

GERHARD
SCHMIDT

Wunderwelt
der Steine





GERHARD SCHMIDT
WUNDERWELT DER STEINE

JUGENDBUCHREIHE „ERLEBTE WELT“ BAND 15

GERHARD SCHMIDT

Wunderwelt der Steine

*Mit 16 Tafeln und Federzeichnungen
von Jürgen Ritter*

JUGENDBUCHVERLAG ERNST WUNDERLICH

Lizenz Nummer 359-425/1/53 · 11.—15. Tausend

Alle Rechte vorbehalten

Copyright 1953 by Jugendbuchverlag Ernst Wunderlich in Leipzig

Satz und Druck Borgis Fournier Old Face

Buchdruckerei Oswald Schmidt GmbH., Leipzig III/18/65

Druck der Tafeln: J. Schmidt, Markneukirchen

INHALT

Von den Mineralien	7
Vom Aufbau des Erdinnern und vom Magma	20
Quarz	29
Vom Feldspat und etwas vom Ackerboden ..	36
Wenn das Magma erkaltet	47
Von den Edelsteinen	53
Wie das Erz wächst.....	62
Gebirgsbildung und Vulkanismus	70
Porphyr und Diabas	82
Granit	90
Schiefer	98
Kalkstein	105
Von den Salzlagerstätten.....	113
Brennbare Gesteine	119
Wie Lebewesen zu Stein werden.....	128
Praktische Hinweise zum Sammeln von Mineralien und Gesteinen	135
Tafelfolge	142
Wir lernten kennen	145
Wort- und Sacherläuterungen	149

Von den Mineralien

Auf Schritt und Tritt, wo wir uns auch hinwenden, begegnen uns Minerale und Gesteine. Allenthalben finden sie Verwendung und sind aus der modernen Technik und Wirtschaft nicht hinwegzudenken. Trotzdem gehen wir nur allzuoft achtlos an ihnen vorüber. Sie erscheinen zu alltäglich; nur wenige von uns ahnen die Geheimnisse und Wunder, die sie in sich schließen. Nur zu leicht ist der Uneingeweihte geneigt, den Stein für etwas Niederes und Geringwertigeres im Reiche der Natur anzusehen, das nicht solche Fülle des Bedeutsamen und Interessanten zu bieten vermöge wie die Welt der Lebewesen.

Man muß sich einmal eingehender mit den mannigfaltigen Gesteinen und den sie zusammensetzenden Mineralien beschäftigen, um zu ermessen, welche reichen und interessanten Probleme sich hier bieten. Der Zugang zu diesen Dingen erscheint zwar zunächst schwierig und wenig verheißungsvoll; doch die Schwierigkeiten werden bald behoben, und dem unentwegt und wißbegierig Suchenden werden seine Mühen reich gelohnt. Sehr bald wird er der Fülle an Schönheit der Farbenpracht und Gestaltung gewahr, die sich ihm in überraschender Vielfalt offenbart. Sie tritt ihm nicht allein im gleißenden Gepränge der zahllosen, kostbaren Schmuck- und Edelsteine entgegen, wie sie die mineralogischen Sammlungen der Museen zieren, sondern sie spricht zu ihm schon aus dem gewöhnlichen Baustein, sofern er diesen eingehender betrachtet und die hier zwar fürs erste unscheinbar entwickelten Mineralien in ihrer bunten Vielgestaltigkeit einmal näher untersucht. Er wird hier die gleichen Formgesetze wiederfinden und staunen über die riesige Zahl der Gestaltungsmöglichkeiten; denn kleine, lokale Verschiedenheiten in den Bildungsbedingungen und der Zusammensetzung des Schmelzflusses, aus dem einst das Gestein hervorging, haben unter Umständen schon beträchtliche Unterschiede in der Erscheinungsform, dem Habitus des Gesteins, zur Folge.

Wollen wir den Weg zu den Mineralen und Gesteinen finden, wollen wir sie kennenlernen und ihre inneren Gesetze verstehen, so müssen wir ihnen nachspüren, wo immer wir ihnen begegnen! Nicht nur in den musealen Sammlungen wollen wir sie uns betrachten, sondern vor allem in der Natur selbst! In ihren natürlichen Vorkommen werden wir sie aufsuchen und dann freilich auch fragen, wie sie genutzt und verwendet werden und was die menschliche Technik aus ihnen zu fertigen vermag.

Eingehendere Kenntnisse über Gesteine und Mineralien zu haben, ist heute eine Verpflichtung für jeden von uns. Im Rahmen des Fünfjahrplanes sind die Bodenschätze unsrer Republik zu nutzen. Große Aufgaben sind in diesem Zusammenhang dem Bergbau gestellt.

Aber jeder sollte sich dafür interessieren, welche Möglichkeiten in unserem Lande zur Auffindung von Erzen, Brennstoffen, Kalisalzen und Baumaterialien gegeben sind, unter welchen Bedingungen sich diese Stoffe gebildet haben und an welchen Stellen man sie im besonderen suchen muß.

Dies an Beispielen zu zeigen, ist das Bestreben des Büchleins. Es soll die Liebe zu den Gesteinen wecken und Anregungen geben zu eingehenderem Beobachten ihrer Formen und Eigenschaften, die uns zugleich Aufschluß zu geben vermögen über die Bedingungen, unter denen der Stein einst in geologischer Vorzeit entstanden ist. Der aufmerksame Beobachter vermag jedem Gestein, wenn oftmals auch erst nach mühsamer Arbeit und nicht immer mit gleicher Vollkommenheit, seine vielfältige und oft verwickelte Lebensgeschichte abzulauschen.

Auch hierzu soll das kleine Buch nur anregen, und der Blick des Lesers soll sich recht bald vom Blatt weg auf die Gesteine in der Natur richten, um hier seine Beobachtungen zu ordnen und zu klären, bis sie ihn befähigen, sich an ausführlichere Lehrbücher und an Fachzeitschriften heranzuwagen. Jeder einzelne wird auch bald merken, daß es von Vorteil ist, das Beobachten durch eifriges Sammeln von Steinen und Mineralen zu unterstützen. Man gewinnt dadurch die Möglichkeit, durch Vergleichen mit neuen Funden sich über Gemeinsames und Unterschiedliches der Gesteine Rechenschaft abzulegen und sich auch über mögliche

Abwandlungen desselben Gesteins zu unterrichten. Hierzu sollen am Schluß einige praktische Hinweise gegeben werden. Gewiß ist die Anzahl der bisher auf der Erde bekannten Mineralarten nicht so außerordentlich groß. Man schätzt sie gegenwärtig auf etwa 3000. Die Hälfte davon kommt außerdem nur selten vor. Etwa zwei Drittel können als sicher bekannt gelten. Das mutet uns wenig an, wenn wir es mit den Objekten anderer naturwissenschaftlicher Fachgebiete, etwa der Chemie oder der Biologie, vergleichen. Die Arten und Gattungen der Tiere und Pflanzen belaufen sich auf Hunderttausende. In diesem Zusammenhang sei auch auf die merkwürdige Tatsache hingewiesen, daß die Zahl der verwendeten Bezeichnungen für Mineralien ein Vielfaches der wirklich vorhandenen Mineralien ausmacht. Das ist darauf zurückzuführen, daß infolge ungenügender Bestimmungen oftmals von verschiedenen Forschern nacheinander für die gleiche Substanz verschiedene Namen geprägt worden sind. Erst viel später stellte sich dann heraus, daß es sich dabei um ein und dasselbe Mineral handelte. Alljährlich kommen im Durchschnitt etwa 10 bis 20 neue Benennungen hinzu. Demgegenüber ist die Zahl der Namen, die als identisch ermittelt werden, ebenfalls immer beträchtlich, so daß sich die Gesamtzahl kaum wesentlich vergrößert.

Ein Mineral erscheint uns in der Natur selten allein oder nur in gleichartigen Individuen, sondern immer zusammen mit vielen verschiedenen vergesellschaftet. Eine solche „Mineralgemeinschaft“ nennt man auch eine „Paragenese“. Sie unterliegt in gleicher Weise wie eine biologische Lebensgemeinschaft ganz bestimmten Gesetzen.

Wenn Mineralien in der Natur gemeinsam entstehen, handelt es sich um einen einheitlichen, stetigen Vorgang, der sich in zeitlicher Abfolge vollzieht. Die Gesamtmasse eines Gesteins kann davon betroffen werden, oder aber es zeigen sich die Auswirkungen längs Gängen und Spalten, in Drusen und sonstigen Hohlräumen, in denen heiße, wäßrige Lösungen auf und ab steigen. Oft ist es schwer, nachträglich die genauen Begleitumstände zu rekonstruieren, unter denen die Bildung der Minerale vor sich ging. Denn meist kennen wir die physikalischen

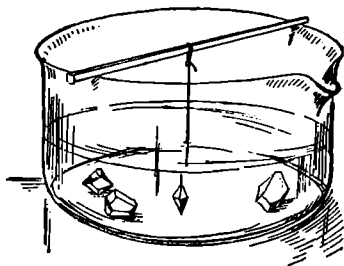
Bedingungen nicht, die damals herrschten, und ebensowenig die verschiedenen Substanzen, die sich in jenen Lösungen befanden, am allerwenigsten die längst entschwundenen, flüchtigen Bestandteile.

Man hat des öfteren in Laboratorien derartige Vorgänge nachzuahmen versucht und dabei viele wertvolle Erkenntnisse gewinnen können. Immer muß man sich aber darüber im klaren sein, daß das Experiment jeweils nur einzelne Versuchsbedingungen zu veranschaulichen vermag. In der Natur aber sind die vielgestaltigen Prozesse, die sich beim Entstehen der Mineralparagenesen abspielen, weit komplizierter, und wenn Zweifel entstehen, hat daher immer die Beobachtung der Natur selbst den Ausschlag zu geben!

Was ist nun das Besondere an dem einzelnen Mineral und wie lassen sich die vielen Arten voneinander unterscheiden? — Kristallgestalt, stofflich einheitliche Zusammensetzung und daneben noch spezifische Eigenschaften sind es vor allem, die dazu herangezogen werden. Wir dürfen freilich bei der äußeren Form nicht nur an ideal gestaltete Kristalle denken. In der Natur sind diese gar nicht so überaus häufig, da sie nur unter ausgesucht günstigen Wachstumsbedingungen zur Entfaltung kommen können. Auch sind die Kristalle verschieden beständig. Die des Kochsalzes zerfließen bereits in feuchter Luft, während der Quarz, der „Kristallos“ der Alten, keinerlei Veränderung zeigt. Doch auch er ist nicht unangreifbar. Bei höherer Temperatur verwandelt er sich unter der Einwirkung von Magnesiumsalzen beispielsweise in Speckstein.

Eine bestimmte Kristallform ist jedem Mineral eigentümlich. Sie ist in seinem inneren Aufbau, seiner Feinstruktur, begründet. Das Wachstum vollzieht sich nach bestimmten Gesetzen. Am allerbesten können wir uns davon überzeugen, wenn wir selbst einmal darangehen, uns Kristalle zu „züchten“. Es bereitet keine besonderen Schwierigkeiten. Greif zu Substanzen, die du im Haushalt findest, wie Kochsalz (NaCl), Glaubersalz (Na_2SO_4), Soda (Na_2CO_3) oder Alaun [$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$]! (Tafel S. 16.) Besonders Alaun ist zu unseren Versuchen vortrefflich geeignet. Wünschst du schöngefärbte Kristalle, so ist das tiefrote Chrom-

alaun $[\text{KCr}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}]$, das schönblaue Kupfervitriol (CuSO_4) oder das violette Kaliumpermanganat (KMnO_4), das überall in den Drogerien zu haben ist, zu empfehlen. Du löst nun von den genannten Substanzen kleine Mengen (etwa je 100 g) in heißem Wasser, und zwar so, daß am Grunde des Gefäßes ein kleiner unlöslicher Rest verbleibt. Filtriere den Rest ab und gieße die Lösungen in kleine Kristallisierschalen. Diese deckst du sorgsam ab, damit sie nicht verschmutzen. Bereits am nächsten Tage kannst du beobachten, wie sich am Grunde der Schalen und an den Wänden ein feiner Belag von Kristallfittern niedergeschlagen hat. Dieser wird von Tag zu Tag dichter. Nun wähle einige größere Kristalle aus und sondere diese von den übrigen ab. Von Zeit zu Zeit mußt du die Schalen vom Kristallbelag säubern, sonst bildet sich allmählich eine dicke, verwachsene Schicht, die die Weiterentwicklung der Einzelkristalle sehr stört. Deshalb mußt du die Kristallindividuen in regelmäßigen Abständen umbetten. Vergiß dabei nicht, sie jedesmal sorgfältig von einem Überzug kleiner Kristalle zu befreien, der sich auf ihrer Oberfläche gebildet hat! So werden im Laufe einiger Wochen vor deinen Augen schöne Kristallgebilde wachsen, an denen du deine Freude hast. Ihre Gestalt läßt sich dadurch abwandeln, daß du die Kristalle auf verschiedene Seiten legst. Drehst du sie regelmäßig, so bilden sich ideale Kristalle; läßt du sie hingegen immer auf derselben Seite liegen, so wächst die Aufлагeseite praktisch überhaupt nicht, die entgegengesetzte dafür um so stärker. Die Mühe des Herausholens kannst du dir dadurch erleichtern, daß du die Kristalle von vornherein an Wollfäden ziehst, die du in die Lösungen hineinhängst. Auch den Faden mußt du immer von neuem von dem feinkristallinen Belag säubern, der sich ansetzt, wenn du reine, große Kristalle erhalten willst.



Doch experimentieren wir mit unseren selbstgezüchteten Kristallen noch etwas weiter! Wie wir bereits sahen, konnten wir die

Formen derselben willkürlich beeinflussen. Ob sie breit oder hoch oder allseitig regelmäßig wachsen sollten, hatten wir in der Hand. Die Flächen, an denen sich Substanz anlagern sollte, wurden besonders der Nährlösung ausgesetzt, die, an denen keine Zunahme erwünscht war, wurden abgedeckt. Ähnlich wachsen nun die Kristalle an Spalten und in Hohlräumen im Innern der Erde. Nach der Seite hin, wo sie sich frei entwickeln können und ausreichend Nährlösung erhalten, zeigen sie schön ausgebildete Kristallflächen. Wir könnten einem unserer Kristalle auch einmal ein paar Ecken abbrechen oder ihn mit einer Feile zurunden, so daß er völlig unkenntlich geworden ist. Legen wir ihn darauf wieder in die Lösung, so werden wir zu unserem Erstaunen feststellen, daß er nach einer Reihe von Tagen wieder seine ursprüngliche Kristallform angenommen hat.

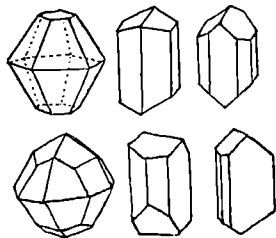
Damit ist uns das erste grundlegende mineralogische Gesetz vertraut geworden: Jedem Mineral ist eine bestimmte Kristallform eigentümlich. Beim Kochsalz bilden sich Würfel, beim Alaun Oktaeder (Achtflächner), beim Kupfervitriol kompliziertere Vielflächner, doch immer die gleichen. Wir können nun auch einmal die Kristalle aus den verschiedenen Lösungen gegeneinander austauschen, also beispielsweise den Kochsalzkristall in die Kupfervitriollösung hängen und umgekehrt. Was beobachten wir dabei? Das Wachstum ist unterbrochen. Der Kochsalzkristall zeigt sogar deutlich Auflösungserscheinungen. An einigen Stellen ist er mit einem Anflug blauer Kupfersulfatkriställchen überdeckt. Beim anderen Kristall ist es nicht viel anders. Jeder von ihnen gedeiht nur in seiner Nährlösung. Wenn wir dagegen den weißen und den roten Alaunkristall miteinander austauschen, so geht zu unserer Überraschung der Wachstumsprozeß ruhig weiter, und auf dem weißen Kristall setzt sich nunmehr eine rote Schicht an, am roten dagegen eine weiße. Durch mehrfaches Umhängen lassen sich auf diese Weise schöngebänderte Kristalle erzielen. Bei den Alaunen handelt es sich um verwandte Substanzen, die alle die gleichen Formen, nämlich Oktaeder, ausbilden.

Betrachten wir jetzt einen Kristall näher und freuen uns an den schönen, ebenmäßigen Flächen und den scharfen Kanten! Be-

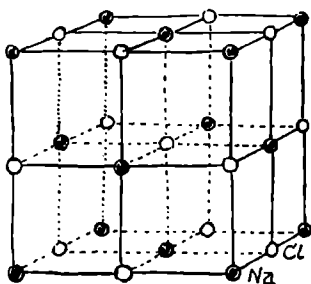
reits an unseren Alaunkristallen erkennen wir, daß Größe und Form der Flächen nicht das Entscheidende sind. Nur unter günstigsten Bedingungen konnte sich ein idealer Oktaeder bilden. Die meisten sind verzerrt und verdrückt, und manche Fläche ist gar nicht recht zur Ausbildung gelangt. Überall wiederzufinden aber ist die Neigung der Flächen zueinander. Daran sehen wir das zweite Fundamentalgesetz: Jedes Mineral läßt beim Kristallisieren bestimmte, konstante Neigungswinkel seiner verschiedenen Flächen erkennen, die ganz unabhängig sind von der Ausbildung der Flächen selbst. So bleiben bei den Quarzen die Winkel zwischen den Pyramidenflächen immer gleich und sind ganz unabhängig von deren Größe. Daher genügt es meist, diese Neigungswinkel zu messen, um die Kristallform zu erkennen. Hierzu bedient sich der Mineraloge des Reflexionsgoniometers. Ein drehbar justierter Kristall wird von einem Lichtstrahl getroffen, und man mißt den Winkel, unter dem dieser Strahl von einer Kristallfläche zurückgeworfen wird. Daraus läßt sich dann die Orientierung der Fläche erschließen.

Jeder Kristall hat mehrere Symmetrieebenen. Im einfachsten Fall entsprechen sie den drei Hauptrichtungen des Raumes wie beim Kochsalz oder Alaun. Zu diesen nehmen nun die Außenflächen des Kristalls bestimmte Lagen ein. Beim Kochsalz stehen sie auf den drei Symmetrieebenen senkrecht, und es ergibt sich die Würfelform. Meist sind aber die Flächen irgendwie gegen die Symmetrieachsen geneigt, so daß ziemlich komplizierte Körper entstehen, die aber

deutlich Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen. Danach werden 32 Kristallklassen unterschieden. Oder man ordnet die Gesamtheit der Kristalle in sechs Systeme ein, das reguläre, hexagonale, tetragonale, rhombische, monokline und triklone. Diese im einzelnen zu betrachten, würde hier zu weit führen. Doch bei allen Mineralien, die uns nun begegnen werden, soll immer auch angegeben werden, welchem System seine Kristalle zuzuordnen sind.



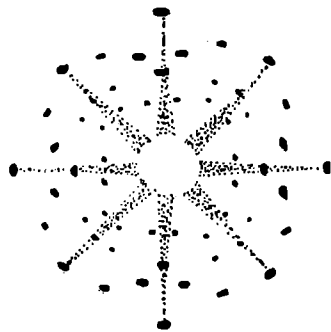
Wodurch entsteht die wunderbare Regelmäßigkeit? Wie kommt es, daß sich immer wieder die gleichen Neigungen der Flächen beim Wachstum der Kristalle einstellen? Das ist erst so recht klar geworden, nachdem uns die Atomphysik Einblicke in den Feinbau der Materie gewährt hat. Jeder Stoff in der Natur setzt sich aus Atomen und Molekülen zusammen, die, wie wir heute wissen, keineswegs die letzten unteilbaren Bestandteile sind, wie es die Griechen annahmen, sondern sie lassen sich unter besonderen Bedingungen in Elektronen, Protonen, Neutronen und eine Reihe weiterer Elementarbausteine spalten. Jedes Atom verkörpert aber nicht nur Masse, sondern stellt gleichzeitig ein kleines Kraftfeld dar, so daß im Zusammenwirken mehrerer Atome und Moleküle diese Elementarkräfte ähnlich positiven und negativen elektrischen Ladungen aufeinandertreffen. In festen Körpern sind die Atome ganz regelmäßig gleichsam auf Ebenen in bestimmten Abständen aufgereiht. Die Gesamtheit dieser Ebenen bildet das sogenannte Kristallgitter. Ein einfaches



Beispiel bietet das Kochsalz, das bekanntlich aus den beiden Elementen Natrium und Chlor besteht. Auf einer Gitterfläche des Kochsalzes würden also immer Natrium- und Chloratome miteinander abwechseln und sich durch ihre ungleichnamige Ladung jeweils anziehen. Da sich eine solche Gitterebene über die andere lagert,

entsteht die Würfelform des Kristalls. Im Innern sind die Bindungskräfte der Atome gegeneinander abgeglichen. Hier herrscht Gleichgewicht. Am Rande aber, wo die Kristallflächen enden, gibt es geladene Natrium- und Chloratome, die nicht gesättigt sind. Befindet sich daher ein Kristall in einer Nährlösung, so wird er aus dieser begierig ungleichnamig geladene Atome, sogenannte Ionen, an sich ziehen und anlagern. Auf diese Weise wächst der Kristall immer weiter; immer neue Schalen von Ionen werden angesetzt.

Wie ist man nun hinter das Geheimnis dieses Gitterbaus gekommen? Selbst unsere besten Mikroskope sind ja nicht in der Lage, uns den Kristallbau zu offenbaren. Man bediente sich dazu eines kleinen Tricks. Wenn man normales Licht durch genügend schmale Spalten treten läßt, so zeichnen sich auf einem dahinter aufgestellten Schirm helle und dunkle Linien ab. Die verschiedenen Anteile des Lichtes werden dabei verschieden stark abgelenkt, so daß durch Zusammenwirken der verschiedenen Wellenlängen Aufhellungen und Auslöschungen auftreten. Man nennt diese Erscheinung Beugung oder Interferenz. Man kann daraus die Natur der verwendeten Strahlung bestimmen oder, wenn die Strahlung bekannt ist, Rückschlüsse auf die Art des Gitters ziehen. Unser Kristallgitter ist nun für normales Licht viel zu fein, als daß seine Strahlen zwischen den Atomen des Gitters hindurchtreten könnten. Es gibt aber eine Strahlenart, der es möglich ist, selbst durch derartige feine Zwischenräume zu dringen, weil sie eine viel kürzere Wellenlänge hat. Das sind die Röntgenstrahlen, die uns wegen ihrer hohen Durchdringungsfähigkeit in der Medizin wertvolle Dienste leisten. Der Physiker v. Laue bestrahlte Kristalle mit Röntgenstrahlen und konnte zeigen, daß beim Durchgang derselben durch eine Kristallplatte Beugungserscheinungen auftreten. Auf dem Bildschirm zeigen



sich eine große Anzahl gesetzmäßig angeordneter, dunkler Punkte (vgl. Abb. Röntgeninterferenz an einem Kochsalzkristall), die also die Stellen darstellen, an denen infolge Beugung völlige Auslöschung stattfindet. Durch genaues Ausmessen der Abstände kann man die Winkelbeträge, um die die Strahlen gebeugt wurden, errechnen und so schließlich die Form des Gitters erschließen. Auf diesem Wege ist es gelungen, auch sehr kompliziert gebaute Kristalle in ihrem Feinstbau kennenzulernen. Wir verstehen jetzt, wie die äußere Kristallform aufs engste verknüpft

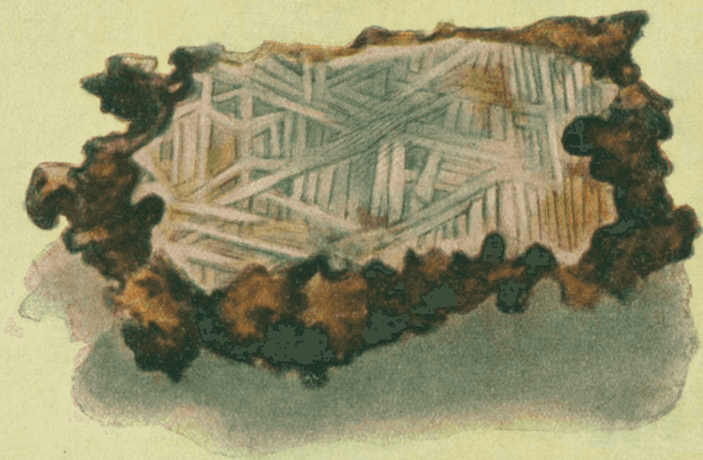
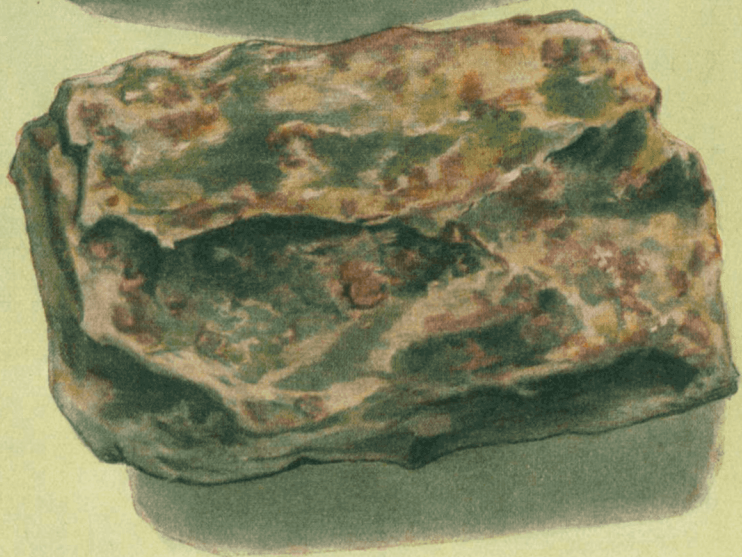
ist mit dem Bau der Materie im unendlich Kleinen, mit dem atomistischen Gitterbau.

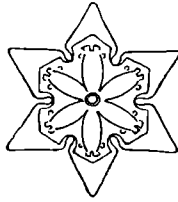
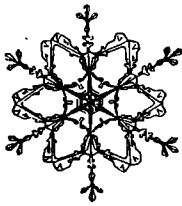
Die äußere Form eines Kristalls kann weiterhin durch gewisse physikalisch-chemische Verhältnisse abgewandelt werden, bei denen das Wachstum vor sich geht. Sind beispielsweise in der Lösung noch fremde Stoffe enthalten, so kann das die Entwicklung des Kristalls sehr beeinflussen. Auch die herrschende Temperatur und der Druck sind sehr wesentlich. Steinsalz etwa kann durch derartige „Lösungsgenossen“ statt der Würfelform die des Oktaeders annehmen. Oder der Apatit, jenes für die Landwirtschaft wichtige Phosphat, bildet das eine Mal flache, sechseckige Prismen, das andere Mal dünne, langgezogene Stengel. (Tafel S. 16.) Diese Verschiedenheit der äußeren Form bezeichnet man als „Kristalltracht“.

Genauso grundlegend und bestimmend wie die Kristallformen ist für jedes Mineral die chemische Substanz, aus der es zusammengesetzt ist. Es gibt chemisch einfach gebaute Minerale. Teilweise sind es Elemente, wie etwa gediegenes Gold, Silber, Eisen, reiner Kohlenstoff oder elementarer Schwefel. Meist aber handelt es sich um Verbindungen wie das bereits genannte Steinsalz oder Chlor-natrium, das Roteisen, ein Eisenoxyd, oder den Kalkstein, der aus kohlensaurem Kalk besteht. Die Verbindungen können bisweilen sehr komplizierte Formen annehmen. Dafür sei der Granat, jener tiefrote Schmuckstein, als Beispiel angeführt, mit der Formel $3(\text{Ca, Fe, Mg})\text{O} \cdot (\text{Al, Fe, Cr, Mg})_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$. Ferner enthalten viele Minerale noch einen wechselnden Gehalt an Wasser.

Erinnern wir uns einer uns allen von Kindheit an wohl vertrauten Erscheinung, der winterlichen Schneeflocken. Welche Fülle der Formgestaltung tritt uns hier entgegen! Wohl jeder von uns wird des öfteren die zierlichen Sterne mit ihren oft reichen Verästelungen bewundert haben, wenn sie sich auf dem Mantelärmel absetzen! Betrachtet man eine Schneeflocke durch eine Lupe, so sieht man, daß sie sich aus einer Vielzahl winziger Eiskristalle zusammensetzt. Jeder Seitenzweig besteht aus zahlreichen feinen Eisnadeln und enthält haarfeine Hohlräume. Meist sind sechs Hauptachsen ausgebildet, da es sich um Kristalle des







hexagonalen Systems handelt. An diese fügen sich allerlei hauchzarte Ansätze, die die Achse farnwedelartig erscheinen lassen. Manchmal sind nur drei Achsen entwickelt, dann wiederum zwölf. Der Stern ist nicht streng symmetrisch; die Unregelmäßigkeit verdankt das zarte Gebilde dem unsanften Zugriff des Windes und seinem schließlichen Aufprall.

Neben den komplizierten Schneesternern erinnern wir uns aber auch an Schneefälle mit kleinen, kompakten Flocken, die wie flache Blättchen aussahen, teils auch die Form von kleinen Säulen oder Pyramiden hatten. In beiden Fällen waren die Bildungsbedingungen verschieden, die Temperatur und die relative Feuchtigkeit. Schneefall tritt nämlich bei ganz verschiedener Witterung ein, auch kommt der Schnee aus sehr verschiedenen Höhen. Entsteht er großen Höhen, den reinen Eiswolken, so hat er die Form der harten, körnigen Vollkristalle; ist er dagegen in niedrigen Schichtwolken entstanden, wie es oft im ausgehenden Winter der Fall ist, so treffen wir die riesengroßen, feuchten Schneesterne, die im Nu zergehen. Es handelt sich um einen sehr nassen Schnee, der sich bei Temperaturen um den Gefrierpunkt bildete. Die Wolkenluft war stark mit Wasserdampf übersättigt, so wuchs die Flocke sehr rasch längs der Hauptkristallisationsachsen und in Abstüngen von diesen, während dazwischen Lücken verblieben. Man bezeichnet diesen Vorgang als „Skelettwachstum“. Dieses Skelettwachstum trifft man auch bei Gesteinsmineralien, wenn sie in überhasteter Kristallisation entstanden sind, wie etwa beim Leuzit, einem Mineral, das in einigen Gesteinen an Stelle des Feldspats vorkommt und wie dieser häufig in vulkanischen Laven zu finden ist, oder bisweilen bei gediegenen Erzen, die sogenannten „Tannenbaumgefüge“ aufweisen.

Auch die dritte Form der Schneekristalle soll nicht unerwähnt bleiben, die kugeligen sogenannten Sphärokristalle, die als Graupel bekannt sind. Letztere sind dadurch zustande gekommen, daß Schnee auf seinem Weg zur Erde auf Wassertröpfchen traf und diese sich anlagerten und einen glasigen Überzug bildeten. So nahm der ursprünglich kantige Kristall schließlich eine gerundete Form an.

Neben der Kristallform und der chemischen Zusammensetzung haben die Mineralien immer noch ihnen eigentümliche Eigenschaften, die meist durch die beiden ersten Faktoren ursächlich bedingt sind. Solch ein Merkmal ist etwa die Farbe, wie wir sie im Blau des Kupfervitriols oder dem Violett des Chromalauns kennenlernten. Manche Minerale sind dagegen wasserhell durchsichtig. Bei andern stammt die Farbe nicht aus der Substanz selbst, sondern aus feinverteilten Beimengungen. Der milchig trübe Quarz kann gelegentlich rot oder auch violett erscheinen, wenn sich feinverteiltes Eisen oder Mangan darin findet. Metalle wieder zeigen bald einen hellen Glanz, bald einen mattseidigen Schimmer. Ferner weist jedes Mineral eine bestimmte Härte auf. Da man sich von ihr durch Anritzen überzeugt, wollen wir sie als Ritzhärte bezeichnen. In der Technik sind außerdem Schlaghärte und Kugeldruckhärte gebräuchlich. Es ist von Mohs eine zehnteilige Vergleichsskala für die Ritzhärte aufgestellt worden, bei der immer das weichere Mineral vom nächsthärteren geritzt wird. An einem Ende derselben steht Talkum als weichstes, an dem anderen der Diamant als härtestes Mineral, wobei in den oberen Stufen die Härte sehr sprunghaft zunimmt, so daß schon oft erwogen wurde, ob nicht noch einige Grade dazwischenzuschalten seien. Neben der Härte sind für die technische Bearbeitung der Minerale die Biegsamkeit des Stoffes, die Sprödigkeit und die Spaltbarkeit von Bedeutung. Ist letztere besonders groß, wie etwa beim Glimmer, so kann das Mineral in ganz dünne Blättchen zerlegt werden, und wenn noch, wie bei diesem, außerordentlich geringe elektrische Leitfähigkeit hinzutritt, haben wir ein erst-rangiges Isolationsmaterial für die elektrische Industrie vor uns. Optische, elektrische und magnetische Eigenschaften von Mineralien gewinnen in immer stärkerem Maße in der modernen Tech-

nik an Bedeutung. Meist sind diese zuletzt genannten Eigenschaften bei einem Kristall in verschiedenen Richtungen ungleich. Das gilt teilweise schon für die Härte. So hat ein geschliffener Diamant auf seinen Würfelflächen eine größere Härte als auf den Oktaederflächen. Ebenso sind elektrische und magnetische Leitfähigkeit in der Regel richtungsabhängig. Gleiches gilt von der Lichtbrechung. Hierauf beruht beispielsweise die doppelbrechende Wirkung des Kalkspates (Tafel S. 16) oder die unterschiedliche Farbabsorption des Turmalins (Tafel S. 49).

Schließlich sei noch auf den Aggregatzustand der Minerale hingewiesen. Nicht alle Kristalle sind bei normaler Temperatur fest und haben ein definiertes Gitter. Zu den flüssigen Mineralen gehören etwa Quecksilber oder Wasser. Es gibt auch sogenannte amorphe Substanzen, die keinerlei Kristallgestalt annehmen, wie bisweilen der Kohlenstoff oder der Schwefel. Einige Minerale stammen aus der organischen Welt, so der Bernstein und der Mellit, die beides ehemalige Harze sind, oder der Whewellit, ein Kalziumoxalat. Kohlenstoff organischer Herkunft ist gelegentlich Mineralien, wie den Andalusiten, oder Gesteinen, wie dem Kieselschiefer, beigemischt.

Oft gehen skelettähnliche Bildungen auch aus kolloidalen Vorzuständen hervor. Auf den Kluftflächen von Kalksteinen trifft man manchmal Formen, die wie reichverzweigte Moospflänzchen anmuten, die sogenannten Dendriten (Tafel S. 16). Das sind Manganausscheidungen, die aber mit Organismen, also auch mit Moos, nicht das geringste zu tun haben.

So hätten wir uns kurz über die wesentlichsten Merkmale des Einzelminerals, seine Eigenschaften und Wachstumsbedingungen orientiert. Nun kommen, wiederholen wir, Minerale allein in der Natur nur selten vor. Das Normale ist die Mineralgemeinschaft oder Paragenese. Gesteine vereinen in der Regel eine Vielzahl von Mineralien in sich. Aus welchen sie im einzelnen bestehen, das hängt von der Natur der Schmelze ab, aus der sie sich entwickelten. Dieser soll daher unsere nächste Betrachtung zugewandt sein.

Vom Aufbau des Erdinnern und vom Magma

„Vor dem 1. November entstunden aus den Ausdünstungen der Erde feuerige Lufterscheinungen, die mit einem Knalle zerplatzten. Den 29. Oktober sah man große Luftfeuer. Aus den gesunkenen Brunnen in allen Provinzen des Reiches kamen eine Menge Pflanzen, Heydexen und andere Ungeziefer herfür. Es zeigte sich auch eine Menge Ratzen, die ganz unsinnig herum liefen. So sind von dem unterirdischen Feuer die zuweilen sich entzündenden Schwaden, die manchmal brennenden Seen und die brennenden Felder ein hinlänglicher Beweis.“

So schreibt um 1763 der Professor der Medizin und Naturlehre Dr. Wilhelm Baumer, Kurfürstlich Mainzischer Rat und Akademiemitglied, von dem „unterirdischen Feuer“, welches im Innern der Erde zu suchen sei. Er hatte nicht Unrecht, wenn er die vulkanischen Erscheinungen als Beweis für ein „glutflüssiges Erdinneres“ ansah, wie man heute sagen würde.

Die Annahme eines „Zentralfeuers“ im Innern der Erde findet sich bereits im Altertum, bei den griechischen Naturphilosophen, und sie blieb erhalten, nachdem man erkannt hatte, daß die Erde eine Kugel ist. So verlegt das christliche Mittelalter den Sitz der „Hölle“ ins Erdinnere, wie es der italienische Dichter Dante in seiner „Göttlichen Komödie“ schildert. Sie spiegelt das Weltbild der damaligen Zeit recht anschaulich wider.

Man wußte aus den Schächten der Bergwerke, daß mit zunehmender Tiefe immer höhere Temperaturen anzutreffen sind. Zum anderen deuteten die Beobachtungen an den tätigen Vulkanen, insbesondere an Vesuv und Ätna, die den Menschen des Mittelmeerkreises den tiefsten Eindruck machten, darauf hin, daß in der Tiefe eine glutflüssige Schmelze vorhanden sein müsse, die von Zeit zu Zeit als Lava zutage gefördert wird.

Je eingehender man die ausgeworfenen Laven verschiedener Vulkane hinsichtlich ihrer Mineralien studierte, desto klarer

mußte man erkennen, daß beträchtliche Unterschiede in bezug auf ihre stoffliche Zusammensetzung vorhanden waren. Die verschiedenartigen Laven konnten also nicht von einem einheitlichen irdischen Grundmagma herrühren, das dem glutflüssigen Erdinnern entstammte. Vielmehr schien jeder Vulkan oder zumindest jede Gruppe benachbart gelegener Vulkane ihr eigenes Magma zu haben. Selbst dieses konnte im Laufe der Jahrhunderte ziemlichen Schwankungen in seiner Zusammensetzung unterworfen sein. Daraus folgerte man, daß die vulkanischen Erscheinungen unserer Erde keineswegs alle untereinander in Verbindung stünden und auch nicht notwendig aus den zentralen Innenzonen der Erde herzurühren brauchten, sondern man nimmt räumlich getrennte Herde verschiedener Ausdehnung an, die in der Rindenzone der Erde ihren Sitz haben.

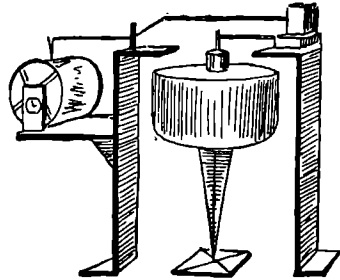
Es bildeten sich Hypothesen, die den festen Aggregatzustand der Erde bis hinab in große Tiefen annahmen. So schildert beispielsweise der französische Schriftsteller Jules Verne, der in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts eine ganze Zahl von Zukunftsromanen verfaßte, die wegen ihrer packenden Form große Verbreitung fanden und selbst heute zum Teil noch gelesen werden, eine „Reise nach dem Mittelpunkt der Erde“. Ein Forschungsreisender steigt mit seinem Diener in den Krater eines erloschenen Vulkans auf Island hinab und gelangt von da aus auf abenteuerlichsten Wegen durch Spalten, unterirdische Flußläufe, über Seen hinweg auf einer mehrmonatigen Reise bis in die Nähe der Azoren, dort kommt er wohlbehalten wieder zutage. So einfach, wie Verne sie schildert, liegen aber die Dinge nun doch nicht. Die naturwissenschaftliche Forschung findet sich hier der Schwierigkeit gegenüber, über ein Gebiet Aufschluß geben zu wollen, welches sich der unmittelbaren Beobachtung mit unserem Auge entzieht. Wir sind weitgehend auf indirekte Annahmen und Folgerungen angewiesen. Auch lassen sich vorläufig im Laboratorium die Bedingungen, unter denen die Materie im Erdinnern stehen muß, noch nicht künstlich verwirklichen, und Entwicklungsabläufe aus der Sternenwelt, bei denen es sich um ähnliche Vorgänge handelt, sind mit äußerster Vorsicht heranzuziehen.

Denn wie tief sind wir bisher in die Erde eingedrungen? — Alle unsere Bohrungen und Schächte sind nur bescheidene Nadelstiche in die alleräußerste Kruste unserer Erde, wenn wir ihre Eindringtiefe einmal mit dem Erdradius vergleichen. Lange Zeit gingen die Schachttiefen nicht wesentlich über 1 km hinaus. Was ist das im Verhältnis zu der 6370 km langen Strecke bis zum Mittelpunkt der Erde! Und selbst daß in den letzten Jahren Bohrungen bis in den Bereich der 6000-m-Grenze gelangten, will noch wenig besagen. Im nordamerikanischen Staate Wyoming wurden zwar bei Ölbohrungen kürzlich 6255 m erreicht. Aber machen wir uns dies an einem Modell klar! Würden wir einen Globus von 30 cm Umfang benutzen, so entsprächen 6 km auf der Erde gemessen ganzen $\frac{4}{100}$ mm, also einem Nadelstiche, der an unserem Globus gerade das äußere Papier mit dem Kartenaufdruck durchbohren würde! Oder jemand besäße ein Kugelhaus von 32 m Kugeldurchmesser und wollte daran durch Einschlagen eines Nagels in die Außenwand die Tiefe der Bohrung markieren, so säße dieser Nagel 15,6 mm tief. In Deutschland sind die tiefsten Bohrungen bei der Suche nach Erdöl in der Lüneburger Heide und in Holstein bis zu 3800 m niedergebracht worden. Als tiefste Schächte der Erde sind aber die Goldminen vom Witwatersrand in Südafrika mit Tiefen um 2600 m zu nennen. Die technischen Schwierigkeiten bei diesen Unternehmen sind schon so gewaltig, daß einem weiteren Vordringen in größere Tiefen eine Grenze gesetzt sein dürfte.

Wir gewinnen also auf diese Weise nur Einblicke in die äußerste Rindenschicht unserer Erde. In verschiedenen Gegenden liegen zwar Gesteine zutage, die wir nach ihrem inneren Bau Tiefenregionen von 15 bis 20 km zurechnen, wie etwa in Sibirien oder in Skandinavien. Doch selbst wenn wir diese einbeziehen, erweitern sich unsere Kenntnisse, am Ganzen gemessen, nur unwesentlich.

Einen Anhaltspunkt für weitere Überlegungen über das Erdinnere gewann man, als es möglich war, die Dichte der Erde zu bestimmen. Sie ergab sich zu 5,5 bis 5,6 g/cm³, sie lag also wesentlich höher als diejenige, die man gewöhnlich als Mittelwert für die Gesteine der Rindenschicht anzusetzen pflegt. Hier kommt

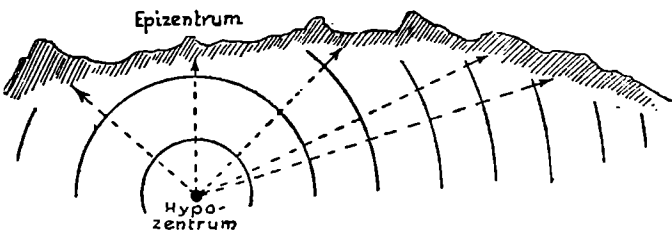
man auf Werte zwischen 2,7 und 2,9 g/cm^3 . Damit in der Gesamtbilanz der niedere Betrag der Außenzone kompensiert werden kann, muß man also einen sehr dichten und schweren Erdkern annehmen. Seine Dichte muß mindestens 8 bis 11 g/cm^3



betragen, und demzufolge muß er vorwiegend aus Schwermetallen bestehen, wie Eisen und Nickel.

Einen weiteren indirekten Aufschluß lieferte die Erdbebenforschung. Etwa seit dem Beginn des Jahrhunderts ist über die ganze Erde ein weites Netz von Beobachtungsstationen verbreitet, an denen laufend nach einheitlichen Methoden die Erdbeben-tätigkeit unserer Erde beobachtet und aufgezeichnet wird. Die Instrumente sind mit der Zeit zu einer Vollkommenheit entwickelt worden, die es gestattet, auch die geringsten Feinheiten wahrzunehmen, und aus dem Vergleich der Registrierungen verschiedener Stationen ergaben sich nun mancherlei interessante Einblicke in den inneren Bau unserer Erde.

Physikalisch bedeutet ein Erdbeben die Umsetzung von Energie der Lage in Energie der Bewegung. Im Gebirgsbau vorhandene Spannungen werden gelöst. Dabei kommt es zu Erschütterungen, zu Erdstößen. Die frei werdende elastische Energie pflanzt sich vom Herd des Bebens als Schwingung nach allen Richtungen fort. Gerade über dem Herd des Bebens, über dem Hypozentrum, sind die Erschütterungen an der Erdoberfläche an der Stelle, die



man Epizentrum nennt, naturgemäß am stärksten zu spüren. Es pflanzen sich Bebenwellen sowohl in der Erdoberfläche wie auch durch das Erdinnere hindurch fort. An den Stellen, an denen die Wellen auf ihrem Wege aus einem in ein anderes Gesteinsmaterial übertreten, ändern sie sprunghaft ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeiten. Derartige Sprünge können außer auf stofflichen auch auf physikalischen Ursachen beruhen. Denn die wirklichen Zustände, unter denen sich die Materie bei den hohen Drucken und Temperaturen in jenen Tiefen befindet, kennen wir nicht.

