den zahlreichen Wasserfällen entstehen durch kreisende Bewegung einzelner Steine tiefe Böcher, sogenannte Strudellöcher, Riefentöpfe oder Grostonskessel. Der bewegte Stein wirkt wie ein Bohrer. In manchen Schluchten kann man viele hundert Fuß über dem jetzigen Fluße solche Grostonskessel an den Wänden beobachten — es sind Andeutungen des früheren Flußuntergrundes. Alle die graustigen Schluchten, wie die des Trientflusses im

Ranton Wal-
lis, der Aare
bei Meiringen
und der Sa-
mina bei Pfä-
fers, die Part-
nachklamm in
den bayerischen
Alpen, die Rich-
tensteinklamm
im Salzburgi-
schen und an-
dere sind durch
die Geschiebe
führenden
Wasser ins
harte Gebirge
eingesägt wor-
den. Bis in
die neueste Zeit
wurden solche
Klammern
(Schluchten),
als „Spalten“
erklärt, die bei
der Aufrich-
tung der Ge-
birge entstan-
den sein sollten,
ja man suchte
überhaupt die
Bergtäler auf
Spalten zu-
rückzuführen.
Genauere Un-
tersuchungen
haben jedoch
dargetan, daß
gerade bei den



Abb. 5. Eine Klamm oder Riss (Weichtalklamm).

oben angeführten Beispielen von Spalten keine Rede sein kann.
(Die Bildung von Strudellöchern, Hexenkesseln oder Teufels-

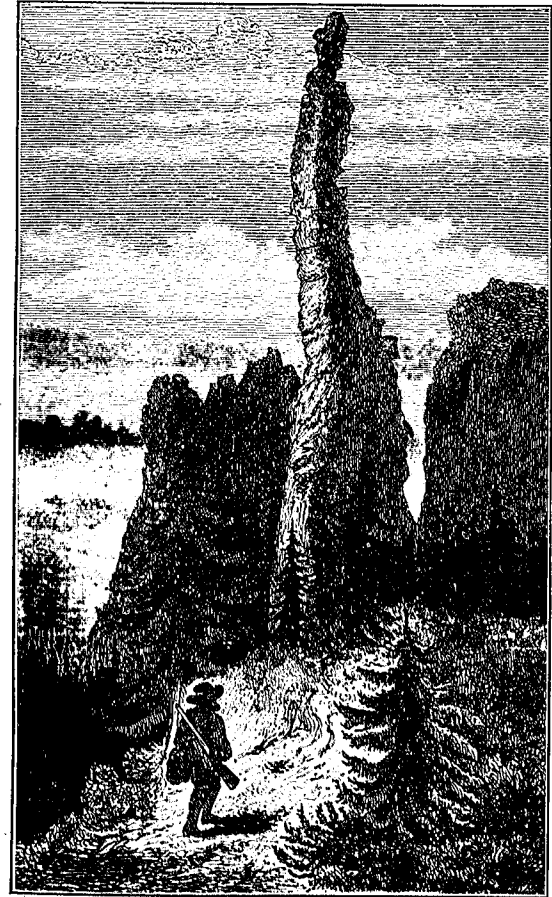


Abb. 6. Felsruine.
Sandsteinfels am Pfaffenstein in der Sächsischen Schweiz.

mühlen, wie sie im Volke genannt werden, läßt sich sehr schön
in kalten Wintern beim Rheinfluss studieren, weil alsdann wenig
Wasser vorhanden und das Strombett teilweise trocken gelegt ist.)

Wo der Fluß weiches oder stark zerklüftetes und zum Nachbrechen geneigtes Material durchschneidet, entstehen keine spaltenähnliche Schluchten, da zu beiden Seiten Rutschungen eintreten, welche den Fluß zeitweilig stauen und wiederum zu intensiverer Arbeit zwingen. Das Zerstörungswerk schreitet sowohl in die Breite wie in die Höhe fort, woraus naturgemäß eine Erweiterung der Täler, eine Verkleinerung und Erniedrigung der Berge, kurz, eine allgemeine Abtragung oder Denudation resultiert. Nun ist die Festigkeit und Löslichkeit irgendeiner Formation sehr verschieden, wovon wir uns leicht überzeugen können, wenn wir die Fassade eines älteren Bauwerkes genauer betrachten. Festere, kompaktere Massen widerstehen leichter als weichere oder leicht lösliche oder zerklüftete Partien. Letztere werden naturgemäß schneller zerstört und vom fließenden Wasser fortgeschafft, während erstere noch lange erhalten bleiben, ähnlich der „einen hohen Säule“ in Ahlands bekannter Ballade. Auf diese Weise — nur durch die abtragende Tätigkeit des Wassers — sind zum Beispiel die Felsruinen der Sächsischen Schweiz zustande gekommen. Zahlreiche und große Gebiete der Erdoberfläche befinden sich heute noch im Anfangsstadium der Abtragung. Das ist zum Beispiel der Fall in den Südweststaaten Nordamerikas. Dort hat der große Coloradofluß in teilweise sehr harte Felschichten riesige Schluchten von beinahe 2000 Meter Tiefe — sogenannte Canons — eingeschnitten, und zwar von der jüngeren Braunkohlenperiode bis zur Gegenwart. Das ist — geologisch gesprochen — eine kurze Spanne Zeit, sie umfaßt aber immerhin einen Zeitraum von weit mehr als einer Jahrmillion. Wie rasch aber mitunter das Wasser arbeiten kann, zeigt der Simeto, ein fast immer wasserleerer Fluß Siziliens. Derselbe wurde zu Anfang des siebzehnten Jahrhunderts durch einen vom Atna ausgesandten Lavaström ausgefüllt. Bis zur Stunde hat er sich wieder eine Schlucht von mehr als 30 Meter Tiefe gegraben. Ein Fluß arbeitet übrigens in verschiedenen Teilen sehr verschieden. Der Oberlauf gräbt sich senkrecht ein, seine Arbeit geht in die Tiefe; im Mittellauf geht die Ausnagung mehr in die Breite. Bei sinkendem Wasserstand bilden sich Retsbänke, und hierdurch wird das Wasser bald nach links, bald nach rechts gedrängt, worauf die Ufer intensiver unterfressen und Rutschungen, oft förmliche Bergstürze verurjacht werden. Im Sommer 1877

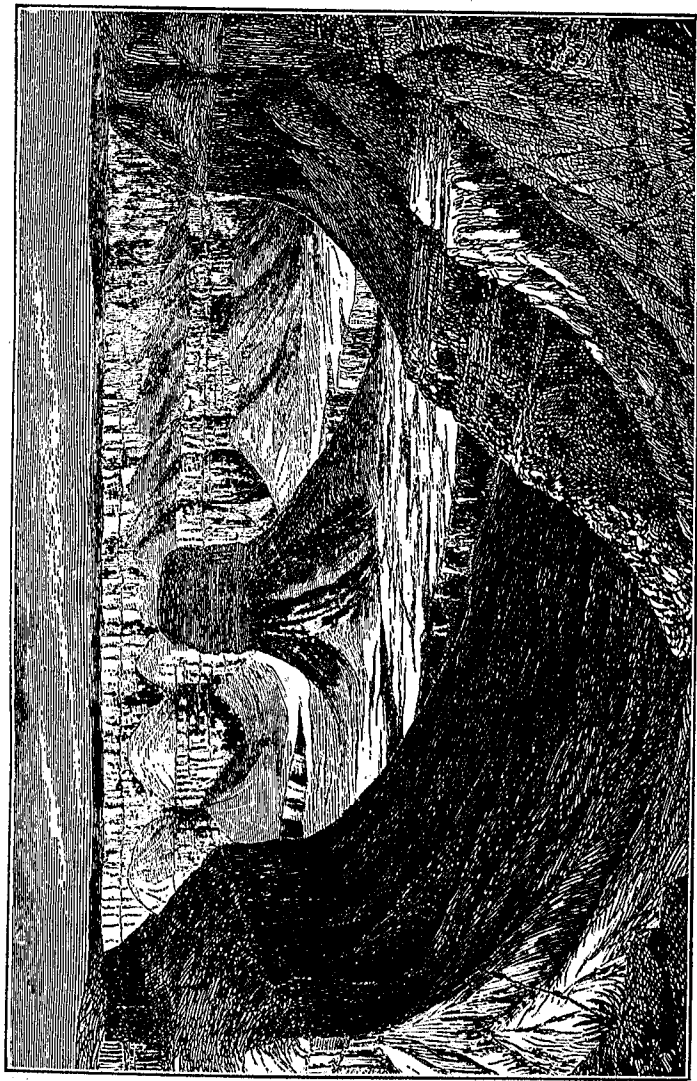


Abb. 7. Raftschlucht (Canon) des Coloradoflusses (Nordamerika).

erfolgten im Sihlwald bei Zürich auf einer Strecke von wenigen Kilometern an einem Tage nicht weniger als 27 Erdschlipfe. Auch im Sommer 1910 ereigneten sich zahllose Rutschungen, besonders im Muotatal (Schwyz) und im Prättigau (Graubünden). Die abgerutschten Massen drängen das Wasser auf die Seite, wodurch der Fluß gezwungen wird, in schlangenförmigen Windungen — Serpentinaen, von serpens, Schlange — von einer Seite zur anderen zu strömen und das Tal immer mehr zu verbreitern. Ein einziges Hochwasser, wie zum Beispiel das von 1910 in der Schweiz, bringt oft so großartige Veränderungen hervor, daß man das Tal kaum wieder erkennt. Natürlich arbeitet der Fluß nicht gleichmäßig, sondern periodisch, je nach dem Wasserstand. Katastrophale Hochwasserstände kommen ziemlich regelmäßig alle 30 bis 35 Jahre vor, das macht im Jahrhundert durchschnittlich deren drei.

Was vom Haupttal gesagt worden ist, das gilt selbstverständlich auch von den Seitentälern und Nebenflüssen; das ganze Stromgebiet wird immer mehr zerfressen, ausgespült und abgetragen.

Im Unterlauf ist die größte Wasserfülle vorhanden. Ruhig, majestätisch fließt der gewaltige Strom dahin, auf seinem breiten Rücken Fahrzeuge aller Art dahintragend. Die groben Geschiebe sind bereits zu Sand und Schlamm zerrieben; aber oft ist dem Fluß selbst dieses noch zu schwer, und dann herrscht die Ablagerung vor; der Strom erhöht sein Bett und verrammelt sich schließlich selbst den Weg. Er teilt sich in mehrere Arme und bildet ein Delta (von den Griechen so bezeichnet nach dem vierten Buchstaben ihres Alphabets, welcher die Form eines Dreiecks hat: Δ). Deltamündungen haben zum Beispiel Rhein, Rhone, Po, Donau, Wolga, Nil; Indus, Ganges, Mississippi.

Auch in Binnenseen entstehen Deltas, so bei der Einmündung des Rheins in den Bodensee, der Linth in den Walensee, der Reuß in den Vierwaldstätter See, der Rhone in den Genfer See usw. Sie vergrößern sich stetig, bis sie das ganze Seebecken ausgefüllt haben. Man kennt Hunderte von Seen, welche in geschichtlicher Zeit „erloschen“, das heißt verschwunden sind.

