Beilage

zur

Zeitschrift des Deutschen und Oesterreichischen

Alpenvereins

1878.

Anleitung

zu

wissenschaftlichen Beobachtungen

auf

Alpenreisen.

Herausgegeben

vom

Deutschen und Oesterreichischen Alpenverein.

Erste Abtheilung:

Orographie und Topographie. Hydrographie, Gletscherwesen, von Generalmajor **C. von Sonklar.**

Kurze Anleitung zu geologischen Beobachtungen in den Alpen von Oberbergrath Professor **Dr. C. W. Gümbel.**

30654

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin



Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Geo II d 4. 1.
Dr. N. C. Mané.
G-K 07.29.1.
Senckenbergische Bibliothek Frankfurt a. M.

Vorwort.

Die Tendenz des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins, wie sich dieselbe nach dem Wortlaute der Statuten ergibt und nach der Thätigkeit des Vereins im Laufe der Jahre erwiesen hat, ist keine rein wissenschaftliche. Abgesehen von den vorhandenen praktischen Zielen besitzt dieselbe offenbar auch eine ästhetische Seite, die nicht weniger als jene unserer aufmerksamen Pflege bedarf. Denn in der Gleichbetheiligung wissenschaftlicher und künstlerischer Interessen dürfte gerade für die Meisten das eigenthümlich Anziehende der Alpenreisen, in ihrer gleichmässigen Berücksichtigung somit die Aufgabe eines grösseren Alpenvereins zu finden sein.

Damit ist selbstverständlich nicht ausgeschlossen, dass die eine oder andere Unternehmung eines solchen Vereins einmal lediglich auf das eine Gebiet, wie z. B. im gegenwärtigen Falle auf das wissenschaftliche, sich erstrecken könne; nur gebietet in dieser Hinsicht der Zweck des Vereins, allzutiefes Eindringen in fachwissenschaftliche Einzelheiten zu vermeiden.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass durch die

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

folgenden Arbeiten nicht Naturforscher im Alpengebiete gebildet werden wollen. Eine solche Absicht liesse sich hier aus naheliegenden Gründen nicht realisiren; es bedürfte hiezu selbstverständlich ganz anderer Einrichtungen, als sie einem Alpenverein zu Gebot stehen.

Obwohl dies aber von vornherein klar liegt, so steht doch unserer Ansicht nach der Werth des gegenwärtig Dargebotenen ausser Frage.

Wir erblicken in diesem Unternehmen einen Versuch — in neuer Form — zur Popularisirung derjenigen Wissensgebiete, welche zur Kenntniss der Alpen in besonderer Beziehung stehen.

Vielleicht könnte man daher gegen dasselbe alle jene Einwendungen erheben, die gegen populäre Darstellungen bestimmter Wissensbereiche überhaupt vorgebracht zu werden pflegen. In diesem Falle würden sich aber auch diejenigen Vertheidigungsmittel gebrauchen lassen, welche dort mit vollem Recht geltend gemacht werden.

Die Wissenschaft ist nun einmal in unserer jetzigen Weltauffassung nichts vom öffentlichen Leben und vom Gedankenkreise des Einzelnen so abseits liegendes, bezüglich der Förderung der Cultur nichts so untergeordnetes, dass es möglich oder räthlich wäre, dieselbe für eine besondere Klasse von Gebildeten, die eigentlichen Forscher, zurückzubehalten, selbst auf die Gefahr hin, dass die letzteren über mangelhafte Auffassung ihrer Lehren, ja über manche Missverständnisse sich zu beklagen hätten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

In zahlreichen Fällen besitzt schon der blosse Wille, der sich in bestimmter Richtung äussert, einen hohen Werth, insbesondere wenn derselbe bei Vielen gleichzeitig sich kundgibt; auch die wissenschaftliche Geistesrichtung vermag erst dann zu ihrem wahren Einfluss auf das Staatsleben und auf die Entwicklung unserer Gesellschaft zu gelangen, wenn ihre Bedeutsamkeit von einer erheblichen Zahl von Menschen anerkannt und nöthigenfalls in Schutz genommen wird.

Alle höheren geistigen Leistungen sind so sehr vom Willen und Vermögen des Individuums abhängig, dass sie niemals erzwungen, nur in einzelnen Fällen absichtlich herbeigeführt werden können. Jeder Universitätslehrer wird sich in der Regel damit begnügen müssen — und in Anbetracht der Verhältnisse auch begnügen können —, auf seine Zuhörer anregend gewirkt zu haben; um wie viel mehr wird dies bei Abhandlungen der Fall sein, die auf ein grösseres und verschiedenartig vorgebildetes Publicum zu wirken bestimmt sind.

In diesem Sinne möchten wir das gegenwärtige Unternehmen beurtheilt wissen. Wir hegen die Ueberzeugung, dass die nachfolgenden Arbeiten guten Erfolg haben werden, und glauben es als einen erfreulichen Fortschritt der Thätigkeit unseres Vereins bezeichnen zu können, wenn es, wie wir hoffen, gelingt, bei einem grösseren Theile unserer Vereinsmitglieder Interesse für wissenschaftliche Thätigkeit im Bereich der Alpenkunde, bei einem kleineren Theile derselben, und vielleicht gerade bei solchen, die ohnehin

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

den Naturwissenschaften nicht ferne stehen, lebendige Antheilnahme an der wissenschaftlichen Erforschung des Alpengebietes neu erweckt und mannigfaltige Anregung gegeben zu haben.

Allen jenen hochgeschätzten Männern der Wissenschaft, welche in so entgegenkommender und aufmunternder Weise unser Unternehmen durch Beiträge ermöglicht haben und fördern, sei hiermit Namens des Vereins der wärmste Dank ausgesprochen.

München, im August 1878.

Der Central-Ausschuss
des Deutschen und Oesterreichischen Alpenvereins.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Orographie und Topographie.

Hydrographie. Gletscherwesen.

Von

Generalmajor C. von Sonklar.

Mit 6 Figuren.

30657

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Orographie und Topographie.

Unter der Orographie versteht man die Lehre vom Gebirge, d. i. die Beschreibung seiner erhöhten wie seiner vertieften Formen.

Zur orographischen Kenntniss des Gebirges gehört einerseits die klare Einsicht in seine horizontale Ausbreitung und Gliederung und anderseits die Bekanntschaft mit seinen vertikalen Abmessungen, d. i. mit seiner Höhe. Derjenige der den Zwecken der Orographie dienen will, bedarf bei seinen Reisen eines Quecksilber- oder eines Aneroidbarometers und, für den Fall als er Besonderes leisten will, eines Winkelmess-Instrumentes, welches in portativer Form nicht schwer zu finden ist.

Die horizontale Ausbreitung und Gliederung des Gebirges zeigt die Karte; diese lehrt die Zahl, Streichrichtung, Länge und den Zusammenhang der Ketten, aus denen das Gebirge besteht. Ist die Karte richtig gezeichnet, so wird sich dem Reisenden in dieser Beziehung nicht leicht eine Gelegenheit zu besonderen Bemerkungen darbieten. Immerhin aber wird es vorkommen können, dass in der Karte die Verbindung zweier Ketten unrichtig dargestellt ist. Dies wird z. B. dann der Fall sein, wenn die Karte als den Knotenpunkt zweier Ketten nicht den wahren sondern einen anderen nahestehenden Gipfel angibt. Hier wird die entsprechende Bemerkung am Platze sein.

Bei den vertikalen Abmessungen unterscheiden wir die der Kämme und jene der Thäler. Aus der Art wie diese Abmessungen von einem Orte zum anderen sich verändern, entsteht der ganze unermessliche Formenreichthum des Gebirges.