Aus Erdbebenregistrierungen an den verschiedensten Stellen der Erde lassen sich aber zwei Unstetigkeitsflächen erster Ordnung ablesen. Eine liegt in etwa 75 km, die andere in 2900 km Tiefe. Man konnte deutlich Erdkruste (0 bis 75 km), Erdmantel (75 bis 2900 km) und Erdkern (2900 bis 6370 km) gegeneinander absetzen und kam daher zu der Auffassung, daß die Erde sich aus mehreren Kugelschalen zusammensetzen müsse.

Auch die Meteoriten konnten zur Bestätigung herangezogen werden. In den verschiedensten Größen, von gewaltigen Feuerkugeln bis hinab zu kleinen Sternschnuppen, dringen sie dauernd in die irdische Lufthülle ein. Sie verkörpern kosmische Materie. Es handelt sich um die Reste von Weltkörpern, die einst irgendwo im Universum in Trümmer gingen. Nur wirklich große Meteoriten erreichen den Erdboden. Die kleinen werden beim Durchfliegen der Atmosphärenschichten, in denen sie infolge starker Reibung zum Glühen kommen, völlig aufgezehrt.

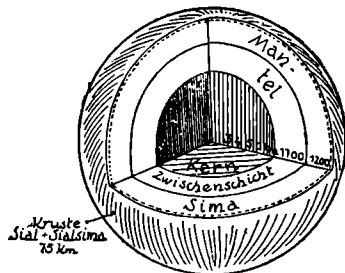
Man unterscheidet drei verschiedene Gruppen, nämlich die Stein-, die Eisen- und die Glasmeteoriten. Der Häufigkeit nach überwiegen bei weitem die Eisenmeteoriten, die vorwiegend Schwermetalle enthalten. Nickel und Eisen sind in ihnen reich vertreten, vielfach so innig verzahnt, daß man, wenn man eine Seite eines solchen Meteorsteines anschleift, ein Bild von Scharen kreuzweise sich durchsetzender Bänder beobachtet. Dieses aus der metallurgischen Zusammensetzung sich erklärende Lamellengefüge (Tafel S. 17) bezeichnet man auch als Widmannstettensche Figuren. Daß Steinmeteoriten so selten gefunden werden, mag naturgemäß auch darauf beruhen, daß schon ein geübter Blick

dazu gehört, sie ausfindig zu machen und von normalen Gesteinen zu unterscheiden. Nur zu leicht werden sie daher übersehen; die statistische Angabe muß deshalb kritisch bewertet werden.

Eisenmeteorite könnte man sonach dem Erdkern zuordnen, Steinmeteorite dem Mantel; Glasmeteorite, die aus schwarzgrünem, aluminiumhaltigem Glas bestehen, neigen ihrer Zusammensetzung nach zu den Graniten und wären daher als Vertreter der Rindenzone anzusehen.

Schließlich hat auch die hüttenmännische Praxis noch ein gutes Beweisstück zu dieser Frage geliefert. Es liegt nämlich nahe, den Aufbau der Erde mit dem Hochofenprozeß in Parallele zu setzen. Genau wie sich im Hochofen unten das ausgeschmolzene Metall, die „Eisensau“, ansammelt, darüber eine schwefelreiche Mischzone und zuoberst die leichte Schlacke schwimmt, so findet sich im Erdinnern eine ähnliche Sonderung nach der Schwere der Bestandteile. Diese Trennung muß in einem Stadium erfolgt sein, in dem die Erde noch glutflüssig war.

Nur ist nicht eine so vollständige Sonderung wie im Hochofen erreicht worden, weil möglicherweise die Erstarrung der äußeren Schichten zu rasch erfolgte. Daher finden wir noch Eisen und andere schwere Elemente auch in der Erdkruste vor, wie es viele Lagerstätten beweisen.



Charakterisieren wir nun kurz die drei Hauptzonen des irdischen Schalenbaus!

1. Im Innern der Erde von 2900 km Tiefe an befindet sich ein Kern aus vorwiegend Eisen und diesem verwandten Schwermetallen. Man hat ihm die Abkürzung Nife (aus Nickel und Ferrum = Eisen) gegeben. Seine mittlere Dichte liegt zwischen 8 und 10 g/cm³.
2. Um diesen Kern legt sich der Erdmantel, der sich von 2900 bis 75 km Tiefe erstreckt. Er besteht bis etwa 1200 km aus basi-

schem Material, in dem die Elemente Silizium und Magnesium vorherrschen. Diese als Sima bezeichnete Substanz läßt sich etwa mit Basalt, in tieferen Schichten mit Eklogit (Tafel S. 17), jenem aus rotem Granat und grünem Augit bestehenden körnigen Gestein, vergleichen. Darunter folgt die Zwischenschicht, die sich aus Metallsulfiden und Metalloxyden zusammensetzt.

3. Die Erdkrinde besteht dann, wie erwähnt, zum größten Teil aus granitischem Material von der Dichte 2,6 bis 2,8 g/cm³. Dieses wird, weil die Elemente Silizium und Aluminium in ihm vorherrschen, auch als Sial oder Sal bezeichnet. Es geht in der Tiefe in Sialsima über, das in stärkerem Maße auch Magnesium enthält und dem basaltischen Magma entspricht. Die Grenze zwischen dem Sial und dem Sialsima ist bei etwa 30 km anzunehmen.

Obwohl diese Theorie gut belegt erscheint und von den verschiedensten Gebieten her eine Bestätigung erfährt, sind neuerdings gegen die Eisenkernhypothese berechtigte Einwände erhoben worden. Vor allem wird angezweifelt, daß die stoffliche Entmischung, wie wir sie in den Außenbezirken der Erde bemerken, auch für das Erdinnere zutreffend sei. Es wird für wahrscheinlich gehalten, daß sich hier die Sonnenmaterie, aus der sich unsere Erde vor Milliarden Jahren bildete, noch in ihrer ursprünglichen Form erhalten habe. Diese ist sehr reich an Wasserstoff. Daher müßte statt Eisen und Nickel im Erdinnern sehr reich Wasserstoff vertreten sein, obwohl natürlich auch Eisen und Nickel vorkommen, nur in viel geringerem Anteil. Um die hohe Dichte des Kerns dann aber rechtfertigen zu können, muß die Materie hier in außerordentlich starker Ballung vorhanden sein. Doch auch gegen diese Auffassung werden augenblicklich noch Einwände erhoben.

Die Gesteine,* die uns nun an der Erdoberfläche begegnen, stammen zum größten Teile aus der Krustenschicht, dem Sial bzw. dem Sialsima. Nur selten dringen Schmelzen aus tieferen Regionen empor, gelegentlich jedoch sogar aus den Tiefen der Zwischenschicht, wie man auf Grund gewisser Metallagerstätten nachweisen zu können glaubt.

Gesteine sind Gemenge aus Mineralien. Sie lassen sich in drei große Gruppen einteilen:

I. Magmatische Gesteine: Erstarrungs- oder Eruptivgesteine

1. Tiefengesteine (Plutonische Gesteine),

2. Oberflächengesteine (Vulkanische Gesteine).

II. Sedimentäre Gesteine: Absatzgesteine.

III. Metamorphe Gesteine: Kristalline Schiefer.

Magmatische Gesteine bilden sich aus dem heißen Schmelzfluß, dem Magma, sobald er unter der Wirkung tektonischer Vorgänge in höhere Regionen der Kruste emporsteigt oder gar dieselbe durchbricht. Infolge starker Druckentlastung und Abkühlung erstarrt die Schmelze, und zahlreiche flüchtige Substanzen, Gase, werden frei. Die Ausscheidung der Minerale geht in bestimmter gesetzmäßiger Folge vor sich. Je nachdem, ob das Magma in der Tiefe allmählich auskristallisiert oder an der Erdoberfläche rasch erstarrt, sprechen wir von Tiefengesteinen oder Plutoniten und von Oberflächengesteinen oder Vulkaniten. Beide haben, wie wir später sehen werden, infolge ihrer verschiedenen Bildungsbedingungen jeweils charakteristische Strukturen aufzuweisen, an denen man sie sofort erkennt. Den bei Vulkanausbrüchen zutage tretenden Schmelzfluß bezeichnet man als Lava. Sie ist noch kein Gestein, sondern lediglich eine Zustandsform.

Sedimente oder Absatzgesteine können sich aus jedwedem Material bilden. Sie entstehen überall, wo auf der Erdoberfläche die Kräfte der Verwitterung am Werk sind. Wasser, Eis und Wind, ja selbst die Sonnenstrahlung und die Schwerkraft rechnen zu diesen Kräften. Durch mechanische oder chemische Wirkung werden die Massen gelockert und weggeführt, um irgendwo an anderer Stelle abgelagert zu werden und neue Gesteine aufzubauen. So werden Erhebungen allenthalben eingeebnet und Hohlformen gefüllt. Auch organische Reste sind gelegentlich in den Sedimenten in reichem Maße enthalten, wie es besonders eindrucksvoll die Kalkgebirge unserer Erde dartun. Auch die Salzlagerstätten und die Kohlevorkommen sind riesige Ablagerungen.

Kristalline Schiefer endlich können aus den beiden eben genannten Gesteinsgruppen hervorgehen, sobald diese infolge tektonischer Vorgänge in größere Tiefen der Erdkruste gelangen und hier unter hohen Drucken und Temperaturen Umwandlungen erfahren. Durch einseitig wirkenden Druck werden die Minerale in bestimmter Weise ausgerichtet, und es entsteht die Schieferung, die dieser Gruppe ihren Namen gegeben hat. Von all diesen Gesteinen werden wir im folgenden ausgewählte Beispiele kennenlernen.

Quarz

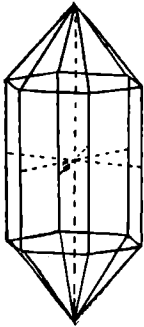
Wohl der weitestverbreitete und der gewöhnlichste Stein, den wir kennen, ist der Kiesel oder Quarz. Überall in den Geröllen der Flußbetten, im Ackerboden, in den Sand- und Kiesgruben begegnen wir ihm. Sehr unterschiedlich kann seine Größe sein; sie reicht von beachtlichen Blöcken fast lückenlos bis zu den winzigsten Sandkörnchen. Alle diese Blöcke, Steine oder Körnchen bestehen aus Kieselsäure, aus dem Siliziumdioxid. Wir haben das Silizium bereits als eines der Elemente kennengelernt, die wesentlich am Aufbau der äußeren Erdrinde beteiligt sind. Weitaus die meisten Gesteine enthalten es in mehr oder minder großer Menge und werden danach in saure oder in basische eingeteilt.

Das SiO_2 oder Kieselsäureanhydrit ist in Wasser so gut wie unlöslich. Das beweisen uns die Rollkiesel in den Bächen. Allenfalls Flußsäure vermag Quarz aufzulösen. Auch große Härte zeichnet den Quarz aus; sie übertrifft selbst die des Stahls. Mit einem Quarzsplitter gelingt es, eine Fensterscheibe zu ritzen, ebenso auf einer Stahlklinge Kratzer anzubringen. Schlagen wir Quarz mit Stahl, so gibt er Funken. Es werden Metallspäne losgerissen und durch Reibung zum Glühen gebracht. Das wurde in alter Zeit bei dem ebenfalls aus Kieselsäure bestehenden Feuerstein praktisch ausgenützt. Trotz seiner großen Härte ist Quarz außerordentlich spröde. Man kann ihn mit dem Hammer leicht zerschlagen. Er zerspringt, und die Bruchstücke zeigen muschelig ausgehöhlte Bruchflächen.

Die Härte des Quarzes läßt ihn in der Natur schwerer verwittern als manche anderen Mineralien. Quarzerfüllte Klüfte bleiben daher oft wie herauspräpariert stehen, während die Nachbargesteine längst abgetragen worden sind. Ein derartiger Gang aus hellem reinem Quarz ist der Gebirgszug des „Pfahl“ in Bayern. Teilweise mehr als haushoch das umliegende Gelände überragend,

durchzieht er als steile Felsenmauer fast schnurgerade in einer Länge von 150 km das Vorland des Bayrischen Waldes, zum Teil malerisch mit Burgen bekrönt, wie etwa der Ruine Weißenstein bei Regen.

Quarz kristallisiert im hexagonalen System. In den Gesteinen kommt das meist nicht zur Wirkung, da er später als alle übrigen Mineralien sich aus der Schmelze ausscheidet und daher nur noch



bescheidene Lücken in den bereits sich verfestigenden Gesteinen vorfindet und mit diesen vorliebnehmen muß. Ist ihm aber an Spalten oder in Hohlräumen die Möglichkeit gegeben, sich ungehindert zu entfalten, so bildet er schöne sechsseitige Säulen mit aufgesetzten Pyramiden. Meist freilich sind die Formen nicht regelmäßig, denn dazu stehen die pyramidengekrönten Säulen oft zu sehr dicht an dicht. Sind die Kristalle wasserklar, bezeichnet man sie als Bergkristall. Bisweilen ist in ihrem Innern eine leichte Trübung zu erkennen, die auf ältere Wachstumsflächen zurück-

geht. Wegen der schemenhaften Umrisse nennt man solche Stücke „Geisterquarze“. Schmutzigbraune Varietäten heißen Rauchquarz, schönviolette Amethyste (Tafel S. 32). Oft sind Hohlräume als sogenannte Drusen damit angefüllt. All diese Quarzkristalle gelten als Halbedelsteine und werden gern zu Schmuck verarbeitet.

Wo nun müssen wir nach solchen Halbedelsteinen suchen? — Überall dort findet man auch Quarze, wo kristalline Gesteine anstehen. Besonders an stark klüftigen Partien, wie sie sich vielerorts in Granit- und Gneisbrüchen im Bereiche unserer Mittelgebirge beobachten lassen, sind Quarzbänder oder -gänge vorhanden. An derartigen Gängen müssen wir nach Kristallen forschen! Große, ideal gestaltete Individuen sind naturgemäß selten. Dazu sind die Klüfte meist zu eng oder zu stark mit Substanz angefüllt. Den trüben Säulen des Rauchquarzes werden wir wohl am häufigsten begegnen. Doch auch er vermag bizarre Formen zu zeigen, wenn er in dichtgedrängten Nadeln Spalten oder Drusen zielt. Wir müssen sehr vorsichtig zu Werke gehen, wenn wir ihn

bergen wollen. Nur zu oft erlebt man die Enttäuschung, daß einem schließlich doch noch durch einen unglücklichen Hammer-schlag eine der schönsten Pyramidenspitzen entzweispringt. Daher die Regel, lieber etwas mehr vom umliegenden Gestein daranlassen! Quarzgänge können verschiedenartigste Ausbildung haben. Meist sind sie dicht kristallin und von milchiger Farbe, teilweise achatartig gebändert, teils sogar durchsichtig und glänzen amethystartig violett. Auch finden sich verschiedene Begleit-mineralien in ihnen, zuweilen sogar Metallverbindungen.

Es gibt auch eine wasserlösliche Form der Kieselsäure. Das ist die Kieselgallerte, die chemisch gebundenes Wasser enthält. In starker Verdünnung ist sie in vielen Gewässern vorhanden. Manche heiße Quellen führen ähnlich wie Kalk auch Kieselsäure. Auf Island und auch im Yellowstonepark in Nordamerika gibt es derartige Geysire. In regelmäßigen Abständen wird von ihnen weit über 100°C erhitztes Wasser emporgeschleudert, das Kieselsäure gelöst enthält. Bei der plötzlichen Abkühlung scheidet sich diese als Kieselsinter ab und bildet im Umkreis der Spring-quellen weiße bis gelblichglänzende Decken und Terrassen von beträchtlicher Mächtigkeit.

Während sich hier bei hoher Temperatur die Kieselsäure rasch abscheidet, geht es unter normalen Verhältnissen nur sehr langsam. In vielen Gesteinen finden wir Füllungen von Hohlräumen und Spalten, die aus kompakter Kieselmasse bestehen. Betrachten wir sie unter dem Mikroskop, so können wir Schichten von feinstrahliger Ausbildung erkennen. Wir bezeichnen dies als Chalzedon. Derartige Kieseinschlüsse können Faustgröße, ja teilweise bis zu Kopfgröße haben und werden Steinmandeln genannt. Sie sind in der Natur gar nicht so selten, nur übersieht man sie meist, da sie äußerlich nicht weiter hervortreten. Sägt man eine solche Mandel entzwei, so wird man oftmals durch einen farbenprächtigen Anblick überrascht. Die innere Kieselfüllung kann eine wundervolle Bänderung aufweisen. Die Bänder wiederum zeigen allerlei Wellen und Fältelungen. Die Entstehung dieser Erscheinung wird verschieden gedeutet. Früher glaubte man allgemein, daß sich die Ablagerung Schicht um Schicht vollzogen habe. Gleichsam wie Jahresringe seien immer

neue Lagen hinzugekommen, bis am Ende der ganze Raum erfüllt war, und jede Schicht hatte ihre eigene farbige Beimengung gehabt, so daß schließlich dieses bunte Gesamtbild zustande gekommen sei, das uns heute in Erstaunen setzt. Neuere Untersuchungen und die künstliche Nachahmung des Vorganges haben ergeben, daß sich offenbar zunächst der ganze Hohlraum mit Gallerte füllt und diese sich dann verfestigt. Erst nachträglich entsteht der Farbwechsel der verschiedenen Bänder, indem gelöste Farbstoffe, etwa Eisenoxyde oder -hydroxyde, allmählich ins Innere dringen, wobei es zu rhythmischer Ausfällung der Substanz kommt. Auf diese Weise wird die Bänderung erzeugt.

Wechseln schwarze und weiße Lagen, spricht man von Onyx, sind die Schichten gleichmäßig fleischrot und durchscheinend, nennt man den Stein Karneol. Heliotrop wiederum ist lauchgrün und enthält lichtrote Flecken. Sind verschiedene bunte Farben vorhanden, und das dürfte wohl der häufigste Fall sein, nennt man das Gestein Achat. Geschliffen und poliert ergeben sich bezaubernde Wirkungen, und schon seit alters hat man Kunstgegenstände und Schmuckstücke daraus hergestellt. Meist stammen die bei uns in Idar und Oberstein an der Nahe verarbeiteten Steine aus Brasilien und Uruguay. Viele sind nachträglich künstlich gefärbt.

Besonders eindrucksvoll sind die sogenannten Trümmerachate, wie wir sie in unseren Mittelgebirgen bisweilen auf Gängen antreffen. Das auf Tafel S. 33 gewählte Beispiel zeigt einen solchen, an dem sich drei markante Zonen unterscheiden lassen. Die obere ist mit violetten Bändern durchsetzt und wirkt amethystartig. Dann folgt ein breites Band milchig trüben Quarzes. Die untere Partie schließlich besteht aus reinem gebändertem Achat. Braune und lilaviolette Farbtöne wechseln miteinander. Während erstere auf Eisen zurückzuführen sind, sind die anderen Manganverbindungen zuzuschreiben. Das gesamte Gestein ist von zahlreichen kleinen Verwerfungen durchsetzt. In der Mitte ist schön zu erkennen, wie ein kleiner Quarzhorst nach oben gepreßt wurde. Kreuz und quer verlaufen Sprünge, die mit Quarz nachträglich gefüllt wurden. Sie muten wie Miniaturgänge an und verzweigen sich mehrfach. So bietet ein solches Stück Trümmer-

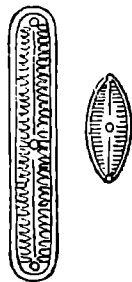




achat, dessen Name uns durchaus verständlich erscheint, ein Stück Gebirgsbildung im kleinen mit den verschiedensten Arten von Verwerfungen, Brüchen und Flexuren, sowie Gangbildungen und Klüften und ist auch insofern recht aufschlußreich.

Zuweilen wurden in der Kieselgallerte auch fremde Mineralien mit eingebettet. Die grünlich schillernde, als Katzenauge bezeichnete Abart, die auf Ceylon vorkommt, enthält Asbestfasern. Das Tigerauge aus Südafrika wiederum, das aus einer Hornblendeart entstanden ist, erscheint durch beigemengtes Eisenhydroxyd zimtbraun und faserig. Echter Avanturin enthält rotgoldenen Glimmer und Eisenglanz in Form feinverteilter Schüppchen. Er läßt sich leicht und täuschend nachahmen, indem man eine normale Glasschmelze mit feinen Kupferstäubchen durchsetzt.

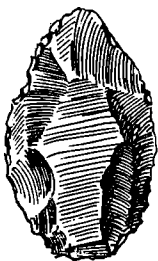
Kieselsaure Gesteine in der Natur sind vielfach auch organischen Ursprungs. Winzige Algen, die Diatomeen, haben einen Panzer aus Kieselsäure. Zu Hunderttausenden sinken sie in den Weltmeeren täglich zu Boden. Im Laufe geologischer Zeiten bilden sich aus ihren winzigen Schalen dicke Schichten. Schon in früheren Epochen der Erdgeschichte gab es derartige gesteinsbildende Algen, ferner auch Schwämme mit Kieselskeletten. In der Rügener Kreide beispielsweise findet man sehr viel Kieselkonkretionen, die sich um Seeigel (Tafel S. 129), Korallen oder Donnerkeile gelegt haben und diese auf solche Weise erhalten. Wandert man an der Steilküste von Stubbenkammer den Strand entlang, so ist dieser über und über von Feuersteinen bedeckt, und blickt man an den steilaufragenden Kreidefelsen empor, so sieht man allenthalben in den Wänden in gefalteten Bändern die blauschwarzen Feuersteinknollen zu Hunderten hervorschauen. Schlägt man sie auf, kann man reiche Fossilienfunde darin machen, denn die allmählich erhärtende Gallerte war ein vortreffliches Versteinerungsmittel. Muscheln, Seeigel und Schwämme sind im schönsten Erhaltungszustand zu finden. Die Kieselsubstanz durchsetzte die abgestorbenen Organismen. Sie drang durch die Poren



über und über von Feuersteinen bedeckt, und blickt man an den steilaufragenden Kreidefelsen empor, so sieht man allenthalben in den Wänden in gefalteten Bändern die blauschwarzen Feuersteinknollen zu Hunderten hervorschauen. Schlägt man sie auf, kann man reiche Fossilienfunde darin machen, denn die allmählich erhärtende Gallerte war ein vortreffliches Versteinerungsmittel. Muscheln, Seeigel und Schwämme sind im schönsten Erhaltungszustand zu finden. Die Kieselsubstanz durchsetzte die abgestorbenen Organismen. Sie drang durch die Poren

des Seeigels in sein Inneres und formte das Tier naturgetreu nach. Wir finden nun heute diese Abformungen als sogenannte Steinkerne, während die tierische Substanz selbst längst vergangen ist.

Feuerstein oder „Flint“, der wie Chalzedon Wasser gebunden enthält, sieht in der Regel schwärzlich aus. Durch Beimengung von Eisen entstehen gelbe bis rötliche Varietäten. Beim An-



schlagen zerspringt er mit muschligen Spaltflächen, und es entstehen sehr scharfe Kanten. Charakteristisch ist seine große Spröde, die ihn leicht verarbeitbar macht. Daher wurde er in vorgeschichtlicher Zeit vom Menschen für Werkzeuge benützt. Die ältesten Geräte die wir kennen, die „Eolithen“, Steine aus der „Morgenröte des Menschentages“, sind aus Feuerstein. Sie haben offenbar als Faustkeile, Fellschaber oder, eingesetzt in Holzschäfte,

bereits als Hacken oder Beile gedient. Von den primitiven Werkzeugen der Altsteinzeit bis zu den geschliffenen und durchbohrten Geräten der jüngeren Steinzeit läßt sich am Feuerstein die ganze Entwicklungslinie verfolgen. Mehrere große Depotfunde auf Rügen zeigen, daß bereits in den alten Zeiten hier Werkzeugmanufakturen bestanden haben und ein weitgespannter Handel mit Feuersteinerzeugnissen gepflegt wurde. Durch die Metalle wurde schließlich der Feuerstein verdrängt. Er gewann nochmals vorübergehend an Bedeutung, als im 16. und 17. Jahrhundert die Steinschloßgewehre aufkamen, bei denen er den Funken gab, der das Pulver zündete und der dem Gewehr den Namen „Flinte“ eintrug.

Aus organischer Kieselsäure bestehen die oft gewaltigen Quarzitblöcke in unseren Braunkohlengruben. Bisweilen ist sie auch in das Gewebe abgestorbener Baumstämme eingedrungen und hat diese „versteinert“. Dabei blieb die Holzstruktur in allen Feinheiten erhalten. Nadelhölzer und Farne finden sich in diesem Erhaltungszustand oft in den Kohlengruben.

In der Technik ist der Quarz wichtig als Grundstoff der Glasfabrikation. Als Ausgangsmaterial dient gewöhnlicher Sand;

doch ist nicht jeder Sand gleichermaßen geeignet. Er muß frei von Verunreinigungen und vor allem von Eisen sein. Ferner braucht man Kalkstein und Soda, die im Schmelzofen mit der Kieselsäure sich zu Silikaten verbinden. Ein geringer Zusatz an Flußspat fördert das Schmelzen, und der Braunstein, die sogenannte „Glasmacherseife“, macht das Glas hell und klar, indem er die durch Eisen verursachte Trübung aufhebt.

Die Glasindustrie ist in unseren Mittelgebirgen, besonders im Thüringer Wald, in der Rhön, im Schwarzwald und im Bayrischen Wald, zu Hause. Hier fanden die Glashütten alle notwendigen Rohstoffe, vor allem auch die Holzkohle, die in früheren Jahrhunderten das einzige Heizmaterial darstellte. Heute sind aus den bescheidenen Anfängen riesige Werke hervorgegangen, die längst nicht mehr nur die am Ort vorhandenen Rohstoffe verarbeiten.

Glas hat eine unschätzbare Bedeutung für unser ganzes Leben. Ohne Glas wären schließlich auch nicht die großen Leistungen der Forschung auf dem Gebiete der Physik, der Astronomie, der Chemie und Biologie möglich geworden. Der unscheinbare Quarz, der Kiesel unserer Bäche, läßt nicht ahnen, was alles aus dem bescheidenen Kieselsäureanhydrit herauszuholen ist.

Vom Feldspat und etwas vom Ackerboden

Noch häufiger als Quarz tritt in den Gesteinen der Feldspat auf. Es handelt sich um eine ganze Gruppe von Mineralien, die sich wieder vorwiegend aus Silizium und Sauerstoff aufbauen und außerdem in wechselnden Anteilen noch Aluminium, Kalium, Natrium und Kalzium enthalten. Vor allem Granite und Gneise, aber auch Ergußgesteine bestehen zu hohem Prozentsatz, bis über 50%, aus Feldspäten. Also sind besonders die Gesteine der Sial- und Sialsimazone reich daran. Die nachfolgende Tabelle der mittleren Zusammensetzung der Erstarrungsgesteine läßt es erkennen:

Quarz	12,0%
Feldspäte und ihre Vertreter	59,5%
Glimmer	3,8%
Augite und Hornblenden	16,8%
Nebengemengteile	7,9%

Feldspäte können verschiedene Farben aufweisen, weiß, fleischrot, rötlich bis rotblau, grün bis graugrünlich. Durch ihre Vormacht bestimmen sie meist die Farbe des Gesteins. Ihre Härte liegt bei 6 bis 6,5 und ist etwas geringer als die des Quarzes. Trotzdem kann man Feldspat mit einem Messer nicht ritzen; andererseits lassen sich aber an Stahl noch keine Funken erzeugen. Seinen Namen verdankt das Mineral seiner guten Spaltbarkeit, die glatte, meist glänzende Bruchflächen entstehen läßt.

Der chemische Aufbau ist sehr kompliziert. Es lassen sich zwei große Gruppen unterscheiden, die Kalifeldspäte oder Orthoklase und die Kalknatronfeldspäte oder Plagioklase. Die Leichtmetalle Kalium, Natrium und Kalzium können in den verschiedensten Prozentanteilen im Mineral vorkommen, und besonders Natrium und Kalzium unter sich sind stark austauschbar, so daß es unter den Plagioklasen eine Fülle von Abarten gibt, je

nach der Natur der Schmelze und der Temperatur, bei der sie sich bildeten.

Feldspäte werden als Tonerdesilikate bezeichnet, da sie das uns bereits bekannte Kieselsäuremolekül SiO_2 und das der Tonerde Al_2O_3 enthalten, dazu Oxyde der Leichtmetalle Kalium, Natrium und Kalzium.

Ihr komplizierter chemischer Bau spiegelt sich auch in ihrer Kristallform wider; sie ist nicht so einfach wie die des Quarzes. Feldspäte kristallisieren im monoklinen und triklinen System. Das monokline besitzt nur eine Symmetrieebene, das triklone dagegen gar keine. Die Kristallgitter (vgl. Abschnitt 1) sind äußerst kompliziert. Kleine Tetraeder (Vierflächner) aus SiO_4 - und AlO_4 -Molekülen sind im Raum angeordnet und mit den Leichtmetallatomen durchsetzt. Es entsteht eine Vielzahl von Ebenen, welche dann am makroskopischen Kristall die Spaltflächen bestimmen. Große Kristalle sind in den Gesteinen selten. Am besten sind sie in den grobkristallinen Graniten, den Pegmatiten, zu finden. Besonders riesige Kristalle entwickeln sich in den Spätphasen der Mineralentstehung aus wäßrigen Lösungen an Gängen und Spalten. Der monokline Kalifeldspat bildet ein Prisma, das von zwei dachartig gegeneinander geneigten Flächen oben und unten begrenzt wird. Eine Ebene parallel zu einer Seite durch die Prismenkanten zerlegt den Kristall in zwei symmetrische Teilstücke. Daß er so gut parallel zu einer Seitenfläche oder zu der flacher geneigten der beiden Dachflächen, also in zwei aufeinander senkrecht stehenden Ebenen zu spalten ist, hat dem Orthoklas (orthos = recht, gerade; klao = ich spalte) (Tafel S. 48) den Namen eingetragen. Bisweilen sind in den Gesteinen zwei Kristalle in einer um 180° gedrehten Lage miteinander verwachsen. Diese Form nennt man „Zwillingsbildung“ und nach dem Gestein, worin sie zuerst beobachtet wurde, „Karlsbader Zwillingsbildung“. Reine wasserklare Orthoklase, wie sie in alpinen Graniten zu finden sind, heißen Adular; bläulich schimmernde haben als Schmucksteine Bedeutung gewonnen und heißen Mondsteine. In zahlreichen vulkanischen Laven begegnet man dem Sanidin (griech. sanis = Brett), einer Abart mit flachen, geradezu „brettartig“ aneinandergereihten Kristallen.

Bei den Plagioklasen (griech. plagios = schief) sind die Kristallachsen gegeneinander geneigt, und die beiden Flächen größter Spaltbarkeit stehen schief zueinander. Zwillingungsverwachsung ist hier sehr häufig. Größere Plagioklasstücke lassen zumeist eine geriefte Oberfläche erkennen, die sich daraus erklärt, daß lauter dünne Kristallblättchen aneinandergrenzen („Zwillingslamellierung“). Daran kann man häufig Plagioklase von Orthoklasen unterscheiden.

Reicht in einem Gestein der Kieselsäuregehalt nicht so weit aus, daß vollwertige Feldspäte entstehen, wie es bei vielen vulkanischen Laven der Fall ist, wenn sie aus Restschmelzen entstanden, aus denen sich bereits zahlreiche Silikatminerale gebildet haben, so daß der SiO_2 -Gehalt vermindert wurde, so bilden sich statt dessen Feldspatvertreter oder Feldspatoide. In ihrer chemischen Struktur ähneln sie bis auf die geringere Kieselsäure den echten Feldspäten. Ihren Kristallformen nach gehören sie dem regulären oder hexagonalen System an, sind also symmetrisch gebaut.

In kalireichen Ergußgesteinen, etwa in den Laven des Vesuvus, findet sich der Leuzit (Tafel S. 81), der die Form kleiner 24-Flächner hat. Wenn man durch die Aschen wandert, die die Hänge des Kraters bedecken, sieht man überall die kleinen kugeligen, weißlichgrauen Gebilde, die im Querschnitt achteckig sind. Diese Minerale bedingen die hohe Fruchtbarkeit des vulkanischen Bodens, denn sie verwittern sehr leicht und geben dabei das für die Pflanze so wertvolle Kalium frei.

Die Plagioklase werden in vulkanischen Gesteinen, die sehr natronreich sind, durch den Nephelin vertreten. Seine Kristalle bilden kurze, glasig glänzende sechsseitige Säulen, die sich von denen des Quarzes deutlich durch ihre geringere Härte (etwa 5,5 bis 6) und Löslichkeit in Salzsäure unterscheiden.

Alle Feldspäte und Feldspatoide sind wenig widerstandsfähig; sie werden durch mechanische und chemische Verwitterung leicht zerstört. Sickerwasser dringt in die Klüfte und Spalten des Gesteins. Da es in Spuren Säuren, vor allem Kohlensäure aus der Luft und Humussäure aus den oberen Bodenschichten, enthält, vermag es die Mineralien anzugreifen. Zuerst wird das Eisen fortgeführt, das im Feldspat zwar weiter keine Bedeutung hatte,

als daß es die Färbung bedingte. Dadurch wird das Gestein ausgebleicht, wohingegen sich Klüfte und Wände mit Schichten aus gelbem Eisenhydroxyd überziehen. Dann werden Kalzium und Natrium in lösliche Formen überführt, während als unlöslicher Rückstand ein kalireiches, wasserhaltiges Tonerdesilikat übrigbleibt, die Tonerde oder das Kaolin. Quarz wird fast gar nicht und Glimmer wird nur langsam chemisch verändert. Auf anstehenden Gesteinen, an Graniten, Porphyren und Syeniten kann man diese Kaolinisierung häufig beobachten. Meist haben die von oben mit dem Sickerwasser eindringenden Humussäuren diese Zersetzung bewirkt. Das ursprünglich feste Gestein wird in einen bröckligen Grus und schließlich in weißen Ton verwandelt.

Der Ton, der also in erster Linie durch Verwitterung von Feldspäten entsteht, hat die Eigenschaft, Wasser aufzunehmen und dabei zu quellen, so daß sich ein fetter, zäher, jedoch plastischer Brei bildet, der sich gut kneten und formen läßt. Durch Brennen kann man ihn härten, ohne daß er eine einmal angenommene Form verliert; er bildete seit früher Zeit den geschätzten Rohstoff für die Töpferei.

Tonwaren sind wie die Gläser Silikate, enthalten aber im Gegensatz zu den Gläsern einen hohen Anteil an Aluminiumsilikat und vertragen daher viel höhere Temperaturen. Beim Brennen schmelzen sie nicht, sondern sintern nur zusammen und werden dabei etwa um ein Sechstel ihrer ursprünglichen Größe kleiner. Nach der Güte des Ausgangsmaterials und des entstehenden Scherbens unterscheidet man Steingut, Steinzeug und Porzellan. Das Porzellan verlangt hochwertige Kaoline, frei von Quarzkörnern und Verunreinigungen. Die Porzellanmasse setzt sich zur Hälfte aus Kaolin und zu je einem Viertel aus Quarz und aus Feldspat zusammen, die zunächst geschlämmt und fein zerkleinert werden müssen, ehe sie im angegebenen Verhältnis miteinander gemischt werden. Nach dem Mischen wird das Wasser herausgepreßt, und dann bleibt die Masse zunächst in Lagerkellern mehrere Monate sich selbst überlassen. Hierdurch wird durch innere Zersetzung die Plastizität erhöht, und nun lassen sich dünnste Scherben und formvollendete Plastiken formen,

brennen und mit farbenprächtiger Bemalung versehen. Doch ergibt Porzellan nicht nur Kunstgegenstände und Gebrauchsartikel des Haushaltes; wegen seiner Widerständigkeit gegen Säuren und seiner hohen Hitzefestigkeit findet es in der modernen Technik vielfältige Verwendung. Auch elektrische Isolatoren der Transformatoren und Hochspannungen sind aus hartem Porzellan.

Doch der Feldspat ist für unser Leben noch viel elementarer von entscheidender Bedeutung. Er bildet nämlich den wesentlichsten Anteil des Ackerbodens, der letzten Endes durch die Zersetzung der Gesteine entsteht, freilich mit Umlagerungsvorgängen und nachträglicher Umbildung unter dem Einfluß von Klima und Pflanzenwelt. Unter der Mithilfe von Mikroorganismen und menschlicher Bewirtschaftung mit dem Pfluge entsteht schließlich brauchbare Ackererde.

Auf der Erde finden sich ganz verschiedene Böden. Bereits rein äußerlich unterscheiden sie sich in ihrer Farbe und verleihen dadurch einer Landschaft ihr Gepräge. Die polnahen Kältegebiete zeigen vorwiegend weißlichgraue Farben. Wir sprechen von Bleicherden. In unserer gemäßigten Zone wiederum herrschen braune Böden vor, die je nach Beimischung von humosen und torfigen Substanzen dunkler, bei solchen von Sanden und Tonen heller erscheinen. Starker Eisengehalt ergibt eine rötliche Tönung. In den Tropen und Subtropen herrschen ganz besonders rote Farben vor.

Wie kommt es nun zu den verschiedenen Färbungen? Sie ergeben sich nicht nur durch das verschiedene Ausgangsmaterial, das Gestein, welches durch die Verwitterung zersetzt wird; das Klima, das in einer Zone herrscht, spielt die ausschlaggebende Rolle. Wasser und Wärme sind für die chemische Zersetzung der Mineralien wesentlich, die mechanische Verwitterung wird besonders durch wechselnden Frost gefördert. Die Feldspatmoleküle finden somit in verschiedenen Klimazonen ganz unterschiedliche Verwitterungsbedingungen.

In Frostklimaten tritt die lösende Wirkung des Wassers, da letzteres meist in Form von Eis gebunden ist, weitgehend zurück, und daher kann sich die chemische Verwitterung nicht auswirken.

Es kann nichts gelöst und übrigens auch nichts weggeschwemmt werden. Das Gestein wird lediglich mechanisch zersetzt, und so entstehen die gebleichten Böden der Tundra.

Im feuchten Klima der gemäßigten Zone, in dem zu allen Jahreszeiten Niederschläge fallen, ist der Boden reich an Sickerwässern. Im Wasser lösen sich Kohlensäure und auch organische Säuren, und diese Säuren fördern wirksam die chemische Zersetzung der Gesteine. Um die meisten Eruptivgesteine herum bilden sich Zersetzungsrinden aus Kaolin. Die Aluminiumhydrosilikate der Feldspate werden in Tonerde umgewandelt, wobei Kalk und Kali frei werden und der Pflanzenwelt als wertvolle Nährstoffe zur Verfügung stehen.

Im heißen, ebenfalls feuchten Tropenklima entstehen die roten Lateritböden.

Durch die Verwitterung werden also die zersetzlichen Mineralien, vor allem die Feldspäte, daneben auch Glimmer und Hornblenden, die in den Gesteinen vorkommen, aufgeschlossen; übrig bleibt der Quarz.

Der Boden ist die Grundlage aller Landwirtschaft. Nur wenn der Bauer über den Wert des von ihm bearbeiteten Bodens genau Bescheid weiß, kann er erfolgreich seinen Acker bebauen. Von der Beschaffenheit und Zusammensetzung des Bodens hängt die Fruchtbarkeit desselben und damit auch seine Ertragsfähigkeit ab. Die Steigerung der Hektarerträge, die der Fünfjahrplan vorsieht, ist nur möglich, wenn wir unsere Böden genau überprüfen und, wo nötig, verbessern. Es hat sich daher die wissenschaftliche Forschung ausgiebig dieser Fragen angenommen. Sie wurde angeregt von den russischen Forschern Glinka und Dokutschajew, die bereits um die Jahrhundertwende auf die Wichtigkeit bodenkundlicher Untersuchungen hinwiesen.

Heute werden Bodenuntersuchungen allenthalben angestellt. Den Fluren werden Proben entnommen und diese dann im Speziallaboratorium untersucht. Dadurch läßt sich der Wert eines Bodens für Gartenbau und Landwirtschaft, die Bodengüte, genau ermitteln; er wird mit einer Indexziffer zum Ausdruck gebracht. Doch um sich einen ersten Überblick vom Zustand und der Güte eines Bodens zu verschaffen, genügen ganz einfache

Untersuchungen, die jeder von uns mit Leichtigkeit und ohne komplizierte Instrumente oder Chemikalien selbst ausführen kann.

1. Bestimmen der Bodenart

Wir nehmen etwas Ackererde in die Hand und zerreiben sie langsam zwischen Daumen und Zeigefinger. Ist die Probe rau und körnig, so ist im Boden viel Sand enthalten. Läßt sich die Erde dagegen formen und ist bindig, so sprechen wir von Lehm. Die Knetbarkeit kann sich schließlich steigern und die Masse sich fettig bis seifig anfühlen. In diesem Falle liegt toniges Material vor. Zwischen Sand und Lehm und Ton gibt es verschiedene Übergänge, und es bedarf daher schon einiger Übung, wenn man nicht zu Fehlschlüssen kommen will. Besonders größere Beimengungen von Humus können unter Umständen täuschen.

2. Ermitteln der einzelnen mineralischen Bestandteile

Nun untersuchen wir eine Ackerprobe auf die darin enthaltenen Mineralien. Wir brauchen lediglich eine Glasscheibe, etwas Millimeterpapier und eine Lupe. Auf der Glasscheibe zerreiben wir einige Erdkrümel, die wir etwas angefeuchtet haben, und verteilen sie so, daß sie frei liegen. Mit der Lupe betrachten wir die einzelnen Partikel und bestimmen gleichzeitig durch Unterlegen des Millimeterpapiers ihre mittlere Größe. Die wichtigsten Minerale lassen sich leicht erkennen. Quarz beispielsweise ist meist zu Körnchen gerundet und von weißlichgrauer Farbe, oft mit einem Fettglanz behaftet. Feldspat wiederum ist matt, teils porzellanweiß, teils gelblich bis rötlich. Glimmer bildet kleine, glänzende Blättchen, die goldig oder silbern schimmern oder auch tiefschwarz aussehen. Hornblendeteilchen sind durchweg dunkel. Schwarz erscheinen auch Splitter von Kieselschiefern, während andere Schiefergesteine bläuliche bis braunrote Bröckchen entstehen lassen. Dazwischen findet sich auch allerlei organisches Material, etwa zersetzte Pflanzenfasern. Sind die Quarz-

körnchen in der Überzahl, so liegt ein lockerer, durchlässiger, aber nährstoffarmer Boden vor. Ist hingegen Feldspat und Glimmer reich vertreten, so ist auch Kali, jener für das pflanzliche Wachstum wichtige Grundstoff, ausreichend vorhanden. Die dunklen Gemengteile verwittern weit schwerer und erhöhen den Eisengehalt des Bodens.

3. Der Wassergehalt des Bodens

Um den Feuchtigkeitszustand eines Bodens festzustellen, genügt auch die Überprüfung einer Probe, sie darf freilich nicht der verkrusteten Oberschicht entnommen werden. Durch Drücken kann man sich bereits einigermaßen vom Feuchtigkeitsgehalt überzeugen. Es ist aber zu bedenken, daß sich Sand-, Ton- und Moorboden ganz verschieden verhalten. Empfinden wir bei einer Griffprobe keinerlei Kühle, so erscheint er uns trocken. Das ist zum Beispiel der Fall bei Sand, wenn er höchstens 2% Wasser enthält, bei Ton bis zu 10%, bei Torf gar bis zu 30%. Und der Eindruck „naß“ entsteht, das heißt, aus der Bodenprobe tropft bei mäßigem Drücken Wasser ab, bei Sand bereits bei 10 bis 20% Feuchtigkeit, bei Ton erst bei 40 bis 60% und bei Torf, der Feuchte besonders gut zu speichern vermag, bei 80 bis 100%. Danach kann man sich für die verschiedenen Bodenarten eine überschlägige Skala in etwa vier Stufen aufstellen.

Ebenso läßt sich leicht prüfen, wie rasch in einem Boden eine bestimmte Menge Wasser versickert. Man führt dazu ein zylindrisches Gefäß, das keinen Boden hat, zur Not einen dementsprechenden alten Eimer, ungefähr 10 cm tief in die Bodenschicht ein, deren Durchlässigkeit bestimmt werden soll. Der Querschnitt läßt sich leicht errechnen. Dann füllt man eine abgemessene Wassermenge hinein und bestimmt mit der Uhr die Zeit, die nötig ist, bis alles Wasser in den Boden eingedrungen ist. Voraussetzung ist, daß der Boden bereits mäßig durchfeuchtet ist, da er sonst praktisch alles aufsaugt. Außerdem dürfen in der gewählten Schicht keine groben Gerölle oder Hohlräume vorhanden sein.