Wie ausgiebig der Schutttransport der Flüsse ist, geht aus folgenden Zahlen hervor: Die Reuß im Kanton Uri wurde im letzten Jahrhundert kanalisiert. Vom Jahre 1851 bis 1878 hatte sie bei ihrer neuen Mündung in den Vierwaldstätter See ein

Delta von 4 Millionen Kubikmeter abgelagert. Die Donau führt jährlich 680000 Kubikmeter Geschiebe bei Wien vorbei und lagert an der Mündung 82 Millionen Tonnen Schlamm ab. Der Indus führt der Mündung jährlich 446, der Mississippi 352700, der Ganges über 360000 Millionen Tonnen Schlamm zu. Diese Transporte machen es erklärlich, daß zum

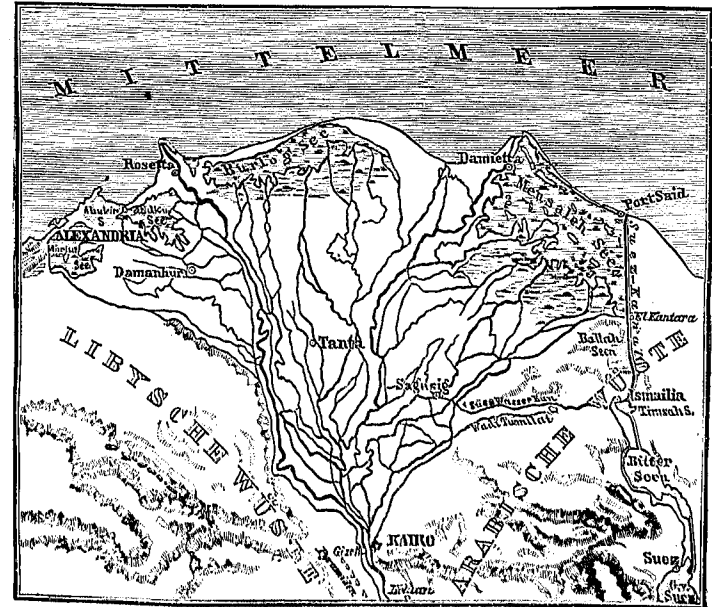


Abb. 8. Das Nil-Delta.

Beispiel das Delta des Po und das des Mississippi in einem Jahre 70 bis 80 Meter im Meere vorrückt.

Einer auffallenden Erscheinung, die sehr vielen Flußtälern eigen ist, haben wir noch kurz Erwähnung zu tun, nämlich der Terrassierung. Häufig weisen die Abhänge stufenförmige Abfälle — Terrassen — auf. Vom ebenen Talboden geht's steil aufwärts, dann gelangt man auf eine Ebene, die sich wie eine natürliche Straße längs des Berges hinzieht. Gewöhnlich befinden sich darauf Felder, Wiesen und kleinere Ortschaften.

Dahinter erfolgt wieder ein steiler Aufstieg und dann abermals ein ebener Streifen. An manchen Orten erblickt man vier bis fünf solcher Terrassen übereinander. Sehr schön entwickelt sind dieselben im Neustal, im Binsthal, im Rhein- und im Thur- tal, am unteren Inn, sowie in Scandinavien und bei vielen nordamerikanischen Flüssen. Am Zürichberg im Gebiet der Stadt Zürich sind die Terrassen sehr schön zu beobachten; auf der ersten stehen die Gebäude des Polytechnikums, der Universität und des Kantonsospitals; auf der zweiten zieht sich die „Hochstraße“ hin mit dem Schulhaus gleichen Namens; auf der dritten befindet sich das als Aussichtspunkt bekannte „Schlößli“. Häufig sind die Terrassen infolge Abtragung durch das Wasser undeutlich oder nur stellenweise erhalten. Es sind Reste alter Talböden, die der Fluß durchsägt hat. Ihre Entstehung erklärt sich dadurch, daß der Fluß seine Tätigkeit periodisch geändert hat. Zu gewissen Zeiten wirkte er einschneidend, eine Schlucht grabend, zu anderen Zeiten ging seine Tätigkeit mehr in die Breite, ein weites Tal bildend, wie dies auf Seite 17 ff. geschildert wurde. Häufig war die Masse des Bergschutts so groß, daß der Fluß denselben nicht mehr aufarbeiten und fortschaffen konnte, so daß eine Auffüllung des Tales erfolgte (Terrassenschotter und Deckenschotter). Später schnitt sich der Fluß aufs neue ein und sägte im Talboden eine neue Schlucht aus. Wie man gegenwärtig annimmt, hängt dies mit großen Klimaschwankungen zusammen. Wir wissen, daß in der sogenannten Diluvialperiode mehrere Eiszeiten stattgefunden haben, in denen die Gletscher riesige Ausdehnungen erlangten. Selbst Schwarzwalz und Vogesen trugen damals Gletscher. In den Zwischeneiszeiten und am Schlusse der ganzen Periode schmolzen jeweils die riesigen Eismassen ab, den damaligen Flüssen und Strömen kolossale Wassermassen spendend; diese haben in der Hauptsache die heutigen Täler ausgenagt. Die Terrassenbildung und die Entstehung von „Talfufen“ kann auch durch andere Vorgänge bewirkt werden, als da sind: Hebungen und Senkungen, Faltung der Erdrinde, Stauung der Flüsse durch Gletscher, Schuttkegel oder Bergstürze. Überall sind Verwitterung und Erosion bestrebt, die Gebirge in Trümmer aufzulösen, zu zerfressen und abzutragen.

„Aus zusammenhängenden, eisförmigen, massigen Gebirgskörpern haben sie die herrlichen, mit reichen, schwungvollen Linien gezeich-

neten, bald erdrückend gewaltigen, bald schlanken, schmalen, von schaurig tiefen Tälern umgebenen und vielgliedrigen Gestalten herausgeschält, deren unvergleichliche Schönheit kein Künstler im Bilde wiedergeben vermag. Wir möchten dem Meißel Halt gebieten — allein er arbeitet unbekümmert fort, Tag und Nacht, jahraus jahrein, als ob ihm das bisher Erschaffene noch nicht gefallen würde. Er arbeitet so fleißig, daß die Ströme seine Späne kaum rasch genug fortzuspülen vermögen; er corrigiert immer wieder, bis das ganze Gebirge in Späne aufgelöst ist. Solange aber die Erde nicht ganz erkaltet ist, wirft sie an anderen oder an der gleichen Stelle neue Falten — und neue Gebirge erscheinen auf der Oberfläche.“ (Heim, Die Verwitterung im Gebirge.)

Das Eis als geologisches Werkzeug.

Lieber Leser! Wenn du als einsamer Wanderer durch die vom Frost erstarrte Winterlandschaft dahineilst und der rauhe Nord ganze Wolken scharfer Eiszügelchen dir ins Gesicht jagt, so wirst du hierin schwerlich viel Reizendes finden. Aber betrachte einmal die winzigen Eiszügelchen, die der Wintersturm auf deinen Armel geweht hat! Es sind wunderbar zarte und zierliche Gebilde; lauter sechsstrahlige Sternchen von größter Regelmäßigkeit, bald einfach aus drei sich kreuzenden Strahlen aufgebaut, bald kunstvolle Muster bildend; das ist gefrorenes — kristallisiertes — Wasser. Jrgendwo im Ozean flutete es auf und ab, hin und her, bis es von einer unbezähmbaren Sehnsucht nach Höherem erfaßt wurde. Und die Sonne verließ den Wassertropfen Schwingen, da schwebten sie empor in den Äther des Himmels. Aber in den frostigen Höhen, wo die Sonne ihre Kraft verliert, ermatteten sie gar bald und wären wieder in den Ozean zurückgesunken, wenn sie nicht der Wind auf seine mächtigen Fittiche genommen und landeinwärts, weit, weit über Berg und Tal, Fluß und See getragen hätte. Das konnte aber nicht hindern, daß sie erstarrten und zu glitzernden Diamantsternchen wurden und als Schnee zur Erde niederwirbelten.

Der Wasserdunst bekommt durch die Kälte Formtrieb, wie der schwäbische Naturforscher Quenstedt sagt. „Während der Wurm im Boden schläft, die Pflanze starb und erstarrte, zeigt uns die Natur, daß sie noch fortlebt in ihren niedrigsten Geschöpfen.“ Die Schneedecke, der Raufreif, die Eisblumen am

Fenster, die Eisfläche des gefrorenen Sees und des Polarmeers, die Gletscher des Hochgebirges, sie alle bestehen aus Kristallen. Wenn das Wasser kristallinisch wird, das heißt wenn es gefriert, so braucht es mehr Raum, es dehnt sich aus, weil seine kleinsten Teilchen (Moleküle) nicht mehr so eng beisammen sind wie im Wassertropfen. Da entsteht ein Schieben und Drängen,

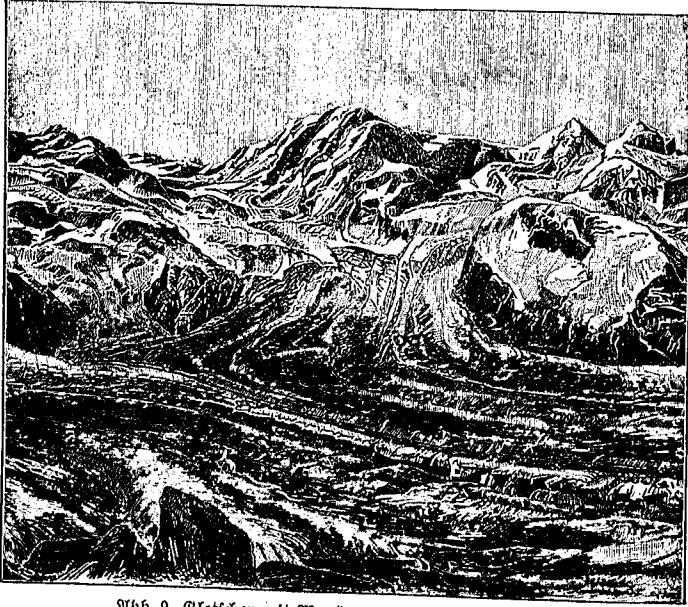


Abb. 9. Gletscher mit Moränen, Monte-Rosa-Gruppe.

Sperren und Zwängen, wie man es den zarten Kristallen gar nicht zutrauen würde. Daß mit Wasser gefüllte Flaschen, Krüge und Töpfe durch Frost zersprengt werden, dürfte bekannt sein. Selbst gußeiserne Bomben, mit Wasser gefüllt und wohl verpfropft der Kälte ausgesetzt, bersten mit lautem Knall. Ähnliche Sprengungen vollzieht der Frost in der Natur zahllose, und ihnen erliegt der stolze Berggipfel. Das in die Poren, Klüfte und Fugen eingedrungene Wasser gefriert und bildet Eispropfen, welche die Spalten erweitern. Zugleich wird auf das mehr im

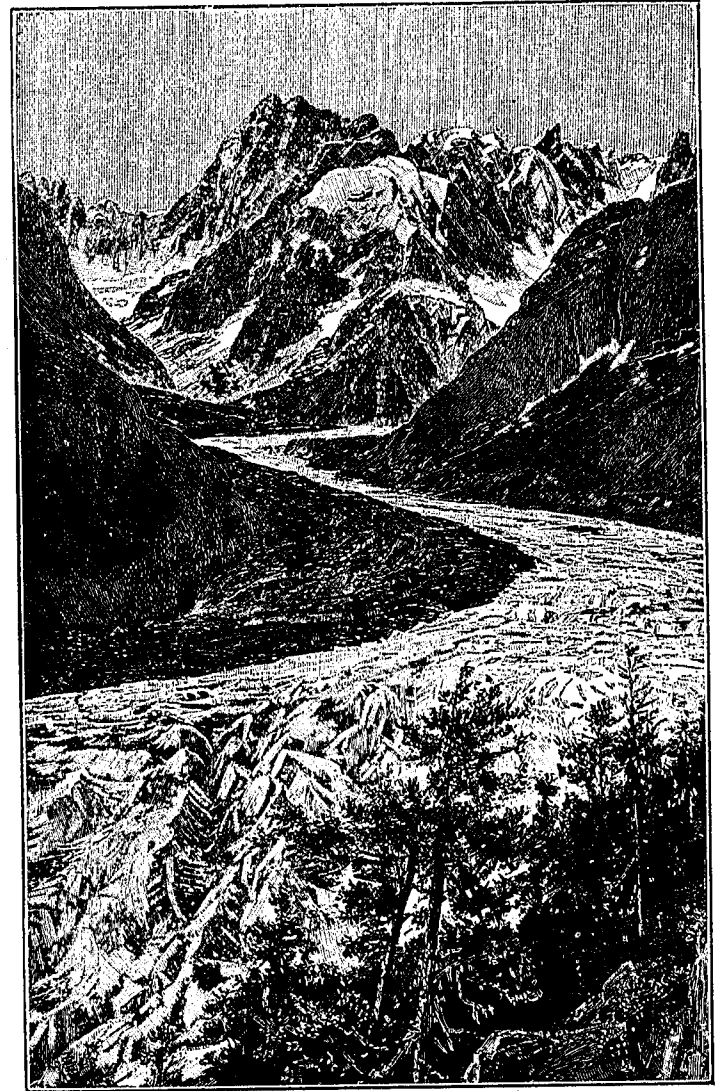


Abb. 10. Gletscher am Montblanc (Mor de glace).