Was die Höhenmaasse in den Gebirgskämmen anbelangt, so werden die noch nicht gemessenen Höhen von Gipfel- und Sattel-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

punkten willkommen sein. In den meisten Theilen unserer Alpen ist die Zahl der gemessenen Gipfel sehr gross, namentlich ist dies in Tirol der Fall, wie aus der neuen Generalstabskarte dieses Landes zu ersehen ist. Weiter gegen Osten hin ist die Menge der gemessenen Gipfelhöhen relativ geringer, obwohl auch hier durch die Arbeiten der k. k. geologischen Reichsanstalt, der Landesvereine und Einzelner Namhaftes geleistet worden ist. Dennoch gibt es in allen Theilen unserer Alpen noch gar manchen Gipfel, dessen absolute Höhe noch nicht eruirt ist, und gerade auf diese wäre von den Reisenden ein besonderes Augenmerk zu richten.

Weit geringer ist jedoch die Zahl der eruirten Sattelhöhen und doch sind diese für weitere orometrische Höhenrechnungen eben so wichtig als die Gipfelhöhen. Die Ursache dieses Mangels liegt offenbar darin, dass die Sattelpunkte gewöhnlich von der Ferne minder gut gesehen und von den Geometern deshalb auch nicht berücksichtigt werden können. Die Messung der Sattelhöhen wird deshalb den reisenden Mitgliedern besonders warm empfohlen.

Diese Messungen können beim Ueberschreiten der betreffenden Sättel theils auf barometrischem, theils auf trigonometrischem Wege geschehen. Barometrisch geschehen sie durch Ablesung des Barometerstandes oder der Anzeigungen des Aneroids, unter Angabe des Tages und der Stunde der Beobachtung sowie der Temperatur von Luft und Quecksilber; trigonometrisch aber durch Messung des Vertikalwinkels, den die Visur nach einem ausgezeichneten nahegelegenen Gipfelpunkte mit dem Horizonte des betreffenden Sattels einschliesst. Ist noch ein zweiter oder dritter Gipfelpunkt dieser Art in Sicht, so wäre der Vertikalwinkel auch für diesen Punkt zu messen.

Hat der Reisende irgend einen Gipfel von genau ermittelter absoluter Höhe erstiegen und ist er im Besitze eines Instrumentes zur Messung von Höhenwinkeln, so kann er durch Visuren auf die in den gegenüberliegenden Gebirgskämmen eingeschnittenen Sättel, vorausgesetzt, dass die wirklichen Sattelpunkte von seinem Standorte aus genau erkennbar sind, zur Bestimmung der Höhen dieser Sättel gelangen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Jedoch ist hier die grösste Vorsicht sowohl bei der Visur selbst als auch bei der richtigen Bezeichnung der betreffenden Sättel nothwendig. Der eigentliche Sattelpunkt ist nicht immer gut sichtbar und es kann leicht die perspectivische Verschneidung zweier Abdachungen als Sattelpunkt angesehen werden; ist anderntheils die Angabe des pointirten Sattels unrichtig oder unklar, so kann es leicht geschehen, dass die für die Höhenrechnung erforderliche Länge der horizontalen Coordinate zwischen Standort und Sattel irrig bestimmt und dadurch die Höhe des letzteren unrichtig erhalten wird.

Die Ausführung der betreffenden Höhenrechnungen könnte entweder durch den Beobachter selbst geschehen, oder es würden die eingesendeten Rechnungselemente von der Vereinsleitung einem mit diesen Dingen vertrauten Mitgliede zur weiteren Verarbeitung übergeben werden.

In beiden Fällen wären jedoch bei der Publikation der Rechnungsresultate die Beobachtungsdaten anzuführen.

Bei der Messung der Thalhöhen sind die Bestimmung des Thalausganges sowie des Thalanfanges, dann die das Thalprofil bestimmenden Punkte erforderlich. Der Thalausgang ist die Ausmündung des Thales in das Flachland oder in ein anderes grösseres Thal. Der Thalanfang ist jener Punkt, an welchem sich die Sohle des Thales mit seinem Hintergehänge verschneidet.

Die Höhenbestimmung der zwischen Thalanfang und Thalausgang liegenden Thalpunkte ist für die Kenntniss der Thalbeschaffenheit im Sinne seines Längenprofiles wichtig. Umstehende Zeichnung wird dies versinnlichen.

Der Thalanfang ist nicht immer deutlich in der Natur erkennbar, was dann der Fall ist, wenn das Hintergehänge mit sanftem Fall in die Thalsohle übergeht. Findet dies statt, so lässt sich, nach unserer Ansicht, der Anfangspunkt des Thales dadurch leicht bestimmen, dass man aus einiger Entfernung etwa über einen geraden Bergstock und über die Thalsohle hinweg, gegen das Hintergehänge visirt und auf diesem den Punkt ins Auge fasst, wo die Visur den Boden berührt. Dieser Vorgang stösst in der Natur nur selten auf Schwierigkeiten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

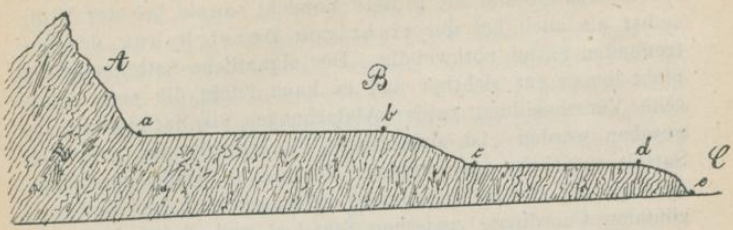


Fig. 1.

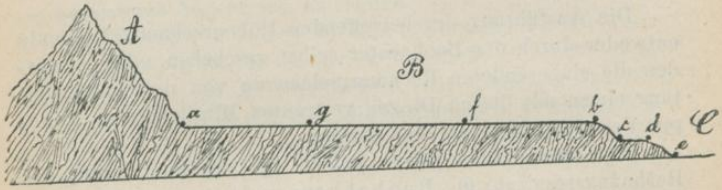


Fig. 2.
A ist das Hintergehänge, *B* das Längenprofil des Thales, *C* ist das Flachland oder das Hauptthal, in welches das Thal *B* ausmündet, *a* ist der Thalanfang, *e* der Thalausgang, *b*, *c* und *d* sind Thalpunkte, deren Höhen das Thalprofil bestimmen.

Wie wichtig die Höhenbestimmung der zwischenliegenden Punkte *b*, *c*, *d* in den obigen Profilen, ist aus den vorstehenden Zeichnungen ersichtlich. Sie geben ein auf numerischen Daten ruhendes klares Bild von dem Stufenbau des Thales (wo er vorkommt), von der Höhe und der Steilheit der Stufen und von der Mittelhöhe des ganzen Thales, mit allem was davon abhängt. (Bewohnbarkeit, Culturfähigkeit etc.).

Ist irgend eine sanft abfallende Thalterrasse (*a*, *b* und *c*, *d* in den beiden Zeichnungen) von namhafter Länge, so wird die Höhenbestimmung von noch einem oder zwei Punkten (*f*, *g*) nützlich sein.

Was die Formenverhältnisse des Gebirges betrifft, so ist es, bei der ausserordentlichen Mannichfaltigkeit derselben, wohl etwas schwierig, die interessanteren Objecte der Gebirgsplastik näher zu bezeichnen. Ein Kenner der Alpen weiss es ja ohnehin, welche Formen seltener und deshalb einer beson-

deren Aufmerksamkeit würdig sind. Ich will es indess versuchen, einige dieser Formen speciell anzuführen.

1) Sehr auffällige, durch Zierlichkeit, Regelmässigkeit, extravagante Gestalt, grosse Steilheit und dergl. ausgezeichnete Gipfelbildungen, wie z. B. gewisse Hörner, Thürme, Krummhörner, Schneiden u. dergl. (Siehe Allgem. Orographie von C. v. Sonklar, pag. 59.) Hier wären leicht gezeichnete Skizzen, unter Anführung des Punktes, von welchem sie aufgenommen, wünschenswerth.