4. Säuregrad des Bodens

Die meisten Böden sind arm an Kalk. Man bezeichnet sie als „krank“ oder versauert. Ihnen muß Kalzium in Form von kohlenurem Kalk oder Brandkalk zugeführt werden. Der Säuregrad wird durch die p_H -Zahl, die sogenannte Wasserstoffionenkonzentration, bestimmt. Ihre genaue Ermittlung setzt komplizierte Apparate voraus. Es gibt aber auch ein chemisches Papier, das „Lyphan“, das je nach Säuregrad des Bodens, ähnlich wie Lackmus, verschiedene Farbtöne annimmt. Doch schon die Pflanzen auf dem Boden geben Aufschluß über den Säurezustand. Auf einer versäuerten Wiese zum Beispiel verschwinden die Süßgräser, und harte, scharfkantige Riedgräser treten an ihre Stelle. Bei zunehmender Vermoorung stellen sich immer stärker Seggen, Simsen und Sumpfgewächse ein. Auf trockenem Boden wiederum finden sich Heidekraut und Ginster ein. So ist die Pflanze ein wichtiger Zeiger für den betrachteten Bodentypus.

5. Bodenprofil

Wenn wir mit dem Spaten etwas in die Tiefe graben, so stellen wir fest, daß der Boden keineswegs gleichartig ist, sondern meist haben sich bereits in der Farbe deutlich verschiedene Schichten ab. Wie ist es zur Ausbildung derartiger Unterschiede gekommen, obwohl es sich meist — insbesondere bei Gebirgsböden — überall um das gleiche Material handelt? Wir wollen ein solches Bodenprofil genauer betrachten, in einer Kiesgrube, am Rande eines Steinbruchs oder eines Tagebaues. Nur muß der Aufschluß frisch sein, weil sonst die Schichtenfolge schon durch Abspülen verwaschen worden ist. Finden wir nichts Derartiges in unserer Nähe, so heben wir uns im Garten eine etwa $1\frac{1}{2}$ m tiefe Grube aus.

Wir erinnern uns, daß das einsickernde Bodenwasser gewisse Stoffe zu lösen vermag und mit sich fortführt. Dadurch kommt es an einer Stelle zur Auslaugung, an einer anderen, wo die Substanzen niedergeschlagen werden, zu einer Anreicherung. Auf diese Weise entstehen Auswaschungs- oder Eluvialhorizonte und

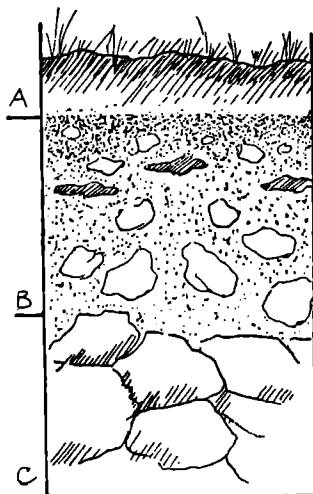
Anreicherungs- oder Illuvialhorizonte. Ihre Lage hängt von der vorherrschenden Bewegungsrichtung des Wassers im Boden ab. Bei uns im feuchten Klima mit starker, abwärts gerichteter Versickerung liegt der Illuvialhorizont immer unter dem, aus welchem Stoffe gelöst werden. Ganz anders ist es in einem ausgesprochenen Trockenklima. Infolge starker Verdunstung wird hier beständig Wasser aus den tieferen Schichten des Bodens emporgesaugt. Bei derartigen aufwärts gerichteter Wasserbewegung liegt der Illuvialhorizont oben. Darum zeichnen sich viele Wüsten- und Steppenböden dadurch aus, daß sich an ihrer Oberfläche Krusten von Salzkristallen bilden. Man spricht von „Ausblühungen“.

In der Regel lassen sich drei Horizonte unterscheiden. Wenn wir von unseren heimatlichen Verhältnissen ausgehen, findet sich zuoberst der A-Horizont oder die Eluvialschicht. Da hier Stoffe weggeführt werden, ist meist bereits in der Farbe eine deutliche Bleichung zu erkennen.

Der B-Horizont oder die Illuvialschicht hat die darüber ausgeschwemmten Stoffe aufgenommen. Bisweilen ist es hier zu einer deutlichen Verkrustung gekommen. Besonders unter Heideböden findet sich unlöslicher Ortstein, eine harte Verkittung aus Eisenverbindungen. Er macht eine normale Zirkulation des Wassers

im Boden völlig unmöglich und verhindert auch das Eindringen der Pflanzenwurzeln in die tieferen Schichten. Daher verlieren diese Böden zunehmend an Fruchtbarkeit, sie „degradieren“, wie man zu sagen pflegt.

Der C-Horizont ist der unterste. Er enthält nahezu unverändert das anstehende Gestein. Lediglich in den oberen Partien



ist durch Klüftung bereits eine mechanische Zerlegung in gröbere Blöcke und Platten vor sich gegangen.

Die einzelnen Horizonte werden nach Bedarf noch weiter unterteilt. Ein solches Profil ist genau zu vermessen und in säuberlicher Zeichnung maßstabgetreu festzuhalten. Wir wollen dabei besonders achten auf etwaige Salzausscheidungen, die unterschiedliche Korngröße des Materials, verschiedene Verfärbungen, die beispielsweise auf Mangan-Eisen- oder auf Aluminiumverbindungen hindeuten könnten. Ferner ist die Durchfeuchtung der Schichten von Interesse und auch der Grad ihrer Durchwurzelung und etwaige Verkrustungen. Aus allem lassen sich wertvolle Folgerungen ableiten.

Es konnte in diesem Rahmen nur ein ganz bescheidener Einblick in das ungeheuer bedeutsame und interessante Gebiet der Bodenkunde gegeben werden. Wer weiterforschen will, der greife zur einschlägigen Fachliteratur. Auf alle Fälle aber wird jeder nunmehr im Feldspat nicht nur das schöne und wichtige Mineral sehen, er kennt ihn nun als einen der wesentlichen Bestandteile aller Böden, als geradezu unentbehrlich für das Leben der Pflanze und damit indirekt in gleicher Weise bedeutungsvoll für Tier und Mensch.

Wenn das Magma erkaltet

Auch Gesteine machen eine Entwicklung durch. Sie haben ihre Lebensgeschichte. Nur wird diese wie bei allen Ereignissen der Geologie mit einem anderen Maßstab der Zeit gemessen. Man muß sich hier daran gewöhnen, in Jahrmillionen zu denken. Wir wissen schon, daß sich die Gesteine aus einer glutflüssigen Schmelze, dem Magma, bilden. Sind sie erstarrt, so sind sie jedoch keineswegs für alle Ewigkeit unveränderlich, sondern wandeln sich unmerklich unter dem Einfluß gestaltender Kräfte. Bald sind es tektonische, bald Kräfte der Verwitterung. Uns soll im folgenden die Entstehung der Gesteine aus der Schmelze beschäftigen; wir wollen verstehen lernen, wieso dabei die große Mannigfaltigkeit an Mineralien zustande kommt, warum an einer Stelle besonders diese, an einer andern wieder ganz andere zur Ausscheidung gelangen.

Die natürliche Gesteinsschmelze befindet sich in der Tiefe der Krustenzone unserer Erde bei Temperaturen von über 1500°C und steht unter dem Druck des darüberlastenden Gesteinsmantels, der annähernd 10000 Atmosphären beträgt. Sie enthält neben geschmolzenem, steinigem Material auch gelöst flüssige und gasförmige Stoffe. Eine gewisse Sonderung der verschiedenen Elemente ist in dieser Mischung bereits vor sich gegangen, und bestimmte Stoffe sind zu chemischen Verbindungen zusammengetreten, wengleich sich auch noch keine Kristalle gebildet haben. Die Temperatur beginnt zu sinken, weil das Magma infolge tektonischer Bewegungen in höhere und kältere Zonen der Erdkruste eindringt. Die tektonischen Kräfte schaffen einerseits durch Aufpressung von Rindenschollen Hohlräume in der Kruste, andererseits aber zwingen sie durch seitlichen Faltdruck Substanz aus der Tiefe, in diese Hohlräume einzufließen und sie auszufüllen.

Die allmähliche Abkühlung der Schmelze führt dazu, daß die

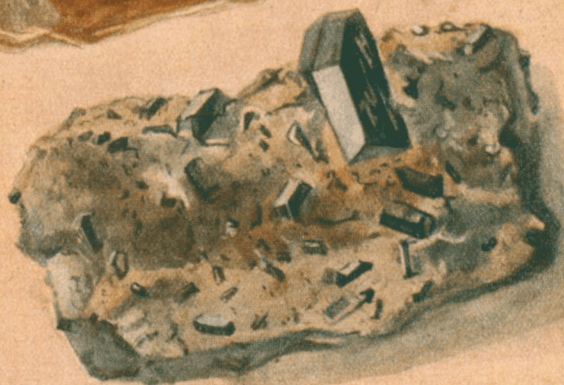
Mineralien in einer gesetzmäßigen Reihenfolge ausgeschieden werden. Kristallisationsvorgänge brauchen, wie wir uns überzeugen konnten (vgl. Kap. 1), immer eine gewisse Zeit, und das Kristallwachstum ist recht unterschiedlich. Manche Stoffe kristallisieren rasch, andere wachsen kaum merklich. Silikate wachsen beispielsweise langsam; am schnellsten kristallisieren die kalkreichen, kieselsäurearmen Magnesium-Eisen-Mineralien, wie man schon bei der Schlackenbildung im Hüttenprozeß wahrnehmen kann. Es sind alles dunkle Mineralien. Im Gegensatz dazu kristallisieren helle, kieselsäure- und tonerereiche Mineralien, wie Feldspat, Glimmer und Quarz, nur langsam. Für jede Mineralart gibt es eine günstigste Temperatur der Kristallisationsfähigkeit. Sobald das Magma diese erreicht, werden sich infolgedessen von dem betreffenden Mineral die meisten Kristalle aus der Schmelze absondern. Danach unterscheiden wir eine Anzahl bestimmter Phasen, die sich immer wieder beobachten lassen, und überall finden sich die gleichen „Mineralgemeinschaften“ oder „Paragenesen“. Betrachten wir nun einmal diese Reihenfolge der magmatischen Zustände bei den Erstarrungsgesteinen:

1. Vorgranitische Phase (1800—1100° C)

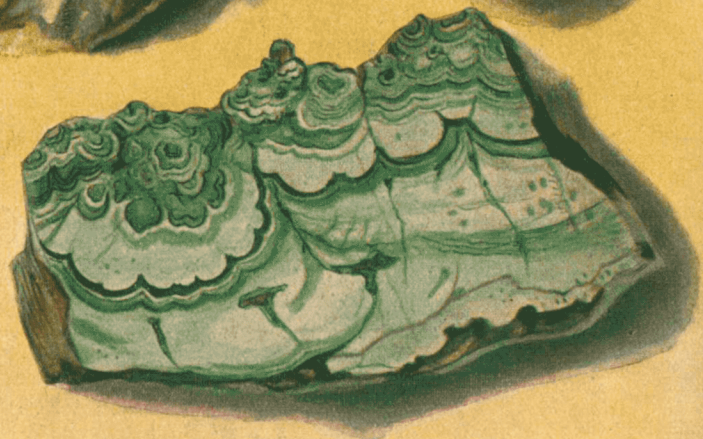
Die Temperaturen der Schmelze liegen zunächst sehr hoch. Von etwa 1800° C ab beginnen sich Stoffe auszuscheiden. Zunächst sind es diejenigen, die sich nur schwer mit den Silikaten mischen. Es handelt sich vorwiegend um Sulfide. Dann folgt bis hinab zu etwa 1200° C die Gruppe der dunklen und grünen Gesteine, die sehr reich an Magnesium, Kalzium und Eisen sind. Hierher gehören Olivine, Hornblenden und kalkreiche Plagioklase. Mit dieser Vorphase entstehen bereits auch Erze, wie die nickelführenden Chromite Kanadas oder die Chrom- und Platinlager des Urals und des südafrikanischen Buschfelds.

2. Granitische Phase (1200—700° C)

In dieser Periode bilden sich die magmatischen Füllungen im Rahmen großer Gebirgsbildungen. Die Kristallisation beginnt bei 1200—1000° C und dauert an, bis das Magma schließlich auf



MUSKOVIT



800—600° C erkaltet ist. Jetzt bilden sich helle Gesteine, die die sogenannte granitische Mineralkombination (vgl. Kap. 10) aufweisen. Zunächst kristallisieren die Glimmer, dann die Alkalifeldspäte. Dann folgen natronreiche Plagioklase. Zuletzt drängt sich in die gebliebenen Lücken der Quarz ein. Am Schlusse dieser Periode ist dem Magma die Hauptmenge seiner Silikate entzogen; es bleibt eine stark verdünnte Restlösung zurück, die reich an Wasser und Gasen ist. Erze entstehen in dieser Zeit nicht.

3. Pegmatitisch-pneumatolytische Phase (800—400° C)

Die nichtsilikatischen Stoffe, die bisher bei den hohen Temperaturen nicht auskristallisieren konnten, sind nun in der Übermacht. Darunter befinden sich auch seltene Elemente, wie Zirkon, Cerium, Beryllium, Molybdän und Wolfram. Das Magma selbst ist außerordentlich dünnflüssig geworden und daher leicht beweglich. Nunmehr streben die Gase danach, sich zu befreien. Wo es möglich ist, dringen sie in die Poren und Hohlräume des Nebengesteins und rufen hier durch Hitzewirkung und durch Niederschlag seltener Stoffe, die sie mitführen, Veränderungen hervor. Derartige Umwandlungen und Imprägnationen der Umgebung eines in der Tiefe erstarrenden Gesteinskörpers bezeichnet man als Kontaktmetamorphose. Der Austritt der im Magma gelösten flüchtigen Bestandteile wird Pneumatolyse genannt. Wegen der Dünnsflüssigkeit des Magmas in dieser Periode bilden sich an Gängen und Hohlräumen gern besonders große Kristallindividuen. Granite mit großen Feldspäten und ausgedehnten flachen, dünnfasrigen Glimmerblättchen werden Pegmatite genannt. Wegen der beiden letztgeschilderten Umstände hat die Phase ihren Namen bekommen. In der pegmatitisch-pneumatolytischen Phase entstehen die meisten in der Natur vorhandenen Edelsteine, denn die pneumatolytischen Lösungen, die auf Gängen und Spalten zirkulieren, sind reich an Fluor-, Chlor- und Borverbindungen. Aus ihnen bilden sich die prächtigen Turmaline, Topase und Berylle, und mit diesen sind meist auch bestimmte Erze vergesellschaftet, wie etwa Zinnstein, Molybdänglanz oder Wolframit.

4. Hydrothermale Phase (500–200° C)

Wenn die Temperaturen in der Schmelze bis auf 500° C abgesunken sind, sind die Gase daraus entwichen. Es bleibt eine heiße, wäßrige Lösung übrig, die Sulfide, Arsenide und ähnliche Verbindungen und vor allem die Hauptmenge der Schwermetalle enthält. Noch vorhandene oder neugebildete Spalten werden nunmehr aufgefüllt mit Erzen, die Gold, Blei, Kupfer und Zink, gelegentlich auch Quecksilber und Antimon enthalten. Daneben aber scheidet sich viel taubes Material ab, das die Gangart bildet. Es sind vor allem Quarz, kohlensaurer Kalk und Schwerspat. Im Kapitel über Erze soll hiervon noch ausführlicher die Rede sein. Auch die hydrothermalen Lösungen wirken ähnlich den pneumatolytischen umgestaltend auf die Umgebung ein. Beispielsweise kann durch Einlagerung von Eisen eine Rötung des Nebengesteins zustande kommen. Hornblende wird oft zu grünem Chlorit zersetzt; Kaolin kann sich bilden (vgl. Kap. 4). Hydrothermale Prozesse umfassen einen weiten Bezirk in der Umgebung der erstarrenden Kieselgesteine.

Die vier Phasen sind nicht scharf voneinander getrennt, es gibt keine schroff abgesetzte Scheidung; die Temperaturbereiche überschneiden sich. Der folgende Zustand wird sozusagen bereits eingeleitet, ehe der vorangegangene voll abgeklungen ist.

Und das macht die Zuordnung im Einzelfall einigermaßen schwierig; denn am gleichen Ort können Gesteine vorkommen, die sich während der verschiedensten Phasen gebildet haben, es ist sogar in der Regel so. Gesteine und Mineralien der granitischen Vorphase fehlen bei uns in Deutschland. Wir müssen sie in den alten Massiven suchen, die die Kernstücke der Festländer bilden. Reiche Erzlager von Eisen, Kupfer und Schwermetallen, besonders Platin, sind an derartige heute vergneiste alte Tiefengesteine geknüpft. Aus dem Gebiet der Großen Seen in Nordamerika, aus dem Ural und aus Teilen Südafrikas sind sie uns bekanntgeworden. Die Erstarrungsprodukte der granitischen Phase hingegen sind arm an seltenen Stoffen, da, wie wir hörten, bei ihrer Entstehung die seltenen Minerale sich noch nicht aus dem Schmelzfluß ausschieden. Sie werden erst in der nach-

magmatischen Phase abgelagert. Diese Phase wirkt sich weniger an den Erstarrungsgesteinen selbst als vielmehr in deren Umgebung aus. Durch Imprägnation und Durchgasung und auch entlang von Gängen und Spalten, die vom Pluton, dem in der Tiefe erstarrten Gesteinskörper, nach außen führen, dringen die Substanzen in das benachbarte Gestein ein. Im Eibenstocker Granit in Sachsen haben wir ein Beispiel für derartige Durchgasung des Nachbargesteins. Da es sich vorwiegend um borhaltige Dämpfe handelte, hat sich besonders der schwarzglänzende Turmalin (Tafel S. 49) gebildet, ein Borsilikat, als stengeliges Mineral, das oft radial in sogenannten „Zönnen“ angeordnet ist, dazu bisweilen weingelber Topas. Bei Geyer und Ehrenfriedersdorf im Erzgebirge wiederum waren es chlor- und fluorhaltige Dämpfe, die die mineralischen Substanzen förderten. Da haben sich Zinnerze und Apatite gebildet. Auch das Zinn von Zinnwald und Altenberg ist offenbar zunächst als Fluorid emporgedrungen. Heute finden wir als Gangart auch den Flußspat, das Kalziumfluorid, verbreitet. Er gehört ebenfalls der pegmatitisch-pneumatolytischen Phase an. Gleiches gilt von den seltenen Metallen Lithium, Wolfram und Molybdän, die für die moderne Technik besondere Bedeutung erlangt haben. Im Kapitel über die Edelsteine soll dieser Vorgänge nochmals gedacht werden.

In der anschließenden hydrothermalen Phase zirkulieren heiße, wäßrige Lösungen. Juvenile Wässer gehen vom noch nicht erstarrten Restmagma aus. Sie können als warme Quellen zutage treten. Wir wissen den Heilwert vieler derartiger Quellen zu schätzen. Sie bringen nicht nur Mineralsalze an die Oberfläche, sondern bisweilen auch Metalle, wie es Stahl- und Radiumquellen zeigen. Der weitaus größte Anteil der irdischen Bunt- und Edelmetalle hat sich in dieser Periode gebildet. Dafür sind unsere deutschen Mittelgebirge gute Beispiele; besonders im Sächsischen Erzgebirge und im Harz finden sich reichlich Lagerstätten der hydrothermalen Phase.

Bei den Ablagerungen müssen wir schließlich berücksichtigen, daß sich auch von außen her, aus der Luft, Einflüsse auf das Gestein geltend machen. Es verwittert. Besonders die chemische Zersetzung durch den Sauerstoff der Luft und durch Kohlensäure,

sowie durch zahlreiche schwache organische Säuren, die in der Bodenfeuchtigkeit enthalten sind, wirkt in gleicher Weise wie auf die Gesteine auch auf die Erze und seltenen Minerale, und es entstehen auf diese Weise neue Verbindungen. Die Vielfalt der möglichen Bildungen macht das Bild außerordentlich schwer überschaubar. Wir müssen uns deshalb daran gewöhnen, beim Auffinden eines Minerals auch stets nach Anhaltspunkten zu suchen, die über seine Entstehungsgeschichte etwas aussagen. Auf diese Weise wird uns manches an seiner Struktur und Erscheinung klarer, und die zunächst bisweilen unübersichtliche und verwirrende Vielfalt der Gesteine unterwirft sich einer gesetzmäßigen Ordnung in der Art, daß wir die gefundenen Mineralien nach bestimmten Gesichtspunkten in Gruppen zusammenfassen können, zum Beispiel nach den eben genannten Phasen ihrer Entstehung.

Von den Edelsteinen

Durch Farbe und Form, durch besondere Weise, unter funkeln- den Farbspielen und Reflexen das Licht zu zerstreuen oder zu brechen, haben die Edelsteine seit ältesten Zeiten eine Anziehungskraft auf den Menschen ausgeübt, die fast ans Dämoni- sche und Zauberhafte grenzt.

Die alten Kulturvölker am Euphrat und Tigris und am Nil brachten die irdischen Stoffe mit den Vorgängen im Weltall in Verbindung. Jedem der damals bekannten sieben Planeten, zu denen man nach der Vorstellung der Zeit, nach der die Erde als ruhender Mittelpunkt des Universums angesehen wurde, auch die Sonne zählte, wurde ein Metall zugeordnet. Als Metall der Sonne galt beispielsweise das Gold. In gleicher Weise wurden die Tierkreiszeichen mit je zwölf bestimmten Edelsteinen verknüpft, und man sah in den Edelsteinen mehr als einen bloßen Schmuck. Aus der zugeschriebenen Beziehung zu den Stern- bildern folgerten die Magier dann wieder Zauberkräfte der Steine, die auch auf ihre Träger übergehen sollten.

Besonders im Mittelalter entwickelte sich aus diesen Vorstellun- gen ein schrankenloser Aberglaube, der auch auf die Heilkunde übergriff und dessen Überreste noch heute in der Astrologie nachwirken. Mit zunehmender Erweiterung der naturwissen- schaftlichen Erkenntnis sind solche Vorstellungen in das Reich der Märchen verwiesen worden, und heute weiß kaum noch jemand, daß die Edelsteine in alten Zeiten nicht nur zum Schmuck, sondern auch zum Zauber überhaupt, wie auch zum heilenden Zauber gedient haben.

Geschliffene Edelsteine, wie sie heute getragen werden, kennt das Altertum noch nicht, doch verstanden die Römer bereits vor- trefflich, Gemmen mit vertieften und Kameen mit erhöhten Figuren kunstvoll zu schneiden. Die Steine, mit denen Kronen und Diademe seit alters geziert, ja bisweilen überladen wurden, waren

nicht geschliffen und blitzten längst nicht so wie die Steine in den Auslagen eines Juwelierladens. Sie waren kostbar wegen ihrer Seltenheit, ihrer Härte und Beständigkeit und wegen schöner Farben. Bereits bei der Betrachtung des Quarzes waren uns eine Reihe schöner Halbedelsteine begegnet. Sie bestehen aus Kieselsäure in kristallisiertem oder auch in amorphem Zustande, zum Teil mit farbprächtigen Beimischungen. Sechsseitige säulige Kristalle mit aufgesetzten Spitzen bildet der wasserklare Bergkristall wie auch der violettfarbene Amethyst (Tafel S. 32), jener Stein, der die Gabe haben sollte, Trunkenheit zu bannen. Der griechischen Sage nach war Amethyst eine schöne Nymphe, die den Gefallen des Gottes Bacchus erregte. Vor seinen Nachstellungen floh sie zu Diana, der Göttin der Keuschheit, und wurde von ihr in einen Edelstein verwandelt, der die Trunkenheit abwehrt, so wie sie den trunkenen Bacchus abgewiesen hat. Opal und prächtig gebänderte Achate (Tafel S. 33) sind amorphe Varietäten der Kieselsäure. Achat brachte im Altertum gern der Landmann am Pflug oder am Geschirr der Zugtiere an, weil er glaubte, daß ihm dann der Acker recht reiche Ernte bringen würde. Es gibt auch Achate, die durch Verkieselung von Muscheln, Korallen oder Holz entstanden sind, also ähnlich wie der Jaspis (Tafel S. 96), der sich bildet, wenn kieselsaure Lösungen in vulkanische Tuffe eindringen und diese imprägnieren und verhärten. Auch Jaspis gibt durch Anschleifen und Polieren herrliche Farbwirkungen.

Kieselsäure ist der fleischrote Karneol (Tafel S. 64), der auch gern als schützendes Amulett getragen wurde. Die Ägypter legten ihn ihren Königen mit in die Grabkammern; Goethe widmete ihm folgende Verse:

Talisman ist Karneol,
Gläubigen bringt er Glück und Wohl.
Alles Übel treibt er fort,
Schützt dich und schützt den Ort.

In der Pegmatitischen Phase der Erstarrung des Magmas (vgl. Kap. 5) sind besonders viele Edelsteine entstanden, da gerade die seltenen Elemente sich in dieser Schlußphase konzentrieren:

Hierher gehören die Berylle, das sind Tonerdesilikate, die Berylliumoxyd enthalten und wie Quarz hexagonal kristallisieren. Möglicherweise leitet sich unser Wort Brille hiervon ab, da Beryll früher vielfach als Augenglas verwendet worden sein soll.

Berylle sind teils wasserhell durchsichtig, teils leicht bläulich bis grünlich wie der Aquamarin (Tafel S. 64), rosenrot wie der Morganit oder gelblich wie der Heliodor. Ein ganz eigenes tiefes Grün, das von geringem Chromgehalt herrührt, zeigt der Smaragd (Tafel S. 64), der auch zu dieser Gruppe gehört. Er ist einer der schönsten und kostbarsten Edelsteine und wurde bei Ausgrabungen, beispielsweise in Pompeji, reichlich gefunden. Besonders ergiebige Lagerstätten befinden sich bei Mursinsk im Ural und bei Muzo in den Columbischen Anden. Aquamarin kommt verhältnismäßig häufig vor. Selbst in manchen Pegmatiten der deutschen Mittelgebirge, z. B. von Bodenmais im Böhmerwald, ist er anzutreffen. Aber besonders schöne Exemplare kommen aus Südafrika, Brasilien, Indien und der Sowjetunion. Große, wasserhelle, reine Steine werden noch immer hoch geschätzt.

Eine komplizierte chemische Verbindung aus Aluminium und Kieselsäure mit Fluor stellt der Edelstein Topas (Tafel S. 49) dar. Er kristallisiert rhombisch und ist meist in Zinnerzlagerstätten anzutreffen. Die Farbe der flachen „sarg“-ähnlichen Kristalle ist in der Regel weingelb bis bräunlich, bisweilen auch rosenrot, selbst bläulich; auch wasserhelle Topase kommen des öfteren vor. Außer im Ural und in Brasilien ist Topas im sächsischen Vogtlande zu finden. Dort trifft man ihn am Schneckenstein in sogenanntem Brockenfels eingebettet. Es handelt sich hier um eine gangförmige Brekzie, deren eckige Bruchstücke mit Quarz und Topas als Verkittungsmaterial verfestigt sind. In der mittelalterlichen Heilkunde sollte Topas ein Mittel gegen Asthma, Gicht, Schlaflosigkeit und Wahnsinn, selbst den „bösen Blick“ sein. Auf solchen Unsinn schwor der Aberglaube.

Eine Sonderstellung nehmen die bald rhombisch, bald regulär kristallisierenden Chrysoberylle ein. Sie haben die verblüffende Eigenschaft, bei künstlicher Beleuchtung in anderer Farbe zu erstrahlen als bei Tageslicht. Ganz besonders auf-

fällig ist dies beim Alexandrit, der tagsüber grünlich bis bläulich aussieht, im Lampenlicht aber rötliche bis violette Farbtöne annimmt. Früher war er nur von Ceylon bekannt. Heute findet man ihn auch in Minas Geraes in Brasilien, vor allem aber an der Tokowaja im südlichen Ural.

Chemisch äußerst kompliziert aufgebaut ist wieder der Turmalin (Tafel S. 49); er ist ein borhaltiges Aluminiumsilikat. Im Grunde genommen handelt es sich um eine ganze Mineralgruppe; denn durch Zumischung verschiedener Grundstoffe, wie Fluor, Chrom, Eisen, Mangan, Lithium, Kalium oder Natrium, können Varietäten mit ganz verschiedenen Farben zustande kommen. So gibt es außer dem farblosen, dem Achroit, rosa, rote, blaue, grüne und schwarze Turmaline. Alle kristallisieren in Säulen nach dem trigonalen System. Durch Erwärmen werden sie elektrisch und vermögen dann Papierschnitzel anzuziehen. Eine besondere Eigenschaft besteht auch darin, daß sie Licht in verschiedenen Richtungen, die von den Kristallisationsebenen abhängen, verschieden gut durchlassen; Turmaline „polarisieren“ das Licht. Dies wird ausgenutzt, indem man aus solchen Kristallen Spezialprismen beispielsweise zum Zwecke der Gesteinsuntersuchung herstellt. Als gelegentliches Begleitmineral von Graniten kommt Turmalin in den äußeren Partien derselben vor. So kennen wir ihn aus dem Erzgebirge vom Granit von Eibenstock. Gern findet er sich auch in der Kontaktzone in unmittelbarer Nachbarschaft aufgedrungener Tiefengesteine, wo Bordämpfe aus dem Magma entwichen und in die Spalten des Nebengesteins eingedrungen sind. Schwarzer Turmalin, Schörl, ist meist radialstrahlig angeordnet und bildet sogenannte „Sonnen“.

Ein Lithiumaluminiumsilikat ist der grünlichgraue Nephrit, der bereits in der Steinzeit zu Geräten und Schmuckstücken verarbeitet wurde. Wertvolle Funde sind von den Pfahlbauten am Bodensee bekanntgeworden. Im alten Ägypten und in China wurde er geschätzt. Die wichtigsten Vorkommen, die für die gesamte eurasische Welt geradezu eine Art Monopolstellung einnehmen, befinden sich in Ostturkestan. Der volkstümliche Name „Nierenstein“ rührt daher, daß Nephrit lange als Heilmittel gegen Nierenleiden angesehen wurde.

In himmelblauen bis grünlichen Farben tritt uns der Türkis entgegen, einer der wenigen phosphorsauren Edelsteine. Unter dem Einfluß der Sonnenstrahlung wie auch der Körperwärme verliert er oftmals seine Farbe. Da er das Amulett der Liebenden war, pflegte man diesen Farbwechsel als Zeichen dafür zu deuten, daß die Liebe des Gebers im Schwinden begriffen sei. Im Hochgebirge wiederum sollte er vor Bergschwindel bewahren. Die schönsten Türkise stammen aus dem Orient, aus Persien und aus Turkestan. Unscheinbare, fast farblose Türkise werden auch in den Kieselschiefern des Vogtlandes gefunden. Durch künstliches Auffärben mit Berliner Blau sucht man solche wertlosen Steine zu „veredeln“.

Ein blauer Edelstein, der schon seit dem Altertum aus dem Orient bekannt ist und bereits bei Chaldäern und Babyloniern eine Rolle spielte, ist der Lasurstein oder Lapislazuli. Er enthält das natürliche Ultramarin und lieferte früher den Malern den Grundstoff für ihre blaue Farbe. Heute sind längst gleichwertige künstliche Farben an seine Stelle getreten. Meist enthält der Stein feinverteilte Einschlüsse von goldglänzendem Schwefelkies, so daß der Schliff wie ein Abbild des sternübersäten Nachthimmels anmutet. Auch der Lapislazuli hatte in alten Zeiten als Amulett hohe Bedeutung.

Schließlich sei unter den Halbedelsteinen noch eine intensiv grüne kohlen saure Kupferverbindung genannt, der Malachit. Als feiner Überzug kommt er auf Spalten und Klüften bisweilen auch in unserem Mittelgebirge vor. Reiche Ausbeute an großen Exemplaren liefern aber vor allem die Gruben des Urals. Wegen seiner geringen Härte läßt sich der Malachit leicht bearbeiten; prächtige Vasen und Schalen, selbst ganze Wandtäfelungen sind daraus gefertigt worden.

Den ersten Platz nimmt unter den Edelsteinen von jeher der Diamant ein. Sein Name kommt vom Griechischen „adamas“ und bedeutet „unbezwingbar“. Er besitzt bekanntlich die größte Härte, die unter den Mineralien überhaupt vorkommt, und ist der einzige Edelstein, der keine chemische Verbindung darstellt, sondern aus einem einzigen Grundstoff, nämlich reinem kristallisiertem Kohlenstoff, besteht. Bis in das vorige Jahr-

hundert galt ausschließlich Indien als Land der Diamanten. Inzwischen sind aber vor allem in Südafrika und auch in Brasilien Funde gemacht worden.

Der Kohlenstoff der Diamanten ist nicht wie sonst der Kohlenstoff auf der Erde organischer Herkunft, sondern entstammt dem Erdinnern. Er wurde bei vulkanischen Ergüssen zutage gefördert. In Südafrika finden sich die Diamanten entweder an ursprünglicher Lagerstätte im sogenannten „Blaugrund“, einer vulkanischen Schlotfüllung, oder aber umgelagert und durch Flüsse fortgeführt an sekundärer Lagerstätte im Sand der Namib-Wüste. Bisweilen kommen schöne, große Exemplare vor, die mehrere Hundert Karat schwer sind. In Karat gibt man das Gewicht der Edelsteine an; ein Karat ist zwei Zehntel Gramm. Solche großen Steine wie der Kohinoor mit 106, der Regent mit 136 oder der Cullinan mit gar 3025 Karat haben ihre besondere Geschichte. Der Cullinan, der 1905 gefunden wurde, und anfangs einen Wert von $4\frac{1}{2}$ Millionen Mark hatte und auch heute noch als der größte wasserklare Diamant der Welt gilt, wurde im Laufe der Zeit zu neun großen und 96 kleinen Diamanten verarbeitet.

Berühmt ist auch die Geschichte des blauen Diamanten „Hope“, der, wie man sagte, seinen Besitzern Unglück brachte. Tatsächlich kam keiner von ihnen auf natürliche Weise ums Leben. Seit dem Untergang der „Titanic“ ruht er auf dem Meeresgrunde.

Bis zur Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts wurden Diamanten in ihrer natürlichen Gestalt gefaßt und getragen. Um diese Zeit wurde in Holland die Kunst erfunden, die Steine auf umlaufenden Metallscheiben mit Hilfe von Diamantpulver zu schleifen. Der teuerste Schnitt und die Form, in der ein Diamant sein „Feuer“ am besten zeigt, ist der Brillant, der sich von der Grundfläche nach oben und nach unten kegelförmig zuspitzt. Wenn der natürliche Stein einen Brillanten nicht ergibt, wird er zu einfacheren Formen geschliffen, zur Rosette, zum Dickstein oder Tafelstein und anderen. Das alles sind Schliffformen auch der übrigen durchsichtigen Schmucksteine.

Was sich an Diamanten nicht zu Schmucksteinen verwerten läßt, wird zum Schneiden von Glas, zum Gravieren, zu Zapfen-

lagern in Taschenuhren und als Schleifpulver benutzt. Jährlich werden für ungefähr eine halbe Milliarde Mark Diamanten gefunden, das entspricht an Wert etwa der Ausbeute an Kupfer oder Silber.

Sehr viel häufiger als die hellen sind die geringwertigen schwarzen Diamanten oder Carbonados, die Gewichte bis zu 3000 Karat erreichen. Sie werden vor allem in Brasilien gefunden und haben große Bedeutung in der Technik erlangt. Man besetzt damit die Kronen von Schleif-, Schneid- und Bohrgeräten, fertigt auch Graviernadeln und Glasschneider aus ihnen an. Die künstliche Herstellung von Diamanten ist bisher noch nicht befriedigend geglückt, obwohl es bereits im Jahre 1893 gelang, im elektrischen Flammenbogen bei Temperaturen um 3000°C winzige Diamantkriställchen zu erzeugen.

Ganz anders verhält es sich mit den Edelsteinen der Korundgruppe, dem Saphir und dem Rubin (Tafel S. 64). Bei beiden ist der Grundstoff Tonerde, die mit bestimmten Farben aus Metalloxyden durchsetzt ist. Hier ist es der Technik gelungen, auf synthetischem Wege im Schmelzofen aus Tonerde und entsprechendem Zusatz von färbenden Substanzen große, zunächst birnenförmige Kristalle wachsen zu lassen, die dann durch entsprechendes Schleifen zu prächtigen Schmucksteinen verarbeitet werden können. An Güte sind in der Tat die künstlichen Korunde von den echten nicht zu unterscheiden, zumeist ist sogar der künstliche Stein reiner, das heißt freier von Schlieren. Sonstige Imitationen von echten Edelsteinen lassen sich im allgemeinen leicht herausfinden. Meist handelt es sich um geschliffene farbige Gläser.

Der rote Korund oder Rubin, in alter Zeit auch als Karfunkelstein benannt, ist einer der schönsten Edelsteine. Er kommt vor allem in Hinterindien und auf Ceylon vor und verdankt seine Farbe Beimischungen von Chrom. Der Saphir, der zumeist an den gleichen Fundorten wie der Rubin zu finden ist, zeichnet sich durch eine leuchtendblaue Färbung aus, die von Eisen und Titanoxyd herrührt. Beide sind äußerst wertvolle Schmucksteine.

Der synthetisch hergestellte Thermokorund hat große praktische Bedeutung erlangt. Bei ihm sind die Korundkörner in eine

Spezialglasmasse eingebettet, und die ausgezeichnete Härte und Verschleißfestigkeit des Minerals sind dabei erhalten geblieben. Beispielsweise werden heute die Schneidplättchen für das Schnelldrehen daraus hergestellt, da der Thermokorund gegenüber den sonst hierfür benutzten Hartmetallen wesentliche Vorzüge hat. Diese Hartmetalle sind Stahllegierungen mit seltenen Grundstoffen wie Wolfram, Titan oder Kobalt, die nur schwer zu beschaffen sind; Thermokorund hingegen wird aus Tonerde und Glas hergestellt, die aus heimischen Ton- und Silikatvorkommen gewonnen werden können. Dabei ist noch die zulässige Schnittgeschwindigkeit und Erhaltung der Schnittplatten aus Thermokorund etwa doppelt so groß wie die der Hartmetalle, nur in der Biegefestigkeit ist er diesen unterlegen. Das Beispiel mag zeigen, daß die künstlichen Edelsteine noch eine vielversprechende Entwicklung vor sich haben.

Gute natürliche Edelsteine waren von jeher selten. Doch begegnen sie uns nicht nur, wo sie gewachsen sind, auf Gängen und Spalten. Sehr häufig sind sie als „Seifen“ in den Sanden und Schottern mancher Flüsse zu finden. So führen einige Flüsse des Erzgebirges in ihren Geröllen Amethyst. Freilich ist ihnen durch die schleifende Wirkung des Gerölltransportes die schöne Kristallgestalt verlorengegangen, und auch der Farbglanz ist zumeist verblichen. An der Ostseeküste, besonders da, wo ein breiter Sandstrand entwickelt ist, findet man öfter natürliche Edelsteinseifen. In der Brandungszone sind oft mehrere Zentimeter mächtig winzige Körnchen verschiedener Edelsteine und Schwermetalle angereichert. Sie erscheinen als dunkelrote oder schwärzliche Streifen im Sande des Strandes. Die dunklen Farben rühren von Eisen und Titaneisen her, die roten von winzigen Granaten, karminrote und dunkelviolette von einem Gemisch aus Amethysten, Granaten und verschiedenen Erzen. In der näheren Umgebung eines Badestrandes ist naturgemäß derartiges nicht zu finden, da hier der Sand seit Jahrzehnten zu gründlich umgewühlt worden ist. Mächtigkeit und Ausdehnung solcher Schichten sind sehr verschieden. Man hat auch versucht, solche Strandseifen bergmännisch abzubauen; aber die Vorhaben wurden meist sehr bald wieder eingestellt, da der Ertrag die Mühen

nicht lohnte. Die Entstehung derartiger Lagerstätten ist jedenfalls ganz jungen Ursprungs.

Gesteine Skandinaviens wurden während des Eiszeitalters abgelagert und immer mehr zertrümmert, bis schließlich nur kleine, korngroße Bruchstücke übrigblieben. Diese wurden von Wind und Brandung der Größe nach sortiert und besonders in der Brandungszone vor dem sogenannten Strandwall angereichert, bis zentimetermächtige Schichtpakete entstanden.

Minerale, welche die auszeichnenden Eigenschaften der Edelsteine besonders gut aufweisen, also Durchsichtigkeit, Reinheit, Glanz, Glätte, schöne Färbung, werden als Ganzedelsteine oder Juwelen bezeichnet. Zu ihnen gehören Diamant, Rubin, Saphir, Smaragd, Aquamarin, Beryll, Topas, Turmalin und andere. Ihnen stehen die Halbedelsteine nach; ein Teil davon ist nicht durchsichtig. Es seien genannt: Bergkristall, Amethyst, Rauchtopas, Jaspis, Karneol, Heliotrop, Achat. Chemisch und physikalisch nicht verschieden von den natürlichen Edelsteinen sind die künstlichen oder synthetischen Edelsteine. Sie werden die größte Bedeutung für die Technik gewinnen. Wertlos, nur ein Zeichen des Scheines, sind falsche Edelsteine oder Imitationen. Sie wollen täuschen; sie lügen!

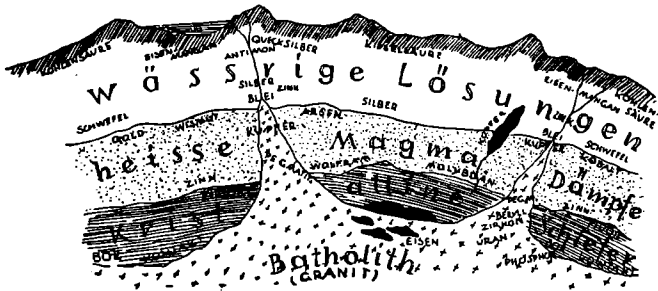
Wie das Erz wächst

„Die Gewinnung von Eisenerz, Schwefelkies und Buntmetallen muß unter Ausnützung aller technischen Möglichkeiten gewaltig gesteigert werden, damit unsere neue Hüttenindustrie und unsere chemische Industrie ausreichend mit Grundstoffen versorgt werden können.“ Dieser knappe und eindringliche Satz aus den Richtlinien des Fünfjahrplanes enthält ein ungeheures Programm. Nicht nur die bestehenden bereits im Abbau befindlichen Vorkommen unserer Republik sollen intensiver genutzt werden, sondern darüber hinaus sind neue Lagerstätten zu erschließen. Das ist in einem Lande wie dem unseren keine leichte Aufgabe! Seit etwa einem Jahrtausend geht in unseren Mittelgebirgen bereits der Bergbau um, und alle leicht zugängigen Lagerstätten sind längst ausgebeutet. Die Neuerschließung wird sich daher weitgehend auf bisher vernachlässigte, weniger ergiebige oder in größerer Tiefe gelegene Vorkommen erstrecken. Diese sind aber nur mit neuen, verbesserten Methoden des Abbaues und der Aufbereitung rentabel zu gestalten. Verbesserung der Produktionsmittel und Einsatz der modernen Technik sind daher Grunderfordernis einer erfolgreichen Arbeit.

In einem vorangegangenen Kapitel hatten wir gesehen, daß die Bildung der Erze an ganz bestimmte Temperaturbereiche und somit an ein festes Stadium des Magmas geknüpft ist. Erst relativ spät, wenn die Hauptmenge der Gesteine bereits aus der Schmelze ausgeschieden und erstarrt ist, entstehen schließlich die Erze. Wir bezeichneten die beiden Schlußphasen als die pneumatolytisch-pegmatitische und die hydrothermale. Die Temperatur fällt dabei, wie wir hörten, von 600 bis 400° C in der ersten Phase und von etwa 500 auf 100° C in der zweiten Phase.

In der pneumatolytischen Periode, die die Stoffe in gasförmigem Zustand zirkulieren läßt, bilden sich vor allem Zinnerz und dessen Begleitminerale, etwa Molybdän und Wolfram, wie es im Erz-

gebirge an einigen Stellen anzutreffen ist. An diese Zinnerzgruppe schließt sich bei weiterer Abkühlung (vgl. Schema) die Ausscheidung der Kupfererze an. In manchen Fällen finden sich gleichzeitig auch Wismut, Arsen und Kobalt. Das hängt von der Zusammensetzung des Magmas oder der älteren Gesteine ab, die



von diesem erneut aufgeschmolzen werden. Als begleitendes Edelmetall tritt Gold auf. Anschließend oder verknüpft mit dieser Kupfererzgruppe erscheinen nun Blei und Zink, die meist als Sulfide, nämlich Zinkblende oder Bleiglanz, vorkommen. Zu der Gruppe gehören auch jene Silberlagerstätten, die in früheren Zeiten dem mittleren Erzgebirge und dem Harz zu reichem „Bergsegen“ verholfen haben. Zuletzt endlich folgen Antimon und Quecksilber und gleichzeitig mit ihnen die für die Industrie bedeutsamen Eisen- und Manganerze.