Innern des Felsens eingeschlossene Wasser ein starker Druck ausgeübt und dessen Lösungsfähigkeit erhöht. Dies erfolgt nicht nur im Winter, sondern selbst im Sommer in jeder kalten Nacht. Das Wasser wirkt in doppeltem Sinne, einmal rein mechanisch und sodann chemisch. Letzteres besonders dann, wenn es reichlich Sauerstoff, Kohlensäure, schweflige und salpetrige Säuren oder Humussäuren enthält. Der härteste Granit zerfällt schließlich. Die Absonderungsflüfte werden immer weiter, felspatartige Mineralien werden zu Ton umgewandelt (Kaolinisierung), Quarz- und Glimmertörner fortgeführt, die Ecken und Kanten verschwinden, und es entstehen wollfack- oder matrakenähnliche Trümmer. Sandsteine zerfallen zu Sand, Kalksteine zu eckigem, scharfkantigem Schutt, schiefrige und dünngeschichtete Gesteine zu einem wahren Chaos von losen Schieferen. Dem Kaolinisierungsprozeß (Umwandlung in Töpferton, Porzellanerde, Lehm usw.) unterliegen besonders Urgesteine und vulkanische Gesteine: Gneis, Granit, Porphyr, Syenit, Trachyt. (Es mag übrigens gleich beigefügt werden, daß wohl die meisten Kaoline, wie zum Beispiel diejenigen in Sachsen, welche die blühende Porzellanindustrie ermöglicht haben, durch die chemische Einwirkung vulkanischer Dämpfe entstanden sind.)

Frostsprengungen, chemische Verwitterung und Wegführung der zerlegten Produkte haben die von unheimlichen Sagen umwobenen „Blockgipfel“ und „Felsenmeere“ der Alpen, des Schwarzwaldes, des Odenwaldes, des Brodens usw. erzeugt. So werden die Berge unter ihren eigenen Trümmern begraben. Viele Berggipfel sind derart verwittert, daß man vom frischen, gesunden Fels nichts mehr sieht und daß man mittels Hebeisens den ganzen Gipfel abtragen könnte; es ist ein trostloses, wildes Trümmerchaos, als ob höllische Mächte da gehaust hätten. Das waren die Tanz- und Tummelplätze der Teufel, der bösen Geister und der Hexen, wie es in den Sagen vom Blocksberg im Harz heißt.

Doch kommen wir wieder auf die Schneekristalle zurück. Im Hochgebirge vermag der Sommer nie allen Schnee wegzuschmelzen; ein Teil bleibt liegen als sogenannter „ewiger“ Schnee. In den Ostalpen liegt die Linie des ewigen Schnees bei 2800 Meter, in den Westalpen bei 2700, am Südrand des Himalaja bei 4900, am Kilimandscharo (Afrika) bei 5000 Meter. In Nor-

wegen liegt die Schneegrenze bei 880 Meter und in den Polar-gebieten steigt sie bis zum Meeresspiegel hernieder. In den Alpen fällt durchschnittlich im Jahre etwa 5 Meter, in 2000 Jahren rund 10000 Meter Schnee, die durch Zusammenstickerung sich auf 1500 Meter reduzieren würden. Um so viel hätten die Alpen seit Christi Geburt an Höhe zunehmen müssen, wenn der Schnee „ewig“ dort verbleiben würde. Nun schmilzt freilich stets ein Teil, aber auch davon abgesehen, bleibt der Schnee keineswegs liegen. Er wird von den Stürmen in die Tiefe ge- weht oder fährt in Form von Staub- und Grundlawinen zu Tal oder kriecht langsam abwärts infolge seiner Schwere. Durch häufiges Auftauen und Wiedergefrieren, sowie durch beständigen Druck verwandelt er sich in körnigen Firn und schließlich in Eis, er wird zum Gletscher.

Das Gletschereis ist aus großen, kristallartigen Körnern, die wie Gelenke ineinander passen, zusammengesetzt und bildet eine weit zähere, beweglichere Masse als das spröde Wassereis. Auch der Gletscher als Ganzes verhält sich keineswegs als starre Masse, sondern eher wie ein dicker Teig. Er fließt mählich abwärts, allen Krümmungen und Biegungen des Tales folgend gleich einem Wasserstrom, wenn auch acht- bis zehnmal langsamer als ein solcher. Wo das Tal eng wird, ver- schmälert sich der Gletscher, wo es sich erweitert, breitet er sich aus; stellt sich ihm ein Hindernis entgegen in Gestalt eines Felsvorsprunges auf dem Grunde, so staut und spaltet er sich, an steilen Abstürzen löst er sich in Trümmer auf und gewinnt Ähnlichkeit mit einem Wasserfall; unterhalb des Sturzes ver- schmelzen aber die Stücke wieder zu einem kompakten Eisstrom. Die Schnelligkeit der Bewegung hängt von verschiedenen Um- ständen ab. Als Mittelzahl für die Gletscher der Alpen nimmt man 100 Meter im Jahre an; einzelne Partien am Aare- und Rhonegletscher rücken indes im Jahre nur um 5 bis 6 Meter vor. Dagegen betrug die Bewegung des unteren Teiles des Aaregletschers von 1836 bis 1840 volle 178 Meter pro Jahr. Zwischen 1846 und 1850 legte ein Felsblock auf dem größten Gletscher des Montblanc, dem Mer de glace, das heißt Eis- meer, jährlich 250 Meter zurück. Ganz außergewöhnliche Schnellig- keit erreicht zuzeiten der Bernagtgletscher in Tirol. Am 1. Juni 1845 schob sich dessen Eismasse 12 Meter vorwärts, so daß die

Bewegung direkt wahrzunehmen war. Bei einigen Gletschern an der grönländischen Küste steigt die Schnelligkeit sogar auf 20 Meter pro Tag.

Mit dem Gletscher wandern auch alle Fremdkörper, welche auf denselben gelangen, so zum Beispiel die infolge der Verwitterung von den Bergwänden sich loslösenden und mit donnerartigem Gepolter zu Tale stürzenden Felstrümmer. Oft gehen

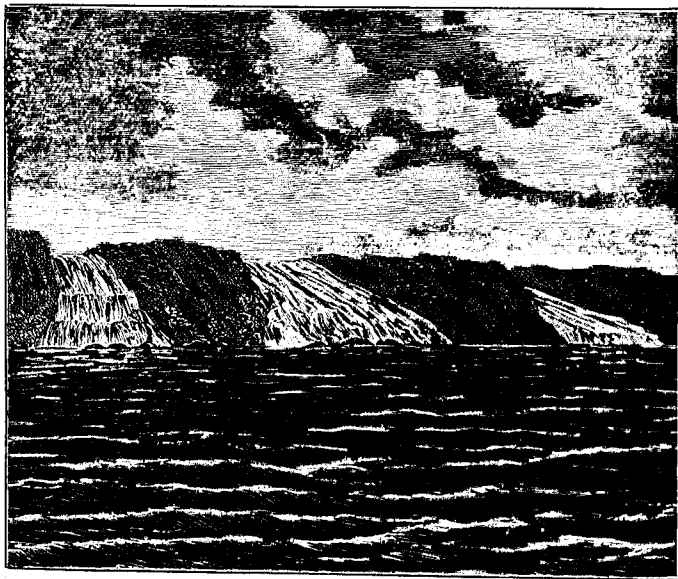


Abb. 11. Gletscher auf Spitzbergen, ins Meer bringend.

ganze Bergstürze auf den Gletscher nieder, deren Material sorgsam bis ans Ende des Eisstroms geführt wird. So bemerkt man denn zu beiden Seiten desselben je einen langen Wall aus Bergschutt und eckigen Blöcken, die sogenannte Seitenmoräne. Wo zwei Gletscher sich vereinigen, legen sich die einander zugekehrten Schuttwälle zusammen und erscheinen nun als Mittelmoräne (Gufferlinie). Es kommt auch vor, daß drei, vier, fünf und noch mehr Gletscher zusammenfließen und der nun vereinigte Strom viele parallele Mittelmoränen aufweist.

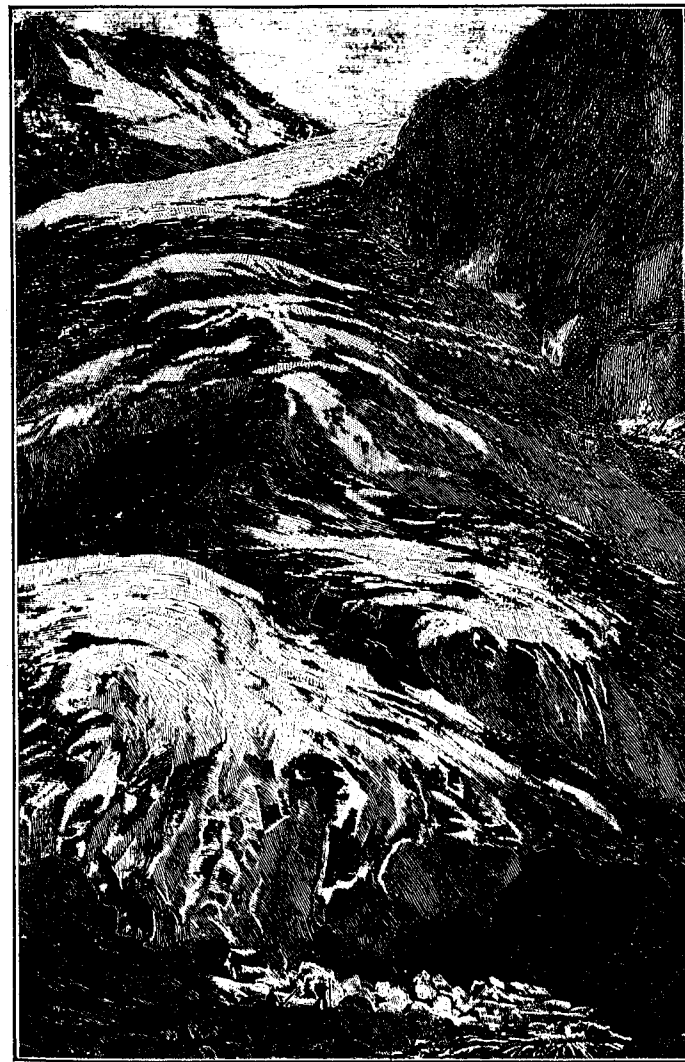


Abb. 12. Gletschertor am Rhonegletscher.

So trägt der Unteraaregletscher nicht weniger als 16 Gufferlinien und erscheint wie ein Grasblatt längs gestreift.

Am Ende des Eisstroms, da, wo der Gletscherbach hervortritt, häufen sich die Steinmassen zu einzelnen Hügeln oder zu halbkreisförmigen Wällen, die sich quer durchs Tal spannen, das sind die End- oder Stirnmoränen. Da die Gletscher entsprechend den Klimaschwankungen bald zu-, bald abnehmen, bald tiefer ins Tal hinabreichen, bald sich wieder zurückziehen, können sich mehrere Stirnmoränen hintereinander ausbilden. Weicht der Gletscher ohne längere Unterbrechung zurück, so kommt es nicht zur Bildung eines Stirnwalls, vielmehr wird dann das Tal ziemlich gleichmäßig mit Felsstrümmern übersättigt.

Die Alpengletscher nahmen seit Beginn der fünfziger Jahre des vorigen Jahrhunderts bedeutend ab, so daß im Kanton Wallis 60 Kilometer eisfrei geworden sind.

Ein Teil der auf den Gletscher gestürzten Felsstrümmen gelangt durch Eisspalten auf den Grund des Gletschers und wird gleichfalls abwärts geführt, wobei ihre Ecken scharfe Schrammen oder „Krixe“ ins Gletscherbett eingraben, ja dieses förmlich abhobeln. Aber auch die Trümmer, die als Hobeleisen wirken, erleiden mannigfache Veränderungen; sie werden gleichfalls abgeschliffen, und wenn sie nicht sehr hart sind, zu Sand und Schlamm zerrieben, übernehmen nun die Rolle eines Polierpulvers und schleifen den Felsuntergrund stellenweise spiegelglatt. Das ist die Grundmoräne, welche am Gletscherende teils vom Wasser fortgeführt (Gletschermilch), teils ausgequetscht und mit der Stirnmoräne vereinigt wird.