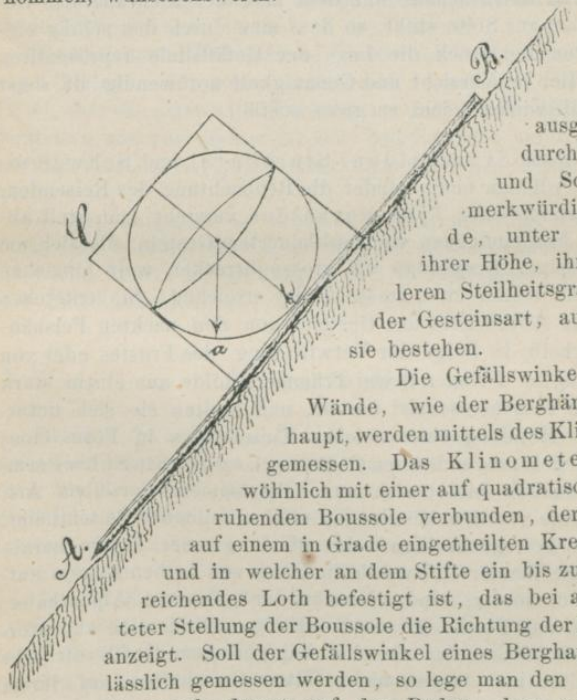


Fig. 3.

2) Sehr ausgedehnte, durch Höhe und Schroffheit merkwürdige Wände, unter Angabe ihrer Höhe, ihres mittleren Steilheitsgrades und der Gesteinsart, aus denen sie bestehen.

Die Gefällswinkel solcher Wände, wie der Berghänge überhaupt, werden mittels des Klinometers gemessen. Das Klinometer ist gewöhnlich mit einer auf quadratischer Basis ruhenden Boussole verbunden, deren Nadel auf einem in Grade eingetheilten Kreise spielt und in welcher an dem Stifte ein bis zum Kreise reichendes Loth befestigt ist, das bei aufgerichteter Stellung der Boussole die Richtung der Lothlinie anzeigt. Soll der Gefällswinkel eines Berghanges verlässlich gemessen werden, so lege man den (geraden) Bergstock derart auf den Boden, dass seine Lage möglichst genau mit der allgemeinen, d. h. mittleren Richtung des Berghanges übereinstimmt. Durch Aufsetzen des Klinometers auf den Bergstock und Abzählen der Grade des

Bogens, den das Loth mit dem senkrecht auf den Bergstock stehenden Diameter des Kreises einschliesst, erhält man den gesuchten Gefällswinkel.

Es sei in der Figur 3 (Seite 7) *A*, *B* der auf dem Berghange liegende Alpenstock, *C* das Klinometer, so ist das Gradmaass des Bogens *a*, *b* der Neigungswinkel des Berghanges. Handelt es sich um die Eruirung des Abfallswinkels einer nicht leicht beschreitbaren Felswand, so ist es nothwendig, einen Standpunkt aufzusuchen, auf dem man der Richtung des Gefälls genau zur Seite steht, so dass man durch den schräg eingerammten Bergstock die Lage der Gefällslinie repräsentiren kann. Hier ist Vorsicht und Genauigkeit nothwendig, da sonst der Gefällswinkel leicht zu gross ausfällt.

3) Grosse Sturzhalden, Sturzkegel und Schwemmkegel verdienen nicht minder die Beobachtung des Reisenden. Unter Sturz- oder Trümmerhalden versteht man steil abfallende Ansammlungen von verkleinertem Gestein, die sich am Fusse felsiger Berghänge oft grosse Strecken weit hinziehen und nicht selten eine grosse Höhe erreichen. Sie entstehen durch das Abbröckeln des Gesteins von den nackten Felshängen oberhalb, in Folge der Verwitterung, des Frostes oder von Blitzschlägen. Dringen derlei Trümmergebilde aus einem stark geneigten Felseneinschnitt hervor, und breiten sie sich unterhalb der Mündung eines solchen Einschnittes in Form eines halben Kegels aus, so heissen sie Sturzkegel. Ein Schwemmkegel endlich bildet sich aus Felstrümmern derselben Art, nur dass sie vor den Mündungen steil abfallender Seitenthäler, durch die bewegende Kraft des oft in grosser Menge herabstürzenden Wassers, ebenfalls in Form von halben Kegeln aufgeschüttet worden sind. Manche der grösseren Alpenthäler, wie z. B. das Etsch-, Drau-, Innthal u. a. sind reich an interessanten Schuttkegeln; sie sind bei geringem Gefäll oft sehr ausgebreitet und tragen nicht selten Ortschaften auf ihrem Rücken. Kleine Exemplare fallen nicht selten mit grosser Steilheit ab, und wenn dies der Fall, dann ist auch die Ausmittlung des mittleren Neigungswinkels ihrer Oberflächen gegen den Horizont von Werth.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

4) Von noch grösserem Interesse ist die Beschreibung recenter Bergbrüche oder Bergschlipfe. Ein Bergbruch ist der Absturz einer grösseren Partie des Berggehänges zu Thal, was natürlich oft von grossen Verwüstungen der Thalsohle und der auf dem Wege des Bergbruches liegenden Wälder und Culturen begleitet ist. Ein Bergschlipf hingegen ist das Abgleiten der mit Gras und Bäumen bewachsenen und desshalb mehr oder minder fest zusammenhaltenden Vegetationskrume über die glatte, felsige Unterlage eines Thalhanges. Beide Erscheinungen gehören zu den seltenen.

5) Auch neue Murbrüche, durch welche sich neue Schuttkegel bilden, oder schon bestehende vergrössern, in beiden Fällen aber die plastischen Verhältnisse der betreffenden Gegend verändern und zuweilen sogar neue Seebildungen auf dem Thalgrunde veranlassen, sind einer umständlichen Beschreibung werth.

6) Neu aufgefundene Höhlen wären mit aller Umständlichkeit zu beschreiben. Aber auch bei schon bekannten Höhlen wären neuere Entdeckungen und Veränderungen mit gleicher Umständlichkeit zu schildern u. s. w.

Hydrographie.

Bei den Quellen im Gebirge ist, wenn sie nicht durch besondere Eigenschaften eine erhöhte Aufmerksamkeit ansprechen, die Ermittlung ihrer Temperatur ein Gegenstand von Wichtigkeit. Doch haben diese Daten nur dann Werth, wenn zugleich die absolute Höhe der Quelle, der Tag der Beobachtung und die Lage der Quelle gegen die Sonne angegeben ist. — Die Kenntniss der Quellentemperaturen dient zur Ermittlung der mittleren Bodenwärme. Es versteht sich von selbst, dass bei diesen Temperaturbestimmungen die Ablesung der Grade des eingetauchten Thermometers erst dann geschehen darf, wenn die Anzeigung desselben constant geworden ist.

Manche Quellen sind durch ihren grossen Wasserreichthum merkwürdig. Sehr starke Quellen werden am häufigsten

in den Kalkgebirgen gefunden, doch kommen dieselben auch in Schiefergebirgen vor.

Um den Wasserertrag einer Quelle zu bestimmen, ist es nothwendig, an einer geeigneten Stelle des von der Quelle gebildeten Flüsschens oder Baches den Flächeninhalt seines Querprofiles und die Laufgeschwindigkeit des Wassers aufzufinden.