Schema der Erzentstehung aus dem erkaltenden Magma:

Pegmatitisch-pneumatolytische Phase	Hydrothermale Phase		
I. Zinnerz Gruppe Wolfram Zinn → Molybdän	II Kupfererz-Gruppe Wismut → Arsen → Kupfer Kobalt Gold	III. Blei-Zink-Silbererz-Gruppe → Zink → Blei Silber	IV. Eisen-Manganerz-Gruppe → Antimon → Quecksilber Eisen Mangan
etwa 800° C (500° C)	fallende Temperatur →		
	200° C		

Erze finden sich auf Gängen und Klüften. Unter einem Gang verstehen wir die Ausfüllung einer Spalte. Im Volksmund spricht man gern von „Adern“ und denkt dabei an röhrenartige Gebilde. Das entspricht aber nicht der Wirklichkeit; die Gänge haben vielmehr flache, plattenartige Gestalt, da Risse und Fugen im Gestein ausgefüllt wurden. Genau in gleicher Weise, wie die Klüfte sich kreuzen und verzweigen oder durch querlaufende Klüfte verschiedentlich Verschiebungen aufweisen, so ist es auch bei den Erzgängen. Sie sind aber nun keineswegs vollständig mit Erz erfüllt. Erz findet sich immer aufs engste verwachsen mit der sogenannten „Gangart“. Unter Gangart verstehen wir das taube Material, zumeist Quarz. Dieser Gangquarz ist milchig trübe oder weißlich und von allerlei Einschlüssen durchsetzt; doch nur selten findet man klare Kristalle. Ist der Gang nicht vollständig mit Substanz erfüllt, so ragen in die Hohlräume oft gut ausgebildete braune Rauchquarze oder violetter Amethyst, der zuweilen mit weißem Quarz schichtweise durchsetzt ist.

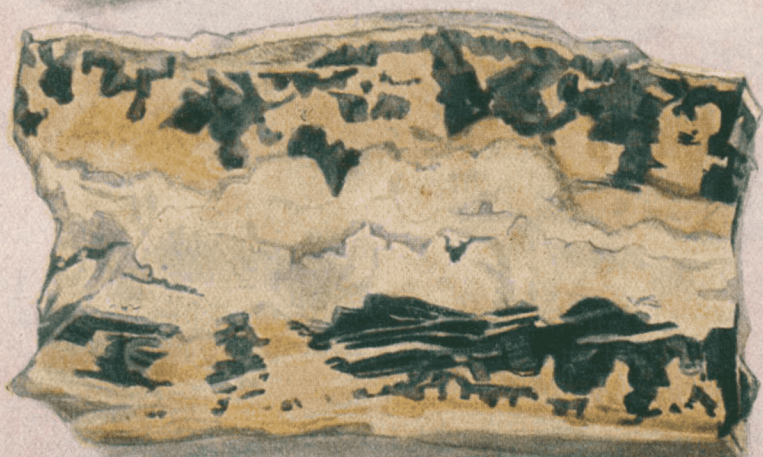
Auch Chaledon findet sich zuweilen statt des Quarzes, und vielfach füllt kohlenaurer Kalk, der aus Lösungen abgesetzt wurde, die Gänge, sei es als blättriger Kalkspat oder als dünnspießiger Aragonit. Da Aragonit beim Erhitzen auf über 445°C in Kalkspat übergeht, ist auf Erzgängen ausschließlich Kalkspat anzutreffen.

Zu den Gangfüllungen gehört ferner der Flußspat, der auf die Anwesenheit von Fluor hindeutet. Seine Farbe gibt über die Temperatur Aufschluß, die bei der Entstehung des Minerals geherrscht hat. Dunkle, blaue und violette Kristalle sind bei hohen Temperaturen entstanden, während die großen, hellen, meist gelben bis rosaen Kristalle den niederen Temperaturen zuzurechnen sind.

Auch Schwerspatgänge finden sich. Sie werden vielfach abgebaut, da der Schwerspat (Tafel S. 17) in der Farbenchemie zur Herstellung des Weiß Verwendung findet. Die Papierindustrie braucht ihn als Füllstoff und die Seidenerzeugung beim Satinieren.

Am wichtigsten sind die Erze selbst, die immer in bestimmter Vergesellschaftung als Paragenesen (vgl. Schema) vorkommen. In die Gangart eingebettet, finden sich prachtvolle Kristalle





verschiedener Metallverbindungen unmittelbar nebeneinander, „Erzstufen“, wie der Bergmann sagt. Zumeist aber ist das Erz in feinverteilter Form der Gangart beigemischt (Tafel S. 65). Das gilt besonders für Eisenerzlagerstätten. Wird ein Erz in der Gangfüllung durch ein uns weniger wertvolles ersetzt oder verringert sich sein Anteil, so spricht man von Verarmung. Setzt das Erz in einem Gang ganz aus und verbleibt lediglich die Gangart, so bezeichnet man dies als Vererbung. Die Ergiebigkeit eines Ganges nimmt mit der Entfernung vom Erzbringer, das heißt des Tiefengesteins, von dem die Gangfüllungen herrühren, naturgemäß ab. Derartige Erscheinungen können äußerst verschiedene Formen annehmen. Die Zinnerzgänge von Seiffen im Erzgebirge gehen beispielsweise nach der Tiefe zu in silberhaltige Kupfererze über. Umgekehrt zeigen die Gänge von Clausthal im Harz, die Bleiglanz und Silbererze führen, in der Tiefe plötzlich Zinkerz. Bei den Erzgängen des Erzgebirges wird sehr häufig durch Schwerspat, Kalkspat oder Quarz eine Vererbung herbeigeführt. Die Gangart wird alsdann allein beherrschend. Doch auch von der Erdoberfläche her werden die Erzgänge umgestaltet, indem Sickerwässer und darin gelöste Säuren das Gestein angreifen und zersetzen. Durch den Sauerstoff der Luft und schwache Kohlensäure werden beispielsweise Eisenerze in Brauneisen (Tafel S. 80) überführt. Jede Erzlagerstätte hat oberflächlich eine sogenannte „Hutzone“, in der Zersetzungserscheinungen vor sich gehen, wie sie eben beschrieben wurden. Ihre Mächtigkeit hängt sehr stark von den örtlichen Klima- und Grundwasserverhältnissen ab. Oftmals ist durch solche Zersetzung sogar die auflagernde Humusschicht charakteristisch verfärbt. Bei der Suche nach Erzen, der „Prospektierung“, bedient man sich mit Nutzen solcher indirekter Anzeichen.

Außer den bisher besprochenen „primären“ Erzlagern, bei denen sich das Erz noch am Orte seiner Entstehung befindet, gibt es auch umgelagerte. Erzhaltige Trümmergesteine, Schotter und Sande, wurden von den Flüssen aus den Gebirgen herabgetragen und, als ihr Gefälle genügend abgenommen hatte, im Flußbett oder in Seen abgesetzt. Solche Schwemmerze bezeichnet man als Seifen. Edelmetalle, besonders Gold, werden vielenorts aus Fluß-

sanden als Schwemmgold herausgewaschen. Auch in den Ablagerungen des Meeres finden wir bisweilen Erze. Die Eisentrümmererzlagerstätten des nördlichen Harzvorlandes sind hierher zu rechnen.

Besondere Bedeutung hat in unserer Republik der Kupferschieferbergbau von Mansfeld am Ostharz gewonnen. Es handelt sich auch hier um eine aus Ablagerungen entstandene „sekundäre“ Erzlagerstätte. Schon immer vermochte sie ungefähr 90% der deutschen Kupferproduktion zu decken und kann als reichstes Kupfervorkommen Europas gelten.

Vor wenigen Jahren feierte der Mansfelder Kupferbergbau sein 750jähriges Bestehen, denn seit etwa 1200 ist in dieser Gegend der Abbau von Kupfer nachweisbar. Wahrscheinlich reicht er aber bis weit in die vorgeschichtliche Zeit hinein zurück. Während des Mittelalters unterstand die Nutzung den Grafen von Mansfeld, die sich daran bereicherten. Bis zu 2000 Zentnern reines Kupfer wurde damals im Jahre gewonnen und zumeist für die Waffenherstellung verwendet. Dies ist natürlich wenig gegenüber dem Ertrag von heute, der sich jährlich auf Tausende von Tonnen beziffert.

Der Kupferschiefer ist eine Ablagerung des Zechsteinmeeres, eines Flachmeeres, dem wir auch Stein- und Kalisalzvorkommen verdanken. Von den umliegenden Festländern gelangten kupferhaltige Lösungen in dieses Meer und fanden hier ähnliche Bedingungen vor, wie sie gegenwärtig vom Schwarzen Meere bekannt sind. In der Tiefe reichern sich infolge ungenügender Sauerstoffzufuhr Faulschlamm Massen an, aus denen durch Zersetzung Schwefelwasserstoffe frei werden. Mit ihnen geht das in Lösung befindliche Kupfer Verbindungen ein und setzt sich am Grunde ab. Im Laufe der Zeit bildet sich eine flachlagernde Erzschiefer. Es ergeben sich Kupferflöze, die im allgemeinen nur wenige Zentimeter mächtig sind. Daß es sich um eine Meeresablagerung handelt, geht auch daraus hervor, daß versteinerte Meerestiere, insbesondere Fische (Tafel S. 112), die mit Kupfererz imprägniert sind, gefunden werden.

Kupfer kommt, wie erwähnt, in Schwefelverbindungen vor als Kupferglanz oder Kupferkies, teils als Buntkupferkies. Doch sind

dem Erz noch eine ganze Reihe weiterer Metalle beigemischt, vor allem Blei und Eisen, Zink, Nickel und Silber, ja selbst geringe Mengen an gediegenem Gold. In neuester Zeit haben verschiedene seltene Metalle als Stahlveredler oder für Speziallegierungen in der Industrie Bedeutung erlangt. Von diesen findet man in den Mansfelder Schichten in geringen Mengen Vanadium, Kobalt, Molybdän, Platin, Palladium und Rhenium. Letzteres wird neuerdings für korrosionsbeständige metallische Überzüge neben Chrom gern verwendet. Es liefert also der Mansfelder Bergbau unserer Wirtschaft eine Menge wertvoller Rohstoffe.

Der Abbau vollzieht sich unter beschwerlichen Bedingungen, da wegen der geringen Flözmächtigkeiten die Strecken sehr niedrig gehalten werden. Die dem Abbau dienenden Stollen, auch „Strebe“ genannt, sind in der Regel nur 80 cm hoch. In knieender Stellung verrichtet der Häuer seine Arbeit. Mit Preßluftbohrer und Schrämmisen dringt er in die erzführende Schicht vor und bricht das Kupferschieferflöz etwa 30 bis 40 cm mächtig heraus. Zuerst wird die Unterlage des Flözes gelockert und eine Art Hohlraum geschaffen, sodann das Schrämmisen an der Oberkante der kupferführenden Schichten angesetzt, so daß diese insgesamt herunterbrechen. In Gruppen zu fünf bis sechs Mann wird an den verschiedenen Abbaustellen „vor Streb“ gearbeitet.

Bei der heutigen Intensität des Abbaues werden die augenblicklich im Abbau befindlichen Lager in etwa zwei Jahrzehnten vollständig ausgebeutet sein. Man hat aber in jüngster Zeit neue reiche Kupferlager in der Nähe von Sangerhausen am Südharz festgestellt, die unseren Bedarf noch für längere Zeit zu sichern vermögen.

Für die Schwerindustrie ist nach wie vor Eisen das wichtigste Erz. Während es unter den Elementen, die die Erde zusammensetzen, an vierter Stelle steht, ist es in der Gesteinskruste nur zu 4,5% vertreten. Nur Erze, die mehr als 20% Eisen enthalten, lohnen eine Verhüttung; gute Erze müssen mindestens 40% aufweisen. Besonders hochwertige Eisenerze, wie etwa die nordschwedischen von Gellivara und Kiruna, enthalten sogar fast 70% reines Magneteisen. Diese Erze sind bereits in einer frühen

Phase zur Ausscheidung gelangt, noch bevor sich die Hauptmenge der kristallinen Gesteine aus dem glutflüssigen Magna absonderte. Meist wird das Eisen aber erst mit wäßrigen Lösungen und Dämpfen bei Temperaturen um 500°C , wie erwähnt, in der sogenannten hydrothermalen Phase frei und gelangt in Spalten und Klüfte der Gebirge. So sind die Erzgänge des Thüringer Waldes, des Harzes und Vogtlandes entstanden. Andere Vorkommen des Thüringer Waldes, besonders die von Schmiedefeld und Kamsdorf, sind aus Ablagerungen hervorgegangen und werden heute mit modernen Methoden abgebaut. Sie liefern Material für die Max-Hütte von Unterwellenborn. Auch weitere Vorkommen unserer Mittelgebirge sind erneut erschlossen worden. Nur so wird es möglich, die im Fünfjahrplan geforderte wesentliche Erhöhung unserer Eisenerzeugung zu verwirklichen.

Die Eisenerzlagerstätten im Vorland des Harzes, in der Gegend von Salzgitter, mit einem Eisengehalt von 30 bis 32% sind eisensführende Gerölle, die einst in der Meeresbrandung zertrümmert worden sind. Offenbar hatten die Flüsse vom Harz sie herangeschafft. Ihre Bruchstücke sind mit stark eisenhaltigen Bindemitteln verkittet worden. Trotzdem ist der Eisengehalt dieser Trümmer- oder Bohnerze meist nicht allzu hoch und wechselt sehr stark von Ort zu Ort, so daß ihr Abbau erst in neuerer Zeit lohnend wurde, als entsprechend ergiebige Abbau- und Aufbereitungsverfahren gefunden worden waren.

Schließlich haben eisenhaltige Wässer in Mooren und Sümpfen bisweilen zur Bildung von Raseneisenerzen geführt. Sie bestehen aus Eisenhydroxyd oder Eisenkarbonat und können bis über 50% Eisen enthalten; meist beträgt aber ihre Mächtigkeit nur wenige Zentimeter. In der Gegend von Tangerhütte wurden solche Rasen- oder Sumpferze bereits in der Vorzeit zu schmiedbarem Eisen bearbeitet, und heute ist der Abbau dieser Lagerstätten wieder in vollem Gange. Zusammen mit den obengenannten Trümmererzen des Harzvorlandes, die bei Badeleben gewonnen werden, dienen sie der Versorgung des Eisenkombinats West bei Calbe an der Saale.

Für die Roheisengewinnung im neuerrichteten Eisenhüttenkombinat Ost bei StalinStadt an der Oder werden hochwertige

sowjetische Erze aus Kriwoi Rog zusammen mit heimischem Material mittels polnischer Steinkohle verschmolzen. Die genannten ukrainischen Erze bilden einen annähernd 50 m mächtigen und viele Quadratkilometer großen Block, der auf mehrere Milliarden Tonnen geschätzt wird. Der hohe Eisengehalt ist dadurch zustande gekommen, daß nachträglich nochmal aus dem Schmelzfluß aus der Tiefe eine erneute Zufuhr an Eisen erfolgte, wobei gleichzeitig der Quarz im Gestein verdrängt wurde.

Gerade in unserem Lande wird immer wieder sehr deutlich die Knappheit an verschiedenen Metallen spürbar. Schon seit langem, jedoch ganz besonders in letzter Zeit, sucht man hier durch Verwendung von Ersatzstoffen einen Ausgleich zu schaffen. Den Chemikern ist es bereits gelungen, eine ganze Reihe von Werkstoffen mit hochwertigen Eigenschaften herzustellen, die Metalle für bestimmte Zwecke voll ersetzen. Wetter- und Korrosionsbeständigkeit, Härte und Zerreißfestigkeit bei genügender Dehn- und Biegsamkeit, unter Umständen noch gewisse elektrische und magnetische Eigenschaften werden da gefordert, denen freilich nicht immer zugleich entsprochen werden kann.

In jüngster Zeit macht beispielsweise der „steinerne Stahl“ von sich reden, der in der ČSR aus Basalt hergestellt wird. Basalt wird im Hochofen bei über 1000° C geschmolzen und entglast. Der neue Werkstoff besitzt fast die Härte des Korunds und ist etwa zwölfmal fester als Manganstahl. Röhren, die allenthalben in den Industrieanlagen und im Bergbau nötig gebraucht werden und zu denen man sonst Gußeisen, wenn nicht gar Buntmetalle benötigte, können nun wesentlich billiger hergestellt werden. Derartige „Stahl“ ist naturgemäß nicht für alle Zwecke brauchbar und vermag daher auch den wirklichen Stahl nicht voll zu ersetzen.

So muß der Mensch heute durch Verbesserung der Erzgewinnungs- und Aufbereitungsmethoden einerseits und durch Schaffung von gleichwertigen Ersatz- und Austauschstoffen andererseits dem Verlangen der Industrie gerecht werden, das von unserer hochtechnisierten Wirtschaft in immer erhöhtem Maße gestellt wird. Es ist ein beschwerlicher Weg, der den Ingenieuren und Wissenschaftlern noch viele Probleme zu lösen aufgibt; doch die begonnene Entwicklung verspricht den Erfolg.

Gebirgsbildung und Vulkanismus

Die Oberfläche unserer Erde ist in beständiger Wandlung begriffen. Gelegentlich hören wir, daß sich irgendwo Erdbeben ereignet haben oder Vulkane in Tätigkeit getreten sind. Das sind trotz allem nur lokale Begebenheiten. Von großräumigen Veränderungen der Erde verspüren wir nur sehr wenig. Diese Vorgänge der Erdgeschichte verlaufen in einem ganz anderen Rhythmus.

Es lohnt, einmal nach den Kräften zu suchen, die das Antlitz der Erde formen, und einmal zusammenzutragen, was wir über die Entstehung der Gebirge und über die vulkanischen Ereignisse und deren Ursachen wissen. Bei der Betrachtung des Erdinnern sahen wir, wie gering unsere Kenntnis von den Tiefen der Erde ist und wie unsicher wir daher zu folgern vermögen. Bei der Gebirgsbildung ist es nicht viel anders! Auch hier ist man auf indirekte Schlüsse angewiesen und leitet etwa aus gewissen charakteristischen Mineralien, die ein Gestein zusammensetzen, die Temperatur- und Druckbedingungen ab, unter denen es sich bildete. Im übrigen ist es wieder notwendig, aus den augenblicklich herrschenden Verhältnissen und den heute wirksamen Kräften Folgerungen für die erdgeschichtliche Vergangenheit zu ziehen. Denn zu allen Zeiten werden wohl auf der Erde die gleichen Kräfte am Werke gewesen sein. Dieses für die moderne Geologie grundlegende Arbeitsprinzip bezeichnet man als „Aktualismus“, weil die augenblicklich wirkenden, die „aktuellen“ Kräfte die Richtschnur bilden. Gewiß muß man dabei die Einschränkung machen, daß die Intensität ihrer Wirksamkeit zu den verschiedenen Zeiten unterschiedlich gewesen sein kann. Das gilt ganz besonders von der Gebirgsbildung. Es scheint Epochen besonders reger Tektonik gegeben zu haben, die mit solchen verhältnismäßiger Ruhe abwechselten. Und letztere sind offenbar die häufigeren. Jedoch gibt es keine geologische Forma-

tion, in der nicht irgendwo auf der Erde tektonische und auch vulkanische Kräfte wirksam gewesen sind und uns Zeugen ihrer Tätigkeit hinterlassen haben. Absolute Ruhe ist unserer Erde fremd.

Wie kommt es nun zur Entstehung von Gebirgen? — Es sind hierüber bereits eine Fülle von Theorien entwickelt worden, doch um es gleich vorwegzunehmen: es ist die Geologie auch heute noch nicht in der Lage, eine erschöpfende Antwort auf diese Frage zu geben. Wir wissen nur, daß es sich um einen äußerst komplizierten Prozeß handelt, der durch das gleichzeitige Zusammenwirken verschiedener Faktoren zustande kommt. Sehr viele Hypothesen über Gebirgsbildung sind im Laufe der Zeit aufgestellt worden. Die meisten haben den großen Nachteil: sie stellen immer einen einzelnen Wirkungsfaktor in den Vordergrund und suchen mit diesem allein den ganzen komplizierten Vorgang zu erklären, seien es die Temperatur, Gravitation, Polfluchtkraft, Isostasie, Radioaktivität oder seien es Bewegungsvorgänge. Sie alle reichen aber nicht aus, den Gesamtprozeß wirksam genug zu beeinflussen. Trotzdem haben derartige Hypothesen ihren Teil beigetragen, wichtige Gesichtspunkte in die Erörterung zu bringen. Es dürfte nur heute noch verfrüht sein, aus der Fülle verschiedener Einzeltatsachen ein Endergebnis zu gewinnen. Viel wesentliche Forschungsarbeit muß in den verschiedensten Teilen der Welt noch geleistet werden. Auch sind uns manche Vorgänge heute noch nur unzureichend bekannt. Aber was heute der Wissenschaft noch verschlossen ist, wird uns die Forschung enthüllen.

Um einen Begriff von der Verschiedenartigkeit dieser Theorien zu geben, seien die vier wesentlichsten, von denen heute in Fachzeitschriften wie auch in der populären Literatur immer wieder die Rede ist, mit den nötigen kritischen Bemerkungen kurz wiedergegeben.

1. Die Erdkruste schrumpft (Kontraktionstheorie)

Man geht davon aus, daß sich die Erde infolge allmählichen Erkalzens im Laufe von Jahrmillionen mehr und mehr zusammenziehe. Die Kruste legt sich in Falten; es bilden sich „Runzeln“.

Die Gebirge wären demnach Erscheinungen der Alterung unserer Erde. So einleuchtend dies klingen mag und wie schön man an trocknenden Früchten ähnliche Erscheinungen im kleinen beobachten kann, es geht nicht an, so weit zu schematisieren. Bei der Gebirgsbildung treten neben den Zusammenziehungen deutlich auch Dehnungen und Zerrungen großen Maßstabes auf, für die unsere „Schrumpfungstheorie“ keine Erklärung geben kann. Außerdem sind Gebirgsbildungen auf bestimmte Perioden der Erdgeschichte beschränkt. Die allgemeine Abkühlung der Erde hingegen vollzieht sich beständig mit immer gleicher Intensität. Infolgedessen klafft hier ein Widerspruch auf zwischen der stetig verlaufenden Abkühlung einerseits und dem völlig anders garteten Vorgang der Gebirgsbildung. Trotzdem haben gewisse Grundsätze dieser Kontraktionstheorie auch noch in der modernen Geologie Bedeutung.

2. Die Erdrinde verbiegt sich (Undations- und Oszillationstheorie)

In Schwächezonen der Erdkruste dringen plastische magmatische Massen ein und erzeugen „Aufbeulungen“. Andererseits sinken Gebiete, in denen sich Schichten von Sedimenten anhäufen, immer tiefer in den nachgiebigen Untergrund ein. Bei dieser Ansicht werden sowohl aufwärts wie abwärts gerichtete Bewegungen berücksichtigt und gedeutet. Selbst eine seitliche Verschiebbarkeit des Magmas findet Raum. Trotzdem bleibt noch manches unbefriedigend, vor allem wird der Tatsache nicht gedacht, daß die Gebirgsbildungen im Laufe der Erdgeschichte rhythmisch auftreten und nach Zeiten gewisser Ruhe auch wieder erneut zum Aufleben kommen.

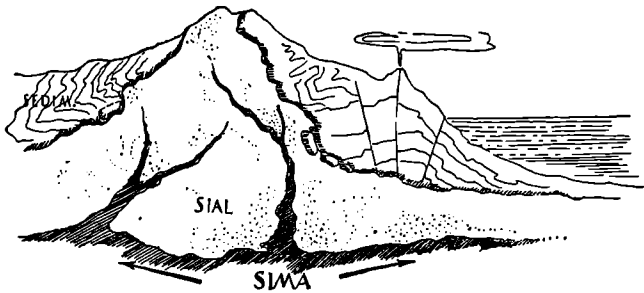
3. Krustenteile verschieben sich gegeneinander (Kontinentalverschiebung)

Die Erdkruste besteht, wie wir hörten, aus dem spezifisch schwereren basaltischen Sima, dem sich das leichtere granitische Sial überlagert. Aus letzterem setzen sich die Schollen der Fest-

länder zusammen. Eisbergen ähnlich dachte man sich die Kontinente auf dem Sima treibend und je nach ihrer Masse mehr oder weniger tief in dieses eintauchend. Damit schien übereinzustimmen, daß am Boden des Stillen Ozeans tatsächlich die Sialüberdeckung fehlt. Nach der Seite hin, in der sich nun die Festlandsschollen bewegen, werden sie gestaucht, und Gebirge falten sich empor. Ein solches Küstenrandgebirge wären die südamerikanischen Anden, wenn man annimmt, daß der Kontinent Südamerika eine Bewegung nach Osten gegen den Pazifik ausführt. Da sich infolgedessen die gegenseitige Lage der Kontinente in den einzelnen Erdzeitaltern stark verändert haben muß, wie Alfred Wegener auf Erdkarten darzutun versucht, muß sich auch die Lage der Erdachse und die der Erdpole im Laufe der Zeit verschoben haben. Daher müßten auch die Klimagürtel ganz anders als heute gelegen haben. All die aufgestellten Argumente halten aber einer strengen Kritik nicht stand. Eine zwingende Ursache für eine in der Karbonzeit einsetzende Bewegung der Kontinente, wie sie Wegener fordert, ist nicht vorhanden. Ebenso wenig hat sich der Beweis erbringen lassen, daß heute derartige Bewegungen bestehen, obwohl man wiederholt versucht hat, beispielsweise eine Verschiebung Grönlands gegenüber dem nordamerikanischen Kontinent nachzuweisen. Die Meere und Kontinente scheinen zu allen Zeiten etwa die gleiche Lage eingenommen zu haben, wenn auch flache Überflutungsmeere oftmals bis weit ins Innere der Festlandsmassen eindringen und anderseits zeitweilig Landbrücken zwischen den Kontinenten bestanden haben, die später wieder verschwunden sind. Verschiebungen kleineren Ausmaßes, immerhin von der Größenordnung einiger Hundert Kilometer, lassen sich in unseren Faltengebirgen als sogenannte Deckenschübe nachweisen. Und selbst gegenwärtig sind solche Vorgänge noch im Fluß. Beispielsweise an der berühmten San-Andreas-Verwerfung in Kalifornien wurden auf 8 km Länge bei dem starken Erdbeben von San Francisco im Jahre 1906 Verschiebungen bis zu 7 m wahrgenommen, und noch viele Jahre danach zeigten sie sich, wenn auch mit wesentlich geringeren jährlichen Ausmaßen.

4. In der Tiefe finden Strömungen statt (Unterströmungstheorie)

In großen Tiefen, in denen Temperaturen über 1000°C anzutreffen sind, treten infolge örtlicher Wärmeunterschiede im Magma Strömungen auf. Diese beeinflussen die darüber lagernde feste Kruste und lösen in ihr Druck- und Zerrungsbewegungen aus. Die festländische Scholle selbst wird nach dieser Theorie zwar nicht zu einer Eigenbewegung veranlaßt; doch wird sie in bestimmtem Umfange verbogen, bisweilen gekippt, und an Schwächestellen zerbrochen, wobei Teilschollen verschoben werden können und das Magma selbst gelegentlich bis zur Oberfläche emporringen kann.



Wir vermögen heute noch nicht die „Ursachen“ der Gebirgsbildung unbedingt sicher anzugeben. Nur gewisse räumliche und zeitliche Gesetzmäßigkeiten lassen sich feststellen. Denn immer liegt ein gewisser Rhythmus zugrunde, der sich in gesetzmäßiger Weise vollzieht. An bestimmten Stellen der Erde bilden sich Senkungsgebiete, Geosynklinalen, in die von den umliegenden Landmassen Ablagerungen durch die Flüsse hineingetragen werden. Das Sinken erfolgt jedoch nicht unter dem Gewicht der immer mächtiger werdenden Sedimente, wie es häufig dargestellt wird, sondern erst der Senkungsvorgang selbst ermöglicht die Ablagerung des Lockermaterials. Diese Gebiete sind die Geburtsstätten der späteren Faltengebirge. Meist findet sich in ihnen schon ein früher Vulkanismus. Nun erfolgt die Hauptfaltung. Doch vollzieht sie sich nicht an der Erdoberfläche, sondern in

beträchtlichen Tiefen, wo unter den dort herrschenden Drucken und Temperaturen das Gesteinsmaterial für derartige Verbiegungen genügend plastisch ist. In die entstandenen Lockerzonen dringen gleichzeitig magmatische Massen ein, die Plutone. Der verfestigte und gefaltete Gebirgskörper taucht tief in das Sima des Untergrundes ein. Er ist leichter als die benachbarten Krustenteile und erfährt nunmehr einen Auftrieb. Die Aufwärtsbewegung, die sich anschließt, läßt das Gebirge in seiner ganzen Größe sichtbar werden. Doch sofort beginnen auch die Kräfte der Abtragung und Verwitterung ihr zerstörerisches Werk, so daß die ursprünglich steilen und scharfkantigen Formen schließlich in ein sanftes flachwelliges Relief umgestaltet werden. Danach lassen sich rein äußerlich junge Faltengebirge, die sich in der Tertiärzeit bildeten und zu denen die Alpen und Pyrenäen, die Anden und der Himalaya zu rechnen sind, deutlich von den alten Rumpfbirgen, die bereits im erdgeschichtlichen Altertum entstanden sind und schon wieder weitgehend abgetragen wurden, wie etwa unsere deutschen Mittelgebirge, der Ural oder die Gebirge Skandinaviens, unterscheiden. In der letzten Phase einer Gebirgsbildung gelangen auch lebhaft vulkanische Erscheinungen zur Entfaltung, nicht nur in Form feuerspeiender Berge, sondern ebenso als Thermalquellen und Säuerlinge.

Unsere Erde hat schon mehrere große Gebirgsbildungen — mindestens deren fünf — durchgemacht. In langen Zyklen wiederholen sie sich und führen zu einer immer höheren Verfestigung der Erdkruste. Im Abklingen der letzten Gebirgsbildung, in der sich also die Alpen auffalteten und die daher auch als alpidische Ära bezeichnet wird, befinden wir uns augenblicklich. Daher treffen wir auch noch verhältnismäßig regen Vulkanismus auf der Erde und damit im Zusammenhange auch Erdbebenstätigkeit. Beide Erscheinungen sind auf bestimmte besonders bevorzugte Gebiete beschränkt. Die Krater der Vulkane sind jedoch keineswegs immer in Tätigkeit. Oft liegen sie jahrzehntlang wie erloschen da. Doch nur allzuhäufig wird nach einer längeren Ruheperiode ein solcher Berg wieder lebendig. Explosionen erschüttern das Land, das im Krater angesammelte Lockermaterial wird herausgeschleudert, und erneut kommen glutflüssige Laven

im breiten Strom zum Ausfluß. Immer wenn wir durch Zeitungsberichte wieder einmal erfahren, daß irgendwo ein Vulkan unter heftigen Begleiterscheinungen in Tätigkeit getreten ist, wie etwa der Ätna auf Sizilien im November 1950, werden wir eindringlich an die vulkanischen Kräfte erinnert.

Europa hat nur einen bescheidenen Anteil daran mit den Vulkanen Italiens und einiger Mittelmeerinseln, vor allem dem Vesuv, dem Ätna und den Vulkanen der Liparischen Inseln und der Santoringruppe im Ägäischen Meer. Diesem steht ein arktisches Vulkangebiet mit Island als Zentrum gegenüber. Das klassische Land der Vulkane ist jedoch Indonesien, und dann das Gebiet, das von den Sundainseln angefangen über die Inselgirlande der japanischen Inseln bis zu den Kurilen und den Vulkanen Kamtschatkas weiter verläuft. Auch Mittelamerika ist ein Land der Vulkane.

Die Art der Ausbrüche wie auch die dabei geförderten Auswurfmassen können sehr verschiedenartig sein. Man unterscheidet danach bestimmte Typen von Vulkanen.

Da entsteht zum Beispiel urplötzlich innerhalb weniger Tage durch Anhäufung feinsten Aschen ein Vulkanberg. Dies konnte man im Jahre 1937 am Raluan bei Rabaul auf Neupommern oder vor wenigen Jahren am Paracutin in Mexiko beobachten. Ebenso türmte sich im Jahre 1538 der Monte Nuovo bei Neapel unvermittelt bis zu 170 m Höhe am Meeresstrand auf und ist seitdem erloschen.

In anderen Fällen erfolgen zuerst heftige Explosionen, die tiefe Krater entstehen lassen. Im Jahre 1883 wurde beim Ausbruch des Vulkans Rakata in der Sundastraße fast die gesamte Insel Krakatau in die Luft gesprengt, und die ausgeworfenen Trümmer und Aschen wurden über eine 827000 qkm große Fläche verstreut. In einem Umkreis von 12 km war eine 20 bis 40 cm hohe Bimssteinschicht zu beobachten, wonach sich der bei diesem Ausbruch geförderte Bimsstein auf 18 cbkm schätzen ließ. Kopfgroße Auswürflinge, sogenannte Bomben, waren bis 20 km weit fortgeschleudert worden, kleinere, die Lapilli, sogar auf doppelte Entfernung. Eine riesenhafte Flutwelle durchmaß die Meeresreile und forderte viele Tausend Menschenopfer. Die Explosio-

nen waren bis Ceylon bzw. bis zum australischen Festland hin hörbar. Die Asche drang bis 30 km hoch in die Atmosphäre ein, und es dauerte Jahre, bis der feine Staub aus diesen hohen Schichten wieder zur Erde gesunken war. Sie war für lange Zeit die Ursache prächtiger Dämmerungserscheinungen.

Der weite Kessel des Ries in der Schwäbischen Alb, in dessen Mitte malerisch die altertümliche Stadt Nördlingen gelegen ist, und die zahlreichen Maare der Eifel verdanken solchen vulkanischen Explosionen, die sich während der Tertiärzeit abspielten, ihre Entstehung. Heute sind die rundlichen Hohlformen, die von einem ringförmigen Wall aus vulkanischem Lockermaterial eingefasst sind, teilweise mit blühenden Feldern erfüllt, teilweise als malerische Seen in die Landschaft eingebettet. Die ausgeworfenen Aschen aber haben einen fruchtbaren Ackerboden geschaffen. An vielen Orten sind sie zu mächtigen Schichten angehäuft und verfestigt. Es haben sich die Trasse und Bimssteine (Tafel S. 81) gebildet, wie sie im Brohltal oder im Neuwieder Becken abgebaut werden.

An tektonischen Linien, an Brüchen und Verwerfungen tritt das Magma selbst zutage. An solchen Schwächestellen der Erdkruste brauchen oft nicht erst besondere Krater geschaffen zu werden. Düninflüssige Laven treten aus und überdecken weite Flächen. Derartige Deckenergüsse sind beispielsweise für das arktische Vulkangebiet um Island und Grönland charakteristisch. Auch die sogenannten Trappbasalte in Vorderindien sind hierher zu zählen. Das Hochland des Dekhan mit 1,3 Mill. qkm Fläche ist das größte Basaltdeckengebiet der Erde.

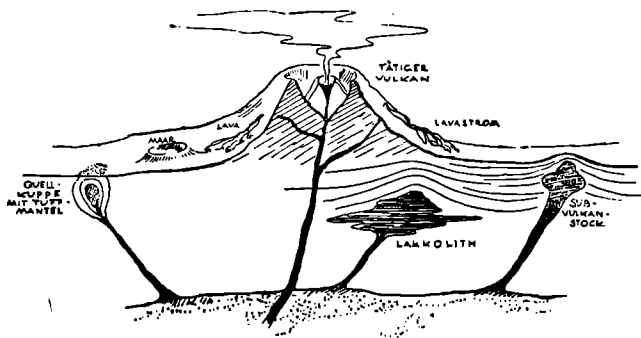
Sehr zähe Laven wiederum aus meist phonolitischen, aber auch aus basaltischen Gesteinen haben sogenannte Quellkuppen geschaffen. Durch Verwitterung sind daraus spitze Bergkegel geworden, wie wir sie besonders gut ausgeprägt in der Hegau-Landschaft am Bodensee oder in der Rhön finden. Bei der Abkühlung ist das Gestein in regelmäßigen prismatischen Säulen erstarrt, die immer senkrecht auf der ehemaligen Abkühlungsfläche stehen. Auch Reste ehemaliger größerer Decken sind uns erhalten. Die flachen, langgestreckten Rücken vieler Basaltberge im Erzgebirge sind hier zu nennen. Bei ihnen fehlt jedes Anzeichen

eines Schlotes, aus dem einst das Material aus der Tiefe emporgedrungen ist. Als Unterlagerung ist vielmehr gelegentlich tertiärer Meeressand anzutreffen. Aus dieser Tatsache glaubte man früher folgern zu müssen, daß es sich beim Basalt (Tafel S. 48) um ein Absatzgestein aus dem Meerwasser handele, das sich verfestigt habe. Es hat lange gedauert, bis diese sogenannte „neptunistische“ Theorie endgültig durch die „plutonistische“, die die vulkanischen Gesteine als aus dem Erdinnern herrührend betrachtet, widerlegt worden war.

„Lava“ ist kein Gesteinsname, sondern nur eine allgemeine Erscheinungsform, welche Magmen der verschiedensten Zusammensetzung annehmen können. Beim Austritt an die Erdoberfläche entweichen aus ihnen flüchtige Bestandteile und durchsetzen ihre äußere Kruste mit blasenartigen Hohlräumen. Es entsteht eine schlackige, stark poröse Oberfläche. Auch lassen sich infolge der Bewegung der Lavaströme deutlich Fließformen erkennen, die je nach ihrem Aussehen als Gekröse-, Strick- oder Fladenlava (Tafel S. 81) bezeichnet werden. Lavaströme haben in der Regel eine Geschwindigkeit von nur wenigen Zentimetern in der Stunde; doch sind bei heftigen Ausbrüchen auch wesentlich schnellere Flüsse beobachtet worden, beim Vesuvausbruch 1906 bis 67 m pro Stunde! Das Fließen ist meist mit starkem Lärm verbunden, da im Innern der Lava dauernd Umkristallisationen und Zerbrecen von bereits verfestigten Massen vor sich gehen. Frische, nicht völlig erstarrte Lava leuchtet bei Nacht feuerrot, da durch die Zwischenräume der Schlackenoberfläche das glutflüssige Innere sichtbar ist.

Der häufigste Typ des Vulkanberges ist der Schichtvulkan, bei dem sich wechselweise Schichten von Aschen und Laven übereinander lagern. Es entstehen schöne, ebenmäßige Kegelformen, wie sie etwa der Fujijama in Japan, der Mayon auf den Philippinen oder der Misti in den Anden verkörpern. Auch der Vesuv gehört diesem Typus an. Bei ihm stecken gleichsam mehrere Vulkane ineinander. Der äußere Ringwall der Monte Somma ist ein alter Vulkan, in dem der heute tätige seine „Caldera“, wie man jene Ringkrater auch bezeichnet, aufgebaut hat.

Ist ein Vulkan dauernd tätig, so sind seine Ausbrüche längst nicht



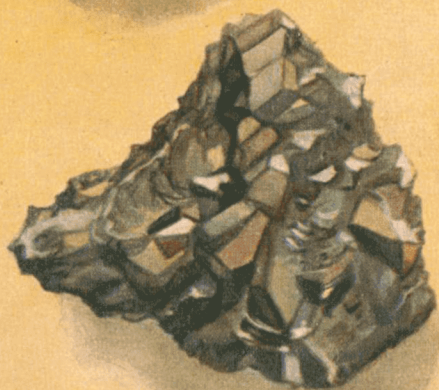
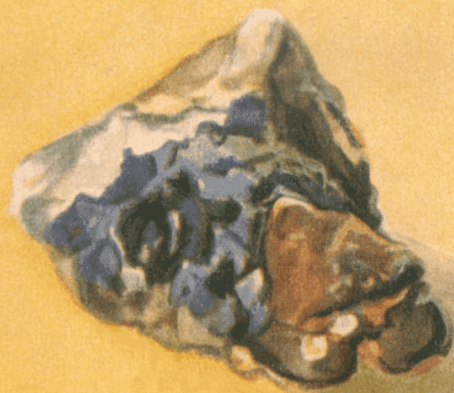
so gefahrbringend, wie wenn von Zeit zu Zeit nach Perioden der Ruhe die Tätigkeit mit äußerster Wucht erneut einsetzt. Am gefährlichsten sind die Vulkane, von denen sogenannte Glutwolken ausgehen, wie beim Merapi auf Java. Gase und überhitzter Wasserdampf wälzen sich zusammen mit Aschenbestandteilen mit großer Geschwindigkeit, Verderben bringend, die Berghänge hinab. Der Vorgang vollzieht sich so rasch, daß sich kaum jemand rechtzeitig in Sicherheit bringen kann. So wurde beim Ausbruch des Mont Pelée auf Martinique die Hafenstadt St. Pierre völlig zerstört und alles Lebendige vernichtet. Immer, wenn sich Wasser im Krater ansammelt, entstehen heiße Schlammströme; denn durch den Druck der Gase wird das Wasser zusammen mit Aschen und anderem Lockermaterial herausgepreßt und richtet beim Herabfließen schweren Schaden an. Alle feinkörnigen, losen Auswurfstoffe, die sich später zu Sedimentgesteinen verfestigen, nennt man Tuffe. Rührt das Material von untermeerischen vulkanischen Ausbrüchen her und wurde am Meeresboden mit Sanden und Kalken vermischt, spricht man von Tuffiten. Oft sind gröbere, kantige Gesteinsbrocken, die teilweise vom Nebengestein, das bei der Bildung des Kraters losgesprengt wurde, teils von großen Auswürflingen herrühren, zu mächtigen Schichtpaketen verkittet; da spricht man von Schlotbrekzien.

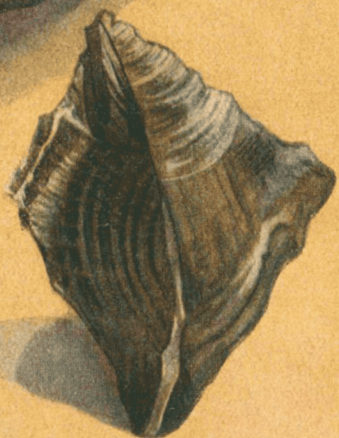
Die vulkanischen Gesteine kühlten sich beim Austritt an die Erdoberfläche rasch ab und erstarrten daher in verhältnismäßig kur-

zer Zeit. Es konnten sich keine großen, wohlgeformten Kristalle bilden. Wir beobachten vielmehr eine Grundmasse aus kleinen Kriställchen, die teils nur unter dem Mikroskop wahrzunehmen sind. In diese sind einzelne größere Kristalle eingebettet, die sich bereits bei höheren Temperaturen ausgeschieden haben. Man bezeichnet dieses Gefüge als „porphyrische“ Struktur und findet es in Abwandlungen in allen vulkanischen Gesteinen immer wieder. Je nach der Zusammensetzung des Magmas lassen sich dunkle, eisenmagnesiumreiche Gesteine, wie die Basalte (Tafel S. 48), von den hellen Lipariten (Tafel S. 81), die aus siliziumreichem granitischem Magma bestehen, trennen. Die Varietäten sind im allgemeinen äußerst zahlreich, und die meisten Vulkane enthalten ihr ganz spezifisches Magma. Das darf gleichzeitig als Beweis dafür gelten, daß es sich immer um örtliche Schmelzflüßnerster handelt, aus denen die einzelnen Vulkane ihre Substanz beziehen, und nicht etwa um ein gemeinsames Stammagma im Innern der Erde.

In vulkanischem Gestein sind Edelsteine und Erze selten; sie gehören einer späteren magmatischen Phase an, wie wir sahen. Doch ist beispielsweise der Diamant vulkanischer Entstehung. Aber Schwefel- und Arsenverbindungen in schönen gelb- bis rotleuchtenden Kristallen finden sich häufig als Niederschläge an den Wänden der Krater. In Spalten und Klüften setzen sich oft nachträglich noch allerlei Kristalle ab, wenn Lösungen und Dämpfe ausströmen. Wir finden grünen oder bläulichen Flußspat, Kieselsäure in Form des Opals, auch Kalkspatkristalle, ja selbst Schwefel- und Arsenverbindungen von Schwermetallen, wie gelbglänzenden Pyrit (Tafel S. 80) oder metallischen Arsenkies.

In unserer Heimat ist der Vulkanismus heute weitgehend abgeklungen. Nur kohlen säurehaltige Sprudel und Thermalquellen im Taunus, in Hessen oder am Fuße des Erzgebirges deuten noch auf sein Wirken hin. Aber die Landschaften, die der junge tertiäre Vulkanismus einst geformt hat, legen beredtes Zeugnis von seiner Intensität ab. Als sich im Süden die Alpen zu einem mächtigen Hochgebirge emporfalteten, da rauchten in unseren Mittelgebirgen vielenorts Vulkanschlote. Das Massiv des Vogelberges war einst ein gewaltiger Riesenvulkan. In der Schwäbischen Alb





finden sich verbreitet unzählige kleine Schlote. Der Hegau, der Kaiserstuhl, desgleichen die Eifel, die Rhön und Teile des Weserberglandes sind ehemalige Vulkanlandschaften. Auch das Erzgebirge und besonders das Böhmisches Mittelgebirge waren mit Vulkanen besetzt.

So sind im Ablauf der Erdgeschichte Gebirgsbildung und Vulkanismus aufs engste miteinander verknüpft.

Porphyr und Diabas

Ewig ruhelos ist unsre Erde. Zu allen geologischen Zeiten machen sich die Kräfte des Erdinnern bemerkbar und äußern sich in tektonischen und vulkanischen Vorgängen, immer wieder gibt es Perioden, die in besonders reichem Maße derartige umwälzende Prozesse aufweisen. Das sind die Epochen großer Gebirgsbildungen. Meist kommen sie weltweit zur Auswirkung.