Martins, ein französischer Gletscherforscher, beschreibt die Grundmoräne folgendermaßen:

„Dringt man durch ein Gletschertor zwischen dem Boden und der Unterseite eines Gletschers vor, die zahlreichen Höhlungen benutzend, welche sich am Ende des Gletschers öffnen, so trifft man auf ein Lager von Geschieben und feinem, mit Wasser getränktem Sande. Entfernt man dieses Lager, so erkennt man, daß das unterliegende Gestein durch die Reibung geglättet, poliert, abgenutzt und mit geradlinigen Kriken bedeckt ist, welche mit einem Grabstichel oder einer feinen Nadel eingraviert sein könnten. Der Mechanismus, durch welchen diese Krixe eingegraben sind, ist derselbe, den die Industrie verwendet, um Steine oder Metalle zu polieren.“

Eine Gegend, welche lange Zeit von Gletschern bedeckt war, zeigt sehr charakteristische Eigentümlichkeiten: Die Täler erscheinen

wie ausgehobelt, Erhebungen und Vorsprünge sind abgerundet und abgeschliffen (Rundhöcker!), quer durchs Tal ziehen sich die Stirnmoränen, aus Lehm, Sand, gekritzten Geröllen und großen eckigen Blöcken aufgebaut; der Boden ist häufig geschrämmt, und wenn er aus hartem Fels besteht poliert, an den Abhängen des Tales sind die Seitenmoränen aufgesetzt, und überall liegen mächtige scharfkantige Felsblöcke, sogenannte Findlinge. Die vom Gletscher polierten Felspartien (Gletscherschliffe) erhalten sich viele Jahrtausende, wenn sie durch Lehm vor Verwitterung geschützt sind. Den Lehm schafft aber der Gletscher selber durch das Mahlen, Hobeln und Schleifen. Der Gletscherlehm ist häufig schuld an der Versumpfung des Tales. Oft werden durch Moränen Bäche oder Flüsse gestaut und es entstehen Seen. Diesem Vorgang verdanken der Sempacher und Hallwiler See im Kanton Luzern, der Pfäffiker-, Greifen- und Raxensee im Kanton Zürich, der Achensee in Tirol und die meisten norddeutschen Seen ihre Entstehung. Wie es scheint, vermögen manche Gletscher unter gewissen Umständen muldenförmige Vertiefungen auszuhobeln, wodurch sie ebenfalls zur Seebildung beitragen, da sich jene Mulden nach dem Rückzug des

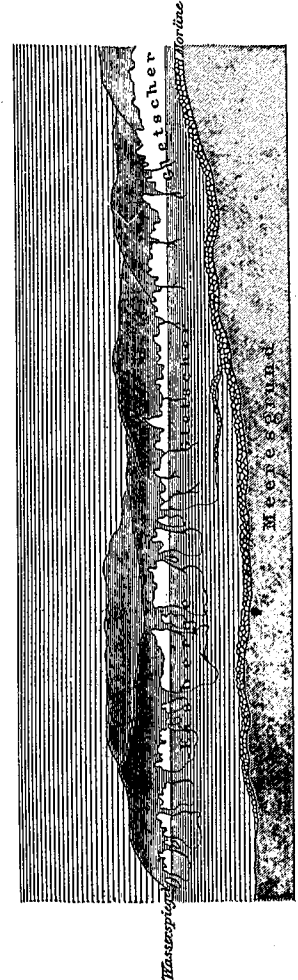


Abb. 13. Ein grönländischer Gletscher, der sich ins Meer vorstößt und talbt.

Gletschers mit Wasser füllen (Starnberger See). Das alles ist das Werk des zarten, zierlichen Schneekristalls.

In der südlichen kalten Zone und ebenso im hohen Norden, auf Spitzbergen, Nowaja Semlja, besonders aber in Grönland, erstrecken sich die Gletscher über das ganze Land, Täler und mächtig hohe Berge mit ihrem kristallinen Mantel gleichmäßig überdeckend und ihre Enden noch auf dem Meeresboden vorschubend. Hier brechen riesige Schollen ab und schwimmen als Eisfelder fort.

Wo dagegen ein bergiger Uferstrand das Vordringen des Eises hindert und letzteres sich durch einzelne Lücken hindurchzwängen muß, da entstehen gewaltige Gletscherbrüche, „Gletscherkastaden“. Eisstrümmen von kolossalem Umfang und sonderbarer Gestalt stürzen mit betäubendem Getöse den steilen Talweg ins Meer hinab. Die Gletscher „kalben“, wie die Polarfahrer sagen. Die „Kälber“ werden als Eisberge von Winden und Meeresströmungen bis weit in die Gewässer der gemäßigten Zone hinausgetrieben und dadurch der Schifffahrt gefährlich; so zum Beispiel im Atlantischen Ozean zwischen Europa und Nordamerika. Über Grönland liegt das Eis wie ein Riesenschild in einer Mächtigkeit von 1000 Meter und schiebt nach allen Seiten seine „Auslaufgletscher“, die Erzeuger der Eisberge. Ungefähr so mag einst Skandinavien und das nördliche Europa ausgesehen haben; ein ähnlicher Eisschild hat auch die Alpen von der Mittelmeerküste bis zur Donau bedeckt. Die 2000 Gletscher unserer Hochalpen sind nur winzige Überreste jenes zentral-europäischen „Inlandeises“. Die Eisberge des Polarmeers erreichen eine erstaunliche Größe; sind doch solche von 100 Meter Höhe beobachtet worden, wobei nicht zu vergessen ist, daß der untergetauchte Teil etwa neunmal größer ist als der sichtbare; die Masse kann 20 Millionen Kubikmeter betragen. Wenn solche Eiskolosse in ganzen Scharen das arme Schiff eintreffen, mag selbst dem beherztesten Seefahrer die Angst antommen. Gemäß ihrer Abstammung von Gletschern führen manche Eisberge Felsblöcke mit, die beim Abschmelzen auf den Meeresgrund sinken und dadurch den Meeresablagerungen (Kalk, Ton) ein eigenartliches Gepräge geben, worauf wir später noch zu sprechen kommen werden.

Mit den Eisbergen ist nicht zu verwechseln das Salzwasser-eis, welches durch Gefrieren des Meeres entsteht. Dasselbe

bildet Tafeln von ziemlich ebener Beschaffenheit. Durch Gezeiten und Strömungen, hauptsächlich aber durch Wind und Sturm werden dieselben jedoch zu einem graufigen Chaos übereinander geschoben, so daß sie Eismälle von 6, 8, 10 Meter Höhe bilden. Dazwischen sind breite Spalten, die sich oft plötzlich innerhalb



Abb. 14. Schwimmende Eisberge.

weniger Sekunden bilden. Dadurch wird das Vordringen auf dem gefrorenen Eismeer so ungeheuer erschwert.

Wind und Welle.

Das Meer ist die Quelle des Lebens, ihm entsteigen die befruchtenden Wasserströme, die fortwährend die Schleusen des Himmels versorgen; in seinem Schoße sind zweifelsohne die ersten

Organismen entstanden. Tagtäglich entlockt ihm der unermüdliche Forscher neue wunderbare Geheimnisse. Ungeheure Massen der festen Erdrinde haben sich im Meere gebildet, und stetsfort gelangen in ihm neue Schichten zum Absatz, denn die fließenden Gewässer bringen vom Festland riesige Mengen aufgelösten und zertrümmerten Materials zum Aufbau neuer Sandstein-, Mergel-, Kalk-, Gips- und Salzformationen (Formation = Bildung, Absatz).

Aber das Meer ist auch eine gewaltige Zerstörerin. Seine zerstörende Kraft liegt in der Bewegung des Wassers. Selbst ein kleiner Landsee ist nie vollkommen ruhig, das unaufhörliche Spiel der Wellen ist ja sprichwörtlich geworden, und wer hätte nicht schon ihrem traulichen Geplauder gelauscht? Aber majestätischer ist das Spiel und unvergleichlich großartiger die rauschende Musik des sturmbewegten Meeres. Heulend, tosend und donnernd prallen die schaumgekrönten Wellen an die steilen Uferfelsen, dieselben zernagend und unterwühlend. Die oberen Schichten, ihrer Unterstützung beraubt, brechen nach und werden ebenfalls ein Spiel der Wogen, die zentnerschwere Trümmer umherschleudern, ja solche von mehr als hundert Zentner Gewicht noch zu bewegen vermögen. Durch das Rollen, Stoßen und Reiben werden die Blöcke zerkleinert und nunmehr wie Geschosse an die Küste geschleudert. Durch die losgelösten Trümmer wird zwar die Kraft der Wellen gebrochen und ihren Verheerungen vorübergehend ein Ziel gesetzt, nach einiger Zeit jedoch ist das Hemmnis beseitigt, und das Vorrücken geschieht von neuem. Hierbei kommen besonders die langsamen Hebungen und Senkungen der Festländer in Betracht. Durch die periodischen Hebungen entstehen mehrfach übereinanderliegende Uferlinien — Strandlinien — und Terrassen, besonders schön entwickelt an den Küsten Norwegens und Schottlands. Durch Senkungen wird das Vorrücken des Meeres wesentlich erleichtert und beschleunigt, große Gebiete werden allmählich parallel der Wasserfläche abgehobelt. Michthosen hat diesen Vorgang als Abrasion bezeichnet, von abraders, wegscheren, abrasteren. Gegenwärtig findet er an den Küsten der Bretagne (Frankreich) statt. Wie Rüttimeyer wahrscheinlich gemacht hat, ist jenes Gebiet samt seinen Gebirgen in der Vorzeit schon einmal abgehobelt worden.

Die Wirkung der Wellen wird verstärkt durch die Gezeiten: Ebbe und Flut, jene als Pulsschlag des Meeres bezeichnete Er-

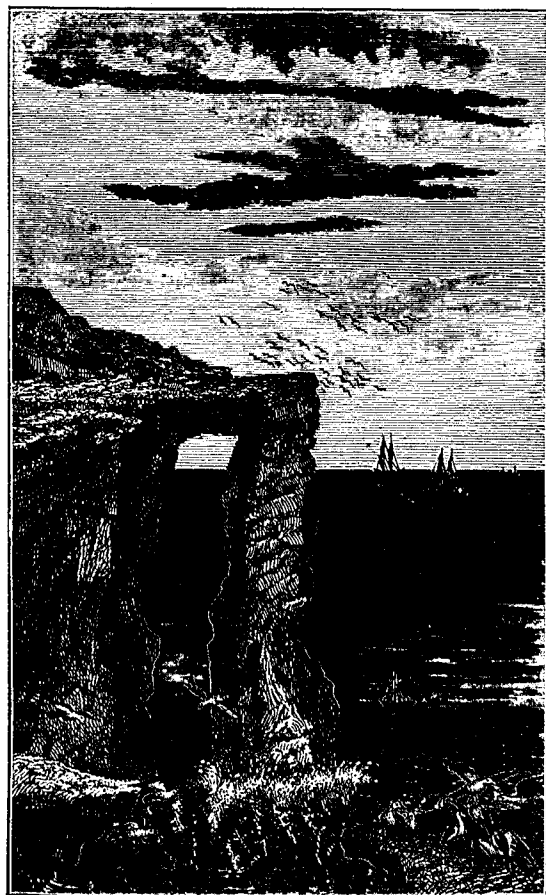


Abb. 15. Natürliche Felsbrücke an der Küste von Schottland.

scheinung, die hauptsächlich durch die Anziehung des Mondes bewirkt wird. Bei St. Malo (Bretagne) steigt die Flut bis 14 Meter, im Kanal von Bristol (England) 21 und in der

Fundybai (Nordamerika) bis 24 Meter; an anderen Orten ist sie hinwiederum kaum wahrnehmbar. Durch das Zusammenwirken von Flut und Sturm entstehen die schrecklichen Sturmfluten, die oft über ganze Eilande hinweggehen und alles vernichten, so an den Halligen und den Friesischen Inseln und an vielen Koralleninseln tropischer Meere.