Den Flächeninhalt des Querprofiles erhält man durch Messung der Wassertiefe in bestimmten gleichen Abständen. Das Mittel aus den Wassertiefen multiplicirt mit der Breite des Gewässers gibt die gesuchte Grösse. — Die Laufgeschwindigkeit des Wassers hingegen wird gefunden, wenn man die in Secunden angegebene Zeit aufsucht, welche ein auf dem Wasser schwimmender Körper benöthigt, um eine im Voraus abgemessene Strecke zurückzulegen. Die Division der Länge dieser Strecke durch die gefundene Secundenzahl gibt die Geschwindigkeit des Wassers pro Secunde. Multiplicirt man sofort das Querprofil mit der Geschwindigkeit, so erhält man die Wassermenge, welche die Quelle in einer Secunde liefert. Ein Beispiel wird dies erläutern.

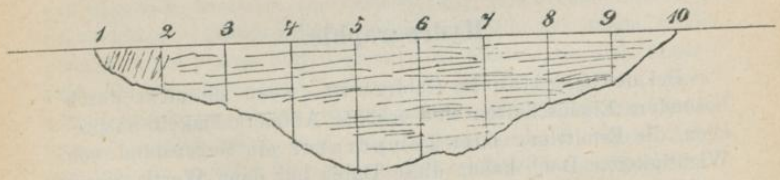


Fig. 4.

Es seien in dem vorstehenden Querprofile eines Quellenabflusses die Punkte 1—10 je 20 cm von einander und von den Ufern entfernt und die gefundenen Wassertiefen seien

für 2 . .	12.6 cm	für 6 . .	33.3 cm
„ 3 . .	15.8 „	„ 7 . .	29.6 „
„ 4 . .	21.7 „	„ 8 . .	27.6 „
„ 5 . .	37.8 „	„ 9 . .	18.4 „

so ist das arithmetische Mittel 24.8 cm.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Da nun die Breite des Baches 180 cm beträgt, so ist der Flächeninhalt des Querprofiles 24.8 cm. × 180 cm. = 4464 qcm. = 0.4464 Q.-Meter. Man habe nun am Ufer des Baches eine Linie von 30 Metern abgesteckt und gefunden, dass ein in die Mitte des Baches geworfenes Stückchen Holz 10 Secunden benöthigt, um diese Strecke zurückzulegen, so ist 30 m : 10 = 3 m die Geschwindigkeit und demnach 0.4464 × 3 = 1.3392 Cubikmeter, das ist die Wassermenge, welche die Quelle in einer Secunde oder

1.3392 × 3600 = 4821 Cubikmeter,

die Wassermenge, die sie in einer Stunde liefert.

Bei grösseren Gebirgsbächen gewährt es oft ein besonderes Interesse, die Temperatur derselben an einem und demselben warmen Sommertage an verschiedenen Stellen ihres Laufes zu messen. Aus den gewonnenen Daten lassen sich Schlüsse auf die Erwärmungsfähigkeit des Wassers durch die Sonne unter gewissen Umständen ziehen. Der wichtigste dieser Umstände ist das Gefäll des Baches. Denn es ist begreiflich, dass, wenn das Gefälle stark ist und das Wasser dabei, über das unebene Bett hinschiessend, sich häufig zertheilt und mit der Luft, sowie mit den Wärmestrahlen der Sonne in eine innigere Berührung tritt, die Erwärmung eine grössere sein wird, als wenn der Bach ruhig dahinfliesst. Auch der Zustand des Wassers mit Beziehung auf seine Klarheit ist hierbei von Belang, wesshalb anzumerken ist, ob der Bach klares oder trübes und in welchem Grade trübes Wasser führte.

Der Bach muss jedoch, wie gesagt, ein grösserer sein, da sonst seine Temperatur durch die Temperatur der in ihn einfallenden Nebenbäche allzusehr alterirt wird.

Bei Wasserfällen sind, wenn dies nicht schon geschehen, die absoluten Höhen ihrer oberen und unteren Endpunkte zu messen.

Bei Seen wären die Tiefen wo möglich an mehreren Punkten, und die Temperaturen des Wassers in verschiedenen Tiefen zu ermitteln. Derlei Operationen bedürfen jedoch besonderer Vorkehrungen und besonderer Instrumente, wesshalb sie nicht leicht von Laien ausgeführt werden können.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Die Betten der Gebirgsbäche bieten nicht selten Gelegenheit zu interessanten Notizen dar. Bei Hochwässern werden sie nicht selten mit neu herbeigetragenen grossen Felsblöcken erfüllt, aus deren Volum sich Schlüsse auf die Transportfähigkeit des Wassers, sowie umgekehrt aus der durch die Grösse der Blöcke eruirten Transportfähigkeit desselben auf die bei jenen Hochwässern vorgekommenen Wassergeschwindigkeiten ziehen lassen. — An manchen Orten haben sich die Bäche, besonders die rasch fallenden Seitenbäche, tiefe Schlünde durch festes Gestein ausgenagt, Schlünde, die bei grosser Engheit eine oft bedeutende Tiefe erreichen. Sind solche Erosionsschlünde überbrückt, so kann ihre obere Breite und ihre Tiefe mit einem Bindfaden leicht gefunden werden. Ich erinnere diesfalls an den Einschnitt des Tuxer Baches bei Finkenberg und an den der Goritnica bei der Flitscher Klause.

Da über die Höhe der Schneegrenze in den verschiedenen Theilen unserer Alpen bis jetzt eine auffallend geringe Zahl von Beobachtungen vorliegt, so sind neue verlässliche Messungen in hohem Grade wünschenswerth. Der Erfahrene weiss jedoch, dass die Sache ihre grossen Schwierigkeiten hat, weil die Schneegrenze in der Natur eine ausserordentlich unklar sich aussprechende Linie darstellt und desshalb an Ort und Stelle mit Sicherheit nicht zu erfassen ist. Es würde hier zu weit führen, wenn wir die Art und die Ursachen dieses unsicheren Auftretens der Schneegrenze auseinandersetzen wollten. Es genüge die Bemerkung, dass es nicht zum Verwundern wäre, wenn die von zwei Beobachtern in derselben Gegend gefundenen Höhen der Schneegrenze um 1000 oder mehr Fuss von einander abwichen.

Auf directem Wege lässt sich demnach die Höhe der Schneegrenze nicht leicht bestimmen, aber auf indirectem Wege mag dies gelingen. Jedermann weiss, dass sich die untere Grenze des ewigen Schnees von der Ferne angesehen als eine durchaus gerade und dabei auch ziemlich scharf markirte Linie zu erkennen gibt. Es wäre demnach die fragliche Messung von der Ferne aus etwa wie folgt zu versuchen. Es sei in dem nebenstehenden Diagramm (Fig. 5) A ein Hochkamm und b, c die Schneegrenze, deren Höhe man zu messen beabsichtigt; B sei ein dem

Kamme *A* gegenüberliegender und von ihm etwa zwei Meilen entfernter zweiter Hochkamm, und *C* das Thal zwischen beiden, welches die freie Aussicht von *B* nach *A* ermöglicht. Der Beobachter beabsichtigt nun, den Kamm *B* zu ersteigen und ist, nebst einem Barometer oder Aneroid, noch mit einem künstlichen

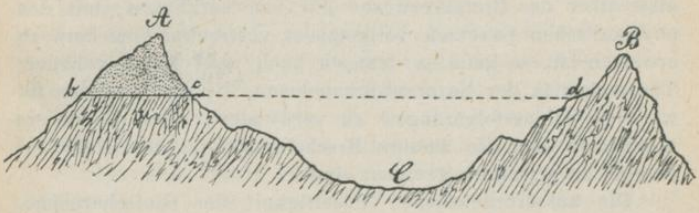


Fig. 5.

Horizont (etwa mit einem Nivellir- oder einem genau construirten Winkelmess-Instrumente) versehen. Durch mehrmalige Aufstellung seines Instrumentes wird es ihm in vielen Fällen mit aller Leichtigkeit gelingen, jenen Punkt *d* aufzufinden, von welchem die Visur nach der Schneelinie *b*, *c* eine horizontale Linie gibt. Hat er diesen Punkt gefunden, so ist die barometrisch oder, wenn dieser Punkt sich in der Karte genau bezeichnen lässt, die trigonometrisch eruirte Höhe dieses Punktes auch die Höhe der Schneegrenze auf dem Kamme *A*.