Bereits im Altertum lagen deren mehrere. Infolge nachträglicher Abtragung und Einebnung der ehemaligen Gebirge ist es heute nach Jahrmillionen schwer, Umfang und Ausmaße des damaligen Geschehens zu überschauen. Am besten bekannt ist uns die sogenannte varistische Gebirgsbildung, die ganz am Ende des Erdaltertums lag und der wir in Europa die Auffaltung unsrer Mittelgebirge verdanken. Während der eigentlichen Faltungsphase bildeten sich ausschließlich Tiefengesteine. Sie drangen in Aufwölbungen ein und erstarrten hier. In der darauffolgenden Zeit, als bereits die Kräfte der Abtragung an den geschaffenen Formen modellierend wirkten, Flüsse Schuttmassen aus den Gebirgen ins Vorland transportierten und hier Becken ausfüllten, kam es außerdem zu verbreiteten vulkanischen Ergüssen. Die geologische Formation, die sich bildete, bezeichnet man als Rotliegend nach den mächtigen Ablagerungen der zu Konglomeraten und Letten verfestigten Schuttmassen, die vorwiegend eine intensiv rote Farbe zeigen. Sie ist auf Eisenoxyde zurückzuführen, wie sie bei Verwitterungsvorgängen unter dem Einfluß eines trockenen Klimas auftreten.

Aus dieser Rotliegendzeit rühren die Porphyre her, die sich sehr verbreitet an den Rändern unsrer Mittelgebirge und teilweise in großen Mengen auch innerhalb derselben finden. Vielfach handelt es sich um Deckenergüsse, deren Reste uns heute begegnen, oder es waren Einzelschlote angelegt, die an tektonischen Schwächezonen die damalige Erdkruste durchbrachen.

Seinen Namen hat das Gestein von der roten Purpurfarbe, die es gelegentlich aufweist. Doch ist diese keineswegs typisch, da es auch ganz schwarze, graue, bläulichrote und grünliche Spielarten gibt. Es handelt sich um ein granitisches Magma, das also die mineralischen Grundbestandteile Feldspat, Quarz und Glimmer enthält.

Der Feldspat wird meist durch den kalireichen Orthoklas vertreten. Es findet sich der schwarze Eisen-Magnesium-Glimmer, Biotit, und schließlich auch Quarz.

Da Porphyry im Gegensatz zu den in der Tiefe langsam auskühlenden Graniten an der Erdoberfläche verhältnismäßig rasch erstarrte, zeigt er eine typische Struktur, die man geradezu als die porphyrische bezeichnet. Sie ist für alle Oberflächen-gesteine charakteristisch und findet sich bei diesen in gewissen Abwandlungen regelmäßig.

Das Erstarren eines Magmas ist ein kontinuierlicher Vorgang.

Da die verschiedenen Mineralien sich bei ganz bestimmten Temperaturen aus der Schmelze ausscheiden, haben sich in der Regel bereits einige Kristallindividuen gebildet, wenn das Magma die Erdoberfläche erreicht. Diese Erstkristallisationen haben schöne, gut ausgebildete Kristallflächen.

Beim Austritt der Schmelze zur Erdoberfläche kristallisierten dann infolge der starken Abkühlung und ungeheuren Druckentlastung in rascher Folge alle übrigen Gemengteile. Dieser Rest, den man als Grundmasse bezeichnet, läßt nur sehr kleine Kriställchen erkennen, oft erinnert er auch an einen erstarrten Glasfluß und ist völlig amorph, das heißt ohne erkennbare Kristallformen. Je nach der Ausprägung spricht man deshalb von einer mikrokristallinen, amorphen oder glasigen Grundmasse. Oft lassen sich deutlich noch Schlieren, das sind streifige Stellen, erkennen. Sie deuten auf einstige Bewegungen hin, die beim Ausfluß des Magmas sich vollzogen. In diese sind dann die Kristalle mehr oder minder eingeregelt, das ergibt die sogenannte Fluidaltextur.

Die wohlausgebildeten, zuerst ausgeschiedenen Mineralien sind nun als Einsprenglinge in die Grundmasse eingebettet und heben



sich zumeist ihrer Größe nach deutlich von ihr ab. Wir nennen dies die hiatale Ordnung. Gelegentlich sind aber auch die verschiedensten Kristallgrößen in gleichsam lückenloser Folge nebeneinander vorhanden. Dies ist dann die seriale Ordnung. Tafel S. 96 zeigt als Beispiel den Quarzporphyr vom Petersberg bei Halle. Die hellen, fleischroten Feldspäte sind als große Einsprenglinge in einer rötlichvioletten Grundmasse eingebettet. Bisweilen kann man an den Feldspäten noch recht gut einen schaligen Aufbau erkennen. Dieser veranschaulicht, wie sich einst das Wachstum des Kristalls vollzogen hat. Ein Gürtel nach dem andern setzte sich an den äußeren Flächen gleichsam rhythmisch an. Manchmal wurden auch nachträglich einzelne der ausgeschiedenen Kristalle wieder teilweise aufgeschmolzen. Dabei wurden ihre Ecken gerundet, und es bildeten sich an den Berandungen Einbuchtungen, die Korrosionstaschen, die wir recht häufig beobachten. Solche korrodierten Kristalle können aber auch wieder weiterwachsen, und zum Teil vernarben dann die Wunden. Bedeutsam für derartige Formgestalten sind Temperaturschwankungen, die möglicherweise durch Bewegungsvorgänge im Magma herbeigeführt wurden oder vielleicht auch durch Gasreaktionen in der Schmelze, die ebenfalls Wärme produzierten. Andererseits wurde durch Abgabe flüchtiger Stoffe oft die Magmentemperatur plötzlich stark erniedrigt. Dies alles sind Vorgänge, die sich einst vollzogen haben und über die uns die Kristalle Auskunft geben, wenn wir sie sorgsam betrachten und ihre stumme Sprache zu deuten wissen.

Besonders Nordwestsachsen war in der frühen Rotliegendzeit in reichem Maße von Porphyrergüssen betroffen. Mindest deren zehn lassen sich auf Grund der verschiedenen Gesteinszusammensetzungen nachweisen. Meist sind es Quarzporphyre, wie der eben beschriebene vom Petersberg, von violetter bis rötlicher Farbe. Teilweise sind sie durch starken Gehalt von Pyroxen, einer Hornblende, dunkelgrau bis schwärzlich gefärbt. Der ganze Bereich der heutigen Leipziger Tieflandbucht war mit Decken vulkanischen Gesteins erfüllt, deren sich oft mehrere übereinanderschoben. Kleine Vulkankuppen, die an Spalten oft in großer Zahl aufgereiht waren, gaben der Landschaft ein abwechslungsreiches

Gepräge. Heute sind sie zum größten Teil längst abgetragen oder im Schutt untergetaucht, den in den folgenden geologischen Zeitläuften Meere und Flüsse, das nordische Inlandeis des Eiszeitalters nicht zu vergessen, hier anhäuften.

Besonders mächtig und ausgedehnt muß die Decke des Rochlitzer Quarzporphyrs gewesen sein. In ihre Überreste hat heute die Mulde ihren Lauf tief eingeschnitten, so daß ein reizvolles Tal mit Felspartien zu beiden Seiten, die aus Waldungen malerisch hervorragen, entstanden ist. Bei den Vulkanausbrüchen wurden viel vulkanische Aschen, Bomben und Lapilli emporgeschleudert. Auch diese häuften sich zu Decken an. Auf diese Weise entstand, wie wir es von den gegenwärtigen Vulkanen her kennen, ein sehr fruchtbarer Boden. Hier entfaltete sich im Umkreis der vulkanischen Schlotte eine üppige Vegetation von Araukarien, Baumfarnen, Calamiten und Zykadeen, das sind noch Kryptogamen und Nacktsamer. In den mächtigen Tufflagen finden wir ihre Reste sehr gut erhalten, weil sie nachträglich durch zirkulierende Kiesellösungen verfestigt wurden. Noch heute nach Jahrmillionen sind an ihnen alle Feinheiten des Gewebes zu erkennen. An vielen Stellen hat eine Verkieselung der Tuffe stattgefunden. Die von Natur verschiedenfarbigen Aschenbänder treten in dem auf diese Weise gehärteten Gestein besonders eindrucksvoll hervor, und es wird möglich, durch Polieren und Schleifen den Reiz noch zu erhöhen. Als Bandjaspis (Tafel S. 96) werden solche verkieselten Tuffe zu begehrten Schmucksteinen. In den Wäldern um Gnadstein und Kohren im Altenburger Land kann man sie in reicher Auswahl finden. Dem Nichtkenner fallen sie kaum ins Auge, da sie in unpoliertem Zustand unscheinbar ausschauen und in ihrer zumeist trüb rötlichen Farbe eher an Bruchstücke von altem Ziegelmauerwerk erinnern. Erst die Bearbeitung fördert ihre prachtvolle, vielfach wechselnde bunte Bänderung zutage. Die Farben reichen vom reinen Weiß bis zum Rot und Rotbraun, vom Gelb bis Graugrün und Bläulich.

Die Tuffe erreichen im Rochlitzer Berg eine Mächtigkeit von 80 m. Der Berg stellt den Rest eines alten Stratovulkans dar, der sich aus mächtigen Schichten von vulkanischen Aschen und Sanden sowie aus größerem Material zusammensetzt. Als Här-

ling hat er der Verwitterung getrotzt; denn obwohl es sich um sehr weiches Gestein handelt, ist die spülende Wirkung des Wassers gering, da dieses rasch in seinen zahllosen Poren und Klüften versickert. Als Werk- und Baustein wird er in großem Umfang abgebaut und gibt den umliegenden Siedlungen ihr Gepräge. Gern wird er als Verblendstein oder zur Einfassung von Türen und Fenstern sowie in Treppenhäusern und Durchgängen verwendet. Wegen seiner leichten Bearbeitbarkeit hat ihn auch die Plastik für ihre Zwecke nutzbar gemacht.

Der Porphyr selbst dient meist nur als Schotter, da er, obwohl viel härter und widerstandsfähiger als der Tuff, sich nur schwer bearbeiten läßt und meist stark geklüftet vorkommt, so daß sich keine größeren Platten aus ihm herstellen lassen.

Vulkanische Ergüsse ganz anderer Art aus dem Altertum der Erde finden sich im sächsischen Vogtland. Hier herrschte in der Devonzeit, also etwa 80 Millionen Jahre bevor die Porphyre empordrangen, ebenfalls lebhafte vulkanische Tätigkeit im Zusammenhang mit gebirgsbildenden Vorgängen. Das ganze Gebiet war damals von einem flachen Meere überdeckt, und die Eruptionen gingen am Grunde desselben vonstatten. Daher haben die Gesteine, die man als Diabase bezeichnet, ein besonderes Gepräge. Die Laven breiteten sich am Meeresgrunde aus, bildeten zum Teil dichte Massen, sogenannte Aphanite. Ihre Struktur war stark mit Hohlräumen durchsetzt, was erkennen läßt, daß unter heftigem Aufwallen Gase entwichen sind. Auf den Oberflächen der Aphanite sind Riefen und Wülste ausgeprägt, in denen man noch heute die Fließbewegungen gleichsam versteinert festgehalten findet, die die Lava einst vollführte. Fladen- und Strickformen, schöne kissenartige Anordnungen, sogenannte Pillowlaven, die aus einzelnen übereinandergetürmten kugeligen Diabasklumpen sich zusammensetzen, bilden oft mächtige Felspartien, malerisch und gigantisch zugleich. Am Kemmler unweit von Plauen finden sich hierfür schöne Beispiele.

Die Aschen und gröberen Auswürflinge sammelten sich am Meeresgrunde und wurden hier durch kalkige Bindemittel verkittet. Man bezeichnet derartig im Meere abgelagerte vulkanische

Lockermassen im Gegensatz zu den Tuffen als Tuffite, um die besondere Art ihrer Entstehung zu kennzeichnen. Sie sind mit tonigen und sandigen Sedimentmassen durchsetzt, und nicht selten findet man sogar versteinerte Meerestiere wie Korallen und Muscheln in ihnen.

Durchwandert man das Tal der Weißen Elster zwischen Jocketa und Elsterberg, so befindet man sich mitten im Diabasgebiet. In einem steilwandigen, engen Durchbruchstal bahnt sich der Fluß hier seinen Weg durch das überaus harte Gestein. Malerische Klippen und Felsabstürze umrahmen beide Ufer. Das Flußbett selbst ist mit gewaltigen Blöcken erfüllt, und, kleine Kaskaden bildend, stürzen die Wasser schäumend darüber hinweg. Die ausstrudelnde und polierende Wirkung der reißenden Strömung, die zu Hochwasserzeiten noch weit kräftiger ist, hat selbst die harten Diabase glatt geschliffen und an Stellen, wo im wilden Strudel kleinere Steine gerieben haben, Auskolkungen angebracht. Das malerische Felsgebiet des sogenannten „Steinicht“ ist heute unter Naturschutz gestellt. Doch wenig unterhalb haben Steinbrüche sich in den Fels eingefressen, um den Diabas zu gewinnen; denn die Abbaubedingungen sind hier außerordentlich günstig. Während man sonst mühsam von der Erdoberfläche aus in die Tiefe vordringt und dann das gebrochene Gestein mittels Kabelkränen und Schrägaufzügen nach oben befördert, kann man sich hier unmittelbar in die Wand hineinarbeiten, und eine im Tal angelegte Bahnstrecke besorgt den Abtransport. Es schallen weithin durch den Talgrund die Preßluftbohrer, die unablässig in den Wänden oft in schwindelnder Höhe die Sprengstellen vorbereiten. Von Zeit zu Zeit erschüttert eine Sprengung die Erde, und ein Stück der Felsen bricht heraus. Am Fuße der Wand entsteht eine Gesteinshalde sehr unterschiedlicher Blockgröße. Hier sind mit unermüdlichem Eifer Steinhauer am Werk, um das Material zu bergen. Große Blöcke werden durch Behauen in Form von Quadern gebracht, während kleinere und unregelmäßige Bruchstücke der Verwendung als Schotter zugeführt werden. Dieser wird als Straßenbelag und als Fundament für Gleisanlagen sehr geschätzt. Die größeren Blöcke ergeben Einfassungen und Bausteine.

Betrachten wir uns das Gestein einmal genauer, so sehen wir, daß es keineswegs einheitlich ausgebildet ist. Es gibt dichte, einheitliche Partien und Partien, die ganz unregelmäßig anmuten. In ihnen sind auch die Klüfte viel zahlreicher. Auf Befragen erfährt man, daß es sich das eine Mal um reinen Diabas, das andere Mal um sogenannte Diabasbrekzie handelt. Die unterschiedliche Ausbildung hängt mit der verschiedenen Entstehungsweise zusammen. Die am Meeresgrunde ausfließende Lava bildete beim Erstarren den dichten, feinkörnigen Diabas. In der Nähe des Schlotes fanden gleichzeitig Explosionen statt, und dabei wurde das im Krater angesammelte Aschenmaterial und auch das der darüber gelegenen Decke in die Luft gesprengt. Diese Trümmer, wie wir sie von unseren heutigen Vulkanen als Bomben und Lapilli kennen, bildeten Ablagerungen beträchtlicher Mächtigkeit und wurden wieder verfestigt, und das wurden die Brekzien, die sich durch kantige Bruchstücke in ihrem Verband auszeichnen. Betrachten wir uns die Mineralien, die den Diabas zusammensetzen, so erkennen wir einmal den Plagioklas, den kalknatronreichen Feldspat von leicht rötlicher bis bläulicher Farbe, ferner Augit, ein dunkelgrünes bis schwarzes Mineral, und gelegentlich in kleinen Einschlüssen auch gelblichgrünen Olivin. Gute Kristalle fehlen völlig, und Augit ist meist in grünlichen Chlorit umgewandelt. Das gibt dem gesamten Gestein eine grünliche Färbung und hat zur Bezeichnung Grünstein geführt. Die Diabasbrekzie ist in ihrem Gefüge viel unregelmäßiger; bisweilen befinden sich darin kleine Hohlräume, die mit Kalkspatkristallen durchsetzt sind. Da man solche Gebilde als Mandeln bezeichnet, wie wir sie bereits beim Achat kennenlernten, wird diese Varietät auch Diabasmandelstein (Tafel S. 96) genannt. Die Mandeln überschreiten freilich selten die Größe einer Nuß. Der hohe Kalkgehalt des Diabas rührt von den darin enthaltenen Feldspäten her. Er macht die Verwitterungskrume über Diabasen außerordentlich fruchtbar. Man hat schon Versuche angestellt, gemahlene Diabasstaub zur Düngung und Bodenverbesserung zu verwenden und dabei gute Erfolge erzielt. Porphyry und Diabas sind uns Zeugen des vulkanischen Geschehens im Altertum der Erde. Nur aus der Schichtenfolge, in

der sie vorkommen, können wir sie eindeutig klassifizieren. Ihrer Struktur nach aber und in ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden sie sich nur unwesentlich von den Ergußgesteinen, die der junge Vulkanismus, der von der Tertiärzeit bis in die Gegenwart hineinreicht, zutage gefördert hat, nämlich von den hellen Lipariten und Trachyten und den dunklen Basalten und Doleriten.

Granit

Der Granit ist uns das Sinnbild von Härte und unverwüstlicher Beständigkeit. Wir sagen „hart wie Granit“, lassen jemand „auf Granit beißen“ und sprechen im Hinblick auf sein ehrwürdiges Alter von „ewigen“ Bergen. Gleichwohl wissen wir aber, daß es härtere Gesteine gibt als Granit, und keineswegs unvergänglich ist sein Bestand, denn er unterliegt wie alle irdischen Gesteine der Verwitterung.

Den Namen „Granit“ verdankt er seiner körnigen Struktur, er wurde vom lateinischen granum, das heißt „Korn“, abgeleitet. Früher bezeichnete man jedes körnige Gestein ohne Rücksicht auf seine stoffliche Zusammensetzung als Granit. Erst als man die ungeheuere Mannigfaltigkeit der Gesteine nach ihrer äußeren Beschaffenheit, dem Alter, der geologischen Lagerung und Absonderung gliedern lernte und in ein System fügte, wurde der Name Granit auf eine Gruppe von Gesteinen ganz bestimmter Mineralzusammensetzung beschränkt.

Drei Mineralien zeichnen ihn vor anderen aus. Das sind Quarz, Feldspat und Glimmer, die beiden letzten in mannigfaltiger Ausprägung. Die Kristalle der Bestandteile sind zumeist klein und



selten regelmäßig gebildet, jedoch allenthalben als solche erkennbar. Man spricht daher von einem vollkristallinen Gefüge. Irgend besonders betonte Richtungen und Anordnungen finden sich nicht. Regellos liegen die verschieden gestalteten Kristallkörper nebeneinander, ein Zeichen dafür, daß das Gestein bewegungslos ohne

wirkende Drucke oder Spannungen erstarren konnte. Daß sich überhaupt Kristalle bilden konnten, setzt voraus, daß genügend Zeit zu allmählicher Abkühlung der ursprünglich glutflüssigen Masse vorhanden war. Denn bringt man beispielsweise schmelz-

flüssiges Metall unvermittelt ins Kalte oder schreckt es obendrein noch mit kaltem Wasser ab, so erstarrt es ohne zu kristallisieren, und es bildet sich eine einheitliche, oft nicht einmal gekörnte Masse heraus, wie wir es an Gläsern oder Metallguß beobachten können. Dem Granit war Zeit in ausreichendem Maße gegeben; er bildete sich in der Tiefe unter schützender Gesteinsdecke.

Aus der flüssigen Schmelze schieden sich mit fallender Temperatur die einzelnen Mineralien aus. Die Reihenfolge erkennt man gut an ihrer Formgebung, denn die zuerst gebildeten sind am vollkommensten gestaltet, da ihnen der meiste Raum zur Entfaltung geboten war. Die späteren mußten mit den verbleibenden Lücken vorliebnehmen. Zuallererst bildete sich der dunkle Glimmer, der Biotit, ein Magnesium-Eisen-Silikat, in schwarzglänzenden Blättchen, die gern sechseckig gerandet sind oder in zarten Nadeln oft gemeinsam mit andern dunklen Mineralien, der Hornblende oder dem Diopsid erscheinen. Es folgten die Feldspäte, welche Silikate der Metalle Aluminium, Kalium, Natrium und Kalzium darstellen, sei es Natronfeldspat oder Plagioklas, der vielfach im Bilde zurücktritt, sei es Kalifeldspat oder Orthoklas, oft mit zahlreichen Einschlüssen vorher ausgeschiedener Mineralien und vielfach mit schönen, großen Kristallen. Die Feldspäte sind es in erster Linie, die die Farbenpracht der Granite bedingen. Besonders graublaue, gelbliche, violette, rosarote bis tief fleischrote Farben sind zu finden. Gelegentlich schillert der gleiche Feldspat sogar in mehreren Farben, wie etwa der Labrador (Tafel S. 48), der ein Farbenspiel in blauen, grünlichen, gelben und braunen Tönungen entstehen läßt. Durch Polieren und Schleifen lassen sich Wirkungen von großer Schönheit erzielen. Man verwendet daher den Granit geschliffen gern zu Wandverkleidungen. Zuletzt schied sich aus dem erkaltenden Magma, der glutflüssigen Grundsubstanz der Gesteine, der Quarz aus. Er besteht aus reiner Kieselsäure, ist zumeist farblos und undurchsichtig oder reinweiß, bisweilen trüb violett. Da er die übriggebliebenen Lücken füllen mußte, finden sich keine schönen Kristallformen, wie wir sie etwa von den prächtigen, regelmäßigen, pyramidengekrönten Säulen des Bergkristalls kennen, der ebenfalls aus Quarz besteht.

Vielfach findet sich eine zweite Glimmerart, der helle, silbern oder bräunlich glänzende Kaliglimmer oder Muskovit (Tafel S. 48). Er hat sich in späterem Zustand gebildet und verrät uns, daß in einem solchen Granit nachträglich das Orthoklasmolekül nochmals umkristallisiert wurde. Früher glaubte man, ein sogenannter Normalgranit müsse unbedingt beide Glimmerarten enthalten, und stellte diesem die nur den dunklen Biotit enthaltende Gattung als Granitit gegenüber; heute wird sie allgemein als Biotitgranit (Tafel S. 97) bezeichnet.

Je eingehender man sich mit der Zusammensetzung der Granite beschäftigte und je mehr die exakte Gesteinsbestimmung mit Hilfe des Polarisationsmikroskops vervollkommen wurde, um so größer war die Vielfalt der Spielarten, die sich darbot. Bestimmte Mineralien haben nämlich die Eigenschaft, hindurchgehendes Licht dahin zu ändern, daß es senkrecht zu seiner Strahlenrichtung nicht mehr in allen Ebenen, sondern nur noch in einer schwingt, zum Beispiel nur von oben nach unten. Dies ist ein sicheres Unterscheidungsmerkmal schwer voneinander zu trennender Minerale. Daraufhin werden sie im Polarisationsmikroskop betrachtet, und so erkennt man eindeutig die verschiedenen Arten etwa der Feldspäte.

Außer den angeführten Hauptbestandteilen finden sich in den verschiedenen Graniten oft nur in geringen Spuren noch eine große Zahl weiterer Mineralien in wechselnder Häufigkeit. Hierhin gehören die bereits erwähnten dunklen Mineralien Hornblende und Augit, oder aber weingelber Topas, wie er sich im Granit von Altenberg im Erzgebirge findet, oder schwarzvioletter Turmalin im Eibenstocker Granit oder Beimengungen von metallisch glänzendem Magnetit im Granit von Breitenbrunn, um nur einige Beispiele aus dem Erzgebirge zu nennen, jener Wiege der Mineralogie.

Die Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung und die Verschiedenheit in oft räumlich benachbarten Vorkommen beweist, daß die Glutmasse, aus der die verschiedenen Granite entstanden sind, kein einheitlich zusammengesetztes Magma gewesen sein kann, sondern daß es sich jeweils um örtliche Sonderprägungen handelt.

Die Granite entstanden, als sich Gebirge bildeten und in auftretende Lockerzonen und Hohlräume das zu Granit werdende Magma als Tiefenkörper eindrang. Oftmals wurde unter den herrschenden hohen Temperaturen und Drücken verfestigtes Material, gleichgültig ob Erstarrungsgestein oder Absatz- und Schichtgestein, das heißt Eruptivgestein oder Sediment, in der Nachbarschaft des Granits erneut erweicht und in die Schmelze einbezogen. Nur so lassen sich befriedigend die oft eng umzirkten Unterschiede in der Gesteinszusammensetzung deuten.

Die Größe der Kristalle ist, wie bereits erwähnt, abhängig von der für die Erstarrung zur Verfügung stehenden Zeit. War diese reichlich bemessen, so bildeten sich sogenannte Pegmatite, das sind Granite mit großen Kristallindividuen; war sie hingegen nur kurz, so entstand ein feinkristallines Gefüge, wie es die Aplite aufweisen, die an Gängen und Spalten ins Nachbargestein eindringen und hier verhältnismäßig rasch erkalteten.

War bei der Entstehung ein Gebirgsdruck in bestimmter Richtung im Spiel, wurde zum Beispiel ein Granit von einer späteren Gebirgsbildung überformt, so trat an die Stelle der Richtungs- und Regellosigkeit des Kristallgefüges eine deutliche, ausgeprägte Ordnung in bestimmten Hauptrichtungen. Man bezeichnet derartige Gesteine als Gneis. Der Bestand an Mineralen ist im allgemeinen der gleiche, nur erscheint das Gestein gleichmäßig, oft leicht wellenförmig gestreift. Interessant sind Strukturen in manchen Graniten, in denen frühere Bewegungen gleichsam versteinert erhalten geblieben sind; man nennt sie geradezu Fließstrukturen. Bei den Augengneisen (Tafel S. 97), die wir in unseren Mittelgebirgen finden können, sind große Feldspatindividuen als Schwimmkörper in einem schlierenbildenden, feinkristallinen Untergrund eingebettet und leuchten als „Augen“ aus diesem hervor.

Goethe sah in seinem klassischen Aufsatz „Über den Granit“ (1784) in ihm noch die „Grundfeste unserer Erde, worauf sich alle übrigen mannigfaltigen Gebirge hinaufgebildet“. Seine Zeitgenossen, voran A. G. Werner, hielten den Granit für ein aus Meereswassern abgeschiedenes Produkt. Erst L. v. Buch gelang es, diese „neptunistische“ Auffassung zu überwinden und die

„plutonistische“ an ihre Stelle zu setzen, die den Granit als aus dem glutflüssigen Magma des Erdinnern hervorgegangen deutet.

Man begegnet dem Granit in allen Höhenlagen, in den Gipfelregionen der Hochgebirge, in den Mittelgebirgen und auch an tiefgelegenen Stellen, beispielsweise im Schärengbiet Stockholms oder in Innersibirien, wo in geologischen Zeiten ehemalige Gebirgsmassive bis zur Meereshöhe verebnet wurden. Wir wissen heute, daß es sich hier nicht um die Erstarrungskruste der Erde handelt, wie noch Goethe vermutete, sondern daß die Granite zumeist in späteren Perioden der Erdgeschichte gebildet wurden und umgestaltend und erneut verflüssigend in die bereits verfestigte Kruste aus noch tieferen Stockwerken des Erdmantels empordrangen. Da, wo wir heute Granite offen an die Erdoberfläche treten sehen, haben die seit der Entstehung verflössenen Zeitläufte alles ehemals als schirmendes Dach darüber lagernde Gestein hinweggeräumt.

Das Alter der Granite, das man in geologischen Größenordnungen nach Jahrmillionen zu veranschlagen hat, ist sehr unterschiedlich. Jede große Gebirgsbildung, die unsre Erde heimsuchte — und es gab deren mindestens fünf —, hat Granite entstehen lassen. Die ältesten freilich sind bei späteren Bewegungen nochmals verformt und durchbewegt worden, so daß sie uns heute — unkenntlich fast — als Urgneise entgegentreten.

Die Granite, die wir in unseren deutschen Mittelgebirgen, im Schwarzwald, Spessart, Harz, Thüringer Wald, Fichtelgebirge oder Erzgebirge antreffen, gehören der sogenannten variszischen Gebirgsbildung an, die etwa gleichzeitig mit der Bildung unsrer Steinkohlenlager vonstatten ging. Doch gibt es auch Granite jüngeren Alters. Aus der Tertiärzeit stammen die Granite von Elba und wahrscheinlich viele der Alpen und des Himalaya.

Erwähnenswert ist die weite Verbreitung von Graniten im ganzen norddeutschen Tiefland. Hier hat das nordische Inlandeis während des Eiszeitalters große Mengen sogenannter Findlinge oder erratischer Blöcke aus Skandinavien und den Ostseeländern abgelagert, die seit frühesten geschichtlichen Zeiten wertvolles Baumaterial in den sonst steinarmen Gegenden darstellten.

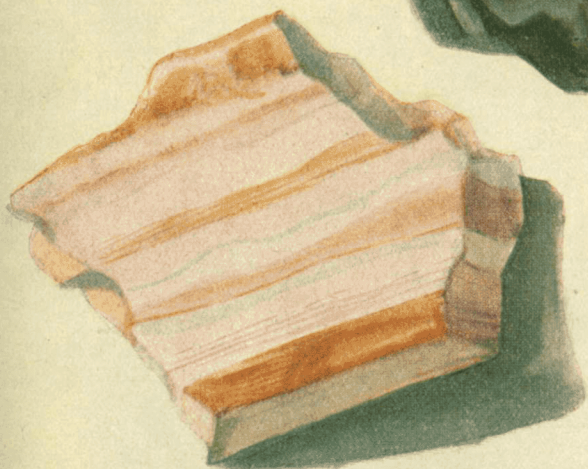
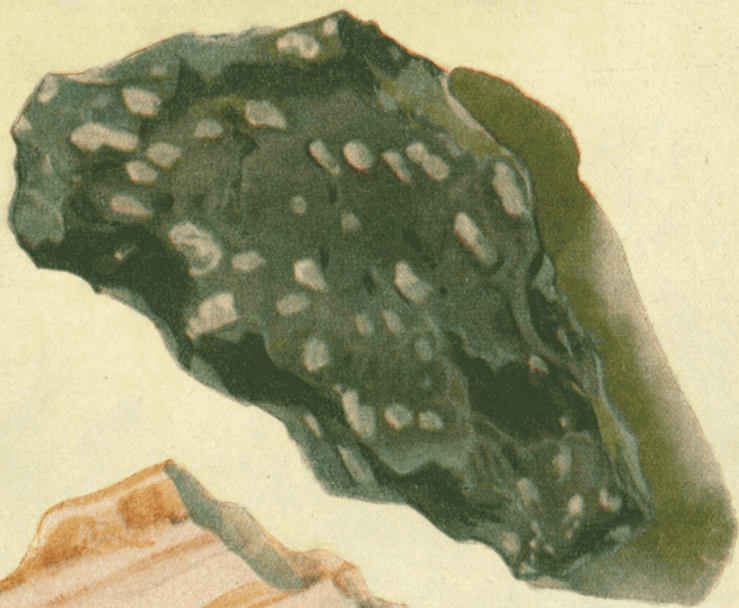
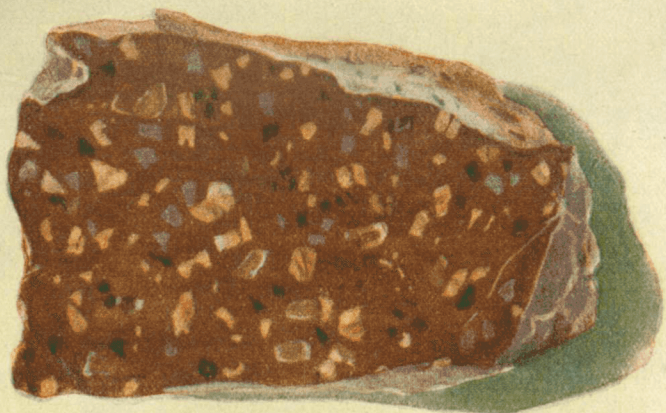
Wo Gränit zur Erdoberfläche hin austreicht, da beginnen an ihm die Verwitterungskräfte ihr zerstörendes Werk. Wasser und Eis, Sonne und Frost, Wind und eigene Schwere sind gleichermaßen beteiligt. Die unterschiedliche Erwärmung der hellen und dunklen Mineralien verursacht Spannungen, die das ganze Gestein nach und nach klüften. In diese Spalten dringt das Sickerwasser ein, führt einerseits die löslichen Bestandteile, wie Kalk und bestimmte Metallsalze, weg und wirkt andererseits beim Gefrieren noch zu seinem Teil am Auseinandersprengen der Blöcke mit. So sind die größten Felsen der Zerstörung unrettbar preisgegeben. Entlang der Kluftflächen schreitet die Verwitterung voran, und es entsteht eine eigenartige bankige oder kissenartige Absonderungsform, die durch die bei der Gebirgsbildung entstandenen Kluftsysteme besonders gefördert wird. Sie begegnet uns allenthalben in den Granitgebieten unsrer Mittelgebirge.

Im Laufe der Jahrtausende werden die Felsen immer stärker zergliedert, und es entstanden oft Anhäufungen gewaltiger Blöcke, teils völlig voneinander gelöst, teils noch in lockerem Zusammenhang, als hätten Gigantenfäuste sie übereinandergetürmt. Eines der malerischsten dieser „Blockmeere“, die in mehr oder minder großer Ausdehnung sich verstreut in den Kammlagen unserer Gebirge finden, ist das Blocklabyrinth der Luisenburg an der Kösseine im Fichtelgebirge. Man sucht heute vergebens nach den Kräften, die diese Formen zu schaffen vermochten; denn was die gegenwärtige Witterung auch unter ungünstigsten Verhältnissen an Regen und Schnee zu bieten hätte, reichte bei weitem nicht aus, auch nur die geringfügigsten Bewegungen dieser Blöcke zu bewirken oder die dabei entstandenen ungeheuren Schuttmassen wegzuräumen. Wir neigen heute dazu, in diesen Blockmeeren „Formen der Vorzeit“ zu sehen. Unter der Einwirkung des Eiszeitklimas kam es in Mitteleuropa zu einem stark ausgeprägten jahreszeitlichen Wechsel von Bodenfrost und Wiederauftauen. Hieraus ergaben sich Strömungsvorgänge im Boden, die Solifluktion; diese schuf die Voraussetzung zu der gigantischen Blockbildung. In einer anschließenden Zeit wurden unter feuchteren Klimaverhältnissen, als sie heute herrschen, die feineren, grusigen Bestandteile zwischen den Blöcken aus-

gewaschen und weggeführt, so daß sich unserm Blick die Blöcke als Überbleibsel, Formen einer fernen Vergangenheit, malerisch mit Moosen und Flechten überkleidet, von Waldungen umgeben, doch selbst jeder Kultivierung trotzend, regungslos verharrend, darbieten.

Der landschaftliche Charakter von Granitgebirgen ist nicht einheitlich. Aus unseren Mittelgebirgen sind wir flache Kuppenberge und sanftgewellte Rücken gewohnt, die meist bis in die Gipfelregion hinauf Nadelwälder tragen. Nur hie und da ragen vereinzelt bizarre Klippen- und Wandpartien hindurch. Im Kirchberger und Bergener Gebiet in Sachsen bildet er beckenförmige Vertiefungen, die umrandet werden von widerstandsfähigerem Nebengestein, einem Kranz von Phylliten und Glimmerschiefern (Tafel S. 112). Im Hochgebirge unter dem Einfluß von Schnee und Eis zeigt der Granit schroffe Grate und wildgezackte Formen, die von den eben geschilderten völlig verschieden sind. Auch die vergneisten Granite, die zumeist in der Schieferungsrichtung bedeutend widerstandsfähiger sind, neigen dazu, besonders bei steilstehender Schieferung, Gebirgskämme, Nadeln und Pfeiler entstehen zu lassen.

Hand in Hand mit dem mechanischen Zerfall geht die chemische Zersetzung des Granits. Es dauert nicht lange, so verliert in einem Steinbruch eine frischangeschlagene Wand ihre frischleuchtende Farbe und überzieht sich mit einer gelbbraunen Kruste. Dies ist die Folge von eisenhaltigen Sickerwässern, die Limonit und Eisenhydroxyd absetzen. Feldspäte und Glimmer sind der chemischen Verwitterung besonders ausgesetzt und verwandeln sich unter ihrem Einfluß in Tonerde und bindigen Lehm. Solch gelbbrauner Lehm, in den meist noch größere, unzersetzte Gesteinsbrocken eingebettet sind, ist der typische Verwitterungsboden der Granitlandschaften. Er unterliegt vor allem in geneigtem Gelände alsbald der flächenhaften Abspülung, sofern ihn nicht eine schützende Vegetationsdecke am Ort zu halten vermag, wie es in Gebirgen die Wälder besorgen. Kahlschläge wirken sich auch hier zumeist katastrophal aus. Nach dem Verschwinden des Waldkleides ist die meist spärliche Bodenkrume rettungslos verloren, und nur langsam im Laufe langer, langer





Jahre vermag sie sich neu zu bilden. Mühsam nur ist eine neue Aufforstung möglich.

Auch Pflanzen und Humusstoffe sind bei der chemischen Zersetzung beteiligt. Unter ihrem Einfluß entsteht aus dem Feldspat Tonerde oder Kaolin, der Grundstoff der Porzellanfabrikation. Doch sind die Tonerden der Granite meist stark verunreinigt und daher allenfalls für die Verarbeitung zu Schamotte zu brauchen. Der Quarz des Granits wird von der chemischen Verwitterung nicht angegriffen. Er gelangt als Kiesel in die Bäche und Flüsse und wird hier im Spiel der Wellen und Strudel mechanisch gerundet.

Infolge seiner weltweiten Verbreitung wurde der Granit schon früh als Bau- und Werkstein verwendet. Seiner unterschiedlichen inneren Zusammensetzung zufolge ist auch seine Qualität und damit die Verwendbarkeit sehr verschieden. Je feiner die Körnung, um so größer ist in der Regel die Härte und Haltbarkeit. Die feinkörnigen Granodiorite der sächsischen Lausitz zum Beispiel eignen sich besonders zu Bord- und Pflastersteinen. Ist das Gestein wenig geklüftet, so lassen sich aus ihm große Blöcke gewinnen. Starke Klüftung und große Kristallformen, wie wir sie bei den Pegmatiten antreffen, mindern die Qualität. Als Bahn- und Wegeschotter sind solche Granite immerhin brauchbar. Berühmt sind wegen ihrer vielfältigen Farbenpracht die Granite des Fichtelgebirges. Geschliffen und poliert eignen sie sich vorzüglich zu Schmuck- und Verblendsteinen. Ein als Baustein geringwertiger Granit ist beispielsweise der „Greisen“ von Altenberg im Erzgebirge. Rasch verwandelt er sich in bröckeligen Grus und gewinnt seinen eigentlichen Wert nur durch die geringe Zinnerzbeimengung, die ihn abbauwürdig werden läßt. Ähnlich brüchig ist der Rapakivi Granit, ein leuchtendrotes Gestein aus Finnland, das sich sehr zahlreich in den norddeutschen Geschieben findet.

Vielfalt der Ausprägung und Erscheinung wie des Vorkommens, sowie weitgespannte Möglichkeiten der Verwendung kennzeichnen den Granit. Für den Entwicklungsgang unserer Erforschung der Erde ist er ein Markstein geworden. Er ist im wahrsten Sinne des Wortes das „Gestein der Gesteine“.

Schiefer

Wenn man sich, vom Flachland her kommend, unseren Mittelgebirgen nähert, so fällt einem auf, wie allmählich in den Ortschaften, den Dörfern wie Städten, die roten Ziegeldächer zurücktreten und der blauschwarze Dachschiefer schließlich die Oberhand gewinnt. Es gibt in unsrer Heimat Landschaften, wo die Schieferdächer völlig das Bild bestimmen, etwa in den Gebirgen am mittleren Rhein, im Moseltal oder in Thüringen. Hier überall ist der Schiefer leicht zu beschaffen, da er in der Nähe als Gestein ansteht.

Was nun zeichnet ihn vor anderen Gesteinen aus und wie haben wir uns seine Entstehung zu denken? Wir müssen vorausschicken, daß der bekannte Dachschiefer nur eines unter den mannigfaltigen Schiefergesteinen ist, die auf der Welt vorkommen und von denen wir uns einige näher betrachten wollen. Der Name „Schiefer“ sagt zunächst nichts aus über die Mineralzusammensetzung des Gesteins, sondern bezieht sich vor allem auf die Anordnung der Gemengteile im Raum, auf die sogenannte „Textur“ des Gesteins. Diese ist unter dem Einfluß gebirgsbildender Vorgänge zustande gekommen.

Wir befassen uns zunächst näher mit dem Dachschiefer. Vor mehr als 300 Millionen Jahren, noch ehe die Mittelgebirge sich emporfalteten, erstreckte sich von Süden her bis in die Gebiete der genannten Schiefervorkommen ein weites Meer. In dieses wurden von den angrenzenden Festländern und den damaligen Gebirgen Massen von Abtragungsmaterial hineingeschwemmt. In Deltas und Buchten mit ruhigem Wasser konnten sich die fein zerriebenen, tonigen Schlammte absetzen und türmten sich im Laufe der Jahrtausende zu mächtigen Schichten. Sie bildeten das Ausgangsmaterial unserer heutigen blauschwarzen Dachschiefer. In jener Zeit, die als Steinkohlenformation oder Karbon bezeichnet wird, wucherten dicht benachbart auf dem festen

Lande unabsehbare Urwälder mit einer üppigen Vegetation von baumhohen Farnen, bärlappartigen Schuppen- und Siegelbäumen sowie gigantischen Schachtelhalmen. Aus diesen gingen die mächtigen Steinkohlenlager hervor, die heute an Ruhr und Saar, bei Zwickau und im polnischen Steinkohlengebiet abgebaut werden.

Als wesentliches Kennzeichen des Schiefers, das ihn als Baustein und besonders als Material für die Belegung der Dächer geeignet macht, ist neben seiner Härte und großen Beständigkeit den Einflüssen der Witterung gegenüber vor allem seine ausgezeichnete Spaltbarkeit zu nennen, die es erlaubt, ihn in Platten, die nur 4 bis 10 mm dick sind, zu zerlegen. Diese Eigenschaft hat der Stein unter dem Einfluß des Gebirgsdruckes erhalten.

Die Gebiete, in denen sich im Vorland der Gebirge die Sedimente ansammeln, sind Senkungsräume. Unter der dauernd zunehmenden Last des sich darüber ablagernden Materials gelangen die Tone in immer größere Tiefen und damit unter höhere Temperatur- und Druckverhältnisse. Der Tonschlamm verliert sein überschüssiges Wasser und erhärtet zu Schieferthon. Werden derartige Senken, die auch als Geosynklinalen bezeichnet werden, von einer Gebirgsbildung erfaßt, so sind sie infolge der hohen Plastizität ihres Materials gut imstande, den wirkenden Kräften nachzugeben und sich zu verfallen. Bei starkem, gerichtetem Gebirgsdruck entsteht der Tonschiefer. Dabei verändern sich die Mineralien. Aus den ursprünglichen, wasserreichen Tonmineralien bilden sich neue, wasserärmere. Beispielsweise findet sich derart der Serizit, ein seidenglänzendes, glimmerartiges Mineral.

Die winzigen Kristalltäfeln ordnen sich unter der Wirkung des Druckes senkrecht zur Richtung desselben an. So entstehen im Gestein die Schieferungsflächen, die keineswegs mehr mit den ursprünglichen Flächen der Schichtung zusammenzufallen brauchen. Nur an Stellen, an denen ausschließlich vertikaler Belastungsdruck auf horizontal liegende Schichten wirkte, sind beide Richtungen identisch. Sobald aber infolge der Vorgänge der Faltung eines Gebirges seitlich wirkender Druck auftritt, sind die Ebenen der Schieferung von denen der Schichtung verschie-

den. Bisweilen lassen Druckwirkungen aus verschiedenen Richtungen in ein und demselben Gestein zwei einander durchsetzende Schieferungsebenen entstehen. Hierbei ist zumeist das Gestein nacheinander zwei verschiedenen tektonischen Prozessen unterworfen gewesen. Ein derartig beanspruchtes Gestein bildet keine ebenmäßigen Platten mehr, sondern zerfällt infolge der beiden sich durchkreuzenden Spaltebenen in schmale Späne. Als Beispiel sei der im Silur gebildete Griffelschiefer genannt, der ebenfalls im Frankenwalde beheimatet ist, nicht weit vom obengenannten Tafelschiefer, gleichsam als ob von der Natur bereits Schiefertafel und Griffel füreinander bestimmt seien. .