Weil das Gestein nie auf einer größeren Strecke von genau der gleichen Beschaffenheit ist, so erfolgt auch ein ungleichmäßiges Vorrücken des Meeres. Einzelne Partien bleiben stehen als Pfeiler, Tore, Klippen oder Vorgebirge. Jeden Flußlauf, jede Rille benützt das Meer als Pforte, und stundenweit von der Küste macht sich der Pulsschlag des Meeres bemerkbar. Ein klassisches Beispiel für die zerstörende Kraft des Meeres ist die Insel Helgoland, die seit 500 Jahren angeblich auf den vierten Teil ihrer Größe zusammengeschmolzen ist. Ohne künstliche Schutzbauten würde sie in nicht sehr ferner Zeit gänzlich verschwinden. Natürlich ist die Tätigkeit des Meeres nicht überall dieselbe; sie hängt ab von der Art des Gesteins, von der Lage, der Schichten, der vorherrschenden Windrichtung, dem langsamen Auf- oder Niedertreten der Küsten und der Höhe dieser letzteren. So bietet zum Beispiel der flache, niedere Strand andere Erscheinungen dar als die Steilküste, und wo ein Strom große Massen von Sand und Schlamm herbeiführt, wird das Meer sogar zurückgedrängt. Am flachen Strande wühlen die Wogen den Sand auf und werfen ihn ans Ufer, wo er rasch trocknet. Die von der Seeite her streichenden Winde tragen die Sandkörner landeinwärts, lassen sie aber bald fallen. Jrgend ein geringfügiges Hindernis, ein Pfahl, ein Gestrüpp, ein Grasbüschel, eine Unebenheit des Bodens bewirkt das Niederfallen und Anhäufen des Sandes. Dadurch entstehen langgestreckte und bogenförmige Hügel, die vom Meere her sanft ansteigen, gegen das Festland hin aber meistens steil abfallen, das sind die Dünen. Sie bleiben gewöhnlich nicht lange unverändert liegen; der Wind erfaßt die obersten Sandkörner aufs neue und setzt sie hinter der Düne, im sogenannten Windschatten, wieder ab; so wandern die Dünen langsam landeinwärts. Ihre Bewegung beträgt an der pommerischen Küste etwa 30 Meter im Jahre, an anderen Stellen nur 5 bis 6 Meter, an der Südwestküste Frankreichs (Departement Des Landes [sprich Beland]) zirka 20 Meter. Hier

nehmen die Dünen eine Fläche von 217 Quadratkilometer ein und werden 70 bis 80 Meter hoch. Flüsse werden gestaut und Seen gebildet, Dörfer werden verschüttet und kommen nachher



Abb. 16. Helgoland.

am Meeresufer wieder zum Vorschein, da sich das Meer vertieft und landeinwärts vorrückt. Es wurde berechnet, daß das Meer dort jährlich sechs Millionen Kubikmeter Sand frisch aus-

wirft. Anno 1480 wurde das Dorf Lége (sprich Leesch) von einer Düne erreicht und mußte verlassen werden. Es wurde 4 Kilometer landeinwärts neu gebaut; im Jahre 1650 mußte es abermals um 3 Kilometer verlegt werden, aber im Jahre 1850 war es von der Düne wieder erreicht. So ist auch der Ort Rantum auf der Insel Sylt (Nordsee) 1757 einer Düne zum Opfer gefallen; 1840 war an der gleichen Stelle 4 Meter tiefe See. Ähnliches berichtet Berendt von der Mehrung (einer schmalen, sehr langgestreckten Landzunge) des Kurischen Hafens.

„Dort bewegt sich quer über die schmale, elf Meilen lange Landzunge ihrer ganzen Ausdehnung nach eine gedehnte, hohe und breite Dünenkette, die in einzelnen ihrer Gipfel bis zu 70 Meter Höhe ansteigt. Unaufhaltsam begräbt sie einzelne Waldbestände, Dörfer, Felder unter ihren Sandmassen. Die Bewohner sind gezwungen, ihre Wohnungen zu verlassen und sich an anderen Orten anzusiedeln, wo sie nach einiger Zeit die unerbittlich nachfolgende Düne wieder erreicht. Nigetta, Negeln, Karwaiten sind auf diese Weise verschwunden, Püllkoppn ist beim Herannahen des Sandes aufgegeben, an einem anderen Orte wurde ein neues Püllkoppn gegründet, das auch schon verschüttet ist, und die abermals vertriebene Einwohnerschaft bewohnt nun schon das dritte Püllkoppn, das ebenfalls schon wieder nahe daran ist, im Sande unterzugehen.“

Man hat schon seit längerer Zeit versucht, den verderblichen Wanderungen des Sandes durch künstliche Eingriffe Einhalt zu gebieten, die Dünen zu „binden“. Solche Versuche sind beispielsweise an der Südwestküste Frankreichs mit großem Erfolg durchgeführt worden. Im Jahre 1868 schätzte man den Wert der Waldungen in den dortigen besetzten und bepflanzen Dünen auf 25 Millionen Franken.

Auch in den deutschen Dünengebieten sind solche Arbeiten mit Erfolg ausgeführt worden. Zunächst wird durch Fachwerkbauten

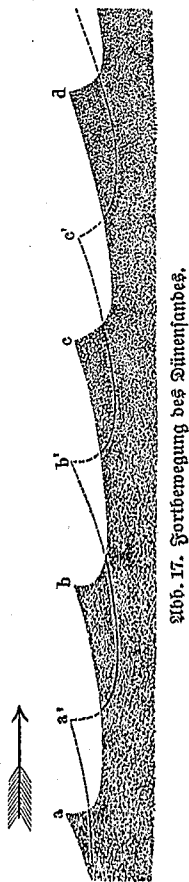


Abb. 17. Fortbewegung des Dünenlaufes.

(Reifig) das Fliegen des Sandes verhindert; dann bepflanzt man die Dünen mit geeigneten Gräsern, nämlich mit sogenanntem Helm, Sandweigen, Dünenhafer, deren Wurzelwerk den Sand bindet; hierauf folgen Kriechweiden, Heidekraut, Stranddorn und schließlich Kiefern und Eichen. So kann der Mensch wieder gut machen, was er einst gesündigt. Es hat sich nämlich herausgestellt, daß die großen Wanderdünen in den obengenannten Gebieten durch das Umschlagen der Wälder hervorgerufen worden sind. Friedrich der Große ließ die Wälder auf der Frischen Mehrung fällen, um Geld für den Siebenjährigen Krieg zu gewinnen; seitdem sind die Wanderdünen entstanden. Manchmal kommen solche auf natürliche Weise zum Stillstand, indem durch Ausscheidung von Gips aus dem Meerwasser oder durch Kalkschlamm von zerriebenen Muschelschalen oder durch eisenhaltige Quellen die Sandkörner verkittet werden. Auf diese Weise entstehen schließlich mächtige Sandsteinformationen. Der sogenannte Buntsandstein Deutschlands (Schwarzwald, Vogesen) ist wohl größtenteils aus Dünen hervorgegangen; er gehört der Triaszeit an, von der in den beiden folgenden Bändchen die Rede sein wird.

Auch in den Sandwüsten entstehen Dünen; in der Sahara sollen welche von 200 Meter Höhe vorkommen. So schreibt Bittel:

„So weit das Auge schaut, sieht es nichts als Sand, ein einziges unabsehbares, fahles Sandmeer, aus dem die gewaltigen Dünen wie riesige versteinerte Wellen hervorragen. Da, wo die Dünen in wirren Haufen beisammenstehen, ist der Reisende zuweilen wie in einem tiefen Kessel von steilen Abhängen umschlossen, und es bedarf der vollen Aufmerksamkeit des kundigen Führers, um den Ausweg aus diesem Labyrinth zu finden. In der Libyischen Wüste, dem großartigsten Sandgebiet der ganzen Sahara, erscheinen die Dünen meist zu förmlichen Gebirgsketten angeordnet, schon von Ferne kenntlich an der rein gelben Färbung und dem vielförmigen Profil.“

„In Abständen von 1 bis 2 Kilometer erheben sich die runden Köpfe, in der Profilansicht mit einem sanft und einem steil ansteigenden Gehänge. Im Querschnitt steigt die dem Winde zugekehrte Seite langsam und allmählich an; ihre Oberfläche ist am Fuße, namentlich nach einem Sturme, wellig bewegt, gegen den Gipfel wird die Neigung allmählich steiler, oben ist der Grat haarscharf abge schnitten. Von da fällt die dem Winde abgekehrte Seite mit so steilem Winkel

ab, daß man Stunden, ja halbe Tage längs der Dünenkette zu marschieren genötigt ist, um eine Einsenkung aufzusuchen, welche der Karawane das Überschreiten ermöglicht.

„Am schauerlichsten erscheint die Dünenwüste bei heftigem Sturme; dann ist die Luft mit feinem Sande erfüllt, durch förmliche schwarze Sandwolken verdunkelt. Die Dünen rauchen, ihr Umriß verschwimmt mit der fahlen Luft; alles scheint in Bewegung zu sein. Mit entsetzlicher Gewalt werfen die Windstöße scharfe Sandkörner gegen alle erhabenen Gegenstände, und der Reisende legt sich mit brennendem Gesicht und brennenden Händen, vom Staube geblendet, zu Boden und schützt sich durch Decken gegen die Unbill des Samum (des heißen Wüstenwindes). Erstaunliche Massen von Sand werden während eines Sturmes von der Stelle bewegt. Man kann sich leicht überzeugen, wie jede Unebenheit des Bodens, ein Felsblock, ja ein modernes Kamelgerippe, ein einzelner Busch Veranlassung zur Aufwerfung eines Sandhügels bietet. Und hat sich ein solcher Neuling gebildet, so treibt der Wind stets frisches Material herbei.“

Man hat sich längst gefragt, woher die kolossalen Sandmassen der Sahara wohl stammen mögen, und war gleich mit einer Antwort zur Hand — das war einmal ein großes Meer. Von dieser — vorerst unbewiesenen — Annahme ausgehend, wurden dann lustig weitere Hypothesen und Theorien über Klimawechsel, Anbruch und Ende der Eiszeit usw. aufgestellt. Allein es ist nun erwiesen, daß die Sahara — von einem kleinen Gebiet im Norden abgesehen — schon ebenso lange Festland ist wie zum Beispiel die schweizerische oder die bayerische Hochebene. Überdies entspricht die Vorstellung, als bestünde der ganze Meeresboden aus Sand, keineswegs den Tatsachen; nur an den Küsten finden Sandanhäufungen statt. Dagegen ist so viel richtig, daß die Sahara (wie übrigens auch Europa) früher ein feuchteres Klima gehabt hat als heute. Woher kommt also der Sand? Ein Teil ist sicherlich von früheren Flüssen angeschwemmt worden gleich den gewaltigen Kiesmassen, die man gelegentlich antrifft. Der größte Teil jedoch rührt her von der Verwitterung der Gesteine. Solche erfolgt nämlich auch ohne Beihilfe von Wasser; in den regenlosen Gebieten wird sie verursacht durch raschen Temperaturwechsel. In der großen Wüste Gobi (Asien) hat man beobachtet, daß beispielsweise schwarzer Schiefer am Tage auf 80 Grad erhitzt wird und sich nachts unter 0 Grad abkühlt. Durch diesen Temperaturwechsel erfolgt ungleiche Aus-

dehnung und Zusammenziehung des Gesteins; es entstehen Spannungen und Risse, und schließlich fällt das Gestein in Brocken auseinander; dies wiederholt sich so oft, bis die Brocken in Gruz und Sand zerfallen, worauf letzterer vom Winde erfaßt und zu Dünen zusammengeblasen wird. Selbst stahlharte Feuersteinknollen werden im Innern so zerklüftet, daß sie bei einem leichten Anstoß in Trümmer auseinanderausfallen. Der vom Winde bewegte und mit großer Gewalt an die Felsen geschleuderte Sand wirkt ebenfalls zerstörend, ähnlich wie der Sand eines Sandgebläses, und in manchen Wüsten entstehen dadurch Formen wie durch Wassererosion. Lehmitiger Boden zerfällt infolge der Dürrre in feinen Staub, der vom Winde gleichfalls fortgeführt und irgendwo wieder abgelagert wird, wodurch sich Löß bildet. Der Löß kommt in China in ungeheurer Ausdehnung und großer Mächtigkeit vor, aber auch Deutschland ist reich an Lößlagern, so im Rheingebiet (Kaiserstuhl bei Freiburg), im Donautal, an der Elbe, Mulde und Saale, Oder und Weichsel. Er ist sehr feinkörnig, mit harten, kalkigen Knollen (Lößmännchen) gemischt und bildet senkrechte Abstürze. Der deutsche Löß stammt von den Grundmoränen der Eiszeit und ist eine Steppenbildung.