Der Umfang oder vielmehr die Reste grosser, die Sohlen der Thäler oft noch im Spätsommer bedeckender Schnee- und Eislawinen, so wie die dabei mit unterlaufenen Verwüstungen und besonderen Vorfälle böten zuweilen den Stoff zu interessanten Notizen.

Gletscherwesen.

Es wird gewiss nicht vielen unserer Mitglieder unbekannt sein, dass das eigentliche Wesen der Gletscher, d. h. die allmähliche Bildung des Eises aus dem Firn der Hochregion, die Entstehung der Structur der Gletscher aus abwechselnden Lagen weissen und blauen Eises, so wie die Ursache der Glet-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

scherbewegung, d. h. der unablässigen langsamen Wanderung jedes materiellen Punktes im Eise von der Höhe zur Tiefe, zu jenen Dingen gehört, die nichts weniger als endgiltig erkannt und entschieden sind, und die demnach noch ziemlich offene naturwissenschaftliche Fragen bilden.

Wenn nun auch eine ausgiebige Förderung unserer Kenntnisse über das Gletscherwesen nur von wirklichen, mit den physikalischen Gesetzen vollkommen vertrauten Forschern zu erwarten ist, so kann es dennoch auch wohl Laien gelingen, Thatsachen in der Natur wahrzunehmen, die als Prämissen für wichtige Schlussfolgerungen zu verwenden, oder die unsere Kenntnisse über die äussere Erscheinungsform der Gletschergebilde zu erweitern geeignet sind.

Die ausserordentliche Vielseitigkeit des Gletscherphänomens macht es uns nicht leicht, Dasjenige zu bezeichnen, was wir hier der Aufmerksamkeit des Reisenden speciell empfehlen möchten. Die Ermittelung vieles Wünschenswerthen setzt auch in dem Beobachter eine umfassende Kenntniss des Gletscherwesens (bei welcher diese Anleitung ohnehin überflüssig) oder einen längeren Aufenthalt auf einem bestimmten Gletscher voraus. Ich will hier desshalb nur jene Beobachtungen bezeichnen, die von dem Reisenden gleichsam en passant gemacht werden könnten.

1) Die Messung der actuellen Höhe des Gletscherendes, gleichviel ob hierüber ein Datum bekannt ist oder nicht. Diese Höhen sind ja von Jahr zu Jahr in kleineren und in längeren Zeitperioden in grösserem Maasse veränderlich.

2) Die Angabe, ob das Gletscherende im letzten Jahre oder in den letzten Jahren vorwärts geschritten oder zurückgewichen ist.

Das Vorschreiten wird aus den durch das Zusammenschieben entstehenden wulstartigen, an das Gletscherende dicht anschliessenden Anhäufungen des Moränenschuttes, das Zurückweichen aber durch den Abstand des Eises von dem letzten Moränenwulste zu erkennen sein. Das Maass des Zurückweichens kann allenfalls mit Schritten (längs der Mittellinie des vom Eise entblössten Raumes oder längs dem Bache) gemessen werden.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Auch über ältere Oscillationen der Gletscher wären verlässliche Angaben sehr willkommen. Denn ausser jenen Schwankungen in der Lage des Gletscherendes, welche durch den Gegensatz von Winter und Sommer hervorgebracht werden, gibt es, innerhalb längerer Perioden, Oscillationen höherer Ordnung, die sich durch das Vorrücken oder Zurückweichen der Gletscher im Ganzen aussprechen und von der meteorologischen Beschaffenheit gewisser Jahresreihen abhängen. Es hat Zeiten gegeben, in denen die Gletscher im Allgemeinen weit länger, und wieder andere, in denen sie weit kürzer waren, als sie es gegenwärtig sind. In der Gegenwart scheinen die meisten Gletscher seit etwa 20 Jahren im Rückgange begriffen.

Einschlägige Daten können durch Befragen älterer, vertrauenswürdiger Leute gesammelt werden, doch wären dabei die betreffenden Jahreszahlen mit Sorgfalt zu eruiren und die angegebenen Dimensionen des Gletschers, in so weit dies möglich an Ort und Stelle zu verificiren, was durch die Moränenreste in vielen Fällen möglich ist.

Auch wäre auf alte Frontal- und Randmoränen zu achten. Derlei Moränen finden sich zuweilen in bewohnten Thalgegenden, oft mehrere Meilen weit unterhalb des Gletschers, dem sie ihre Entstehung verdanken, und sind dann nicht selten mit Wald und allerlei Culturen bedeckt. Die Frontalmoränen überspannen das Thal von einer Bergwand zur anderen in einem flachen, mit der concaven Seite thalaufwärts gekehrten und vom Bache durchbrochenen Bogen, der aus einem unregelmässigen mehr oder minder breiten und ungleich hohen Erdwulste besteht und bei näherer Untersuchung eine nicht geschichtete Masse von ungerollten Felstrümmern jeder Grösse, von Erde und Sand darstellt. Derlei Moränen grösserer Art sind immer das Zeichen, dass der alte Gletscher an dieser Stelle eine lange Zeit hindurch stationär geblieben. Wer eine grosse Frontalmoräne der Jetztzeit aufmerksam betrachtet hat, wird die analoge Bildung der Vorzeit, sei sie auch noch so verunstaltet oder durch Vegetation verhüllt, meist ohne Mühe erkennen. — Die alten Randmoränen ziehen sich am Berggehänge hin und sind theils durch ihre Form, theils durch die Verschiedenheit des Gesteines, aus dem sie bestehen, verglichen mit dem Ge-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

stein des Bodens, auf welchem sie lagern, zu erkennen. Bei den erratischen Erscheinungen wird von ihnen des Näheren die Rede sein.

3) Die Wassermenge des Gletscherbaches, auf die oben angegebene Weise eruirt, unter Angabe der Lufttemperatur und Witterung.

4) Die Form und die Dimensionen des Gletscherthors nebst Angabe der Zeit der Beobachtung.

5) Die Messung der Temperatur des Gletscherbaches am Gletscherthor, sowie der über die Gletscheroberfläche hinwegfliessenden Wasserfäden.

6) Grosse Gletschermühlen und Gletschertische, schöne Sandkegel u. dgl. wären vorzumerken. Unter Gletschermühlen versteht man bekanntlich jene, die ganze Dicke des Gletschers durchsinkenden Löcher, durch welche die Bäche der Gletscheroberfläche auf den Gletschergrund hinabstürzen. Gletschertische sind die durch grosse Felsblöcke oder Felsplatten und durch das Wegschmelzen des Gletschereises rund um diese Felstrümmer entstehenden pilzartigen Formen. Ist der Felsblock sehr gross, so erreichen die Eissäulen, auf denen sie liegen, zuweilen eine Höhe von 3 bis 4 Meter. Die Sandkegel bilden sich auf ähnliche Weise. Hat sich nämlich in einer Gletscherwanne eine dicke Schicht von Sand angesammelt und bringt später das fortdauernde Abschmelzen des Eises die Wanne zur Entleerung ihres Wasserinhaltes, so schützt nun das kleine Sandlager das unter ihm liegende Eis vor weiterem Schmelzen, wodurch das also geschützte Eis allmählich scheinbar in die Höhe wächst und kegelförmige, sandbedeckte Erhöhungen bildet.