Weithin sind die Dachschieferbrüche von Lehesten bei Saalfeld im Frankenwald bekannt. Hier wird sogenannter „Kulmschiefer“ abgebaut. Kulm ist die Bezeichnung für das untere Karbon und ist hier im Lande der oberen Saale oft als Name für die flachen mit Fichtenwald bestandenen Kuppen gebräuchlich, die aus Schiefer- oder Grauwackengesteinen aufgebaut sind. Zumeist wird hier der Schiefer im Tagebau gewonnen. Nahezu senkrecht erheben sich die schwarzen, oft von der Bergfeuchte glänzenden, hohen Wände des Tagebaues. An einzelnen Stellen gähnen Stollenöffnungen, denn auch unter Tage wird gelegentlich der Abbau betrieben, so daß oft beträchtliche Höhlungen entstehen. Die einzelnen Horizonte des Gesteins sind nämlich nicht gleichartig. Enggeschiefertes, dichtes Material, das sich gut in Platten zerlegen läßt, wechselt mit stark klüftigem, das teilweise schon der Verwitterung erlegen ist und daher als Werkstein nicht zu gebrauchen ist. Der Anteil des Unbrauchbaren, das als Abraum auf die Halden wandert, ist verhältnismäßig hoch und macht etwa neun Zehntel aus. Daher türmen sich in der Nachbarschaft des Tagebaus riesige Halden, die mit ihren kahlen, unbewachsenen Hängen weithin in der Landschaft sichtbar sind. Ungefähr fünfhundert Kubikmeter Abraumgestein wandern seit dem Jahre 1890 täglich auf die Halde des größten Lehestener Bruches, des Örtelbruchs. Dieses Material enthält Beimengungen an Schwefelkies und Eisenocker, die von den Regenwässern herausgewaschen werden, in der Umgebung zu braungelben Absätzen von schwefelsaurer Tonerde oder Brauneisen führen und das

Aufkommen von Vegetation verhindern. Ebenso zeigen die umliegenden Bäche eine charakteristische Verfärbung. In ihnen ist auf weite Strecken hin jedes Leben erloschen. Es ist vorläufig noch nicht gelungen, hier Abhilfe zu schaffen.

Die untersten Kulmschiefer, die sogenannten Alaunschiefer, wurden früher vielfach zur Gewinnung von Alaun und Vitriol benutzt. Die Feengrotten bei Saalfeld, die heute als einzigartiges Naturwunder Weltruf genießen, sind ein derartiger alter Alaunstollen gewesen.

Plattenschiefer wird heutzutage unter Einsatz modernster technischer Mittel gewonnen. Mittels eines Löffelbaggers wird zunächst die auflagernde Erdschicht und der Verwitterungsschutt weggeräumt. Dann beginnt der eigentliche Abbau, bei dem heute Schrämmaschine, Preßluftbohrer und Sprengungen an die Stelle der früher mühsamen Loslösung des Gesteins im Handbetrieb getreten sind. Die Zahl der Arbeitskräfte konnte daher beträchtlich vermindert werden. Die Abraumarbeiter verladen den lockeren Schutt und alles für die weitere Verwertung unbrauchbare Material in die Schutthunte, kleine vierrädrige Loren, die den Abraum zur Halde befördern. Andere Arbeiter treiben mit Fäusteln Keile unter Benutzung vorhandener Spaltflächen in große Blöcke und zerlegen diese in Platten, oder bringen mit Hacke, Pickel und Brecheisen durch die Sprengung gelockerte Wandpartien zum Absturz und tragen das plattige Material zusammen. Dieses verstauen sie auf flachen Plattenhunten, welche über Bremsberge aus dem Abbauloch emporgezogen und dem Verarbeitungswerk zugeleitet werden.

Die Weiterverarbeitung erfolgt in der Spalthütte. Hier sind an langen Tischen die „Spalter“ dabei, den Stein „aufzumachen“. Sie setzen die Platten so auf den Spaltkasten, daß die Spaltflächen senkrecht zu stehen kommen. Leichte Schläge mit der Spaltschlauder treiben den Meißel zwischen die Spaltflächen hinein, wobei es vielfach notwendig ist, noch keilige Spaltspäne zu setzen, bis schließlich der Stein in eine Anzahl dünner Platten zerlegt worden ist. Die Aufspaltung kann bei gutem Material bis zu einer Plattenstärke von 4 mm fortgesetzt werden. Die gespaltenen Platten erhalten dann die „Schieferschneider“, die mit

einer Schieferschere, die einer Blechschere sehr ähnelt und nach dem Prinzip eines Winkelhebels arbeitet, sie in der jeweils gewünschten Größe zuschneiden. Für besondere Zwecke werden vielfach auch mit Hilfe von Schablonen auf den Schiefer bestimmte Flächenformen, auch mit Rundungen usw., eingeritzt und dann herausgeschnitten.

Außer für den Dachbelag gelangt Schiefer auch des öfteren zur Verwendung für Wandverkleidungen, zu Treppen- und Flurplatten, zu Schalttafeln, Fensterbänken, ja sogar zu Tischplatten.

Die Kulmschiefer sind im allgemeinen arm an Versteinerungen. Nur einige wenige Pflanzenabdrücke sind darin vorzufinden. Um so besser sind wir durch Funde über die reiche Lebewelt der noch weiter zurückliegenden Devonzeit unterrichtet. Ihre Spuren sind in reichem Maße in den Dachschiefern des Hunsrück erhalten geblieben. Seelilien und Einzelkorallen gedeihen zwischen Tangen. Die urzeitlichen Dreilappkrebse, die Trilobiten, die an große Asseln erinnern, kriechen neben Muscheln und Seesternen am Meeresgrunde dahin, während fremdartig anmutende Panzerfische und Tintenfischarten mit ammonshornartigen Gehäusen die Wasser durchqueren. Wir staunen heute darüber, daß dermaßen zarte Formen wie die Seelilien oder die Schlangensterne, die einst im Schlamm des Urmeeres zugrunde gingen, die gewaltigen tektonischen Beanspruchungen während der Bildung des Schiefers überstanden haben und uns heute in bewundernswerter Erhaltung und Lebensechtheit vom Sein jener fernen Urweltstage zu künden vermögen.

Außer aus Absatzgesteinen entstandenen Schiefern, an die wir beim Namen „Schiefer“ meist denken, gibt es nun noch eine beträchtliche Zahl anderer geschieferter Gesteine. Das ist die große Gruppe der kristallinen Schiefer (Tafel S. 112). Sie sind in den zentralen Zonen der Falten- und Deckengebirge anzutreffen, denn hier waren die Voraussetzungen für die Ausbildung einer Schieferung am günstigsten. Auch kristalline Gesteine können unter der Einwirkung des Gebirgsdruckes, wie wir an früherer Stelle am Beispiel des Granits bereits sahen, eine Schieferung annehmen. Es bilden sich aus ihnen Gneise. Da diese Vorgänge sich in

größeren Tiefen unserer Erde abspielen, wo hohe Temperaturen und Drucke herrschen, findet eine Umwandlung des betroffenen Gesteins, eine Umkristallisation, statt. Es entstehen dabei neue, andersartige Mineralien aus der gleichen Substanz. Sie sind für die bei der Bildung herrschenden Temperatur- und Druckbedingungen charakteristisch, so daß man nachträglich aus ihnen erschließen kann, in welcher Tiefe das Gestein einstmals entstanden ist.

Bei einer Wanderung im Erzgebirge begegnet man allenthalben solchen kristallinen Schiefen. In der Kernregion in Nähe des Kammes liegen, von dünner Verwitterungskrume überdeckt, die ausgedehnten Areale des roten und grauen Gneises, dessen Mineralzusammensetzung die des Granites ist. Nach Norden anschließend und besonders reich vertreten besonders im südwestlichen Teil findet sich der Glimmerschiefer (Tafel S. 112). Bei ihm sind in blättrige Lagen hellen oder dunklen Glimmers ovale, faserige Quarzlinsen eingebettet. Teilweise sind auch durch nachträgliche Zersetzung unansehnlich gewordene Granatkrystalle eingestreut, die uns Hinweise über die Bildungsbedingungen dieses Gesteins zu geben vermögen. Den Übergang zum Tonschiefer vermittelt der Phyllit, ein feinschuppiges, geschiefertes Material graugrüner bis braunroter Färbung. Durch in reichem Maße eingelagerten Serizit erhält es vielfach einen seidigen Glanz.

Bei geringem Druck und verhältnismäßig niedriger Temperatur bildet sich der eben erwähnte Serizit. Es findet sich auch gelbgrüner Epidot, ein wasserhaltiges Silikat von Eisen, Aluminium und Kalzium. Bei steigenden Drucken und höheren Temperaturen entstehen Disthen, ein faseriges bis stengeliges Aluminiumsilikat, und Staurolith, ein braunes, wasserhaltiges Eisen-Aluminium-Silikat, dessen nadelförmige Krystalle oft kreuzweise verwachsen. Unter den extremsten Bedingungen schließlich haben sich Sillimanit, das dem Disthen sehr ähnelt, blutrote Granate und grünschwärze Augite gebildet.

Schließlich seien auch die mattschwarzen, oft mit reichlich sich verästelnden Quarzadern durchsetzten Kieselschiefer und die rötlichen und grauen Kalkschiefer nicht übersehen, die sich im sächsischen Vogtland und im Frankenwald finden. Teilweise ent-

halten sie eine Fülle Versteinerungen und bekunden so ihre sedimentäre Abkunft.

Abschließend sei auch hier schon darauf hingewiesen, daß man gemeinhin im Sprachgebrauch vielfach Gesteine als Schiefer bezeichnet, die unsrer Definition nicht streng entsprechen und daher gar keine Schiefer im engeren Sinne sind. Es handelt sich um solche Gesteine, bei deren Bildung kein Gebirgsdruck wirksam gewesen ist. Lediglich ihre Verfestigung und die Absonderung in parallele Schichten, die sich gut in dünne Platten aufspalten lassen, ist ähnlich wie bei den echten Schiefen. In Wirklichkeit sind es aber Sedimente. Hierher ist beispielsweise der Mansfelder Kupferschiefer (Tafel S. 112) oder der weltbekannte Lithographenschiefer von Solnhofen zu rechnen (Tafel S. 112). Beides sind Absätze ehemaliger Meere, die lediglich unter dem Druck der sich darüber lagernden Schichten verfestigt wurden und nun eine schieferähnliche, plattige Absonderung zeigen. Auf diese Gesteine wird an geeigneter Stelle ausführlicher eingegangen.

Kalkstein

Besondere Bedeutung im Rahmen unseres friedlichen Aufbaus kommt dem Zement zu. Die allenthalben gesteigerte Bautätigkeit verlangt dringend nach Beton und Zement, und deshalb soll auch im Fünfjahrplan die Produktion dieser Stoffe wesentlich gesteigert werden.

Unter Zement verstehen wir eine Gruppe von Bindemitteln, die die festen Bestandteile eines Mauerwerkes zusammenhalten. Das älteste, bereits seit Jahrtausenden gebrauchte Bindemittel ist der Luft- oder Kalkmörtel. Man stellt ihn gewöhnlich erst auf der Baustelle her, indem man einen Teil feuchten gelöschten Kalk mit drei Teilen Sand mischt. Der Kalk verbindet sich beim Eintrocknen mit dem Kohlendioxyd der Luft zu unlöslichem kohlenurem Kalk, der mit den Sandkörnern zu einer steinharten Masse verwächst. Zum Verputzen der Wände wird Kalkmörtel auch heute noch ausschließlich benutzt. Die Zemente haben ihm gegenüber den Vorteil, daß sie auch unter Wasser erhärten. Es sind hydraulische, das heißt wasserbindende Bindemittel. Das ist besonders beim Bau von Brücken, Schleusen und Fundamenten sehr oft erforderlich. Zement enthält außer etwa 25% Kalk noch etwa 75% Tonerde und Silikate. Schließlich ist noch etwas Eisenoxyd darin vorhanden. Dies stellt nicht eine Verunreinigung dar, sondern ist notwendig, um das Sintern, das Zusammenschließen der Mischung zu einer festen Masse, zu gewährleisten. Die zerkleinerten Rohstoffe werden zu den angegebenen Anteilen gemischt und kommen zum Brennen in Drehöfen, die lange, leichtgeneigte, rotierende Zylinder darstellen. Es wird der Masse zunächst das Wasser weitgehend entzogen, sie wird „kalziniert“, und dann wird sie bei Temperaturen um 1200° C zu einem harten Klinker gebrannt. Dieser wird staubfein gemahlen und ist dann fertig zur Verwendung. Tonerde ist zur Genüge vorhanden; dagegen ist die Beschaffung des nötigen Kalkes in unsrer Republik oft nicht so leicht, weil die Kalklager, über

die wir zwar in ausreichender Menge verfügen, auf bestimmte Standorte beschränkt sind.

Wie ist überhaupt der Kalkstein unserer Erde entstanden und in welchem Umfang ist er unter den Gesteinen der Erdrinde vertreten? Er ist, wie wir uns erinnern, ausschließlich organischen Ursprungs. Besonders die Ablagerungen ehemaliger Meere sind reich daran. Winzige Schalen kleiner Meerestiere, teilweise primitiver Einzeller, sind zu Millionen beim Absterben der Organismen zu Boden gefallen und haben mächtige Schichten aufgebaut. Aber auch größere Tiere, Muscheln, Ammoniten und Korallen, haben zur Kalkbildung beigetragen. So hat eine der geologischen Formationen geradezu den Namen „Muschelkalk“ (Tafel S. 129) erhalten, da bestimmte Horizonte aus dichten Packungen von Muschelschalen aufgebaut sind. Derartigen Muschelschill können wir ja heute noch bisweilen am Meeresstrande antreffen, wenn auch meist in örtlich begrenzter Ausdehnung. Auch Korallen sind in den warmen Meeren der Erde noch heute am Werk, festgefügte Kalkstöcke zu schaffen, indem Generation um Generation ihre kleinen Wohnbauten aufeinander setzt. Besonders da, wo der Meeresuntergrund beständig im Sinken begriffen ist oder wo der Seespiegel ansteigt, entstehen mächtige Wall- und Saumriffe, indem die winzigen Korallen immer in Nähe der Wasseroberfläche zu bleiben suchen, weil sie nur hier ihre Lebensbedingungen an Wärme, Licht und Nahrung finden.

In Deutschland werden mächtige Kalkablagerungen angetroffen. Teilweise sind sie durch nachträgliche Gebirgsbildung zerbrochen und verfaltet oder auch zu großen Höhen emporgehoben. Die bizarren Gipfel der Bayrischen Alpen, die ausschließlich aus Kalken aufgebaut sind, können als Beispiel dienen. Auch ganz Süddeutschland ist reich an Kalkstein. Hier haben während des erdgeschichtlichen Mittelalters, vor allem in der Jurazeit, Meere ihre Ablagerungen abgesetzt. Die Schichten lagern noch weitgehend flach und ungestört; nur eine leichte Schrägstellung ist zu verzeichnen. Diese Neigung im Verein mit sehr verschiedener Widerständigkeit der Horizonte hat es mit sich gebracht, daß sich durch Abtragung und Verwitterung, in Verbindung mit dem fließenden Wasser, ein eigenartiges, gestuftes Relief heraus-

gebildet hat, mit steilen Abfällen und Talkerben und weiten, leichtgeneigten Verebnungen, das wir als Süddeutsche Schichtstufenlandschaft bezeichnen. Besonders in der Schwäbischen und der Fränkischen Alb und im Jura ist es gut entwickelt. Da, wo besonders harte Kalke, wie die Riffkalke des weißen Jura, der Verwitterung widerstehen, hat sich eine Stufe gebildet, weil das darunterlagernde weichere Material viel rascher zerstört wird. Oft bleiben vor der allmählich zurückweichenden Stufe einzelne Reste als sogenannte „Zeugenberge“ bestehen. In Württemberg sind sie vielfach mit Burgen malerisch gekrönt.

In den Mittelgebirgen sind nur örtlich Kalke anzutreffen, die meistens bereits im Altertum der Erde, im Cambrium, Silur oder Devon entstanden sind. Da sie in der Folgezeit Gebirgsbildungen ausgesetzt waren, sind sie teilweise sehr stark in Mitteleuropa gezogen worden, sind gefaltet und örtlich unter dem herrschenden Gebirgsdruck in Schiefer umgewandelt. Die Knotenkalke und Schiefer der obenerwähnten Formation im Vogtland und im benachbarten Frankenwald verkörpern diesen Typus.

Das Thüringer Becken enthält wieder flachlagernde, ungefaltete Kalkschichten, die der Triaszeit angehören. Bruchtektonik hat zu zahlreichen Verstellungen des Schichtverbandes geführt, so daß auch hier infolgedessen und auch infolge der Verwitterung eine Stufenlandschaft, wenn auch kleineren Ausmaßes, entstanden ist. Die alten Meere gingen bis an den Fuß des Frankenwaldes und des Thüringer Waldes heran. In ihrer Strandzone siedelten sich Moostierchen an, die ähnlich den Korallen unserer tropischen Ozeane mächtige Riffe schufen, und wenn wir heute die Orlasenke zwischen Triptis und Saalfeld durchwandern, so ahnen wohl nur wenige, daß die zur Rechten und Linken aufragenden, heute meist schütter bewaldeten Kalkrücken die Reste alter Riffe sind, die vor Millionen Jahren, vom Meere umtost, die Küste flankierten. Auch das Norddeutsche Tiefland war lange Perioden der Erdgeschichte hindurch von Meeren überflutet, aber seine Kalkschichten liegen im tieferen Untergrund; denn während des Eiszeitalters ist das Skandinavische Inlandeis darüber hingegangen und hat mächtige Decken von Schottern und

Geschiebelehm abgelagert. Nur an wenigen Stellen treten hier die Kalke noch zutage. Dazu gehören die Kreidefelsen von Rügen, die den diluvialen Untergrund imponierend durchragen. Ebenso ist in der Mark Brandenburg bei Rüdersdorf unweit Berlin die Sand- und Geschiebedecke auf etwa $3\frac{1}{2}$ km Länge durchbrochen. Hier treten Schichten des Muschelkalks unmittelbar an die Oberfläche. Da bietet sich dem Auge eine ganz zerrissene Landschaft. In Senken liegen Seen. Der Wald ist zurückgedrängt. Durch den Bergbau sind Fabriken entstanden, und die Bauerngehöfte sind seltener geworden. Auf den kalkhaltigen Böden zeigt die Pflanzenwelt ein besonderes Gepräge. Große Bestände von Bergastern und Berganemonen sowie einiger Orchideenarten finden sich auf engbegrenztem Raume.

Der Kalk, der hier ansteht, ist sehr dicht. Zahlreiche Versteinerungen vermitteln uns ein Bild der Lebewelt jener urzeitlichen Meere, in denen er entstand. Bisweilen lassen sich auch Minerale finden, besonders zu Kalkspat kristallisierter Kalk, aber auch selten bläulicher oder rosafarbener Cölestin, ein schwefelsaures Strontiummineral, oder der strahlige, gelbmetallisch glänzende Markasit, eine Schwefeleisenverbindung.

Seit etwa 700 Jahren ist der Rüdersdorfer Kalk ein begehrter Stein. Als Zeugen verblieben tiefe Abbaulöcher, die heute teilweise mit Wasser gefüllt sind. Jetzt geht der Abbau ausschließlich im Alvenslebenbruch am Nordrande von Rüdersdorf vor sich. Hier werden täglich Tausende von Tonnen Kalk zum Aufbau unserer Städte und für die Landwirtschaft gewonnen. Sie werden bergmännisch gefördert, „geschossen“, wie die Kumpels sagen. Stollen werden vom Tiefbauloch aus in die Wände hinein vorgetrieben und dann durch Querstollen miteinander verbunden. So bleiben Stützpfiler stehen, und diese werden dann weggesprengt. Das hat zur Folge, daß die Decke nachstürzt und große Halden losen Materials entstehen. Nunmehr treten Greifbagger in Tätigkeit. Sie verladen das Gestein in Lorenzüge, welche den Kalk sogleich der verarbeitenden Industrie zuführen, deren Betriebe in unmittelbarer Nähe liegen. Nach Passieren einer Zerkleinerungsanlage wird der Kalkstein nach Größen sortiert. Der feine Grus wird zu Zement verarbeitet, der Split zu Beton. Grö-

Bere Stücke gehen an die Zuckerfabriken, wo dem aus den Rübenschnitzeln gewonnenen Saft zum Reinigen Ätzkalk zugesetzt wird, oder zu den Eisenkombinaten als Zusatzmittel für die Hochöfen. Auch Bausteine sowie Material für das Brennen zur Herstellung von Kalkmörtel werden ausgesondert.

Ein zweites, ebenso bedeutendes Kalkvorkommen unsrer Republik befindet sich im Harz bei Rübeland. Wenn auch Rüdersdorf größer an Umfang sein mag, so ist die Qualität des Kalkes von Rübeland weit besser. Er wird in mehreren Brüchen gewonnen und am Orte selbst aufbereitet und gebrannt. Auch ein großer Teil des Rübeler Kalkes dient als Baumaterial oder als Dünge- und Futterkalk. Doch wird viel dieses sehr reinen Kalkes von der chemischen, pharmazeutischen und keramischen Industrie verarbeitet.

Kalk wird gebraucht in der Papier- und in der Filmfabrikation. Er ist Grundstoff der Chlorkalk- und der Sodaherstellung. Im Bunawerk entsteht im Elektroofen aus Kalk und Kohle bei hohen Temperaturen Kalziumkarbid, jener bedeutsame Ausgangsstoff für Azetylgas, für Igelit und synthetischen Gummi. Im Stickstoffwerk Piesteritz a. d. Elbe wird aus Kalziumkarbid und aus durch Luftverflüssigung gewonnenem Stickstoff der als Düngemittel geschätzte Kalkstickstoff fabriziert. Kalk ist ein ganz unentbehrlicher Grundstoff unserer Industrie, der uns glücklicherweise in ausreichendem Maße zur Verfügung steht, ganz natürlich in sehr unterschiedlicher Qualität.

Außer dem dichten, zum Brennen geeigneten Kalk findet sich oft schichtenweise eingeschaltet feinkörniger Plattenkalk aus verfestigtem Kalkschlick. Hierzu ist der weltberühmte Solnhofener Lithographenschiefer zu rechnen, der unübertroffene Platten für den Steindruck, die Lithographie, liefert und außerdem sehr geschätzte Bodenfliesen und Wandverkleidungen.

Ist der Kalk aus lauter winzigen Kristallen zusammengesetzt, die regellos ohne ideale Kristallflächen aneinandergrenzen, wie wir es bereits bei den kristallinen Tiefengesteinen, zum Beispiel dem Granit, gefunden haben, so heißt er Marmor. Nur selten ist er so leuchtend schneeweiß wie der besonders hochwertige aus den Brüchen von Carrara in Italien. Meist haben ihn zirkulierende

eisenhaltige Lösungen verunreinigt; doch können diese beim Schliff oft reizvolle farbige Bänderungen ergeben (Tafel S. 113).

Äußerlich dem Kalkstein sehr ähnlich ist der Dolomit, der ebenfalls mächtige Schichten, in den Alpen ganze Gebirgsstöcke, zu bilden vermag wie beispielsweise die Südtiroler „Dolomiten“. Er kristallisiert in Rhomboedern, enthält aber neben kohlen-saurem Kalk noch kohlen-saures Magnesium. An Koralleninseln hat man gelegentlich beobachtet, daß sich in größeren Tiefen der Kalk nachträglich teilweise in Dolomit umwandelte, indem im Wasser des Meeres enthaltenes Magnesium gebunden wurde. Möglicherweise spielen dabei gewisse Algen eine Rolle.

Um auf unseren Wanderungen Kalk einwandfrei zu erkennen und ihn von Dolomit oder von den aus Kieselsäure bestehenden Quarziten, die oft sehr ähnlich aussehen können, zu unterscheiden, wenden wir am einfachsten die Salzsäureprobe an. Dazu führen wir ein kleines, gutschließendes Fläschchen mit Salzsäure bei uns. Geeignete Flaschen bietet der Handel an. Wir lassen wenige Tropfen der Säure auf den Stein fallen. Haben wir Kalk vor uns, so tritt heftiges Aufbrausen ein, da die Salzsäure die schwächere Kohlensäure aus dem Stein verdrängt; bei Dolomit und Quarzit erfolgt keinerlei Reaktion.

Wo Kalkwässer an Klüften und Hohlräumen zirkulieren, setzen sich oft wohlausgebildete Kalkspatkristalle (Tafel S. 113) ab. Auch in den als Mandeln bezeichneten Einschlüssen des Diabases (Tafel S. 96) finden wir auskristallisierten Kalkspat. Es sind entweder sechsseitige Prismen, flache, plattig geformte Rhomboeder oder spitze Skalenoeder, die in Pyramiden auslaufen, welche von sechs ungleichseitigen Dreiecken gebildet werden. Da die Kristalle sich leicht mit dem Messer oder dem Hammer spalten lassen, werden sie vom Bergmann als „Spate“ bezeichnet. Eine besondere Eigenschaft des Kalkspats ist die Doppelbrechung des Lichtes. Wenn wir zum Beispiel eine Kalkspatplatte auf Schrift legen, so erscheint diese doppelt.

Ein farbloses oder gelbliches Mineral, das ebenfalls aus reinem kohlen-saurem Kalk besteht, ist der Aragonit (Tafel S. 113). Er kristallisiert in länglichen Prismen von rhombischem Querschnitt und entsteht, wenn kohlen-saurer Kalk aus heißen Lösungen ab-

geschieden wird; daher zeigen die Absätze von Thermalquellen oft dieses Mineral. Auch aus verwitterndem kalkhaltigem Eisen-
spat entwickeln sich oft zierliche weiße Bäumchen von Aragonit;
man bezeichnet sie als Eisenblüte.

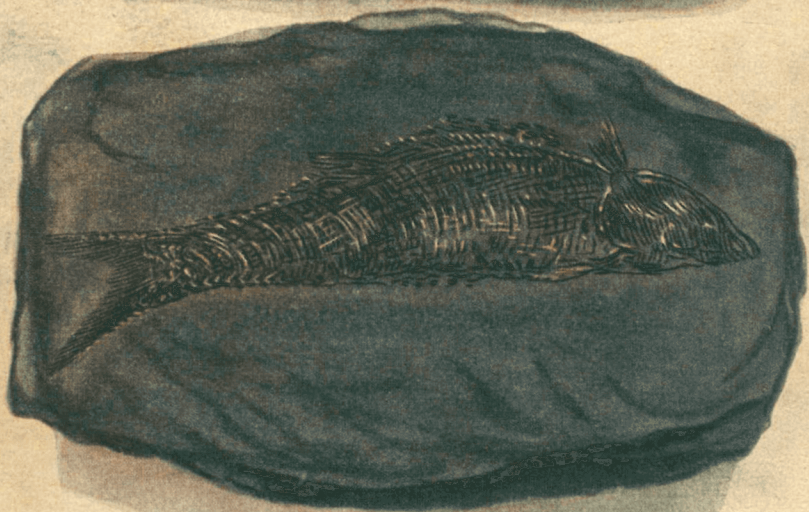
Normaler kohlensaurer Kalk ist in Wasser unlöslich, doch ver-
mag die in den meisten natürlichen Wässern in geringer Menge
enthaltene Kohlensäure den Kalk in wasserlöslichen doppelt-
kohlensaurer Kalk zu überführen. Die Lösung bleibt völlig
durchsichtig. Etwas Kalk in gelöster Form enthält fast jedes
Wasser. Je nach der vorhandenen Menge unterscheiden wir
„hartes“ oder „weiches“ Wasser. Wasser aus Gebirgsgegenden
mit kristallinen Gesteinen sind kalkarm und somit sehr weich.
Die Wässer des Tieflandes dagegen sind durchweg hart und
müssen zum Teil vor dem Gebrauch entkalkt werden, damit
nicht zu viel des unerwünschten „Kesselsteins“ sich beim Kochen
im Haushalt oder bei der Verwendung als Speisewasser von
Dampfkesseln absetzt.

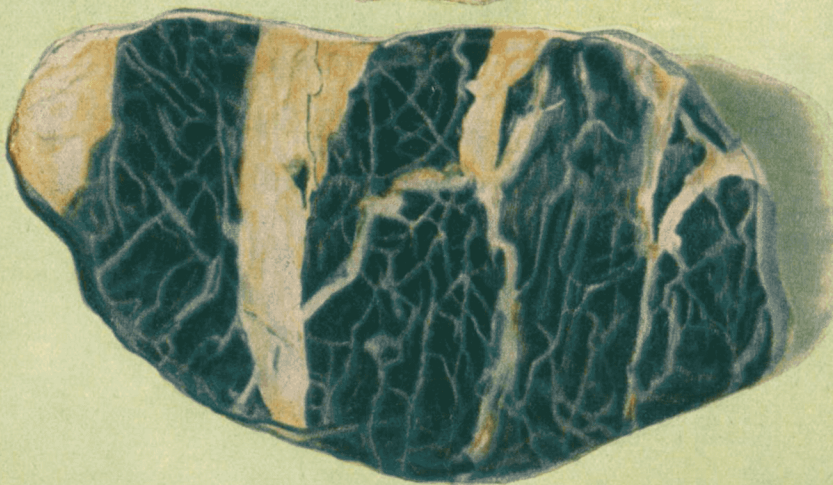
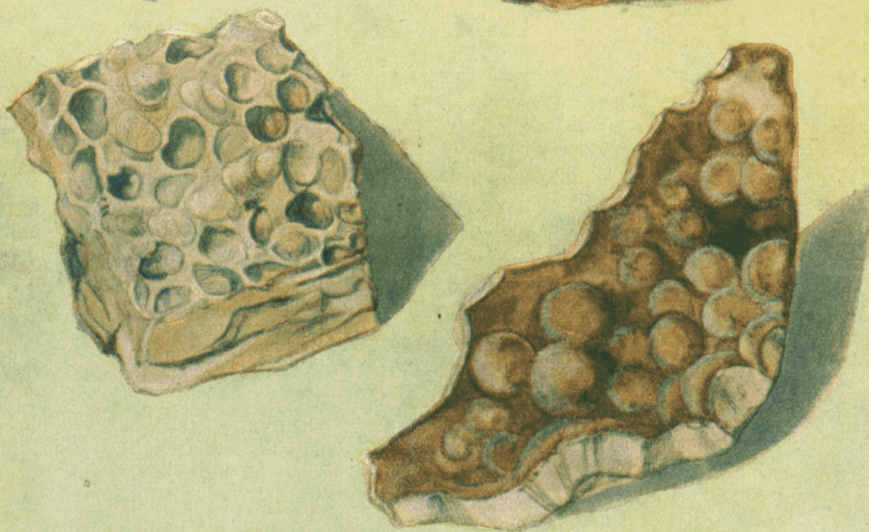
Infolge der kalklösenden Eigenschaften des fließenden Wassers
sind Kalkgebirge in starkem Maße der Auslaugung preisgegeben.
An der Oberfläche entstehen Rillen und Schluchten, sogenannte
„Karren“ oder „Schratten“, und in der Tiefe des Grundwasser-
horizontes bilden sich bisweilen ganze Höhlensysteme, wie im
Gebiet der Adelsberger Grotte in Istrien. Infolge des von oben
eintretenden Sickerwassers formen sich an Decken und Böden
solcher Höhlen die bizarrsten Tropfsteingebilde als Zapfen,
Nadeln, „Stalagtiten“, oder als aufragende Kegel, „Stalag-
miten“. Gerade bei dem Harzort Rübeland sind in der Baumann-
höhle und in der Hermannhöhle schöne Beispiele hierfür zu
finden. Ist die Auslaugung so weit fortgeschritten, daß die
Deckengewölbe derartiger Höhlen das darüberliegende Erd-
reich nicht mehr tragen, so stürzen sie zusammen, und an der
Erdoberfläche entstehen sogenannte Erdfälle oder Dolinen und
flachwannige Poljen. Derartige Formen werden nach dem Karst-
gebirge in Dalmatien, wo sie besonders schön entwickelt sind,
als Karsterscheinungen bezeichnet. Das Grundwasser wie auch
das Oberflächenwasser sind in diesen Gebieten in ihrem Gleich-
gewicht gestört. Oft versiegen plötzlich Quellen, Flüsse ver-

schwinden in Spalten, um an anderer Stelle unvermittelt wieder zutage zu treten. Es versickert beispielsweise die obere Donau im Kalk bei Tuttingen, und ein Teil ihres Wassers wird durch die Singer Aache dem Bodensee zugeführt. Derartige Erscheinungen sind auch im Gips häufig. Die Südhänge des Harzes und des Kyffhäusers legen davon Zeugnis ab.

Kalkige Absätze können gelegentlich sehr porös sein, wie etwa das als Erbsenstein (Tafel S. 113) bezeichnete Sediment, das aus lauter winzigen Kügelchen besteht. Hier hat sich der Kalk um Sandkörnchen herum als schalige Kruste abgesetzt. In der Uferzone von Binnenseen und im Überschwemmungsbereich der Flüsse kann man bisweilen die sogenannten Kalktuffe beobachten, die auch als Seekreide oder als Wiesenkalk bezeichnet werden. Diese feinen, lockeren Massen geben einen sehr fruchtbaren Boden ab; sie sind häufig mit Schneckenschalen durchsetzt.

So ist der für unsere Wirtschaft so überaus wichtige Kalkstein in seiner Mannigfaltigkeit der Erscheinungsform zugleich ein außerordentlich interessantes Gestein.





Von den Salzlagerstätten

Schon seit frühen Zeiten hatte der Mensch den Wert des Kochsalzes, seine Nahrung schmackhaft zu machen, erkannt. Es war daher bald ein geschätzter Handelsartikel, und „Salzstraßen“ durchzogen Europa von Meer zu Meer.

Man hat den jährlichen Salzverbrauch des Menschen auf etwa 8 kg geschätzt, das heißt, täglich werden durchschnittlich 20 bis 30 g in der Nahrung aufgenommen. Wir wissen zwar heute, daß zu hoher Salzgenuß im allgemeinen der Gesundheit nicht förderlich ist, da er unnötig viele Flüssigkeit in den Geweben festhält und somit den Kreislauf übermäßig belastet; trotzdem ist der Verbrauch eher noch gestiegen.

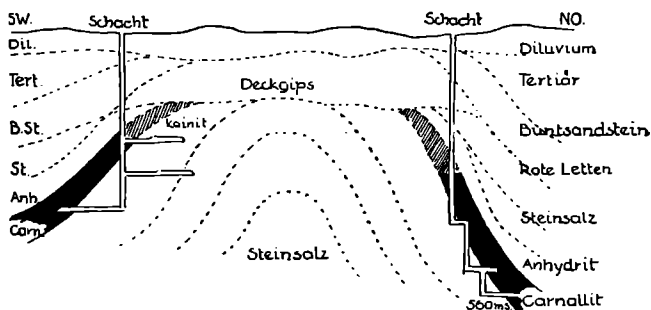
Bereits bei Betrachtung des Kristallwachstums lernten wir die würfelförmigen Kristalle des Kochsalzes kennen, die sich jeder leicht aus einer Salzlösung züchten kann. Alle Kristallflächen stehen aufeinander senkrecht, und mit einem Messer oder durch leichte Hammerschläge kann man wiederum rechtwinklig begrenzte Spaltstücke abtrennen. An jedem größeren Kristall macht sich die gute Spaltbarkeit bereits durch zahlreiche, unter 90° sich schneidende Sprünge bemerkbar. Die Kristalle sind spröde und lassen sich mit einem Glasscherben oder der Kante einer Kupfermünze, jedoch nicht mit dem Fingernagel ritzen. Steinsalz löst sich auch leicht in Wasser. Im Gegensatz zu andern Salzen nimmt die Löslichkeit mit ansteigender Temperatur jedoch nur wenig zu. Häufig sind geringe Mengen Kristallwasser in ihm enthalten, die beim Erhitzen unter leichtem Knistern entweichen. Beim Lagern zieht Kochsalz leicht Feuchtigkeit aus der Luft oder der Umgebung an. Dies verursacht ein geringer Gehalt von Chlormagnesium, der stark hygroskopisch ist. Streut man etwas Kochsalz in eine Flamme, so leuchtet sie grellgelb auf. Diese Färbung rührt von Natrium her und kann als gutes Erkennungsmerkmal benutzt werden.

Die Urquelle allen Salzes sind die Weltmeere. Man hat die im Ozean enthaltene Salzmenge auf 20 Millionen Kubikkilometer berechnet. Das ist eine unvorstellbar große Zahl. Wollte man die Menge auf der Fläche von Europa ausbreiten, so müßte man eine zweitausend Meter mächtige Schicht auftragen.

In den warmen Zonen der Erde gewinnt der Mensch das zur Nahrung nötige Kochsalz unmittelbar aus dem Meere. Längs der Ufer des Schwarzen Meeres und des Mittelmeeres finden sich Salzgärten; selbst an der französischen Atlantikküste zwischen der Loire und Gironde sind sie zahlreich. Meerwasser, das einen mittleren, ziemlich konstanten Salzgehalt von $3\frac{1}{2}\%$ aufweist, davon 78% Kochsalz, 16% Magnesiumsalze, wird auf weite Kristallisationsbeete geleitet und hier durch Verdunstung zu immer höherer Konzentration gebracht. Das Seewasser enthält jedoch außer dem Kochsalz noch eine Reihe anderer Salze, wie Glaubersalz, Bittersalz, Gips und Kalisalze. Diese scheiden sich erst am Schluß aus. Bei der „Salzernte“ muß daher dafür gesorgt werden, daß die Sole von Zeit zu Zeit erneuert wird, damit die gelösten Bittersalze nicht den Geschmack des gewonnenen Salzes beeinträchtigen.

Die Hauptmenge der Salze auf dem Weltmarkt stammt aber aus Salzlagerstätten und wird im Bergbau gewonnen. Auch die Salzlager sind aus ehemaligen Meeren entstanden. Doch nicht überall da, wo einst Meere waren, finden wir Salze. Es müssen bestimmte Bedingungen vorhanden sein, damit es zu einem Absatz der Salze kommt. Unsere deutschen Salzlager entstammen dem Zechsteinmeer, das am Ausgang des Erdaltertums große Teile von Mittel- und Norddeutschland einnahm. Es herrschte ein tropisch warmes Klima. Man nimmt an, daß beim Rückgang dieses Meeres sich einzelne Becken bildeten, die sich vom offenen Meer abschnürten, indem ein Riff oder eine Sandbarre sich vorlagerte. In diesen Teilbecken stieg infolge starker Verdunstung der Salzgehalt. Zunächst schied sich das nur schwerlösliche schwefelsaure Kalzium, der Anhydrit, aus. Darauf folgte Steinsalz. Die Kali- und Magnesiumsalze blieben in der Reslösung, der sogenannten Mutterlauge, zurück. Offenbar veränderte infolge von Bodenbewegungen die Barre mehrmals ihre Höhenlage, so daß

mehrmals eine Verbindung zum offenen Meere zustande kam. Dabei floß die kali- und magnesiumsalzhaltige Mutterlauge ab und wurde durch neues kochsalzreiches Meerwasser ersetzt, und der beschriebene Vorgang konnte von neuem beginnen. Nur so lassen sich die oft mehrere hundert Meter mächtigen Steinsalzschiechten erklären, wie wir sie bei Staßfurt und an anderen Stel-



len im Vorland des Harzes und in Thüringen oder im Elsaß finden. Schließlich aber blieb ein erneuter Nachschub von Meerwasser aus, und auch die Restlösung verdunstete. Nun schieden sich die Kali- und die Magnesiumsalze aus. Während Steinsalz und Anhydrit jeweils für sich Schichten bilden, kommen die nun folgenden Kalisalze immer gemengt vor. Sie sind weit weniger mächtig als die vorgenannten Salzgesteine, doch gilt ihnen heute vor allem der Abbau, da sie als künstliche Düngemittel unentbehrlich geworden sind.

Ihre Färbung ist weiß, rot oder gelblich; auch bläuliche Tönungen sind bisweilen zu treffen. Sie schmecken ausgesprochen bitter. Man unterscheidet Kainit, Carnallit, Sylvin und Hartsalz (Tafel S. 128). Es sind alles chloresaurer und schwefelsaurer Kali- und Magnesiumverbindungen mit wechselndem Gehalt an eingeschlossenem Kristallwasser.

Nachdem das Meer verschwunden war, wurden durch den Wind aus der Umgebung Staubmassen herangezogen, die als Salztone die Salzlager überdeckten und sie so vor späterer Auslaugung schützten. Wir müssen uns ähnliche Verhältnisse vorstellen, wie

wir sie noch heute am Rande der Sahara in den nordafrikanischen Schotts oder am Großen Salzsee in Nordamerika vorfinden.

Salz bleibt auch bei der Verfestigung immer plastisch, so daß die Schichten sich unter Gebirgsdruck leicht in Falten legen. Vielfach finden wir die Salze „horstartig“ in die darüberliegenden Gesteinsschichten hineingepreßt. Der obere Teil solcher Sättel wurde vom Grundwasser gelöst und fortgeführt, und lediglich die schwerlöslichen Bestandteile wie Ton und Gips haben sich als sogenannter Deckgips gehalten. Derartige Salzhorste sind im norddeutschen Flachlande sehr zahlreich und bilden die bevorzugten Stellen für den Abbau, da hier die Salze am leichtesten erreichbar sind.

Früher gewann man Salz auch aus natürlichen Salzquellen, oder man pumpte Wasser in die Tiefe, um Salze zu lösen. Die gewonnenen Solen wurden vor dem Eindampfen über ein Gradierwerk aus Dornengestrüpp geleitet. Dabei verdunstete bereits eine große Menge Wasser, und die erdigen Bestandteile blieben zwischen den Dornen als Dornstein sitzen. Heute sind noch Gradierwerke in Solbädern zu Kurzwecken in Betrieb, da die Luft in ihrer Umgebung durch Anreicherung mit feinverteilten Salzteilchen besonders heilsam ist. Dagegen hat die Gewinnung von Salz als „Solsalz“ an Bedeutung verloren.

Als man im Jahre 1852 in Staßfurt zum Abbau von Kochsalz Schächte niederbrachte, wurden die Kali- und Magnesiumsalze zunächst als wertlose „Abraumsalze“ auf die Halde geworfen. Aber sehr bald erkannte man ihre Bedeutung für die Landwirtschaft und die chemische Industrie, und schon im Jahre 1861 wurde die erste Fabrik zur Verarbeitung der Rohkalisalze gegründet.

Es ist eindrucksvoll, einmal ein Kalibergwerk zu besuchen. Die Bergwerksanlagen, Förderturm, Strecken, Befahrung und Bewetterung sind die gleichen wie sonst im Bergwerk unter Tage; doch alles macht einen blitzsauberen Eindruck. Im Schein der elektrischen Beleuchtung glitzern allenthalben die Salzkristalle von den Wänden, und herrliche, gefaltete Bänderungen in leuchtend roten und gelben, aber auch weißen und grauen Tönen erfreuen das Auge. Oft sind riesige unterirdische Hohlräume herausgearbeitet, die wie große Festsäle anmuten. Mit Preßluft-

bohren wird das Material gebrochen und auf Schüttelrutschen nach den Verladestrecken gebracht, wo es in Lorenzüge verladen und schließlich nach über Tage zur Weiterverarbeitung transportiert wird.

Die schönen farbigen Stücke reizen jeden jungen Gesteinssammler, und er wird mit reicher Beute beladen wieder aus dem Bergwerk herauskommen. Doch wie mancher ist nachträglich enttäuscht gewesen, daß die prächtig gebänderten Salzstücke, die er mitbrachte, sehr rasch in seiner Sammlung „zerflossen“. Besonders die Magnesiumsalze sind sehr hygroskopisch; sie ziehen gierig Feuchtigkeit aus der Luft an und lösen sich auf. Es ist also notwendig, die gesammelten Proben gut verschlossen in Glasbehältern oder Fläschchen aufzubewahren, wenn man sich länger an ihnen erfreuen will. Es ist meist nicht möglich, größere Stücke in seiner Sammlung zu erhalten, die die charakteristische Verfaltung, die sogenannte Quellfaltung, zeigen (Tafel S. 128). Diese Art Faltung, die auch bei Gipslagern häufig vorkommt, ist darauf zurückzuführen, daß das Material bei der Aufnahme von Wasser stark quillt und durch den Druck, der durch diese Volumenvergrößerung entsteht, sich schließlich, da es selbst sehr plastisch ist, in Falten von oft komplizierter Struktur legt.

Eine weitere interessante Erscheinung der Salzlager sind die Pseudomorphosen. Man findet gelegentlich in Tonschichten würfelförmige Gebilde, die wie Kochsalzkristalle aussehen, beim näheren Hinschauen aber aus sandiger oder toniger Substanz bestehen. Ihre Entstehung ist folgendermaßen zu denken: Ursprünglich waren tatsächlich Kochsalzkristalle vorhanden. Sie wurden von Sanden und Tonen überdeckt. Durch zirkulierende Bergfeuchtigkeit wurde mit der Zeit das Salz aufgelöst und weggeführt.

In die entstehenden Hohlräume wurde nun Sand oder Ton eingeschwemmt. Diese erhärteten, so daß die Kristallform von der neuen Substanz exakt nachgebildet wurde, gleichsam ein versteinertes Salzkristall.