Das Wachsen der Steine.

Nicht alle gelbsten Mineralsubstanzen werden den Strömen und durch diese dem Meere zugeführt. Ein Teil dient den Pflanzen als Nahrung, ein anderer wird wieder ausgeschieden, und es bildet sich daraus neues Gestein. Daß die meisten Quellen Kalk abgeben, dürfte männiglich bekannt sein. Kieselsteine, Zweige, Blätter am Grunde des Waldbachs bedecken sich mit einer schmutzig-gelben oder weißlichen Kruste von Kalktuff. Besonders lebhaft ist die Auscheidung in schäumenden Wasserfällen, weil beim Zerstäuben des Wassers die Kohlenäure durch die atmosphärische Luft ausgetrieben wird und das Wasser hierdurch seine Lösungskraft einbüßt. Die Folge ist die Bildung von Kalktuff oder Travertin (Tuffstein, Duckstein, Tropfstein), wie solcher bekannt ist von den Tivolifällen bei Rom, von Cannstatt (Stuttgart), Gotha, Weimar usw.

Gipshaltige Quellen fördern Gips zutage. Dieser wird häufig durch niedere Pflanzen in der Weise zerfetzt, daß kohlen-

faurer Kalk und Schwefelwasserstoff daraus hervorgehen, und letzteren vermögen gewisse Bakterien wiederum zu zerlegen, wodurch der Schwefel frei wird und Schwefellager entstehen. Diesem interessanten Prozeß verdanken die Schwefelminen Siziliens ihre Entstehung. (Sie haben weder mit dem Vulkan Ätna noch mit dem Schwefelspüß der Hölle das geringste zu tun. Es können aber durch vulkanische Tätigkeit ebenfalls Schwefellager entstehen, wovon später noch die Rede sein wird.)

Kieselsäurehaltige Wasser scheiden Kieselfinter, Quarz, Opal und dergleichen aus, flussspathhaltige Gewässer Flußspate, eisenhaltige allerlei Eisenerze, als da sind: Eisenocker, Brauneisenerz, Schwefeleisen, Eisenspat usw. Auf ähnliche Weise finden aus Mineralwässern Niederschläge von Zinkspat, Nickelz, Mangan-, Kupfer- und Bleierz statt. Die Solquelle von Neusalzwerk in Westfalen bringt außer Kochsalz und Kalk jährlich 17 Kubikmeter Brauneisenstein zutage, was zur Bildung eines gewaltigen Eisenerzlagere völlig genügen würde. Die Mineralquellen in der Umgebung des Laacher Sees, eines erloschenen Vulkanaters der Rheinprovinz, setzen ebenfalls Eisenerz ab, so daß dort im Laufe von, sagen wir mal hunderttausend Jahren ein Eisenerzlager von beträchtlicher Ausdehnung und Mächtigkeit entstehen kann. Beiläufig mag erwähnt werden, daß auch in gewöhnlichen Torfstümpfen und sogar auf vielen Sumpfwiesen gewisse Eisenerze — Sumpferz oder Raseneisenerz — zur Ablagerung gelangen. Manche Mineralquellen bilden sogenannten Sprudelstein, das heißt runde Körner, die zu ausgedehnten Lagern anwachsen. Auf emporgewirbelte Sandkörner schlägt sich Kalk nieder, Schale um Schale, bis das Korn zu schwer ist, um emporgeschleudert zu werden. Sind die Körner nur etwa hirsegroß oder wie Fischeier, so spricht man von Hogenstein, erlangen sie Erbsengröße, von Erbsenstein (Karlsbad in Böhmen). Oft geben auch winzige Tierschälchen oder Pflänzchen (Algen) den Anstoß zur Hogensteinbildung. Enthält die Quelle Eisenverbindungen, so bildet sich ein Erzflöz von Eisenrogenstein. Auch am Meeresgrund kommt es zu ähnlichen Bildungen. In gewisser Tiefe findet man brombeerartige Knollen von Sandform bis zur Faustgröße, hauptsächlich aus Eisen und Mangan bestehend, oft mit Zusätzen von Kupfer und Nickel. (Mangan ist ein graues, hartes Metall, das mit Eisen eine

sehr harte Legierung bildet.) Als Kerne (Anziehungszentren) erscheinen kleine Bimssteinstücke (von vulkanischen Ausbrüchen), Schälchen von Meerestieren, Kiesel- und Kaltschwämme und dergleichen.



Abb. 18. Gangstück von Freiberg mit symmetrisch lagenförmiger Struktur.

Im Innern der Gebirge gehen allerlei chemische Prozesse vor sich, welche Neubildungen von Mineralien und neue Abfätze zur Folge haben. Die Klüfte und Höhlen füllen sich mit spitzen Kalkspat- und Gipskristallen, violetten Amethysten, schwarzen Rauchtopafen und glashellen Bergkristallen, oder mit Schwefelkristallen, Schwefelkies, Brauneisenerz, Eisen-, Blei- und Kupferglanz; so entstehen Mineral- und Erzgänge. (Abb. 18.)

In den Grotten verdunstet das durchgesickerte Wasser, und es bleibt eine Kruste von Kalksinter zurück. An den Spitzen bleiben Wassertropfen hängen, die ebenfalls den Kalk fahren lassen, wodurch lang herabhängende Zapfen, sogenannte Stalaktiten, sich bilden; die herabfallenden, plätzenden Tropfen erzeugen am Boden der Höhle aufwärts wachsende Säulen (Stalagmiten), die oft mit den Stalaktiten zu Stützpfeilern verwachsen oder allerlei phantastische Formen annehmen. Ist das Sickerwasser mit Metalllösungen beladen, so entstehen Tropfsteine aus Schwefeleisen, Bleiglanz, Zink- und Kupfererz, wie an verschiedenen Höhlen in Kärnten und in Nordamerika zu sehen ist.

Viel großartigere Neubildungen finden jedoch überall da statt, wo Flüsse in Seen oder Meere münden, sowie an den Meeresküsten, wo Brandung und Gezeiten arbeiten. Die ungeheuren Kies- und Sandmassen werden schließlich durch Ton Schlamm oder Kalk oder Kieselsubstanz oder irgendeinem anderen Zement zusammengekittet zu Konglomeraten und Sandsteinen. Der Ton schlamm erhärtet allmählich zu Mergelstein oder zu Schieferstein und Ton-schiefer. Durch weitere Umwandlungen (Metamorphosen) kann er zu kristallinischem Schiefer werden.

Wie oben angedeutet, erfolgt die Neubildung von Gesteinen nicht lediglich durch mechanische und chemische Prozesse, sondern auch durch die Vermittlung der Lebewesen. Sehr häufig sind beim Aufbau eines bestimmten Gesteins sowohl die Kräfte der organisierten wie der nicht organisierten Natur tätig, und es ist oft schwer festzustellen, welcher Einfluß der größere ist. Jedenfalls ist so viel sicher, daß es auch für die Kinder der „leblosen“ Natur: die Mineralien und Gesteine, keine „ewige“ Existenzdauer gibt; auch sie entstehen zu einer bestimmten Zeit und auf eine bestimmte Weise; sie verändern sich, wandeln sich in andere Formen und Arten um und werden wieder vernichtet. Sie

unterliegen gleich den Lebewesen einem beständigen Kreislauf, so daß man auch bei ihnen von einer Art „Leben“, von Geburt und Tod sprechen kann. Dies gilt für die gesamte Natur und, wie die Radiumforschungen ergeben haben, sogar für die Grundstoffe oder Elemente, die man für ewig und unveränderlich gehalten hat. Alles kreist in ewigem Wechsel.

II.

Die geologische Wirksamkeit der Organismen.

Tiere als Baumeister.

Wir haben bereits davon gehört, welche erstaunlich große Massen mineralischer Substanz in gelöster Form dem Meere zugeführt werden. Der Rhein enthält in 10000 Teilen feines Wassers $1\frac{1}{2}$ bis $2\frac{1}{2}$ Teile Gelöstes, worunter 1 Teil kohlensauren Kalk, und die Themse trägt dem Meere Jahr für Jahr an die vier Millionen Kilozentner jenes Minerals zu. Sehen wir den Fall, daß bei den übrigen Flüssen annähernd dasselbe Verhältnis bestehe, so wäre in 10000 Jahren die Menge des zugeführten Kalkes ungefähr so groß als das Gewicht der jährlichen Wassermasse sämtlicher Ströme der Erde. Es ist ohne weiteres klar, daß dies zur Ablagerung gewaltiger Kalksteinschichten ausreichen würde. Ja man sollte denken, daß die Ozeane längst eine gesättigte Minerallösung darstellen müßten, aus welcher — ähnlich wie in einem Salzsee — direkt Niederschläge aus kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk, Dolomit usw. sich bilden würden. Dem ist aber nicht so. Während in Süßwasserseen sich direkt Kalk ausscheidet, welcher mit den Kalkschälchen und Skeletten der Wasserbewohner zur Bildung der sogenannten „Seekreide“ (Stinkkalk) oder mit tonigem Schlamm zur Entstehung von Mergelbänken führt, ist solches im Meere im allgemeinen nicht der Fall. Die Zusammensetzung des Meerwassers macht solches geradezu unmöglich. Der Mineralgehalt des Meeres beträgt nämlich im Mittel nur etwa $3\frac{1}{2}$ Prozent, das heißt in einem Kilogramm Wasser 35 Gramm; darunter nimmt das Kochsalz die erste Stelle ein (27 Gramm), während von Gips nur 1,2, von kohlensaurem Kalk gar nur 0,04 Gramm = $\frac{1}{250}$ Prozent nachgewiesen sind.* Wie ist dies Rätsel zu erklären? Antwort:

* Das Meerwasser enthält unter anderen folgende bekannte Grundstoffe: Chlor (Bestandteil des Kochsalzes), Magnesium, Brom, Jod, Schwefel (als Schwefelsäure und Schwefelwasserstoff), Phosphor, Kohlenstoff, Kieselsäure, Silber, Kupfer, Zink, Blei, Nickel, Eisen, Mangan, Aluminium, Kalzium, Natrium, Calcium, Gold.

Durch die Tätigkeit der Meerestiere. Diese benötigen für ihre Schalen, Gehäuse und Knochen viel, sehr viel Kalk und entziehen ihn dem Meerwasser.

In erster Linie erwähne ich die

Korallen oder Blumentiere.

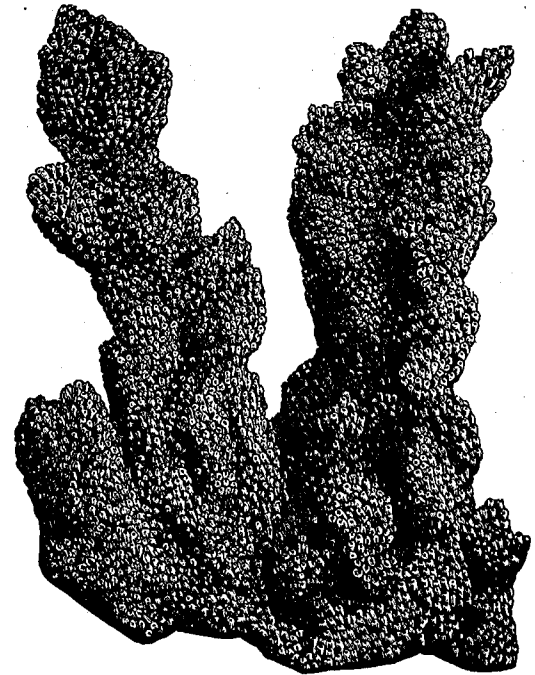


Abb. 19. Ein Korallenstock (Madrepore) verkleinert.