Bei Gletschertischen, die durch besonders grosse und im folgenden Jahre leicht wieder auffindbare Felsstücke gebildet werden, ist es interessant, ihre damalige Lage entweder durch eine genaue Beschreibung oder durch Messung gewisser Linien und Winkel so zu fixiren, dass der betreffende Punkt in späterer Zeit auf dem Gletscher wieder aufgefunden werden kann. Aus dem Abstande dieses Punktes von dem Orte, auf welchem dieser Felsblock etwa im nächsten oder einem folgenden Jahre gefunden wird, und aus der inzwischen abgelaufenen Zeit liesse

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

sich die jährliche Bewegung des Gletschereises für die betreffende Gegend des Gletschers ermitteln. — Die Art, wie die Lage eines solchen Felsblockes zu fixiren wäre, ist ungefähr folgende.

Es sei in der untenstehenden Zeichnung G der Gletscher und A der betreffende Felsblock; m, n seien zwei hervorspringende, durch die Beschreibung leicht erkennbare Felsvor-

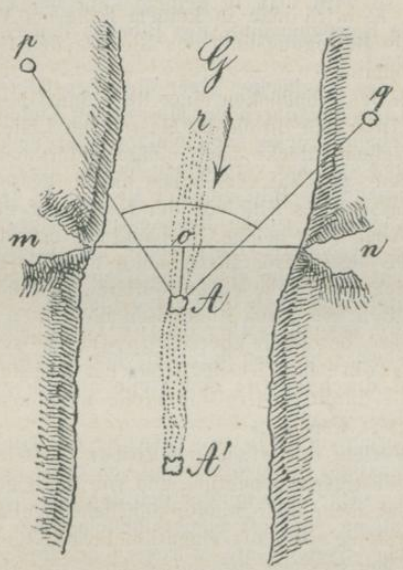


Fig. 6.

sprünge und p, q zwei eben so leicht erkennbare Felsspitzen; so kann die gegenwärtige Lage des Felsblockes A leicht durch seine Entfernung $A\,o$ von der Linie $m\,n$, oder durch Messung des Winkels $p\,A\,q$ mit annähernder Richtigkeit festgestellt werden. Soll etwa im folgenden Jahre, da der Felsblock sich in A' befindet, das Maass der Vorrückung in der Zwischenzeit ausgemittelt werden, so wird man zunächst die Lage der Linie $m\,n$ auf dem Gletscher ausfindig machen und

dann von dieser Linie weg die Länge $A\ o$ auftragen müssen. $A\ A'$ gibt dann den Betrag der Vorrückung.*) Oder man rückt von A' so lange aufwärts, bis man den früher beobachteten Winkel $p\ A\ q$ erhält. Die Richtung, nach welcher man von der Linie $m\ n$ gegen A zu messen, oder von A' gegen A vorzurücken hat, wird sich durch die Moräne, welcher der Felsblock angehört, gewöhnlich von selbst ergeben. Liegt der Block weit ab von der Moräne, so wird man in keinem Falle um Vieles fehlen, wenn man die Bewegungslinie des Blockes den Gletscherufern parallel annimmt.

7) Durch das Abpflöcken einer über den Gletscher geworfenen Querlinie und durch das Messen der Linien, um welche sich alle einzelnen Pflöcke nach einigen oder mehreren Tagen in der Richtung zu Thal verschoben haben, liesse sich freilich ein viel umfassenderes Bild von der Bewegung des Gletschers gewinnen. Aber eine solche Beobachtung erfordert Zeit und das Mitführen besonderer Instrumente und Werkzeuge, kann also nicht leicht die Sache eines Touristen sein und muss desshalb den Leuten vom Fach überlassen bleiben.

8) Grössere, besonders aber doppelte und sich kreuzende Spaltensysteme im Eise der Gletscher müssten genau beschrieben und durch an Ort und Stelle aufgenommene Zeichnungen erläutert werden.

9) Der Verlauf der blauen Bänder des Gletschers, wie er sich bei günstiger Beleuchtung und von einer gewissen Höhe aus angesehen, mehr oder minder deutlich offenbart, die Zahl der Curvensysteme, die oft eigenthümliche Lage der Bänder innerhalb solcher Systeme etc. wären zu beschreiben.

10) Auf dem Firnfelde bieten grosse Klüfte, Höhlen oder Eisabbrüche die erwünschte Gelegenheit dar, die Dicke der einzelnen Firnlagen zu messen.

---

*) Die Bestimmung eines oder zweier Punkte in einer Geraden, deren Endpunkte unzugänglich sind, geschieht bekanntlich dadurch, dass sich zwei Personen durch successives Vorrücken solange gegenseitig auf die Endpunkte der Linie einrichten, bis jede dieser Personen mit der anderen Person und dem Endpunkte auf der äusseren Seite der letzteren genau alignirt ist. In unserem Falle kann eine dieser Personen ihre erste Aufstellung bei dem Blocke A nehmen und dann in der Richtung gegen o vorschreiten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

11) Wichtig wäre die Höhenbestimmung der Firnlinie, d. i. jener Linie, an welcher auf dem Gletscher das im Sommer schneefreie Eis aufhört und der Firn beginnt. Auch hier ist es gleichgiltig, ob für einen gegebenen Gletscher eine solche Höhenbestimmung vorliegt oder nicht. Die Höhe der Firnlinie ist von einem Jahre zum anderen veränderlich, nach Maass der Menge des im Winter gefallenen Schnees und der Wärme des darauf folgenden Sommers.

12) Noch gibt es eine Zahl anderer Vorkommnisse im Bereiche der Gletscher, über welche unter Umständen verlässliche Mittheilungen von den Kundigen mit Dank aufgenommen würden, wie z. B. schöne Radialspalten an den Enden der Eiszungen, — Theilungen der Gletscher durch Felsrippen, die sich in ihren Weg stellen, — steile und hohe Seitentalus der Gletscher, besonders breite und tiefe Gletscherspalten und Firnschründe — Aufblähungen der Gletschermasse zu breiten Buckeln oder langen Kämmen auf der einen oder anderen Seite — die Grösse der Gletscherkörner in verschiedenen Höhen — das Vorkommen von Eisseen, d. h. von stehenden Wasseransammlungen zwischen Ufer und Eis, so wie das Vorkommen von Bächen, welche, ohne unter den Gletscher zu versinken, in der Rinne zwischen Eis und Ufer fliessen, alles dies unter Angabe der absoluten Höhen, — ungewöhnlich mächtig entwickelte Moränen u. s. f.

13) In den Bereich des Gletscherwesens gehören noch die Gletscherschliffe und die erratischen Erscheinungen.

Unter Gletscherschliffen versteht man die Abnützungen und Glättungen der Oberflächen von Felsmassen durch die unmittelbare Einwirkung des Gletschereises bei seiner Bewegung zu Thal.

Unter den Gletscherschliffen unterscheidet man 1. die sogenannten Roches moutonnées oder die durch den Gletscherschliff hervorgebrachten Felsbuckeln, und 2. die Gletscherschliffe schlechtweg.

Die Roches moutonnées sind eigenthümlich aussehende Felspartien im Thalgrunde oder auf Terrassen in dessen Nähe, welche durch die Einwirkung des Gletschers, der sie einst bedeckte, eine eigenthümliche, aus halbkugelförmigen oder länglichen

Buckeln zusammengesetzte Gestalt erhalten haben. Die Oberflächen dieser Buckel sind mehr oder minder glatt, und es kommt auf den Grad der Verwitterbarkeit des Gesteines an, ob diese Oberflächen die weiter unten beschriebenen Zeichen des Gletscherschliffes noch erkennen lassen. In jedem Falle aber sind sie von den durch das fliessende Wasser hervorgebrachten Erosionen augenscheinlich unterschieden, was besonders dann der Fall ist, wenn solche Felspartien auf der Leeseite steil absetzen, wo dann die Flächen dieser Seite keine Spur von Abnützung zeigen.