Steinsalz dient zur Nahrung und als Konservierungsmittel, außerdem zur Herstellung von Soda, Chlor und Salzsäure. Es wird bei der Seifenfabrikation gebraucht und als Beimischung zur Her-

stellung von Glasuren verwendet. Kalisalze, von denen man alljährlich mehrere Millionen Tonnen allein in der DDR fördert, werden in erster Linie der Landwirtschaft als Kunstdünger zugeführt. Außerdem stellt die chemische Industrie zahlreiche Verbindungen aus ihnen her. Erst in jüngster Zeit haben sie wieder einen neuen wichtigen Verwendungszweck gefunden. Bekanntlich sind die heimischen Rohstoffe zur Herstellung von Schwefelsäure in unserer Republik knapp. Nun ist es gelungen, aus dem in den Kalilagerstätten vorkommenden schwefelsauren Magnesium Schwefelsäure herzustellen, und man hofft, damit unsere Schwefelsäureproduktion um 25% zu steigern. Dabei fällt gleichzeitig ein magnesithaltiges Nebenprodukt an, das im Baugewerbe zur Herstellung von Holzzement und Kunststeinen sowie zum Auskleiden der Siemens-Martin-Öfen verwendet wird. Schließlich läßt sich das Magnesium selbst daraus gewinnen, das heute in vielen Leichtmetalllegierungen eine Rolle spielt. So nehmen die Kalisalze heute in unserer Industrie eine sehr wichtige Stellung ein; sie sind uns unentbehrlich geworden.

Brennbare Gesteine

Auf der Erde ungemein häufig in Verbindungen, besonders als Kohlensäure, kommt der Kohlenstoff vor. Kohlensäure ist in der uns umgebenden Luft beständig in kleinen Mengen von etwa 0,03% vorhanden. Im Wasser befindet sie sich gelöst, und selbst im Ackerboden sind kohlensaure Verbindungen enthalten. Doch nur verhältnismäßig selten ist Kohlenstoff in Gesteinen, die aus dem Erdinnern stammen, anzutreffen. Meist, wie etwa in vielen Erzen, ist er nur in Spuren der Substanz beigemischt.

Da, wo wir ihn in mächtigen Vorkommen antreffen, nämlich in den Kohlenlagerstätten, stammt er nicht aus den Tiefen der Erde, sondern ist auf dem Umwege über den pflanzlichen Organismus durch die Vorgänge der Assimilation der Luft entzogen worden. Er ist also organischer Abkunft. Jeder von uns weiß, wie wichtig die brennbaren Gesteine sind, die auch Kaustobiolithe genannt werden. Sie sind gegenwärtig noch unsre wichtigste Energiequelle. Sie erwärmen nicht nur im Winter unsere Wohnungen und schaffen uns eine behagliche Behausung; sie sind die Hauptgrundlage für unsere gesamte Gas- und Elektroenergie und daher für die Wirtschaft im Ganzen vorderhand noch unentbehrlich. Selbst die Leistung der allmählich immer mehr erschlossenen Wasserkräfte wird von ihnen vorläufig noch übertroffen. In neuerer Zeit haben sie dazu in der chemischen Industrie weit über die Herstellung von Ölen und Treibstoffen hinaus eine hohe Bedeutung erlangt. Kunststoffe, Gummi und Farben, vor allem aber wertvolle Heilmittel, ja selbst Nahrungsmittel lassen sich aus ihnen gewinnen.

Deshalb wird mit Eifer überall in der Welt nach erschließbaren Brennstofflagerstätten gesucht, und rastlos schreitet die Ausbeutung derselben voran. Doch schon seit langem wurde von berufener Seite immer wieder darauf hingewiesen, daß die Kohlevorkommen keineswegs unbegrenzt seien. Es wird in nicht allzu

ferner Zukunft die Zeit kommen, wo die Vorräte erschöpft sind. Bei der heutigen Intensität des Abbaues dürfte dieser Zustand in etwa 80 bis 100 Jahren, nach andern Schätzungen erst nach 150 Jahren eintreten. Bis dahin muß sich die Menschheit nach einem neuen Energiestoff umsehen. Aber viel schwieriger dürfte es noch sein, den Ausfall in der chemischen Industrie auszugleichen, der durch den Verlust des Grundstoffes Kohle eintreten würde. Schon oft erhoben sich daher mahnende Stimmen, die forderten, man solle die hochwertigen Kohlen der chemischen Industrie vorbehalten und sie nicht leichtfertig verfeuern. Doch die Profitgier der Unternehmen stand meist solchen weitschauenden Planideen verständnislos gegenüber.

Wie ist es nun zur Bildung von Kohle gekommen und wie entstanden die verschiedenen Arten? Jede Hausfrau weiß, daß Torf bei weitem am minderwertigsten ist, Braunkohle bereits bessere und Steinkohle und Anthrazit schließlich die beste Heizkraft besitzen. Dafür ist der Gehalt an Kohlenstoff maßgebend. Im Laufe langer erdgeschichtlicher Zeiten hat er sich angereichert; das Gestein macht gleichsam einen Alterungsprozeß durch. Früher glaubte man sogar, die Zeit allein genüge, um endlich im Verlaufe von Jahrmillionen aus ursprünglichem Torf Steinkohlen werden zu lassen. Diese Meinung wurde aber durch Tatsachen widerlegt. Wir kennen beispielsweise in der Gegend von Moskau Kohlenlager, die bedeutend älter sind als unsere Ruhrkohlen und sich noch heute im Stadium der Braunkohle befinden. So erkannte man schließlich die Mitwirkung gebirgsbildender Prozesse und ihre Bedeutung. Im Moskauer Gebiet lagern die kohleführenden Schichten vollkommen flach und ungestört, während sie an der Ruhr stark gefaltet wurden. Dieser mächtige Gebirgsdruck hat die Anreicherung des Kohlenstoffgehaltes bewirkt und damit die Erhöhung der Qualität ermöglicht. Umgekehrt findet man aber auch Steinkohlen, die wesentlich jünger sind als die der Karbonzeit angehörenden. Die Kohlen im nördlichen China zum Beispiel sind erst in der Kreideformation entstanden. Und in diese Zeit gehören auch die Steinkohlen, die sich in Deutschland im Deistergebirge an der unteren Weser finden. In Hessen wurden junge Braunkohlen durch in der

Nähe empordringende Basaltlaven so umgestaltet, daß sie in der unmittelbaren Nähe des Basaltganges durch die Hitze zu silberglänzendem, hochwertigem Anthrazit geworden sind. Und derartige Beispiele könnte man aus den verschiedensten Teilen der Welt anführen. Aber Braunkohlen werden niemals Steinkohlen, wenn nicht Kräfte des Erdinnern auf sie einwirken, und so verwandelt sich Torf nicht in Braunkohle, wenn nicht wenigstens eine mächtige Sedimentdecke aus Sanden und Tonen einige Jahrtausende lang darüber lagert.

Unter welchen Bedingungen bildet sich nun zunächst einmal Torf? Zu mächtigen Schichten haben sich abgestorbene Pflanzenreste getürmt, und in ihnen ist bereits Kohlenstoff angereichert. Unter normalen Bedingungen eines üppigen pflanzlichen Wachstums, wie beispielsweise im Urwalde, geschieht das nicht. Hier gehen dauernd Pflanzen zugrunde, aber sie werden nicht zu Torf, da alsbald Verwesungsprozesse einsetzen, die die Substanz in flüssige und gasförmige Stoffe überführen, so daß wenig Festes übrigbleibt, vor allem kein reiner Kohlenstoff. Ganz anders ist es in Gebieten mit hohem Grundwasserstand. Hier befindet sich die abgestorbene Pflanzensubstanz unter Wasser, und der Sauerstoff der Luft kann nicht hinzutreten, so daß keine Verwesung, ja nicht einmal die Vermoderung, wie wir sie vom Boden feuchter Wälder her kennen, eintreten kann, und hier kommt es zur Vertorfung. Dieser Vorgang spielt sich in allen Mooren ab. Durch die Mithilfe von Pilzen und Bakterien, die nicht auf den Luftsauerstoff angewiesen sind, werden ganz bestimmte Fäulnisprozesse eingeleitet. Vertorfung und Fäulnis stellen den Beginn der Kohlebildung dar.

Meist entstehen Moore aus flachen Tümpeln, Seen oder versumpften Flußauen. Üppiger Pflanzenwuchs schiebt sich vom Ufer her immer weiter in das offene Gewässer vor, so daß dieses allmählich zuwächst und „verlandet“. Die äußerste Zone bilden Schwimmblattgewächse, dann folgt das aus Schilf und Rohrkolben bestehende Röhricht, welches noch bei Wassertiefen bis zu 2 Metern zu wurzeln vermag. Weiter uferwärts schließen sich Simsen, Binsen und Seggen an, die mit Moosen und einigen Stauden durchsetzt sind. Da beständig abgestorbene Substanz

zu Boden sinkt und neue Pflanzen an ihre Stelle treten, vergrößert sich dauernd die bewachsene Fläche und erhebt sich allmählich auch über den Wasserspiegel. Schließlich entsteht das sogenannte Schwingrasenmoor. Mit zunehmender Verfestigung können sogar Bäume Fuß fassen, vor allem Schwarzerlen. So entsteht der Bruchwald, der gewöhnlich die Entwicklung eines sogenannten Flachmoores abschließt, es sei denn, der Grundwasserspiegel steige infolge reichen Niederschlags oder auch weil der Untergrund sich senkt, beständig an. Bei Hochmooren; wie wir sie an vielen Stellen unserer Mittelgebirge, etwa am Kranichsee im Erzgebirge, oder im Hinterland der Nordsee, in kleinerem Ausmaße auch in Mecklenburg antreffen, verläuft die Entwicklung aber ganz anders. Sie finden sich zumeist in niederschlagsreichen Gegenden, wo undurchlässige Tonschichten oder anstehendes Gestein den Untergrund bilden. Da sie nicht unmittelbar mit dem Grundwasser in Verbindung stehen, sind sie äußerst arm an Nährstoffen, und es können hier nur solche Gewächse gedeihen, die allein mit dem Wasser der Niederschläge auskommen. Dazu gehören vor allem die Torfmoose der Gattung Sphagnum. Sie vermögen große Wassermengen zu speichern, und daher erhebt sich so ein Hochmoor allmählich uhrglasartig über seine Umgebung.

Wie vollzieht sich die Bildung der Braunkohlen? Sie liegt nach den Berechnungen der Geologen ungefähr 60 Millionen Jahre zurück. Wir müssen uns große Küstensümpfe vorstellen, die den „swamps“ gleichen, die wir heute in Südflorida vorfinden. In diesen swamps wachsen noch heute Pflanzen, die uns als Reste auch aus den Braunkohlen bekannt sind. Es gedeihen in großen Beständen die Sumpfyzypresse, ein Nadelgehölz, das regelmäßig, ähnlich der Lärche, seine Nadeln abwirft, und der gewaltige Mammutbaum, die Sequoia, der ein Alter von vielen hundert Jahren erreichen kann und dabei zu gigantischen Ausmaßen heranwächst.

Diese Pflanzen verlangen zu ihrem Gedeihen ein warmes und feuchtes, subtropisches Klima. Ein solches Klima ermöglichte den Braunkohlenwäldern ein üppiges Wachstum, und vor allem fiel in diesen Sümpfen eine normale Verwesung und Vermode-

rung weg, da der Sauerstoff der Luft nicht zu umgestürzten Pflanzen hinzutreten konnte. Wie in jedem Moor vertorfte zunächst daher alle pflanzliche Substanz. Außerdem ging durch die Tätigkeit von Bakterien und Pilzen, die ohne Sauerstoff leben können, alles Organische in Fäulnis über. In einem Moore kommt der Prozeß zum Stillstand, sobald die organischen Anhäufungen über den Wasserspiegel des Sumpfes hinauszuragen beginnen. Damit die Vertorfung andauern kann, ist daher erforderlich, daß entweder der Untergrund beständig weiter absinkt oder daß der Meeresspiegel dauernd ansteigt.

Zu Beginn der Braunkohlenzeit lag ein derartiges küstennahes Sumpfbgebiet auch in unserem mitteleutschen Raum, und in den hier entstandenen Lagerstätten können wir heute an Profilen nachweisen, wie mehrfach das Meer vorstieß, dabei die Sümpfe überflutete und oft mehrere Meter mächtige Sandschichten ablagerte. Aber danach bildete sich der Küstensumpf erneut. Der Vorgang wiederholte sich, und so ergab sich das Bild, das wir heute sehen. Mehrere Kohlenflöze können wir übereinander unterscheiden, die von Meeressanden als Zwischenmittel voneinander getrennt werden. Da, wo bereits natürliche Senken im Untergrund vorhanden waren, wie etwa im Geiseltal bei Merseburg in Mitteleuropa, wo durch Auslaugung von Salzen im tieferen Untergrund Einmuldungen entstanden waren, wurde besonders stark die Kohle angereichert. Hier sind die Flöze, wenn auch nur auf begrenztem Raum, teilweise über hundert Meter mächtig.

Die eigentliche Kohlebildung bedarf also der eben angegebenen vier Voraussetzungen, nämlich einer üppigen Sumpfwaldvegetation, des feuchtwarmen Klimas, der Vertorfung unter Luftabschluß bei hohem Grundwasserstand und schließlich eines beständig absinkenden Untergrundes. Unter diesen Bedingungen kommt es zu einer zunehmenden Anreicherung des reinen Kohlenstoffes. Die Inkohlung, wie man diesen Vorgang bezeichnet, ist also eine Art innerer Verbrennung, bei der der in der pflanzlichen Substanz gebundene Sauerstoff und Wasserstoff immer mehr auf Kosten des Kohlenstoffes verdrängt werden, bis sich schließlich in der am meisten durchgebildeten Art der Kohlen-

stoff völlig von seiner organischen Bindung gelöst hat und im Endstadium als reiner Graphit vorliegt.

Wir können also eine ganze Entwicklungsreihe der Kohlearten festlegen. Sie unterscheiden sich nach ihrem Gehalt an Wasser, nach der Struktur, dem Verfestigungsgrad und der Beimischung an fetthaltigen Substanzen, dem sogenannten Bitumen. Dieses Bitumen ist wichtig für die chemische Verwertung der Kohle. Der Kohlenstoffgehalt der Braunkohle schwankt zwischen 55 und 75%. Entsprechend ist auch der Heizwert sehr unterschiedlich, nämlich 4000 bis 7000 Kal/kg. Doch wird er zugleich auch sehr mitbestimmt vom Gehalt an Wasser und erdigen Bestandteilen.

Steinkohle ist im allgemeinen älter als Braunkohle. Sie bildete sich zum größten Teil vor mehr als 300 Millionen Jahren in meeresnahen Sumpfwäldern oder in Senken. Damals bestand die Flora vorwiegend aus Sporenpflanzen. Riesige Schachtelhalme, Farne und Schuppenbäume bestimmten das Bild. Früher glaubte man, daß es lediglich die Wirkung der langen seither verstrichenen Zeit gewesen sei, die schließlich die Steinkohle entstehen ließ. Wir haben schon gehört, daß es aber ähnlich alte Kohlenablagerungen gibt, die noch das Gepräge von Braunkohlen bewahrt haben. Zur Bildung von Steinkohlen müssen also unbedingt noch tektonische Bewegungen hinzutreten. Erst unter hohem Gebirgsdruck und den dadurch gesteigerten Temperaturen kann sich schließlich jene hochkonzentrierte Form des Kohlenstoffs ausbilden, die wir als Steinkohle oder bei noch höherem Anteil als Anthrazit bezeichnen. Daher sind auch die Steinkohlenflöze, etwa die des Ruhrgebietes, meist sehr stark gefaltet und mit Verwerfungen durchsetzt.

Einen Steinkohlenschacht zu befahren, gehört wohl für jeden mit zu den unvergeßlichen Erlebnissen. Wir sind zu Besuch bei den Zwickauer Kumpels. Der eigentliche Schacht befindet sich unterhalb eines Turmgerüsts, das die elektrisch betriebene Förderanlage enthält. Er hat einen Durchmesser von etwa 5 m und ist kreisrund. Seile, an denen die Förderkörbe hängen, sind aus bestem Stahl und von hoher Betriebssicherheit. Wir erhalten die notwendige Schutzbekleidung und eine Grubenlampe, kleiden

uns in der „Zeche“ um und besteigen einen der bereitstehenden Förderkörbe. In sausender Fahrt geht es in die Tiefe, so daß man auf den Ohren deutlichen Druck verspürt und von Zeit zu Zeit schlucken muß, um das unangenehme Gefühl loszuwerden und die Druckunterschiede auszugleichen. Dabei werden Personen immer schon wesentlich langsamer befördert als Frachten. Bis 20 m in der Sekunde beträgt die Seilgeschwindigkeit bei der Kohle, während man bei Personen nicht über 8 m in der Sekunde hinausgeht. An Sicherheitsvorkehrungen ist das Möglichste getan. Nach etwa 1 bis 2 Minuten Fahrtdauer hält plötzlich der Korb mit einem deutlichen Ruck. Das Zwickauer Revier hat mit die tiefsten Schächte Deutschlands. Teilweise gehen sie bis über 1000 m tief hinab.

Nun sind wir am „Füllort“. Man kommt sich wie auf einem Rangierbahnhof vor. Ausgedehnte Züge von Förderwagen, die mit frischgebrochener Kohle gefüllt sind, werden von elektrischen Lokomotiven aus verschiedenen Richtungen hierher gebracht, um mit den Förderkörben nach über Tage verladen zu werden. Umgekehrt werden dauernd leere Wagen, die von oben kommen, wieder zu Zügen zusammengestellt, um nach den Abbauorten abzugehen. Daneben werden Wagen mit Material in die Züge eingereiht, das im Bergwerk gebraucht wird. Vor allem ist es Holz, das zum Ausbau der Strecken verwendet wird, und taubes Gestein zum Versatz, das heißt zur Ausfüllung der ausgekohlten Räume. Anderes taubes Gestein geht mit nach oben und wird auf Halden geschüttet. Der Umschlag an einem normalen Tage ist ganz ungeheuer, und mancher Güterbahnhof vermag derartige Leistungen nicht aufzuweisen. Bei im Durchschnitt 5000 Tonnen täglicher Förderung werden etwa 7000 Wagen mit Kohle nach oben geführt, und dazu kommt noch etwa die Hälfte für das taube Haldenmaterial, für die sogenannte „Berge“.

Mit einem solchen Leerzug lassen wir uns nach einer der Abbaustellen mitnehmen. Die Strecken sind elektrisch beleuchtet. Besondere Sicherheitsvorkehrungen sind gegen sogenannte „schlagende Wetter“ getroffen, das sind Anreicherungen von leicht entzündbaren und explosiven Gasen. Die „Wetterführung“

sorgt für ausreichende Belüftung oder „Bewetterung“, wie der Bergmann sagt. Sie erneuert durch Luftzug die Grubenluft. Trotzdem ist es hier unten unerträglich heiß. Und wir sind nicht verwundert, daß vor Ort die Kumpels oft mit entblößtem Oberkörper arbeiten. Die Arbeitsweise richtet sich nach der Lagerung und der Mächtigkeit eines Flözes. Heute ist alles weitgehend mechanisiert. Den „Verhieb“ von Hand mit der Keilhau findet man nur noch ganz selten. Meist werden zum Lösen der Kohle Preßlufthämmer verwendet. Stellenweise sind auch Schrämmmaschinen eingesetzt, die die Vorarbeiten leisten. Es werden erst Hohlräume geschaffen, von denen aus man mit den Bohrgestängen weiter vordringen kann. Wo es nötig ist, werden Sprengungen mit wirksamen Sprengstoffen, „Romperit“ oder „Donarit“, durchgeführt. In langer Reihe arbeiten an einem Abbaufeld, auch „Streb“ genannt, meist die Häuer nebeneinander. Zwischen ihnen stehen die Förderleute, die die losgebrochene Kohle auf Schüttelrutschen oder Transportbänder schippen, auf denen die Kohle bis zur Ladestrecke gelangt, wo die Förderwagen, die „Hunte“, warten. Über die verschiedenen Methoden des Abbaues, über den Ausbau und die Versteifung der Strecken, die der Laie gern „Stollen“ nennt, und manches andre könnten wir noch viel erfragen. Wir aber wollen vor allem nicht versäumen, uns das Gestein anzusehen! Mehr oder minder mächtig ziehen die Flöze zwischen dem tauben Gestein, das grauwacken- oder tonschieferartig aussieht, dahin. Manchmal zeichnen sich auf frischgeschlagenen Kohlenstücken deutlich Pflanzenabdrücke ab; es sind farnblattartige Formen oder die Stammzeichnungen der Siegel- und Schuppenbäume, die in reicher Fülle zur Entstehungszeit in den Wäldern wuchsen. Sie alle gehören zu den Gefäßsporenpflanzen, von deren gigantischen Formen die heutigen Farne, Schachtelhalme und Bärlappe verkümmerte Nachkommen darstellen.

Unter die brennbaren Gesteine rechnen wir auch das Erdöl, das heute in der Weltwirtschaft ungeheuere Bedeutung erlangt hat. Auch Erdöl ist organischer Abkunft. Am Boden mancher Meere bildet sich sogenannter Faulschlamm (Sapropel). Infolge schlechter Entlüftung des Bodenwassers fehlt hier der Sauerstoff, der die

Zersetzung der verwesenden Substanz fördern könnte, völlig. Durch bestimmte Bakterien wird immer mehr Schwefelwasserstoff in Freiheit gesetzt und damit der ganze Untergrund sozusagen durchtränkt. An solchen Stellen bilden sich durch Aufspaltung der Substanz zugrunde gehender Organismen flüssige Kohlenwasserstoffe, das Erdöl. Dieses dringt in lockeres durchlässiges Gestein ein und imprägniert es. In Estland werden bitumenhaltige Ölschiefer zur Krafterzeugung ausgenützt. In Norddeutschland findet sich das Erdöl besonders an den Flanken der Salzhorste, die im Untergrund als Überreste eines Meeres aus der Zechsteinzeit reichlich vorhanden sind. Auch hier dienen als Speichergesteine wieder poröse Massen, wie Sandsteine und klüftige Kalke.

Bei allen brennbaren Gesteinen ist organische Substanz entscheidend an der Bildung beteiligt, die vor Jahrmillionen unter heißer Sonne gedieh. So wird uns heute sozusagen, wenn wir Kohlelager abbauen, jahrmillionen alte Sonnenenergie zu neuer Nutzung übergeben, die durch die erdgeschichtlichen Zeiten in der Erde gespeichert geruht hat.

Wie Lebewesen zu Stein werden

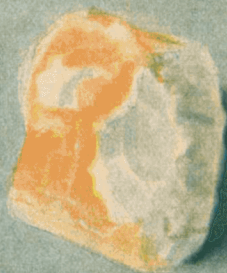
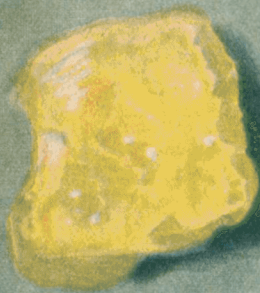
Es ist uns nicht mehr fremd, daß Organismen an der Bildung der Gesteine maßgeblich beteiligt sind. Erinnern wir uns etwa des Rügener Feuersteines oder der mächtigen Kalkberge der Schwäbischen Alb oder des Jura, der Kalkalpen oder der Dolomiten!

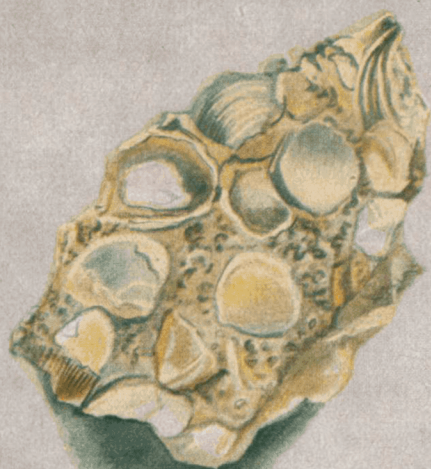
Mit ihrem inneren Gerüst oder ihren Schalen, die aus Kieselsäure oder kohlensaurem Kalk gebildet sind, halfen Tiere oder Pflanzen, mächtige Gesteinsschichten zu bilden. Vielfach finden wir auch überaus zarte Gebilde von Seelilien, Seesternen oder Blattabdrücken, deren eigentliche organische Substanz vergangen ist und die nur als Abformungen erhalten geblieben sind.

Wenn wir uns einmal näher mit dem Vorgang des „Versteinerns“ und seinen notwendigen Voraussetzungen beschäftigen, werden wir sehen, daß es sich um eine Vielzahl verschiedener Prozesse handelt, die auch verschiedene Ergebnisse zeitigen.

In alten Zeiten bereits waren Versteinerungen bekannt. Sie erregten damals meist abergläubische Furcht. Man sah in den Ammonshörnern, Muscheln und Korallen „Spiele der Natur“ und betrachtete sie als mißglückte oder verworfene Versuche der Schöpfung. Versteinerte Seeigel, die man „Krötensteine“ nannte, und Donnerkeile, die Schalenreste von kreidezeitlichen Tintenfischen, die als Blitzwirkungen gedeutet wurden, wurden im Volke als heilkräftige Amulette verwendet. Auch die Sagen der Völker wurden durch derartige Funde stark belebt. Die in Deutschland verbreitete Drachensage mag in Süddeutschland leicht Boden gefunden haben, wo die in den Jurakalken zutage tretenden Saurierreste ihr reichhaltigste Anregung boten. In China wurden Knochen eiszeitlicher Säuger als Lung-ku, das heißt „Drachenknochen“, und Lung-tschi, „Drachenzähne“, sogar begehrte Heilmittel.

Der Ursprung der Polyphemsage in der Odyssee mag darauf zurückzuführen sein, daß man im Altertum auf Sizilien die Reste





eines diluvialen Zwergelafanten gefunden hatte, dessen Schädel in der Stirnmitte eine breite Öffnung erkennen ließ, die einst den Ansatz des Rüssels getragen hatte. Diese Schädel nun wurden einäugigen Riesen zugeschrieben. Selbst im 14. Jahrhundert noch berichtet uns G. Boccaccio, daß in einer Höhle bei Trapani auf Sizilien die Knochenreste Polyphems entdeckt worden seien. Dagegen erkennt sein Zeitgenosse Leonardo da Vinci bereits mit genialem Weitblick, daß Muscheln und Ammoniten, die er bei Wanderungen im Gebirge findet, Ablagerungen alter Meere darstellen und Einblick in die erdgeschichtliche Entwicklung vermitteln. „Man erzählt uns“, schreibt er, „daß diese Muscheln in den Bergen unter dem Einfluß der Gestirne entstanden seien; aber ich frage, wo sind in den Bergen die Sterne, welche heute Schalen von verschiedener Größe und Form hervorrufen! Und wie können die Gestirne den Ursprung des Kieses erklären, welcher in verschiedener Höhe vorkommt und aus runden, vom fließenden Wasser abgerollten Steinen besteht?“

Noch im späten Mittelalter wurden die diluvialen Säugetierreste meist Riesen zugeschrieben, falls man nicht glaubte, das Fabelwesen „Einhorn“ gefunden zu haben. Aber bei dem Tiefstand der anatomischen Kenntnisse der damaligen Zeit ist es wenig verwunderlich. Selbst ein bedeutender Gelehrter wie J. Scheuchzer, der im 17. Jahrhundert energisch für die Auffassung eintritt, daß Muscheln und Fische Versteinerungen ehemaliger Meere seien, identifiziert einen Riesensalamander der Tertiärzeit als „betäubtes Beingerüst von einem armen Sünder“ und hielt ihn für einen Menschen, der bei der biblischen Sintflut umgekommen sei.

In jedem von uns erweckt das Wort „Versteinerung“ eine bestimmte Vorstellung. Über den Vorgang des Steinwerdens, die Fossilisation, jedoch dürften nur wenige einmal nachgedacht haben. Es bestehen vielerlei Möglichkeiten. Selbstverständlich ist, daß Pflanze und Tier nicht in gleicher Weise versteinern, da beide aus ganz verschiedenen Stoffen bestehen, nur gewisse gemeinsame Vorbedingungen sind vorhanden. Wir wollen den bewährten Weg einschlagen, zunächst in der Natur Umschau zu halten, wo etwa gegenwärtig Prozesse ablaufen, bei denen Organismen zu Stein werden. Von hier aus werden wir Verständ-

nis für die Ereignisse der erdgeschichtlichen Vergangenheit gewinnen. Abformung, Umrindung (= Inkrustation), Verkieselung, Inkohlung und echte Versteinerung sind die verschiedenen Arten, unter denen uns ein Fossil erhalten sein kann, für Pflanze und Tier, wie wir hörten, nicht unter den gleichen Gesetzen. Am wenigsten erhaltungsfähig sind die Weichteile der Organismen. Wenn trotzdem gerade die wirbellosen Tiere den Hauptanteil an den Versteinerungen ausmachen, so liegt es daran, daß viele wirbellose Tiere über sehr widerstandsfähige Hartteile aus kohlensaurem Kalk oder Kieselsäuresubstanz verfügen, seien es Schalen, Wohnkammern, die Außenhaut selbst oder irgendwelche Stützorgane. Diese blieben erhalten und bildeten Ablagerungen. So war es möglich, daß sich aus den winzigen Schälchen der einzelligen Foraminiferen, die die Weltmeere bewohnen, viele hundert Meter mächtige Kalkschichten auftürmten, daß gewisse Gebirgsmassive der Alpen sich aus den Bauten ehemaliger Korallen zusammensetzen. Gerade in den jungen Faltegebirgen der Erde, im Himalaya wie in den Anden, sind oft mächtige Gebirgsstöcke aus den Schalen niederer Lebewesen aufgebaut. Wenn wir unsere Ferien am Ostseestrand verbringen, so treffen wir gelegentlich auf größere Anhäufungen von winzigen Muschelschalen, den sogenannten „Schill“, und hätten darin etwa den Anfang einer geologischen Ablagerung vor uns. Nur schwer vermögen wir uns eine Vorstellung davon zu machen, welch lange Zeiträume vergehen müssen, ehe daraus einmal eine Ablagerung von der Mächtigkeit eines Gebirges entstanden ist. Auch die Kalktuffe und Schichten von Wiesemergel, die man häufig an Binnenseen beobachten kann und die meist reich mit Schneckengehäusen durchsetzt sind, sind derartige Anfangsstadien sedimentärer Gesteinsbildung. Zumeist sind die Versteinerungen über größere Flächen hin verstreut wie die Rosinen im Kuchen. Doch gibt es auch Gesteine, in denen sie dicht gepackt enthalten sind. Der Muschelkalk (Tafel S. 129) beispielsweise ist in manchen Horizonten dicht besät von Schalen von Muscheln und Terebrateln (= Armfüßer). Die Hohlräume sind mit Kalkschlamm ausgefüllt. Ähnlich gehäufte Vorkommen von Versteinerungen weist der Krinoidenkalk auf. Hier

handelt es sich vorwiegend um Seelilien, eine Art der Stachelhäuter, zu denen auch die Seeigel zählen. Zwar findet man selten ganze Stiele oder gar Kronen in voller Erhaltung, meist sind es nur Bruchstücke von Stielgliedern, die in massigen Bänken angehäuft sind und im Volksmund als „Bonifatius-Pfennige“ bezeichnet werden. Bei ihnen handelt es sich nicht mehr um die ursprünglichen Stengelkörper. Diese sind zerfallen und von kohlen-saurem Kalk ersetzt worden, welcher dann in kristallinen Kalkspat übergegangen ist. Wenn man daher die Flächen anschlägt, sieht man überall die regelmäßigen Kriställchen des Kalkspats aufblitzen. In diesem Falle ist also das ehemalige Lebewesen völlig durch Kalksubstanz ersetzt worden, und man findet heute an dessen Stelle einen „Steinkern“, der die ehemalige Form in allen Einzelheiten, vor allem auch die Oberflächenzeichnungen in wunderbarer Abformung wiedergibt.

Gelegentlich ist aber auch das Umgekehrte der Fall: Statt der harten Füllung hat sich der Abguß erhalten und ist späterhin wieder von weichem Material ausgefüllt worden. Dann finden wir also die härtere Hohlform als Überrest.

Sind die weichen Körperteile frei der Verwesung preisgegeben, werden sie vollkommen zersetzt und, wie erwähnt, bleiben nur die Hartgebilde zurück. In Schlamm und Kalk eingebettet, sind sie hingegen der Verwitterung in stärkerem Maße entzogen. Weit weniger trifft dies für Sand zu, der sich später zuweilen zu Sandstein verfestigt. In solchem porösen Material wird durch zirkulierende Feuchtigkeit meist alle organische Substanz einschließlich des Kalkes der Schalen gelöst und weggeführt. Es bleibt somit bei der Verfestigung des Gesteins nur ein Abguß übrig, der sich nachträglich mit eingeschwemmten Stoffen erneut füllt. Diese können ihrerseits erhärten und einen Steinkern bilden. Die Muschelreste in den Felsen des Elbsandsteingebirges und des Lausitzer Sandsteins am Oybin und bei Johnsdorf zeigen sich uns in dieser Erhaltungsform.

Manchmal tritt auch nur eine oberflächliche Überkrustung ein, wie wir sie gegenwärtig etwa bei dem Dornstein an den Gradierwerken der Salinen beobachten können. Hier tropfen beständig Salzlösungen über aufgeschichtetes Gezweig, und allmählich bil-

den sich gelbliche, dicke Krusten um die Äste, die daher rühren, daß gewisse Salze sich aus der Lösung abscheiden. Solche Krusten haben sich vielfach in der erdgeschichtlichen Vergangenheit um Organismen der verschiedensten Art gebildet. Besonders Pflanzen werden oft von Kalken, Dolomiten und Eisenverbindungen umhüllt, zum Teil auch durchtränkt und bleiben als Versteinerungen erhalten. In vielen Steinkohlenlagern kommen sogenannte Torfdolomite vor. Es sind Knollen aus Dolomit, einem magnesiumreichen kohlen-sauren Kalk, die meist reichlich pflanzliche Reste enthalten und uns daher wertvolle Anhaltspunkte über die Flora der damaligen Zeit bieten.

Bei den echten Versteinerungen sind die zur Versteinerung führenden Stoffe bis ins Innere des Lebewesens eingedrungen und haben die lebende Substanz vollkommen ersetzt. In Kohlen-gruben finden sich häufig „versteinerte Baumstämme“. Bei ihnen hat die Kieselsäure die Zellulose verdrängt. Auch die Inkohlung, auf die im vorangegangenen Abschnitt eingegangen wurde spielt für die Erhaltung der Pflanzen eine besondere Rolle.

Man ist oft überrascht, wie sich zarte Organe so wunderbar über Jahrmillionen erhalten konnten, so daß selbst Weichtiere und Wirbellose heute noch gut bis in Einzelheiten zu erkennen sind. Besonders geeignet hierzu waren offenbar feinste Schlamm-massen, wie sie sich in ruhigen Gewässern oder abgeschlossenen Meeres-buchten ablagerten, gleichmäßige feine Schichten von Torf oder Faulschlamm oder auch eine Einbettung in das erstarrende Harz vorzeitlicher Bäume. Die Ablagerung der Schichten mußte sich gleichmäßig vollziehen, und keine Gebirgsbildung durfte durch plötzliche Erschütterungen den Prozeß stören. Ebensowenig aber durften irgendwelche Lösungen, Schwefelverbindungen und ähnliches auslaugend wirken. So günstige Verhältnisse gab es leider nur selten. Wo sie sich aber fanden, gewinnt der Geologe reiches Material über Tier- und Pflanzenformen und kann daraus ein umfassendes Bild, zumindest einer bestimmten Lebens-gemeinschaft, beispielsweise am Ufer eines Sees oder in Nähe des Meeresstrandes gewinnen.

Eine solche Fundgrube bieten die weltberühmten Solnhofener Lithographenschiefer (Tafel S. 129), die dem oberen Jura angehö-

ren. Sie haben sich strandnah in einer Lagune des damaligen Meeres abgelagert und enthalten ziemlich vollständig tierische und pflanzliche Überreste. Selbst Abdrücke von Quallen, das feine Aderwerk auf den Flügeln der Libellen, die weitausladenden Fühler von Krebsen sind in allen Feinheiten noch gut erhalten. Sehr viele und verschiedenartige Blätter von Landpflanzen, Insekten und landbewohnende Reptilien sind in die Lagune eingeschwemmt worden. Hier findet sich auch die Versteinerung des Urvogels *Archaeopteryx*, der die langgesuchte Verbindung in der Entwicklungsreihe zwischen Reptil und Vogel zu schließen gestattete. Trotz dem Gefieder und anderen eindeutigen Vogelmerkmalen ist manches an ihm noch ganz reptilartig. Am berühmtesten aber sind die einzigartig erhaltenen Funde von Fischeosauriern, die bei dem kleinen Orte Holzmaden in Württemberg in großer Anzahl geborgen wurden. Durch geschicktes Präparieren ließen sich nach Freilegung der Haut die Skelettelemente und die Lage der inneren Organe genau feststellen. Bei einigen Exemplaren wurden sogar noch Jungtiere im Mutterleib aufgefunden.

Aus älteren Formationen boten gewisse Schiefer aus dem Devon des Rheinischen Schiefergebirges ähnlich reiche Ausbeute. Aufsehenerregend waren auch die Funde in der Braunkohle des Geiseltales unweit von Merseburg. Große Leichenfelder und einige Trichter, die sich durch Auslaugung des Untergrundes gebildet hatten und in denen offenbar die Tiere zugrunde gegangen waren, ließen fast die gesamte Tierwelt des Eozäns, jenes ältesten Abschnittes der Braunkohlenzeit, vor uns erstehen. Eine üppige Pflanzenwelt, die in einem tropischen bis subtropischen Klima entstanden war, ist uns überliefert, so daß teilweise die Blätter noch ihre grüne Farbe bewahrt haben. Auch die Flügel vieler Prachtschmetterlinge leuchten noch in ihren natürlichen Farben. Von den niederen Tieren bis hinauf zu den Reptilien, Vögeln und Säugern war alles anzutreffen. Trotz dem Alter von mindestens dreißig Millionen Jahren, welches diese Funde aufweisen, fand man nicht nur Hartteile und Knochen, sondern bei vielen Tieren noch Haut und Haar, Federn und Hornteile, ja selbst Muskelfasern, Nerven- und Knorpelzellen. Die einzigartig günstige Er-

haltung dieser Funde ist nur daraus zu erklären, daß hier vom benachbarten Muschelkalk her stark kalkhaltige Wässer in die Braunkohle eindringen und die zersetzende Wirkung der Moorwässer in gewisser Weise ausgeglichen haben. Die Erkenntnisse, die sich hier für die Entwicklungsgeschichte gewinnen lassen, sind für uns besonders wichtig, da gerade in dieser Zeit die Entwicklung der Säugetiere entscheidend anhebt.

Oftmals sind Kriechspuren, Fußabdrücke und Fährten bis auf unsre Zeit erhalten, die im weichen Schlamm abgeformt waren, mit dem Schlamm fest wurden und uns heute auch als Zeugnisse des Lebens vergangener Epochen ansprechen. Aus den geologischen Aufschlüssen suchen wir uns ein Bild von der Entwicklung unsrer Erde und ihrer Geschichte zusammenzutragen, und zugleich erhalten wir aus Versteinerungen Kunde, wie sich das Leben auf der Erde allmählich zu seiner jetzigen Organisationshöhe entwickelt hat und welche Tiere und Pflanzen in den einzelnen Zeitaltern auf der Erde zu finden waren.

Praktische Hinweise zum Sammeln von Mineralien und Gesteinen

Wir haben immer wieder die Notwendigkeit erkannt, uns vom Buch weg der Natur zuzuwenden, draußen die Gesteine in ihrer natürlichen Umgebung aufzusuchen und zu studieren. Dies Büchlein wollte euch an die vielfältige „Wunderwelt“ des Gesteins heranzuführen und die Reichhaltigkeit der Probleme aufzeigen. Auch das beste Lehrbuch und die schönsten Abbildungen vermögen niemals, die Betrachtung der Gesteine an Ort und Stelle zu ersetzen. Eure Aufgabe ist es nun, selbst weiter zu arbeiten und zu forschen, wenn ihr erst einmal Geschmack daran gewonnen habt! Geht hinaus, sucht bei Wanderungen die Gesteine auf und studiert ihre Ablagerung und ihre Erscheinungsweise!

Doch dazu noch einige praktische Hinweise mit auf den Weg! Vor allem, seid gründlich und laßt euch nicht leichtfertig und voreilig zu Schlußfolgerungen hinreißen! Solange man Anfänger auf einem Gebiet ist, sieht man oft nicht die Verflechtung der Probleme und ist daher mit seinem Urteil schnell bei der Hand. Erst die Kleinarbeit aber, die zu aller echten Wissenschaft gehört, vermag durch eingehendes Sammeln und Vergleichen verschiedenartigen Materials zu zwingenden und guten Ergebnissen zu führen. Bleibt auch nicht an der Oberfläche der Tatsachen, sondern sucht überall nach den Gesetzen, die den Erscheinungen zugrunde liegen und die erst ihre Gestalt, ihre Struktur und ihr Vorkommen verständlich werden lassen!

Zu erfolgreichem Forschen gehört ein gutes und tiefgründiges Wissen. Hier konnte ich nur bescheidene Anfangsgründe bieten. Täuscht euch also nicht über Lücken hinweg, die in euren Kenntnissen jetzt noch in reichem Maße vorhanden sind, und arbeitet konsequent weiter, indem ihr nunmehr zu Lehrbüchern und auch zu Artikeln aus Fachzeitschriften greift. Erst muß man sich die Anfangsgründe einer Wissenschaft sicher aneignen, ehe man imstande ist, gipfelwärts weiterzustürmen. Daher soll man

nicht zum Folgenden fortschreiten, ehe man das Vorhergehende sicher beherrscht.

Und zum Sammeln selbst! Sammeln soll uns nicht Selbstzweck werden. Wenn wir die Steine am Ort ihrer Entstehung aufsuchen, so wird ganz von allein auch der Wunsch wach, jedesmal ein Exemplar mitzunehmen, um ein Musterbeispiel zu Hause zu haben, das man sich nach Belieben in Ruhe jederzeit anschauen kann.

Sammeln ermöglicht auf diese Weise eingehenderes und mehrfaches Betrachten des Minerals oder Gesteins und fördert dadurch das sichere Einprägen.

Doch nicht wahllos wollen wir sammeln! Man muß sich zunächst klarwerden, was sich in einem Gebiet alles sammeln läßt und was davon im einzelnen lohnt. Wir wollen uns auch nicht von ästhetischen Effekten leiten lassen. Seltene Stücke sind äußerlich oft wenig ansprechend; doch wäre es abwegig, deshalb auf diese zu verzichten. Andererseits ist es ebensowenig möglich, irgendwelche Vollständigkeit zu erreichen. Das ist auch nicht der Sinn einer Liebhabersammlung; dazu sind die öffentlichen Museen da. Wir wollen uns vielmehr nur typische Stücke zusammentragen, und jedes von ihnen sei für uns nicht bloß „toter Stein“, sondern sprechendes Beweisstück erdgeschichtlichen Geschehens, das für uns zudem noch den besonderen Reiz besitzt, vor unserem Auge den Ort, an dem wir es einst fanden, wieder lebendig werden zu lassen und zugleich die Erinnerung an einen schönen Wandertag!

Unter diesem Gesichtspunkt wollen wir all das sammeln, was unser Interesse wachruft: Mineralien, Gesteine, Versteinerungen — und keineswegs bloß Glanzstücke, die in Museen passen würden. Wir sammeln ja für uns selbst und zur Erweiterung unsres Wissens. Auch sind oft solche Stücke lohnend, die die Wirkung irgendwelcher äußerer Einflüsse erkennen lassen, wie Windkanter, mit Gletscherschrammen versehene Geschiebe oder Gesteine mit Wabenverwitterung oder Rillenkarran. Doch dürfen dabei nicht wertvolle Naturdenkmäler verschandelt werden, indem sinnlos Bruchstücke herausgeschlagen werden, so daß üble Schandflecke zurückbleiben. Das ist genauso zu verwerfen, wie

wenn in Höhlen wundervolle Tropfsteingebilde mutwillig abgebrochen werden. Unser Sammeleifer soll keine Naturschönheiten zerstören!

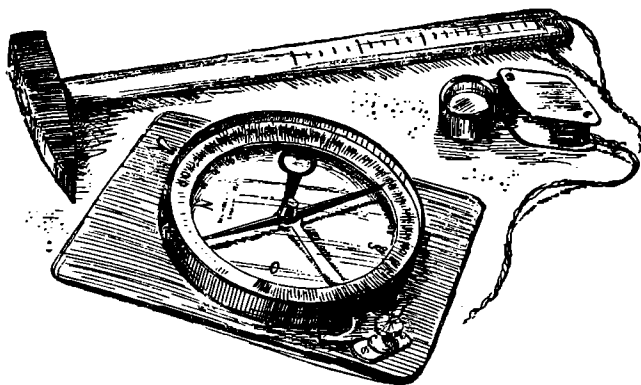
Salze, Proben von Bodenarten, Sanden oder Kohle sind schon schwieriger mitzunehmen und aufzubewahren. Doch es ist möglich, wenn man sich dazu entsprechende Glasröhrchen oder Fläschchen beschafft.