Das sind Wesen von sehr einfachem Bau, da sie sozusagen nur aus Mund und Magen bestehen. Die Mundöffnung wird umstellt von fächerartigen Fangarmen, welche, ähnlich den Blättern und Stengeln der Brennnesseln, mit eigentümlichen Giftdrüsen, den sogenannten Nesselkapseln und Nesselbatterien bewaffnet sind. In ihrem Gesamtaussehen und ihrer oft pracht-

vollkommen, Wie Berg und Tal entstehen.

vollen Färbung erinnern sie vielfach an Blumen, daher der Name „Blumentiere“.

Manche Arten sind von durchaus fleischiger Beschaffenheit, andere, so zum Beispiel die rote und die schwarze Edekoralle, scheiden eine kalkige oder hornige, bäumchenförmige Achse aus, noch andere bauen fetschförmige Zellen, die nach dem Absterben des Tieres erhalten bleiben. (Bei dem oben abgebildeten Stöck einer Riffkoralle sind die einzelnen Zellen oder Becherchen, die je einem Tierchen als Wohnhaus dienen, leicht erkennbar.) Unter den letzteren müssen wir wiederum unterscheiden zwischen solchen, die einzeln oder doch nur in kleinen Gesellschaften leben, und jenen, welche große Stöcke — Kolonien — bilden und gewaltige Kalkmauern — Korallenriffe — aufführen. Die größten Stöcke erreichen einen Durchmesser von 8 und 9 Meter. Bei den Hirnkoralen verschmelzen die aneinanderstoßenden Zellen zu langen, gewundenen Furchen. (Siehe Seite 51.)

Die Riffkorallen kommen jedoch nur in warmen Meeren gut fort, wo die Temperatur des Wassers nie unter 20 Grad Celsius sinkt.

Aber das Tierleben auf einem Korallenriff entwirft Oskar Fraas eine sehr anziehende Schilderung. Er schreibt unter anderem:

„Zum erstenmal zeigte sich mir bei Koffeir (am Roten Meere) das unvergeßliche Schauspiel südlichen Lebens, das auf den Korallenbänken sich entfaltet. Längs des ganzen Roten Meeres zieht an den Ufern in einer Breite von einigen hundert Schritten das Saunriff hin, an dem die Brandung jahraus jahrein tost, und von dem jede Barke, wohl wissend, warum, in respektvoller Entfernung bleibt. Von einer benachbarten Höhe aus erkennt man das Riff an der lichtgrünen Farbe des Wassers, die, durch den Silberstreifen der Brandung getrennt, von dem dunklen Violettblau der Tiefe sich aufs schärfste abhebt. Wo nun längs der Küste irgend ein Lagwasser in das Meer mündet, das jetzt vielleicht nur einige Stunden im Jahre fließt, aber wohl in früheren Zeiten noch reichlicher floß, da ist das Riff unterbrochen. Eine Lücke, je nachdem nur von 10 Meter, aber auch bis zu 100 Meter und darüber, öffnet sich und bietet der gebrechlichen Barke des Roten Meereschiffers den gesuchten Landungsplatz und ruhige Bergeplätze vor den oft recht gewaltigen Stürmen, denen dieses schmale Binnenmeer ausgesetzt ist. Der Schiffer kennt diese Lücken im Riffe wohl alle; hier nur ist es zur Ebbezeit vom Lande aus möglich, wenn auch nicht trockenen Fußes, so doch ohne erhebliche Schwierigkeiten das Riff zu begehen. Ich besuchte es zu El Tor und hinter Koffeir.

„Die Breite des Riffes ist wechselnd bis zu einigen hundert Schritten; in seiner ganzen Breite ist die Koralle abgestanden, nur am Saume, wo es gegen die hohe See abfällt, ist das wunderliche Leben der Stöcke zu beobachten. Ohne zu tauchen ist es jedoch nicht möglich, sich ihrer zu bemächtigen; dagegen ist das Wasser so wunderbar klar, daß man versucht ist, nach denselben zu greifen, obwohl die Entfernung 4 bis 6 Meter beträgt. Das Riff ist in seiner Breite vom Ufer bis zum Saume einer Kalkfelsenplatte mit rauher Oberfläche zu vergleichen, an der man äußerlich keine Spur von Korallenbau mehr erblickt. Erst wenn man mit dem Hammer ein Stück des körnigen Kalkes abschlägt, sieht man die Korallenstruktur des Felsens!

„Was für ein Leben nun auf diesem Riffe! Keine nur handgroße Stelle, wo es sich nicht regt und die Krebse und Ringelwürmer ebenso wie die Weichtiere und Stachelhäuter (Seesterne, Seeigel, Seewalzen) gruppenweise nebeneinander ihr Stilleben führen. Die einzelnen Arten, die das Riff beleben, treten immer in sol-

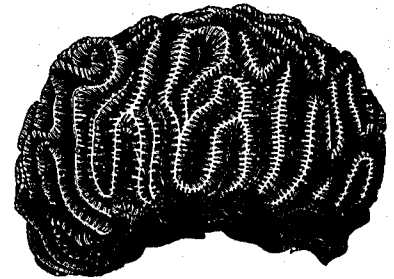


Abb. 20. Hirn- oder Windungskoralen, verkleinert.

cher Menge auf, daß der Wert des Individuums kein anderer scheint als der des Sandkorns oder des Wassertropfens. Die Individuenmenge ist um so auffälliger, als einige Arten stets für sich leben und ihre bescheidenen Lebensbezirke haben, die sie nicht verlassen und die ihnen auch von Konkurrenten nicht streitig gemacht werden.

„In jähem Absturz geht es am Rande in die dunkelblaue Tiefe hinab, und ängstlich weicht man der sich brechenden Woge aus, die drohend zum Rande kommt, als wollte sie den Fremdling mit in die Tiefe reißen. Hier am Rande sitzen riesige Seewalzen und Klippenrosen (Fleischkorallen ohne irgendwelche harte Bestandteile), und zwischen den Ästen baumartiger Riffkorallen klast die gewaltige Riesenschnecke. Der Fels, welcher bis hither abgestorben ist, scheint durch und durch Leben zu bekommen, denn so weit man in die Tiefe blickt, zuckt es an ihm tausendfach und spielen die Fühler der Korallen flimmernd in dem ewig klaren Wasser.“

Das Innere eines solchen Korallenriffs verwandelt sich gar bald in kompakten Kalkstein. Die Wellen, welche mit wilder

Gewalt gegen das Riff anbränden, brechen Zacken und Äste ab, werfen sie auf die Oberfläche des Walles und zerreiben sie zu Sand.

Am Zerstörungswerk beteiligen sich auch Bohrmuscheln, Würmer, Schnecken, Taschentrebse und Fische, sei es, daß sie die

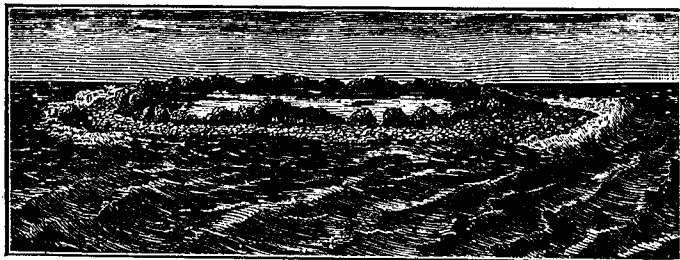


Abb. 21. Ringinsel oder Atoll.

Stöcke anbohren, sei es, daß sie die lebenden Korallentiere abweiden und den Kalk ihrer Zellen wieder von sich geben. Das feine Zerreibsel füllt die Lücken aus und erhärtet wieder, und zu-

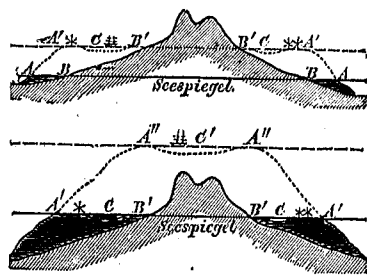


Abb. 22. Schematische Darstellung der Entstehung einer Ringinsel. A B, A' B' und A'' Korallenbauten, C' Lagune, die wagrechten Linien beuten den Meeresspiegel an.

gleich geht (wohl mit Hilfe kohlenstoffhaltigen Wassers) ein Kristallisationsprozeß vor sich, wodurch die ganze Masse ein moränenähnliches Aussehen gewinnt. Zur Ebbezeit bemächtigt sich der Wind des an der Oberfläche liegenden Sandes und türmt ihn zu Dünen auf, und das Riff wächst allmählich über den höchsten Stand des Meeres. Wind und Wellen führen allerlei Samen her-

bei, welche keimen, und es entsteht ein kleines Paradies. Die Riffkorallen leben nur in geringer Tiefe; desto auffallender ist die Tatsache, daß viele Korallenbauten 500, 600, ja 9000 Meter tief hinabreichen. Darwin erklärt dies durch langsame Senkungen des Meeresbodens. Damit wäre wohl auch die seltsame Gestalt der

meisten Korallenbauten, nämlich die ringförmige, am besten erklärt. Denken wir uns eine Insel, an deren Saum sich Korallen angesiedelt und ein zusammenhängendes Riffenriff gebaut haben. Wenn nun die Insel langsam sinkt oder — was den gleichen Effekt erzielt — das Meer steigt, so werden die Korallen weiter in die Höhe bauen, und zwar am raschesten außen herum, wo ihnen die reichlichste Nahrung zur Verfügung steht. Von der Insel werden nun bloß noch die höchsten Teile sichtbar sein, zwischen ihr und dem Riffe ist aber ein Kanal entstanden; wir haben nun ein Wallriff vor uns. (Siehe Figur 22.) Bei weiterer Senkung tauchen auch die Bergspitzen unter, die Korallen bauen aber lustig weiter und das Wallriff erscheint nun als Ringinsel (Atoll). An Stelle der ehemaligen Insel ist ein See, die sogenannte Lagune, getreten. Der Schweizer und der Schwäbische Jura, Teile Nordfrankreichs, der Insel Seeland und Südschwedens weisen viel Korallenkalk auf.

Schwämme, Würmer, Stachelhäuter und Weichtiere.

Neben den Korallen beteiligen sich noch eine Menge anderer Meeres-tiere am Aufbau neuer Gesteinsschichten. Da sind zu nennen die Schwämme, welche ebenfalls zum Kreise der Pflanzentiere gehören und auf dem Meeresboden festgewachsen sind. Manche Schwämme, so zum Beispiel der allbekannte Waschschwamm, besitzen allerdings nur weiche, horn- oder seidenartige und daher vergängliche Fasern, andere Arten dagegen scheiden kieselige Skelette aus, eine dritte Gruppe endlich ist charakterisiert durch den Besitz von Kalksteinlagerungen. Kiesel- und Kalkschwämme waren auch in früheren Erdperioden in großer

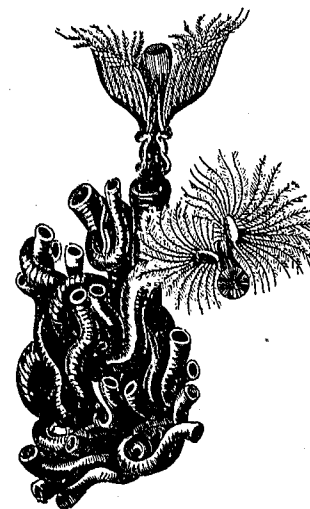


Abb. 23. Ein röhrenbauender Ringelwurm (Serpula).

Arten- und Individuenzahl vorhanden, was daraus hervorgeht, daß die Schwammkalle eine sehr große Verbreitung haben, besonders in der sogenannten Juraformation.

Daß an dieser Stelle auch die Würmer erwähnt werden, wird vielleicht manchem Leser auffallen. Man muß jedoch wissen, daß viele Arten kalkige Röhren herstellen und dadurch die Bauten der Korallen, Schwämme und Kalkalgen vergrößern helfen. Der Serpultit, ein alter Kalkstein, besteht fast ausschließlich aus Wurmröhren.

Die Stachelhäuter, zu denen beispielsweise die Seeigel, Seeesterne und Seeilien gehören, helfen gleichfalls den Kalkgehalt des Meerwassers in fester Form ausscheiden, indem ihre Stacheln, Platten, Wirbel und Stielglieder nach dem Tode des Trägers auf dem Boden sich anhäufen und mit anderen Ablagerungen zu festem Gestein verkittet werden.