Die gewöhnlichen Gletscherschliffe kommen an den Felsoberflächen der Thalhänge vor, und offenbaren sich zunächst durch eine, bei grösserer Ausdehnung der Schlifflächen oft schon aus der Ferne erkennbare allgemeine Glättung der Felshänge, die nach Oben, entlang einer meist sehr geraden sanft zu Thal fallenden Linie, plötzlich absetzt. Durch spätere Felsabbrüche oder durch überliegende Trümmergebilde ist diese obere Grenzlinie oft auch undeutlich geworden. Besteht nun das Gestein aus einem der Verwitterung gut widerstehenden Material (Serpentin, Hornblendgneiss, Hornblendschiefer, Granit, Syenit, Grünstein, fester Gneiss etc.), so sind die Schlifflächen oft so glatt wie Glas, und dann zeigen sich auf denselben auch jene charakteristischen, mehr oder minder feinen Ritzen, die unter sich meist parallel laufen und gegen den Horizont in der Regel nicht stärker geneigt sind, als die Sohle des Thales. Diese Ritzen sind offenbar durch harte Quarzkörnchen entstanden, welche vom Eise gegen das Felsufer gepresst und, bei der Bewegung des Gletschers langsam fortgeschoben, jene feinen Einschnitte in das Gestein hervorbringen mussten.

Auffallende Erscheinungen dieser wie der vorigen Art werden hiermit der Aufmerksamkeit der Reisenden empfohlen.

Unter dem Erratismus versteht man das Vorkommen von Felstrümmern an Orten, die nicht ihre ursprünglichen Lagerstätten sind, und wohin sie nur durch die Thätigkeit der diluvialen Gletscher gelangen konnten. So werden z. B. in den flachen Gegenden der Schweiz, von Schwaben, Baiern, Oesterreich, in Oberitalien etc., ja sogar auf den Berghängen des

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Jura, Felsblöcke gefunden, die aus dem Inneren der Alpen stammen. So werden z. B. bei dem Dorfe Campi, unfern Riva, in einer Höhe von 1950 F. über dem Spiegel des Gardasees, auf dem dortigen Kalkgebirge in grosser Menge Felsblöcke aus Tonalgranit angetroffen, deren Heimath einst der Stock des Adamello-Gebirges war, und die nur als Moränenbestandtheile des einst von dort ausgegangenen diluvialen Gletschers nach Campi transportirt werden konnten. Aehnliche Erscheinungen sind auch in allen anderen Theilen der Alpen anzutreffen.

Es ist hier nicht der Ort, die erratischen Erscheinungen auf der germanischen und sarmatischen Tiefebene zu erläutern.

Die erratischen Vorkommnisse in den inneren Theilen unserer Alpen sind bisher nur sehr wenig erforscht und bekannt. Noch bestehen keine sicheren Nachweise über die Höhen, welche die diluvialen Gletscher unserer grösseren Alpenthäler zur Zeit ihrer grössten Entwicklung erreicht haben, während von den Forschern der Schweiz diese Nachweise für den diluvialen Gletscher des Rhonethals mit genügender Vollständigkeit erbracht sind. Es ist begreiflich, dass durch die höchstgelegenen Gletscherschliffe und erratischen Blöcke, wenn die absoluten Höhen derselben ermittelt sind, die Mächtigkeit, Ausdehnung und Configuration jener alten Gletscher festgestellt werden kann.

Es fehlen demnach die wichtigsten Daten über die Ausdehnung des Gletscherphänomens zur Zeit des Diluviums.

Wir möchten daher auch in dieser Richtung den guten Willen unserer Vereinsmitglieder in Anspruch nehmen. Denjenigen Herren, die sich auf Petrographie verstehen, wird vorkommenden Falles die erratische Natur eines Felsblockes nicht entgehen und ihr Interesse besonders dann anregen, wenn dieser Block hoch über dem Grunde des Hauptthales angetroffen wird.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Kurze Anleitung

zu

geologischen Beobachtungen in den Alpen.

Von

C. W. Gümbel.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Einleitung.

Bei dem nachstehenden Versuche, eine kurze Anleitung zu geologischen Untersuchungen in den Alpen zu geben, muss, um Missverständnissen vorzubeugen, gleich von vorn herein darauf hingewiesen werden, dass es hier nicht in der Absicht liegt, eine Anweisung für eigentliche Fachleute, noch auch für streng wissenschaftliche Forschungen zu geben, bei welchen es sich um die Lösung schwieriger geologischer Probleme handelt. Es wird vielmehr in den nachfolgenden Blättern angestrebt, Denjenigen, welche etwa bei wissenschaftlichen Arbeiten in anderen Zweigen der Naturkunde z.B. der Botanik, Zoologie, Archäologie, Topographie u.s.w nebenbei und vielleicht, um mit den eigenen Untersuchungen auch geologische Verhältnisse in Verbindung zu bringen, oder jene durch diese zu erläutern, sich gerne entsprechende Kenntnisse von der Beschaffenheit der Felsen und Berge, des Bodens und Untergrundes innerhalb ihres Beobachtungsfeldes verschaffen möchten, insbesondere aber den nur aus Lust und Freude an der erhabenen Alpenwelt das Hochgebirge Besuchenden zweckentsprechende Winke zu geben, auf welche Weise sie sich in den ihnen bei ihren Wanderungen entgegentretenden geologischen Verhältnissen Einsicht und rasche Orientirung verschaffen können, wie sie hierbei zu verfahren haben, und was überhaupt zu thun nöthig ist, um die sich darbietende Gelegenheit zu geologischen Beobachtungen möglichst gut auszunützen.

Es kann den zahlreichen oft in die schwierigst zugänglichen oder entlegensten Theile des Hochgebirgs vordringenden Alpenreisenden nicht dringend genug an's Herz gelegt werden, auch

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

diesen Zweig der Naturkunde, welcher so vielfache Aufschlüsse über die wichtigsten Verhältnisse der Gebirgsgestaltung, des Bodens und der auf ihm lebenden organischen Welt zu geben verspricht, nicht ausser Augen zu lassen. Man glaube ja nicht, dass es immer eigentlich speciellwissenschaftliche Beobachtungen sein müssen, welche dazu dienen können, der Wissenschaft förderlich zu sein. Oft gewinnen anscheinend geringfügige Angaben im Zusammenhalte mit anderen Beobachtungen grossen Werth und oft gibt ein kleines Stück Gestein, das man ohne weitere Mühe von einem Felsen abschlägt und mitbringt, dem Kundigen sehr interessante und wichtige Aufschlüsse. Mag auch eine oder die andere Beobachtung nutzlos sein, das eine oder andere mitgebrachte Gesteinsstück sich nachträglich als nicht weiter verwerthbar erweisen, man kann dies ohne weiteren Schaden einfach bei Seite legen; versäumte Beobachtungen und unterlassene Aufsammlungen jedoch sind nicht leicht wieder einzubringende Verluste!