Ihr sammelt zunächst um den engeren Wohnbezirk. Die heimatische Landschaft bietet immer allerlei. Man muß nur einen Blick dafür gewinnen. Selbst das so eintönige norddeutsche Flachland wird dem reiche Schätze bieten, der sich erst einmal in die Mannigfaltigkeit der nordischen Geschiebe eingearbeitet hat. Dann aber werden weiterhin Ferienreisen das Gesicht der Sammlung prägen; nach jeder werdet ihr eure Sammlung um einige neue Fundstücke bereichern. So weitet sich allmählich der Bestand, und Mittelgebirge, Schichttafeland, Tiefebene und Meeresstrand geben schließlich gleichermaßen ihren Anteil dazu.

Wo findet man gutes Material? Vor allem müßt ihr frische Aufschlüsse, in denen das Gestein noch nicht durch Verwitterung verblichen und zersetzt wurde, aufsuchen. Das müßt ihr genauso bei Steinbruchwänden wie bei Aufschlüssen von Lockermaterial in Kies-, Sand- oder Tongruben beachten. Habt ihr die Möglichkeit, einmal in ein Bergwerk mit einzufahren, so laßt euch die günstige Gelegenheit nicht entgehen! Oft werden euch brauchbare Aufschlüsse fehlen, und ihr müßt euch mit dem greifbar vorhandenen begnügen. Auf Feldrainen verbliebene Lesesteinhaufen, die von den umliegenden Feldern zusammengetragen wurden, bieten oft reiche Ausbeute. Das Geröllufer eines Flusses vermag oft dem viel zu erzählen, der seine „Sprache“ versteht. Hier findet sich sämtliches Material, das im Oberlauf des Flusses einschließlich der Nebenflüsse vorkommt. Oft sind auch Gesteine darin, die am heutigen Flußlaufe gar nicht zu finden sind. In diesem Falle lassen sich Folgerungen über das ehemalige Gewässernetz ableiten.

Welche Ausrüstung brauchen wir? Das wesentlichste Gerät ist ein guter Hammer. „Zünftige“ Geologen führen deren meist eine ganze Anzahl in verschiedenen Größen mit sich, um für alle Fälle

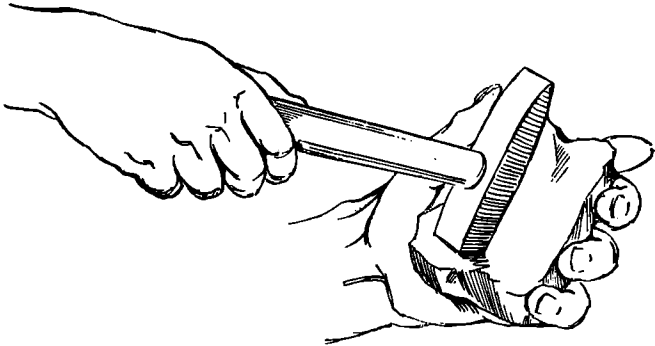
gesichert zu sein. Uns genügt ein etwa $\frac{1}{2}$ kg schwerer Hammer aus gutem Stahl. Vor allem muß auf einen festen Stiel Wert gelegt werden. Auf diesem Stiel läßt sich eine Zentimeterteilung eingravieren, mit der ihr die Mächtigkeit der Schichten meßt. Ferner braucht ihr einen Kompaß, ein Taschenmesser, eine starke



Lupe und unter Umständen einen kleinen Meißel. Auch ein Fläschchen mit Salzsäure zum Feststellen des Kalkgehaltes von Gesteinen ist von Vorteil, nur muß dies gut schließen, sonst könnte ihre zersetzende Wirkung große Überraschungen bereiten. Verseht euch reichlich mit Zeitungspapier zum Einschlagen der Fundstücke, mit Blechschachteln und einigen verschließbaren Glasröhrchen! Wichtig ist endlich der Notizblock, in den ihr alle Beobachtungen sorgsam eintragt und Lageskizzen und Profile der Fundorte aufzeichnet. Vergeßt auch den Bleistift nicht! Und ein Sortiment Farbstifte! Von Tinte und Kopierstift ist abzuraten, da bei regnerischem Wetter die Notizen auslöschen. Versorgt auch einen Beutel oder eine Tasche und haltet darin alles geordnet beieinander. In einem zweiten Beutel bringt ihr, wohl eingepackt, eure Funde unter. Jedem Fundstück fügt ihr einen Zettel mit Beschriftung bei.

Als Grundlage für eine Wanderung sind geologische Karten sehr zu empfehlen, die im Maßstab 1:25 000 für die meisten Gebiete hergestellt worden sind. Doch sind diese heute meist schwer zu erhalten.

Im übrigen gibt es eine große Reihe brauchbarer geologischer Wanderbücher. Darüber lassen sich im Einzelfalle in den Volksbüchereien und den einschlägigen Buchhandlungen Auskünfte erhalten. Auch das Zurechtschlagen der Fundstücke will gelernt sein! Die ersten Versuche befriedigen in der Regel nicht recht. Doch lassen wir uns dadurch nicht entmutigen. Übung macht den Meister! Ein formgerecht für die Sammlung hergerichteter Stein,

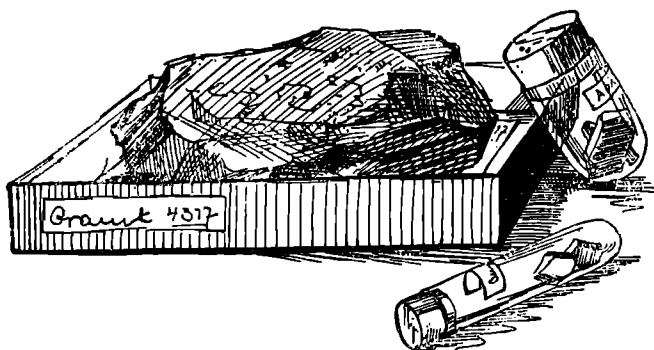


ein sogenanntes Handstück, soll etwa 7×10 cm messen und 2 bis 3 cm stark sein. Diese Maße lassen sich keineswegs immer streng einhalten. Oft ist man heilfroh, wenn man eine einigermaßen rechteckige Form zustande bringt. Dabei schlägt man mit der abgestumpften Seite des Hammerkopfes. Die firstartig zuge-spitzte Seite wird lediglich verwendet, wenn man schiefrige Ge-
steine in Platten zerlegen will. Beim Zurechtschlagen darf man aber das Stück nicht etwa auf eine Unterlage legen, da es da sehr leicht zerspringen würde, sondern man halte es fest in der linken Hand, daher der Name „Handstück“, während man mit der Rechten ganz flach gegen die dem Körper zugekehrte Kante des Steines den Schlag führt, wobei man den Hammer gleichmäßig über das Gestein nach der Kante hin leicht schleifend zieht. Durch diese zügigen Schläge vermeidet man, daß auf den Flächen schändende Schlagstellen entstehen, die die petrographische Feinstruktur völlig verwischen würden. Noch schwieriger ist es, Versteinerungen sauber aus dem Stück herauszuarbeiten. Leider zu oft wird einem dann schließlich doch

noch ein unglückseliger Schlag zum Verhängnis und zertrümmert den gesamten Fund. Eine weise Regel sagt daher, man solle immer beim vorletzten Schlag aufhören! Das soll heißen, man lasse lieber etwas mehr unbrauchbares Material daran, als daß man das ganze Fundstück in Gefahr bringt. Außerdem mache man es sich zur festen Gewohnheit, seine Handstücke immer bereits am Fundort fertig zurechtzuschlagen. Dann hat man bei Zubruchgehen wenigstens immer die Möglichkeit, sich noch Ersatz zu verschaffen. Das nächste wesentliche Moment ist die Aufbewahrung der Funde daheim. Vor allem muß man sich von vornherein an eine strenge Ordnung gewöhnen. Jedes Stück erhält eine Nummer, die in einem Katalog vermerkt wird und einen Zettel, der den

1348	
ARKOSESANDSTEIN	
<i>40mg</i>	
OBERKARBON	HAFENGELÄNDE
GRILLENBERGER	LEIPZIG-LINDENAU
SCHICHTEN	<i>Müller 1957</i>

Namen des Gesteins oder der Versteinerung enthält, ferner die geologische Formation, der das Stück entstammt und außerdem den Fundort angibt. Von Vorteil ist, das Datum des Fundes zu vermerken, um danach später im Notizbuch die nötigen Einzelheiten wiederzufinden. Jedes Gestein bekommt ein besonderes, 2 bis 3 cm hohes Pappkästchen. Kleine Mineralien und Proben von Lockermaterial werden in verstöpselten Röhrchen oder in flachen Blechschachteln aufbewahrt, die wieder eine Etikette tragen. Für die zahlreichen Kästchen und Röhrchen ist es nun nötig, sich einen Schrank anfertigen zu lassen. Solange die Sammlung klein ist, genügen einige Kisten. Doch schließlich wird dies unübersichtlich. Der Schrank hat vorteilhafterweise etwa 1,80 m Höhe, 50 cm Tiefe und 1 bis 1½ m Breite. Er wird mit übereinanderliegenden flachen Schub-



fächern ausgestattet, in denen die kleinen Kästchen bequem nebeneinandergestellt werden können. Ein übersichtlicher Katalog, der streng gegliedert ist, ist Grunderfordernis dafür, daß man rasch und leicht alles findet, was man gerade braucht. Man kann ordnen nach petrographischen oder mineralogischen Gesichtspunkten, nach erdgeschichtlichen Abteilungen, oder aber auch regional nach Fundorten und Landschaften. Das hängt vom Einzelnen und vom Zweck und Umfang der Sammlung ab. Ein reichlicher Aufwand an Arbeit ist jedenfalls erforderlich. Doch jeder, der mit wahrer Begeisterung sich mit den Gesteinen befaßt, wird diesen gern in Kauf nehmen.

Zum Schluß noch ein weiterer Hinweis! Genauso reizvoll wie eine Sammlung von Steinen und Mineralien ist eine Zusammenstellung guter Fotografien von ihnen. Diese erlauben in eindrucksvoller Weise, die Besonderheiten des Schichtverbandes und der Ablagerung von Gesteinen gut im Bilde festzuhalten. So ist für den modernen Geologen schließlich der Fotoapparat eigentlich ebenso unentbehrlich wie der Hammer. Durch den Farbfilm sind ganz neue Möglichkeiten geschaffen, naturwahre und plastische Wirkungen zu erzielen.

Aus solcher Sammeltätigkeit wird euch in reichem Maße Anregung und Bereicherung erwachsen. Freilich gehören zu fruchtbarer wissenschaftlicher Arbeit große Anstrengung und Sorgfalt und Mühe. Der große sowjetische Forscher Pawlow ruft den jungen Naturforschern zu: „Seid leidenschaftlich in eurer Arbeit und bei eurer Forschung!“

TAFELFOLGE

Seite: 16 *Von den Mineralien*

oben links: künstlich gezüchteter Alaunkristall;
oben rechts: künstlich gezüchteter Kupfervitriolkristall;
darunter
links: Kalkspat (Doppelspat) vom Ural;
rechts: Apatit (Moroxit) von Sludjanka am Baikalsee (UdSSR);
unten: Mangandriten auf Solnhofener Lithographenschiefer.

17 *Aufbau der Erde*

oben: Schwerspat von Markersdorf/Sachsen;
Mitte: Eklogit von Silberbach/Fichtelgebirge;
unten: Eisenmeteorit mit Widmannstettenschen Figuren (Cañon Diablo USA).

32 *Quarz*

oben links: Rosenquarz von Zwiesel/Bayrischer Wald;
oben rechts: Rauchquarz vom St. Gotthard;
unten: Amethystdruse von Idar-Oberstein/Nahe.

33 *Trümmerachat von Oberschlottwitz/Sachsen.*

48 *Gesteinsbildende Mineralien*

oben links: Orthoklas;
oben rechts: Orthoklas als „Karlsbader Zwillings“ in Topasbrockenfels vom Schneckenstein/Vogtland;
Mitte links: Muskovit (Kaliglimmer) vom Ural;
Mitte rechts: Plagioklas (Labradorit) aus Labrador;
unten: Hornblende in Basalt aus der ČSR.

49 *Edelsteine*

oben links: Turmalin mit Bergkristall, Glimmer und Orthoklas von der Insel Elba;
oben rechts: stengliger Turmalin im Querschnitt aus Minas Geraes (Brasilien);
Mitte links: Topas von Mursinka (Ural);
Mitte rechts: roter Turmalin (Rubellit) von Pala (Kalifornien);
unten: Malachit (poliert) von Nishne-Tagilsk (Ural).

Seite: 64 oben links: Aquamarin mit Feldspat vom Spitzkopje (SW-Afrika);
oben rechts: Saphir von Ceylon;
Mitte von links nach rechts: Smaragd von Takowaja (UdSSR);
Rubin von Ceylon; weißer Spinell von Ceylon; blauer Spinell von Ceylon;
unten links: Amazonenstein vom Pikes Peak (Colorado);
unten rechts: Karneol.

65 *Erze*

von oben nach unten: Bleiglanz von Freiberg/Sachsen; Zinkblende mit Bleiglanz von Freiberg/Sachsen; Zinnstein (Visier-
erz) von Schlaggenwald; Gangstück der edlen Braunspat-
formation mit Silberglanz, Braunspat und Kalkspat von Frei-
berg/Sachsen.

80 von oben nach unten: Kupferlasur und Malachit mit Flußspat
von Schönbrunn/Vogtland; Schwefelkies (Pyrit) mit Quarz;
Roteisenerz (Hämatit) von Neidhardtstal bei Zwickau/Sachsen;
Magnetit (Christophit) von Breitenbrunn/Erzgebirge; Braun-
eisenstein (aus Roteisen entstanden) von Langenberg/Erzge-
birge.

81 *Vulkanische Produkte*

von oben nach unten: Leuzitmineral in Schlotbrekzie vom
Vesuv;
Mitte links: Liparit von Nicola (Insel Lipari);
Mitte rechts: Obsidian;
darunter: Bimsstein vom Brohltal (Eifel);
unten: Leuzitlava vom Vesuv.

96 *Porphyry und Diabas*

von oben nach unten: Quarzporphyr vom Petersberg; Diabas-
mandelstein vom Steinicht/Weiße Elster (Vogtland); Bandjaspis
(verkieselter Porphyrtuff) von Gnadstein in Sachsen.

97 *Granit und Gneis*

oben: Biotitgranit; unten: Augengneis von Schwarzenberg im
Erzgebirge.

112 *Schiefer*

oben: Glimmerschiefer des Erzgebirges;
Mitte: Paläoniscus freieslebeni im Mansfelder Kupferschiefer
(Zechstein);
unten: Amphibolit-Chlorit-Schiefer von Zöptau.

oben links: Kalkspat (Papierspat) von Schneeberg/Erzgebirge;
oben rechts: Aragonit von Kamsdorf/Thüringen;
Mitte links: Aragonit (Erbsenstein) von Karlovy Vary (ČSR);
Mitte rechts: Dolomit mit Aragonitüberzug aus dem Plauenschen Grund bei Dresden;
unten: gestreifter Marmor aus dem Fichtelgebirge.

128 *Salze und Gips*

oben links: gelber Carnallit vom Kalischacht Unterbreizbach (Rhön);
oben Mitte: blaues Steinsalz vom Kalischacht Unterbreizbach (Rhön);
oben rechts: roter Carnallit vom Kalischacht Unterbreizbach (Rhön);
Mitte links: Fasergips von Frankenhausen am Kyffhäuser;
Mitte rechts: Gipskristall von Wiesloch/Baden;
unten: Quellfaltung im Gips, durch Wasseraufnahme aus Anhydrit entstanden, von der Barbarossahöhle am Kyffhäuser.

129 *Versteinerungen*

oben links: Muschelführender Kalk mit *Cyrena semistriata* vom Mainzer Becken;
oben rechts: Ostseebernstein mit Insekteneinschluß;
Mitte links: junges Ahornblatt (*Acer trilobatum*) im Solnhofener Schiefer;
Mitte rechts: Seeigel (*Ananchytes*) aus dem Rügener Feuerstein;
unten: Ammonit (*Arietites obtusus*) des Jura (unterer Lias) aus Dorsetshire/England.

Bei den Gesteinen und Mineralien wurde, soweit es möglich war, der Fundort angegeben. Die Stücke wurden aus den Sammlungen des Mineralogischen, des Geologischen und des Geographischen Instituts der Universität Leipzig und von Herrn Lösche, Leipzig, zur Verfügung gestellt.

Wir lernten kennen

1. GESTEINSBILDENDE MINERALIEN

Quarz	10, 18, 29ff., 41, 42, 48, 50, 64, 69, 83, 90, 91, 97, 103	Leuzit	38
Feldspat	17, 36, 41, 42, 48, 83, 88, 90, 93, 96	Nephelin	38
Orthoklas	36, 83, 91	Glimmer	18, 41, 42, 48, 83, 90, 96
Plagioklas	36, 49, 88, 91	Muskovit	92
Labrador	91	Biotit	83, 91, 103
Adular	37	Hornblende	41, 42, 50, 84, 88, 92
Mondstein	37	Augit	26, 88, 92, 103
Sanidin	37	Pyroxen	84
		Diopsid	91
		Olivin	88

2. HÄUFIGE MINERALIEN UND UMWANDLUNGSPRODUKTE

Wasser	16ff. (Schneeflocken), 19	Cölestin	108
Kohlenstoff	16, 19, 45, 58, 119ff.	Apatit	16, 51
Graphit	124	Chlorit	50, 88
Schwefel	19, 80	Dendriten	19
Talkum	18	Quarzit	34, 110
Flußspat	51, 64, 80	Ortstein	45
Schwerspat	50, 64	Tonerde	36, 43, 105
		Kaolin	38, 41, 97

3. EDELSTEINE UND HALBEDELSTEINE

Diamant	18, 57ff., 80	Morganit	55
Karbonados	59	Heliodor	55
Korund	59, 69	Chrysoberyll	55
Rubin	59	Alexandrit	56
Saphir	59	Smaragd	55
Topas	49, 51, 55, 92	Granat	16, 26, 60, 103
Beryll	49, 55	Turmalin	19, 49, 51, 56, 92
Aquamarin	55		

Achroit	56	Karneol	32, 54
Schörl	56	Chalzedon	31, 64
Nephrit	56	Onyx	32
Türkis	57	Heliotrop	32
Zirkon	49	Achat	32, 54
Lapislazuli	57	Katzenauge	33
Malachit	57	Tigerauge	33
Bergkristall	30, 91	Avanturin	33
Rauchquarz	30, 64	Opal	54, 80
Amethyst	30, 54, 60, 64	Jaspis	54, 85

4. METALLE UND ERZE

Gold	16, 50, 65, 67	Mangan	18, 63
Silber	16, 63, 67	Zinnstein	49, 51, 62, 65
Platin	48, 67	Kupfererz	50, 65, 66ff.
Nickel	67	Kupfer-	
Blei	50, 63, 67	glanz	66
Bleiglanz	63, 65	Kupferkies	66
Zink	50, 63, 65, 67	Buntkupfer-	
Zinkblende	63	kies	66
Quecksilber	19, 50, 63	Eisen	67, 69, 82, 105
Chrom	48, 67	Magnetit	67, 92
Antimon	50, 63	Roteisen	16
Wismut	63	Brauneisen,	
Kobalt	63, 67	Limonit	65, 68, 96, 100
Vanadium	67	Raseneisen-	
Palladium	67	erz	68
Rhenium	67	Bohnerz	68
Lithium	49, 51	Eisenocker	100
Wolfram	49, 51, 60, 62	Eisenspat	
Molybdän	39, 49, 51, 62	(Eisenblüte)	111
Molybdän-		Schwefelkies,	
glanz	49	Pyrit	57, 80, 100
Arsen	63, 80	Markasit	108
Arsenkies	80	Radium	51

5. MASSENGESTEINE UND VULKANISCHE PRODUKTE

A. Tiefengesteine: Plutonite

Granit	37, 49, 51, 90ff.	Grano-	
Aplit	93	diorit	97
Pegmatit	37, 49, 93	Greisen	97
		Rapakivi	97

B. Ergußsteine: Vulkanite

Liparit	80, 89
Trachyt	89
Porphyr	80, 82 ff.
Quarz- porphyr	84 ff.
Dolerit	89

Basalt	26, 69, 77, 80, 89
Trapp	77
Phonolith	77
Diabas	86 ff.
Aphanit	86
Diabas- mandelstein	88

C. Vulkanische Auswurfprodukte

Lava	20 ff., 77, 78, 86
Bomben,	

Lapilli	76, 88
Tuffe	79, 85
Bimsstein	77
Traß	77

6. KRISTALLINE SCHIEFER UND DEREN BEGLEITMINERALIEN

Schiefer	98 ff.
kristalline Schiefer	27, 102
Tonschiefer	99
Griffel- schiefer	100
Alaunschiefer	101
Glimmer- schiefer	96, 103
Phyllit	96, 103

Kieselschiefer	19, 103
Eklogit	26
Gneis	93, 103
Augengneis	93
Andalusit	19
Disthen	103
Epidot	103
Serizit	99, 103
Sillimanit	103
Staurolith	103

7. ABSATZGESTEINE · SEDIMENTE

A. Salze

Koch- oder Steinsalz	10, 12, 14 ff., 16, 113 ff., 127
Kalisalze	113 ff. (Kainit, Sylvin, Karnallit)
Glaubersalz	10, 114

Alaun	10, 12, 18, 100
Soda	10
Salzton	114
Gips	112, 114, 117
Anhydrit	114
Kupfervitriol	18
Kieselsinter	31

B. Organische Ablagerungen

I. Kalke

Kalkstein	16, 44, 105 ff., 128
Muschelkalk	106, 108
Kreide	108
Riffkalk	107
Erbsenstein	112

II. Brennstoffe

Kohle	119 ff.
Torf	43, 120, 121
Torfdolomite	132
Braunkohle	122

Kalktuff	112 (Wiesenkalk, Seekreide)
Marmor	110
Kalkspat	19, 64, 80, 88, 108, 110, 131
Aragonit	64, 110
Dolomit	110, 132

Steinkohle	97, 120, 124
Anthrazit	120
Sapropel	126
Erdöl, Petroleum	126
Bernstein	19

8. VERSTEINERUNGEN

Muscheln	106, 129, 130, 131
Seeigel	33, 128
Seelilien, Krinoiden	102, 128, 130
Ammoniten	106, 128, 129
Korallen	33, 102, 106, 107, 128
Feuerstein	29, 34
Trilobiten	102
Brachio- poden	102
Terebrateln	130
Fische	102, 104

Saurier	104, 109, 128, 133
Urvogel	132, 133
Foramini- feren	130
Geiseltal- funde	123, 133
Araucarien	85
Zykadeen	85
Schuppen- bäume	85, 99
Siegelbäume	81, 99

Wort- und Sacherläuterungen

- Absonderung**; der durch Abkühlen und Austrocknen bedingte Zerfall eines Gesteins in mehr oder weniger regelmäßige Teile.
- Aggregatzustand**, lat.; aggregare = anhäufen. Zustandsform der irdischen Stoffe in ihren drei Haupttypen: fest, flüssig oder gasförmig.
- Aktualismus**, frz.; actuel = jetzig. Betrachtungsweise der Geologie, die die Vorgänge der Erdgeschichte mit Hilfe der heute auf der Erde wirksamen Kräfte zu erklären sucht.
- Ammonit**; in Anlehnung an die Widderhörner des ägyptischen Gottes Ammon Bezeichnung für eine zu den Weichtieren gehörige Gattung der Kopffüßer mit spiralig aufgerolltem Gehäuse.
- amorph**, gr.; a = ohne, morphe = Gestalt. Zustandsform fester chemischer Substanzen ohne erkennbare Kristallgestalt. Gegensatz: kristallin.
- anstehend**; Vorkommen eines Gesteins am Orte seiner Entstehung.
- Apatit**, gr.; apate = Täuschung; mit dem Beryll verwechselbar; fluor- und chlorhaltiges Kalziumphosphat.
- Aquamarin**, lat.; „Meerwasser“, Beryll von lichtblauer Farbe.
- Aragonit**; Name nach einem Vorkommen in Aragonien in Spanien; rhombische Modifikation des kohlen-sauren Kalkes.
- Asbest**, gr.; = ‚unverbrennlich‘. Feinfaserige Ausbildung von Hornblende und Serpentin.
- Augit**, gr.; auge = Glanz. Eisenmagnesiumreiches, dunkles, gesteinsbildendes Silikat.
- Basalt**; dunkles, kiesel-säurearmes Ergußgestein.
- basisch**; hat in der Gesteinskunde die besondere Bedeutung „arm an Kieselsäure (SiO₂)“ und bezeichnet die dunklen, eisenmagnesiumreichen Gesteine, zum Beispiel Diabas, Basalt. Gegensatz: sauer.
- Batholith**, gr.; bathos = Tiefe, lithos = Stein. Ein in der Tiefe erstarrender Gesteinskörper, zum Beispiel Granit, Gneis u. ä.
- Biotit**; nach dem Namen des französischen Physikers Biot gebildete Bezeichnung für schwarzen Glimmer.
- Bitumen**; aus Fett- und Eiweißstoffen niederer Organismen entstandene Einlagerungen in der Kohle.
- Bleichung**; Ausschwemmung löslicher Stoffe des Bodens durch Sickerwässer. Da auch Eisenverbindungen weggeführt werden, tritt eine Hellfärbung in den betroffenen Schichten ein. Vgl. Eluvialhorizont.
- Bombe**, vulkanische; großer Auswürfling einer vulkanischen Eruption.
- Brachiopoden**, gr.; brachion = Arm, podos = Fuß. Muschelähnliche, schalen-tragende, meerbewohnende Weichtiere, Armfüßer.

- Brekzie, ital.; breccia = Bresche. Absatzgestein, bei dem eckige Bruchstücke durch ein Bindemittel miteinander verkittet sind.
- Calamiten, gr.; calamos = Rohr. Zu den Schachtelhalmen gehörige rohrartige Pflanzen mit quirlständigen, schmalen Blättern.
- Cycadeen; farnartige Gewächse mit knolligem Stamm und Palmenkrone, heute auf die Tropen beschränkt.
- degradieren, frz.; = ‚entwerten‘, hier im besonderen: durch Wegführung wertvoller Nährstoffe entwertete Ackerböden.
- Dendriten, gr.; dendron = Baum. An Pflanzen erinnernde Ausscheidungen von Mangan oder Brauneisen auf Klufflächen.
- Diabas, gr.; diabasis = Übergang. Basisches Erstarrungsgestein aus Plagioklas und Augit, häufig im Devon.
- Diamant, gr.; adamas = unbezwingbar; kristalliner reiner Kohlenstoff, entsteht in der Tiefe bei hohem Druck.
- Diatomeen, gr.; diatome = Spaltung. Kieselalgen mit einer aus zwei Hälften zusammengesetzten Schale. Sie haben Kieselgur und auch den Feuerstein gebildet.
- Differentiation, lat.; differentia = Unterschied. Bei der Abkühlung des Magmas durch Entmischung und allmähliches Auskristallisieren sich herausbildende Unterschiede in den Gesteinen.
- Doline, slow.; = ‚Tal‘. Mulde in Kalkgebieten, die durch Auslaugung des Untergrundes entstanden ist.
- Dolomit; zu Ehren des französischen Geologen Dolomieu benanntes kohlen-saures Kalk-Magnesium-Gestein.
- Druse; bergmännischer Ausdruck für einen mit Mineralien erfüllten Hohlraum im Gestein.
- Eklögit, gr.; eklektos = auserlesen. Aus rotem Granat und grünem Augit (Omphazit) bestehendes Tiefengestein.
- Eluvialhorizont; Bodenschicht, aus der durch Sickerwässer lösliche Stoffe ausgewaschen werden. Siehe Bleichung.
- Epizentrum, gr.; epi = darauf. Über einem Erdbebenherd gelegener Punkt der Erdoberfläche.
- Erosion, lat.; erodere = ausnagen. Die zerstörende und abtragende Tätigkeit des fließenden Wassers.
- erratischer Block, lat.; errare = umherirren. Vom eiszeitlichen Inlandeis aus Skandinavien ins norddeutsche Tiefland transportierte und rundgeschliffene Blöcke.
- Eruptivgestein, lat.; eruptio = Ausbruch. Gestein, das aus dem Schmelzfluß, dem Magma, entstanden ist.
- Faltung; der durch gebirgsbildende Kräfte bedingte, der Faltung eines Tuches vergleichbare Zusammenschub von Schichten.
- Faulschlamm; siehe Sapropel.
- Fazies, lat.; = ‚Gesicht‘. Durch besondere örtliche Bedingungen, wie Nähe der Küste, Lage in Flach- oder Tiefsee, hervorgerufene verschiedenartige Ausbildung gleichzeitig entstandener geologischer Ablagerungen.

- Flöz, ahd.; flezz = flach. Bergmännischer Ausdruck für eine schichtige Ablagerung von Kohle oder Salz.
- Fluidalstruktur, lat.; fluidus = flüssig. Mineralgefüge eines Gesteins, das noch die kurz vor der Erstarrung des Magmas stattgefundenen Fließbewegungen erkennen läßt.
- Foraminiferen, lat.; foramen = Loch, ferre = tragen. Koloniebildende Einzeller mit Kalkgehäuse, die maßgeblich an der Bildung der Kalkgesteine beteiligt sind.
- Formation, lat.; formatio = Bildung. Abschnitt der Erdgeschichte.
- Fossil, lat.; fossilis = ausgegraben. Versteinering.
- Fumarole, lat.; fumare = rauchen. Austrittsstelle von Wasserdampf in Vulkangebieten.
- Gang; aus Mineralien, Erzen oder Gesteinen bestehende Ausfüllung einer Spalte.
- Geosynklinale, gr.; ge = Erde, syn = zusammen, klinein = neigen. Absinkendes Stück der Erdkruste, auf dem sich Sedimente anhäufen. Vorstadium einer Gebirgsbildung.
- Geschiebe; gerundete, geschliffene und gekritzte Gesteinsbrocken, die durch das Gletschereis verfrachtet wurden.
- Geysir, isländ.; periodisch tätiger heißer Sprudel.
- Glimmerschiefer; schiefriges, aus Quarz und Glimmer bestehendes Gestein.
- Globigerinen, lat.; globus = Kugel, gerere = tragen. Foraminiferenart mit traubig angeordneten kugeligen Kalkschalen; Ablagerung der Ozeane.
- Gneis; schiefriges Gestein, das aus Feldspäten, Quarz und dunklen Gemengteilen besteht.
- Granit, lat.; granum = Korn. Ein in der Tiefe erstarrtes Eruptivgestein, das vor allem Feldspat, Quarz und Glimmer enthält.
- Granitit; ein Granit, der als Glimmer nur den Biotit enthält.
- Graphit, gr.; grapho = ich schreibe. Amorpher reiner Kohlenstoff.
- Grauwacke; alter Bergmannsausdruck. Wacke, so viel wie „fester Stein“. Grobe, feste Sandsteine des Erdaltertums.
- Gravitation, lat.; gravitas = Schwere. Schwerkraft.
- Grus; durch Verwitterung in kleine Stücke zerfallendes Gestein.
- Habitus, lat.; Gepräge. Erscheinungsform eines Gesteins.
- hiatal, lat.; hiatus = Sprung. Bezeichnet ein Gestein, dessen Bestandteile sehr unterschiedliche Größen aufweisen. Gegensatz: serial, das bedeutet, alle Größen sind gleichmäßig vertreten.
- Horizont, gr.; horizo = ich begrenze, Gesteinsschicht.
- Hornblende; alter Bergmannsausdruck; horn = hart. Dunkles, in Eruptivgesteinen vorkommendes Mineral, das aus Magnesium, Eisen und Kieselsäure besteht.
- Humus, lat.; = „Boden“. Oberste, mit verwestem pflanzlichem Material reich durchsetzte Bodenschicht.

- Hutzone; bei vielen Erzlagerstätten an der Oberfläche durch atmosphärische Wirkung entstandene Umbildung.
- hydrothermal, gr.; hydor = Wasser, thermos = warm. Aus heißen wäßrigen Lösungen entstanden.
- hygroskopisch, gr.; hygros = feucht, skopeo = ich beobachte; Feuchtigkeit aufnehmend.
- Hypothese, gr.; Vermutung, Annahme.
- Hypozentrum, gr.; hypo = darunter. Erdbebenherd in der Tiefe.
- Illuvialhorizont; Bodenschicht, in die durch Sickerwässer gelöste Stoffe eingeschwemmt und abgesetzt werden.
- Imprägnation, lat.; imprägnare = tränken; Eindringen von Lösungen von der Schmelze ins Nebengestein, wobei in diesem allerlei Mineralien, insbesondere Metalle, abgeschieden werden.
- Inkohlung; unter Luftabschluß verlaufender chemischer Vorgang der Kohlebildung aus pflanzlicher Substanz.
- Interferenz, lat.; interferre = zusammenwirken; Beugung des Lichtes durch Zusammenwirken verschiedener Wellenlängen, die sich teilweise verstärken, teilweise auslöschen.
- Intrusion, lat.; intrudere = hineindrängen; Eindringen des Magmas in Teile der Erdkruste.
- Isostasie, gr.; isos = gleich, stasis = Lage. Herstellung des Gleichgewichts innerhalb der Krustenzone der Erde.
- Jaspis; feinkristalline, farbige Varietät des Quarzes; als Bandjaspis werden verkieselte Tuffe bezeichnet.
- Ionen, gr.; ion = wandernd. Elektrisch geladene Atome und Moleküle.
- juvenil, lat.; = ‚jugendlich‘; Wasser vulkanischen Ursprungs, das zum ersten Male in den irdischen Wasserkreislauf eintritt.
- Kaldera, span.; = ‚Talkessel‘, von einem Ringwall aus Lockermaterial umgebener Kraterkessel.
- Kaolin; nach Kao-Ling, Berg in China; wasserhaltiges Tonerdesilikat, Ausgangsprodukt der Porzellanherstellung.
- Karren; in Kalkgebieten durch die lösende Wirkung des Wassers entstandene Klüfte und Spülrinnen, sogenannte Karsterscheinungen.
- Kaustobiolithe, gr.; kaustos = verbrannt, bios = Leben, lithos = Stein. Sammelbezeichnung für die organischen Brennstoffe.
- Klufft; durch Gebirgsbewegung oder Abkühlung hervorgerufene Gesteinsfuge.
- Kolloidal, gr.; kolla = Leim, eides = artig, ähnlich. Zustand feinsten Verteilung eines Stoffes, bisweilen gallertartig.
- Konglomerat, lat.; conglomerare = anhäufen. Absatzgestein, bei dem gerundete Trümmer mit einem Bindemittel verkittet wurden.
- Konkretion, lat.; concretio = Zusammenballung. Kugelige oder unregelmäßige, knollige Verfestigung von Lockermassen.
- Korrosion, lat.; corrodere = zernagen. Zerstörung von Festkörpern durch Gase, Säuren oder Schmelzen. Kristalle zeigen sogenannte Korro-

- sionstaschen, sofern sie vom Magma infolge Strukturänderung desselben wieder aufgezehrt werden.
- Kontaktmetamorphose**, lat.; *contingere* = berühren, gr. *metamorphosis* = Verwandlung. Umwandlung des Nebengesteins beim Aufdringen eines Tiefengesteins. Vgl. Imprägnation.
- Krater**, gr.; = ‚Mischkrug‘. Schlot eines Vulkanberges.
- Kristall**; natürlicher, starrer, von ebenen Flächen begrenzter Körper, der durch gesetzmäßige Anordnung der Atome in Gitterebenen, Kristallgitter, zustande kommt.
- Lakkolith**, gr.; *lakkos* = Grube, *lithos* = Stein. In Schichtfugen unter teilweiser Aufwölbung des Sedimentdaches eingedrungener, erstarrter Tiefengesteinskörper.
- Lapilli**, it.; = ‚kleine Steine‘. Vulkanische Auswürflinge bis etwa Faustgröße.
- Laterit**, lat.; *later* = Ziegelstein. Roter Boden der Tropen, der reich an Eisenoxyden ist.
- Lava**, lat.; *lavare* = waschen. Aus Vulkanen oder Spalten sich an die Oberfläche ergießende Gesteinsschmelze.
- Letten**; bröckelige, teils bindige, gebankte Ablagerung von Schichtgesteinen.
- Leuzit**, gr.; *leukos* = weiß. Den Feldspat vertretendes Kalialuminiumsilikat, oft in vulkanischen Aschen.
- Limonit**, gr.; *leimon* = Weide, Wiese. Aus Brauneisen bestehendes, auf Sumpfwiesen abgelagertes Raseneisenerz.
- Löß**; staubfeiner, kalkhaltiger, vom Wind zusammengetragener Steppenboden von hoher Fruchtbarkeit.
- Mächtigkeit**; die Dicke einer Schicht, eines Ganges oder einer Lava-decke.
- Magma**, gr.; = ‚Brei‘. Die irdische Schmelze, durch deren Abkühlung und Erstarrung die Eruptivgesteine entstehen.
- Magnetit**; kohlen-saures Magnesiumsalz, verwendbar zur Herstellung von feuerfesten Steinen und Bodenbelagen.
- Marmor**; körniger, kristalliner, kohlen-saurer Kalk.
- Meteorit**, gr.; = ‚Himmelserscheinung‘. Bruchstücke kosmischer Körper, vorwiegend aus Metallen, die in die irdische Lufthülle gelangen.
- Muskovit**, lat.; *Muscovia* = Rußland. Heller Kaliglimmer.
- Nephelin**, gr.; *nephele* = Wolke. Natronhaltiges Aluminiumsilikat, das den Plagioklas vertritt.
- Nephrit**, gr.; = ‚Nierenstein‘. Grüner, sehr fester Edelstein.
- Ocker**; aus Eisenoxyd bestehendes, erdiges Mineral, aus dem sich gelbe Farbe herstellen läßt.
- Olivin**; nach der olivgrünen Färbung. Eisen-Magnesium-Silikat.
- Orthoklas**, gr.; *orthos* = gerade, *klao* = ich spalte. Kalifeldspat.
- Ortstein**; harte, undurchlässige Schicht aus verkrusteten Eisenverbindungen im tieferen Untergrund, besonders bei sauren Böden; stört den

- Wasserkreislauf des Bodens und macht diesen damit unfruchtbar. Ortstein ist häufig unter Heideboden.
- Paragenese, gr.; para = zusammen, genesis = Entstehung. Vergesellschaftung vieler, unter gleichen Bedingungen entstandener Mineralien; „Mineralgemeinschaft“.
- Pegmatit, gr.; pegma = das Erstarrete. Granitisches Ganggestein mit sehr großen Kristallen.
- Phase, gr.; = ‚das Erscheinen‘. Stadium des Eintritts eines bestimmten Vorgangs, zum Beispiel der Auskristallisation von Mineralien.
- Phonolith, gr.; phone = Ton, lithos = Stein. „Klingstein“. Dunkles Ergußgestein.
- Phyllit, gr.; phyllon = Blatt. Nach den Glimmerblättchen benannter seidigglänzender, blättriger kristalliner Schiefer.
- Plagioklas, gr.; plagios = schief, klao = ich trenne. Kalknatronfeldspat.
- Pluton, lat.; Pluto = Gott der Unterwelt. Tiefengesteinskörper, der in der Erdkruste erstarrte und später durch Abtragung freigelegt wurde. Plutone sind Tiefengesteine.
- Pneumatolytisch, gr.; pneuma = Atem, lyein = lösen. Bezeichnung für die am Ende der Erstarrung des Magmas durch Gase und heiße Lösungen im Nachbargestein abgesonderten Bildungen, die auch reich an Edelsteinen und Erzen sind.
- Polfluchtkraft; infolge der Abplattung der Erde bei der Erdumdrehung auftretende, polwärts gerichtete Kraft, die man herangezogen hat, um die Verlagerung der Kontinente zu erklären.
- Polymorphismus, gr.; polys = viel, morphe = Gestalt. Bezeichnet in der Mineralogie die Erscheinung, daß oftmals dieselbe chemische Substanz verschiedene Kristallformen annehmen kann.
- Porphyr, gr.; porphyreos = purpurfarben. Meist rötliches, chemisch dem Granit entsprechendes Ergußgestein der Rotliegendzeit.
- Profil, frz.; = ‚Querschnitt, Seitenansicht‘. Geologisch die Bezeichnung für einen Schnitt durch die an einem Orte anzutreffende Anordnung der Gesteinsschichten.
- Pseudomorphose, gr.; pseudos = falsch, morphe = Gestalt. Ausfüllung des Raumes, den ein Kristall eingenommen hatte, mit anderer Substanz, so daß die ehemalige Form erhalten bleibt und der Kristall „vorgetäuscht“ wird.
- Pyrit, gr.; = ‚Feuerstein‘. Gelbes, sulfidisches Eisenerz, auch Eisenkies oder Schwefelkies.
- Pyroxen, gr.; pyr = Feuer, xenos = fremd. Dunkles Eisen-Magnesium-Silikat der Hornblendegruppe, das früher als „nicht aus dem Magma entstanden“ erklärt wurde.
- Quarzit; fester, verkieselter Sandstein.
- Radioaktivität; Fähigkeit, Strahlen auszusenden, die bestimmten chemischen Grundstoffen eigen ist, wie etwa dem Radium und dem Uran.

- Rapakivi, finn.; = ,fauler Stein'. Bröcklige, leicht zersetzbare Abart des Granits, häufiges Eiszeitgeschiebe in Norddeutschland.
- Reflexionsgoniometer; Instrument, die Neigungswinkel der Flächen an Kristallen zu bestimmen. Es beruht auf der Zurückwerfung von Lichtstrahlen.
- regional, lat.; regio = Gegend, landschaftsbezogen.
- Rubin, lat.; ruber = rot. Rote Abart des Korunds, ein Aluminiumoxyd.
- Saphir, gr.; blaue Abart des aus Tonerde bestehenden Korunds.
- Sapropel, gr.; sapos = faul, pelos = Schlamm. Faulschlamm, der sich bei ungenügender Sauerstoffzufuhr am Grunde mancher Meere bildet, wenn keine Verwesung stattfinden kann. Ausgangsprodukt für das Erdöl.
- Schichtung; flache Lagerungsform der Sedimentgesteine.
- Schiefer; Gestein, das durch Gebirgsdruck eine Schichtstruktur erlangt hat und sich gut in dünne Platten spalten läßt.
- Schotter; Geröllablagerung durch Flüsse oder Gletscher.
- Schratten; nach der Vorstellung von Kobolden, „Schratten“, gebildet. Durch chemische Lösung von Kalk entstandene Furchen und Rinnen auf Kalkplateaus. Vgl. Karren.
- Sediment, lat.; sedimentum = Bodensatz. Absatzgestein, entstanden durch Ablagerung von Verwitterungsprodukten älterer Gesteine.
- Seife, geologisch; in Sanden und Kiesen angereicherte Erze, die durch Flüsse oder das Meer abgesetzt worden sind, sogenannte „Schwemmerze“.
- Serizit, lat.; sericus = seidig. Kontaktmineral.
- Sinter, altnordisch; sindr = Schlacke. Abscheidung von Kalk oder Kieselsäure aus Quellen oder heißen Lösungen.
- Skalenoeder, gr.; skalenos = ungleichseitig, hedra = Fläche. Durch zwölf ungleichseitige Dreiecke begrenzter Vielflächner.
- Solifluktion, lat.; sol = Boden, fluere = fließen. Bodenfließen infolge zeitweiligen Auftauens von Frostboden in arktischem Klima. Dadurch entstehen charakteristische Verwitterungsformen, wie sie während der Eiszeit auch in Deutschland entstanden sind. Vgl. Blockmeere!
- Stalagmit, gr.; stalagmos = Tropfen. Tropfsteingebilde, das vom Boden her in die Höhe wächst.
- Stalaktit, gr.; stalaktitos = tropfend. An der Decke von Höhlen herabhängende, zapfenartige Tropfsteinbildung.
- Tektonik, gr.; tektone = Bau. Lehre vom Aufbau der Gebirge und den Bewegungen in der Erdkruste.
- Textur, lat.; textura = Gewebe. Anordnung der Gemengteile innerhalb eines Gesteins, zum Beispiel schiefrig.
- thermal, gr.; thermos = warm. Bezeichnung für warme oder heiße Wässer und die sich daraus abscheidenden Minerale.
- Tuff, ital.; tufo = poröser Stein. Im allgemeinen aus vulkanischen Aschen verfestigtes Gestein. Kalktuff bezeichnet dagegen die Ausscheidung von kohlensaurem Kalk in Sümpfen.

varistisch; eine nach dem alten Volksstamm der Varisker im heutigen Vogtland benannte Gebirgsbildungszeit, die in die Steinkohlenformation fällt.

Verwerfung; Verschiebung einer Scholle der Erdkruste an einer Gesteinsspalte.

Vulkanite, lat.; Vulcanus = Gott des Feuers. Bezeichnung der bis zur Erdoberfläche durchbrechenden Eruptivgesteine, auch Oberflächen-
gesteine oder Ergußgesteine genannt. Gegensatz: Plutonite.

Wabenverwitterung; besonders an der Oberfläche von Sandstein durch Auslaugen entstehende Kammerung, die an Bienenwaben erinnert.

Windkanter; eine Wüstenbildung. Durch Wind und Flugsand werden größere Blöcke infolge bevorzugter Windrichtungen allmählich kantig zugeschliffen.