Unter den Weichtieren spielen die Muscheln die erste Rolle. Sie treten in ungeheurer Zahl auf, so daß sie den Meeresboden in der Nähe der Küste stellenweise dicht bedecken. Daraus entstehen Muschelsandsteine und Muschelskalle.

Felsbildende Artiere.

Das Größte leisten die Kleinsten, die Artiere. Das sind Wesen, die bloß aus einem winzigen Schleimklümpchen (Plasma) bestehen und sich von den niedersten Pflanzen nur schwer unterscheiden lassen. Viele Arten sind nackt, andere besitzen kalkige oder kieselige Gehäuse von wunderbarer Härlichkeit. Bis in Tiefen von 3000 und 4000 Meter ist der Boden des Ozeans von einem grauen, klebrigen Schlamm bedeckt, der beim Trocknen weiß wird und ein freideartiges Aussehen annimmt. (Nicht zu verwechseln mit der „Seekreide“ unserer Süßwasserseen, von der auf Seite 48 die Rede war.) Die mikroskopische Untersuchung dieses „weißen Tiefseeschlammes“ ergibt, daß er aus Nesten winziger Organismen zusammengesetzt ist und daß die Schälchen gewisser Artiere einen Hauptbestandteil ausmachen. Nach dem Vorkommen der schönen Gattung Globigerina wird jener Tiefseeschlamm auch als Globigerinenschlamm bezeichnet. Trotz ihrer Kleinheit bilden diese Tiefseewesen im Laufe ungeheurer Zeiträume mächtige Ablagerungen, und kaum gibt es ein zweites Beispiel, das

als trefflichere Illustration des bekannten Sprichwortes gelten könnte: „Viel Wenig machen ein Viel.“

Die schalenbauenden Artiere waren bereits in grauer Vorzeit tätig und haben in den früheren Meeren ähnliche Ablagerungen

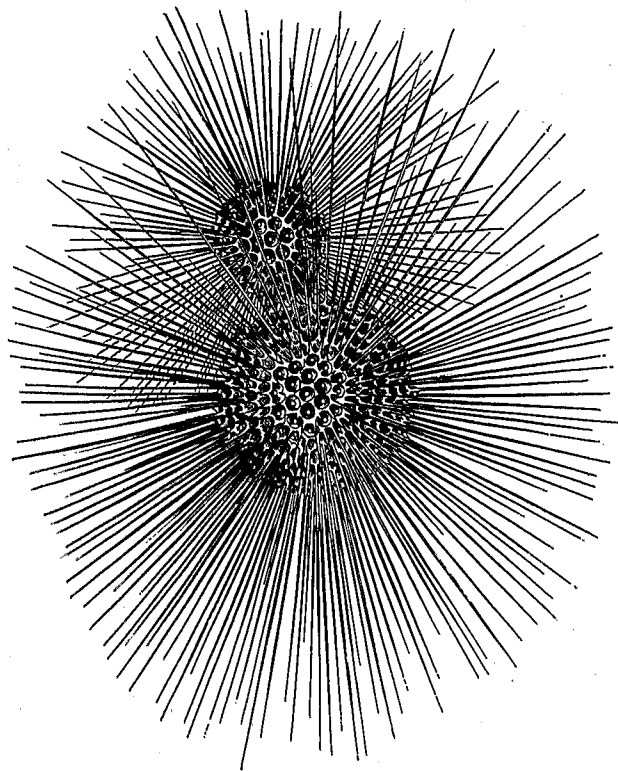


Abb. 24. Globigerinen mit den Kalknadeln der Schale, sehr stark vergrößert.

erzeugt wie ihre heute lebenden Verwandten. Sie haben die Kreideseifen Englands und Frankreichs, den Pariser Grobkalk und den Nummulitenkalk der Alpen geschaffen und die gewaltigen Felsmassen des Pilatus, Tödi und Glärnisch aufbauen helfen. Von 4000 Meter abwärts finden sich keine Globigerinenschälchen mehr, obwohl auch dort ein beständiger Regen von solchen

niedergeht, denn die Globigerinen leben keineswegs am Meeresgrunde, sondern an der Oberfläche oder doch in geringer Tiefe und fallen erst nach ihrem Tode „wie ein feiner Kalkregen“ auf den Boden, wo sie im Verein mit vielen anderen Schälchen und Skeletten den weißen Tiefsee- oder Kreideschlamm bilden. Bei mehr als 4000 Meter Tiefe werden die zarten Kalkschälchen vom Wasser aufgelöst, und als Rückstand bleibt roter Ton, eben jener Tiefseeton, der neben Haifischzähnen, Ohrknochen von Walfischen und vulkanischen Gesteinstrümmern die seltsamen Knollen von Eisenmangan enthält. Außer dem weißen und dem roten gelangt am Meeresgrund auch blauer und grüner Tiefseeschlamm zur Ablagerung, woraus ebenfalls neue Gesteinsschichten entstehen. Gewisse Arten jener „Kreidetierchen“ leben auch an den Küsten und tragen wesentlich zur Bildung von Muschelsandstein und Muschelschale bei. Im Meerbusen von Gasta (Italien) machen sie die Hälfte des Sandes aus, so daß auf ein Kilogramm Meersand ungefähr 40 bis 50 Millionen Schälchen kommen. Wieviel Millionen Jahre sind wohl erforderlich, um 1000 Meter Kreidefalk zu bilden?

Die Pflanzen.

Daß auch die Kinder Floras beim Aufbau der Erdrinde und damit bei der Entstehung von Berg und Tal eine Rolle spielen, dürfte dem Leser nicht ohne weiteres einleuchten. Und doch ist dem so. Zunächst muß ich freilich daran erinnern, daß der Geologe unter Gestein alle mineralischen Stoffe versteht, welche in größeren Massen vorkommen und somit in beträchtlichem Maße am Aufbau der Erdrinde teilnehmen, wie zum Beispiel Kalkstein, Sandstein, Mergel, Gneis, Granit, Glimmerschiefer, aber auch Behm, loser Sand, Eis, Steinsalz, Asphalt, Gold, Silber, Diamant, Bergkristall sind keine „Gesteine“, wohl aber Brauneisenerz, Magneteisenerz, Torf, Braunkohle, Steinkohle, Anthrazit, Graphit und sogar Petroleum. Daß der Torf sich aus Pflanzen bildet, kann in jedem Moor leicht beobachtet werden. Es sind besonders Algen, Moose, Niedgräser, Laichkräuter, Schilf, Rohrkolben, Fieberlee, Binsen, Moos- und Preiselbeeren, Weiden, Birken, Erlen und Kiefern, welche sich an der Torfbildung beteiligen. Der Torf läßt gewöhnlich die

Zusammensetzung aus Pflanzenteilen mit bloßem Auge erkennen, und seine Beschaffenheit hängt gerade davon ab, ob er vorzugsweise aus Gräsern und Kräutern oder aus Moos oder aus Holzgewächsen hervorgegangen ist. Je älter er wird, desto mehr wandelt er sich zu einer mineralartigen Masse um und desto



Abb. 25. Kieselalgen (Diatomeen), sehr stark vergrößert.

kohlenstoffreicher ist er. Während zum Beispiel Torf vom Ragensee bei Zürich 56 1/2 Prozent Kohlenstoff enthält, weist alter inländischer Torf 60 Prozent und solcher von Dürnten (Zürcher Oberland) sogar 64 Prozent auf. Von da ist's nur ein kleiner Schritt bis zur Braunkohle von Köln mit circa 70 Prozent. Im Moor finden nämlich beständig chemische Umsetzungen statt, und das Resultat derselben ist die Umwandlung des Torfes zu Braunkohle. Diese verwandelt sich im Laufe langer Zeiträume zu Steinkohle und Anthrazit und dieser schließlich zu Graphit.

Daß im Sumpfe beim Vorhandensein eisenhaltiger Zuflüsse auch Eisenerz — Sumpferz, Rafeneisenerz — zum Absatz gelangen, wurde schon früher erwähnt. Wie es scheint, spielen dabei mikroskopische Spaltpilze, sogenannte Eisenbakterien, die Vermittlerrolle, ähnlich wie Schwefelbakterien in schwefelwasserstoffhaltigen Quellen die Ausfällung von Schwefel und die Entstehung von Schwefellagern bewirken. Bazillen als Erzeuger von Eisen- und Schwefelblözen, wer hätte das gedacht!

Aber noch auf andere Weise sind niedere Gewächse als Gesteinsbildner tätig. In heißen kieselhaltigen Quellen bewirken

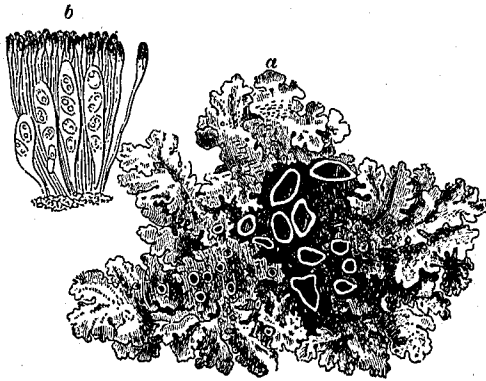


Abb. 26. Schüsselflechte.

- a. Laubförmiges Lager mit den Fruchtschüsselflechten;
b. Stielc aus der Fruchthaut
der Schüsselflechten mit den Sporenschläuchen.

sie die Ausscheidung von Kieselzinter, einer quarzähnlichen Felsart. Dies geschieht besonders bei den berühmten Springquellen Islands, Nordamerikas und Neuseelands.

In Sumpf und Moor, See und Meer leben winzige einzellige Algen mit zierlichen Kieselgeschälchen, durchsichtig und glänzend wie aus geschliffenem Kristall, die Diatomeen. Sie vermehren sich gleich den Urtieren und den Bazillen unheimlich rasch und ersetzen durch ihre fabelhafte Zahl, was ihnen an Größe abgeht. In einem Fingerhut haben etliche Milliarden Platz und eine einzige Kieselalge kann nach vier Tagen mehr als 100 Billionen Nachkommen haben. Nach dem Tode der

kleinen Geschöpfe sammeln sich ihre Schälchen am Grunde des Gewässers und bilden gewaltige Schlammmassen, die schließlich zu festem Gestein erhärten. Durch sie werden in manchen Häfen kostspielige Baggararbeiten nötig, um das gänzliche Verschlammen zu verhindern. In der Lüneburger Heide, bei Franzensbad in Böhmen, in den Staaten Oregon, Nevada und Kalifornien (Nordamerika) bilden sie Schichten bis zu 100 Meter Mächtigkeit. Auch der Untergrund von Berlin besteht teilweise aus sogenannter Kieselguhr oder Diatomeenerde.

Wieder andere Algen scheiden Kalk aus und tragen gleich den Korallen zur Bildung gewaltiger Kalkbänke bei. Der Leithalk, ein trefflicher Baustein Wiens, ist das Produkt von Kalkalgen (Lithothamien).

Im Gegensatz hierzu treten viele Gewächse als Zerstörer auf, so zum Beispiel gewisse Spaltpilze, welche entweder selber scharfe Säfte aussondern oder Kohlen säure, Humus säure, Quellsäure und Salpetersäure erzeugen und dadurch mittelbar die Gesteine zerfressen. Ihnen folgen die Flechten, welche mit ihren Saugwürzelchen den geizigen Fels zerätzen und denselben zur Ansiedlung von Moosen, Farnen, Steinbrecharten, Zwergweiden, Alpenrosen, Bergföhren usw. vorbereiten. Auch im Tode noch wirken die Pflanzen durch die entstehenden Säuren zersetzend auf das Gestein oder sie entziehen den Metallverbindungen Sauerstoff, sie reduzieren dieselben, wie der Chemiker sagt, wodurch beispielsweise aus Eisenwitriol — Schwefeleisen, aus Kupferwitriol — Kupferglanz oder gar gediegenes Kupfer, aus Silbererzen gediegenes Silber hervorgeht; kurz, die Wechselwirkungen zwischen organisierter und unorganisierter Natur, zwischen Mineralreich, Tier- und Pflanzenreich sind überaus mannigfaltig und verwickelt.