Es erwächst dieser unserer Aufgabe, für ein Laienpublikum Brauchbares zu liefern, eine grosse Schwierigkeit durch die Verpflichtung auf dem verhältnissmässig engen Raum, der für eine derartige Anleitung zulässig erscheint, um sie bequem auf Reisen mit sich führen zu können, alles Wesentliche zu berühren und dabei auch für Nichtfachleute allgemein verständlich zu bleiben. Trotz möglichster Kürze der Darstellung dürfte es gleichwohl unvermeidlich sein, solche allgemeine Verhältnisse der geologischen Wissenschaft vorauszuschicken und zu erläutern, ohne welche eine Einsicht und ein Verstehen der nachfolgenden Einzelheiten an sich nicht möglich ist. Wir werden daher zunächst einen Ueberblick über das Gesammtgebiet der Geologie mit besonderer Berücksichtigung der wichtigsten Verhältnisse, die zu beachten sind, voranstellen, um daran diejenigen Bemerkungen anzuschliessen, welche insbesondere auf das Alpengebiet eine nähere Anwendung finden. Indem diese Blätter bloss für Reisen in das Hochgebirge bestimmt sind, könnte es scheinen, als sei dadurch die Aufgabe, möglichst kurz zu sein, wesentlich erleichtert. Es muss jedoch dagegen schon im Voraus bemerkt werden, dass die Eigenartigkeit der geologischen Verhältnisse der Alpen ihrer geologischen Erforschung die grössten Schwierig-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

keiten entgegensetzt, und Erläuterungen nothwendig macht, die eingehender zu berühren in anderen Gebieten kein Bedürfniss ist. Wenn wir uns auch der Hauptsache nach auf das deutsche Alpengebirge, nach dem Umfassungsgebiete unseres Vereins beschränken, so erscheint es doch des besseren Verständnisses wegen als zweckdienlich und bei den vielfach auch ausserhalb dieses engeren Gebietes unternommenen Hochgebirgsreisen als wünschenswerth, wenigstens noch die benachbarten Gebirgsstücke in der Schweiz und Norditalien sowie die den Alpen in Nord und Süd vorliegenden Ebenen wenn auch nur flüchtig zu berühren, um einen möglichst natürlichen Abschluss für das Ganze zu gewinnen.

Allgemeiner Theil.

I. Geologische Ausrüstung.

Jeder, der geologische Beobachtungen in der Natur anstellen will, mögen diese nun streng wissenschaftliche oder bloss die eines Liebhabers sein, muss sich mit gewissen zweckentsprechenden Werkzeugen und Hülfsmitteln versehen. Begreiflicher Weise beschränken wir diese hier nach dem näheren Zweck dieser Anleitung für Nichtfachleute auf das zulässig geringste Maass des Nothwendigen. Als unbedingt erforderlich sind zu bezeichnen:

1) der Hammer. Bei demselben ist weniger Gewicht auf seine Form zu legen, als auf seine Schwere und auf gute Beschaffenheit seiner Bahnen. Man wird sich zwar im Nothfalle mit jeder Art von Hammer z. B. einem Schmiedhammer, der oft nicht zu verachten ist, begnügen müssen, ja selbst sich eines härteren Gesteins bedienen, um von einer weicheren Felsmasse ein Stückchen abzuschlagen. Das soll aber doch nur in Ausnahmsfällen vorkommen. In der möglich besten Beschaffenheit empfiehlt sich und ist für die allermeisten Fälle vollständig ausreichend ein Hammer von etwa 1 kg Gewicht und etwa 12 cm

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Länge; vorn mag derselbe entweder keilförmig zugespitzt sein, um ihn vorherrschend zum Graben zu benützen, oder eine senkrecht zum Stiel stehende Schneide besitzen, wenn er besonders zum Zuschlagen und formatisiren der Gesteinsstücke dienen soll; nach hinten läuft er gleichseitig ein wenig zu einer etwa 2 cm langen und breiten Bahn zu. Er soll gut gestählt und gehärtet sein. Der ca. 0.3 m lange ovale Stiel von Eschenholz ist mit oder ohne Eisenzwingen an dem Hammer befestigt. An Stöcken angebrachte Hämmer, zumal wenn sie nur angeschraubt sind, müssen als durchaus verwerflich bezeichnet werden. Man trägt den Hammer am bequemsten in einem Ledergurt an der Seite. Derselbe dient zum An- und Zerschlagen der Gesteine und wird sehr häufig dazu benützt, um kleine Aufräumarbeit behufs Blosslegens der Schichten für das Bestimmen des Streichens u. s. w. vorzunehmen.

2) ein Meissel von gutem Eisen und gut verstählt, oder ganz stählern, etwa 0.1 m lang, in eine etwa 2 cm breite scharfe Schneide zulaufend, wird neben dem Hammer befestigt und getragen. Ein zweiter kleinerer Meissel etwa von den halben Maassen des ersteren leistet oft sehr gute Dienste beim Herausschlagen von Mineralien und Versteinerungen. Den Meissel wendet man übrigens theils zum Zerspalten, theils zum Absprengen oder Herausarbeiten von Gesteinsstücken, Mineralien und Versteinerungen an.

3) Compass zugleich mit einem Gradbogen versehen und in Form einer Uhr — Taschencompass — hergestellt, bei dem zugleich der Ost- und West-Punkt auf dem Theilkreis umgetauscht ist*) — Bergcompass — ist das zweckmässigste Orientirungsinstrument. Seine Eintheilung in fortlaufend bezeichnete 24 Theile oder Stunden (St. oder h.), jede Stunde in 15 Theile oder Grade (...°), also der ganze Theilkreis in 24.15 = 360 Theile d. h. 360 Grade ist jeder anderen vorzuziehen, weil sie

*) Dieses Umsetzen von O. und W. auf dem Theilkreis hängt mit dem weiter unten angeführten Verfahren bei dem Anstellen einer Beobachtung mit directer Ablesung zusammen, bei welcher während der Drehung der N — S Linie in die zu bestimmende Richtung die Magnetnadel unverändert in der Richtung des magnetischen Meridians stehen bleibt. Die Drehbewegung erfolgt demnach in einer umgekehrten Richtung, als diejenige ist, welcher die Bewegung der Magnetnadel folgen würde.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

den Vortheil einer gröberen und feineren Theilung in sich vereinigt. Hierbei entspricht St. oder h. (Stunde, hora) 6 der Weltgegend Ost; St. 12 = S.; St. 18 = W., und 24 oder 0 = N.;

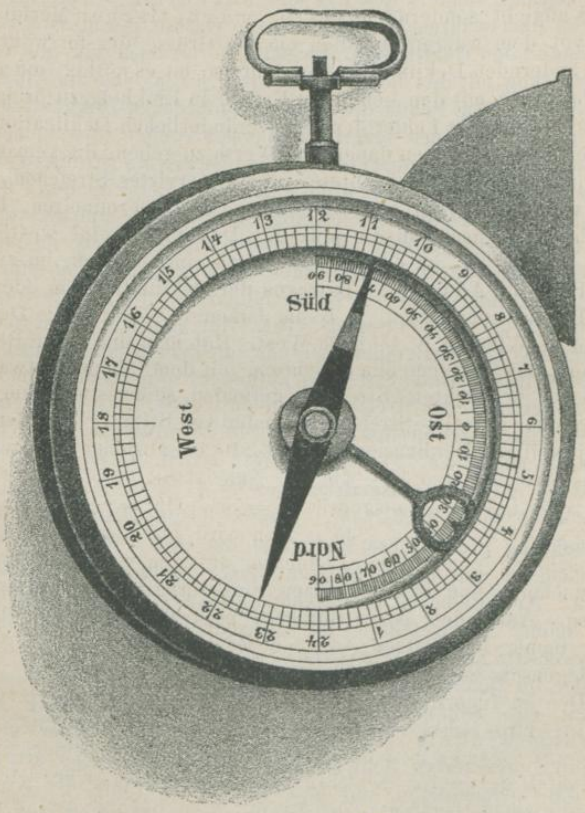


Fig. 1.

St. 3 = NO. u. s. w. Behufs der Beobachtung oder der Bestimmung einer Richtung mit dieser Art von Compass bringt man die N—S Linie (Ausgangspunkt der Theilung) in die zu be-

stimmende Richtung und liest da am Theilkreis die Stunden und Grade ab, wo das Nordende der Magnetnadel einspielt. Da aber die Magnetnadel nicht die Richtung des wahren Meridians angiebt, sondern jene des sog. magnetischen Meridians, der von dem wahren Meridian um die Grösse der fortwährend sich ändernden Deklination abweicht, so ist es nöthig, um eine Beobachtung mit den benützten Karten in Einklang zu bringen, dieselbe von dem Fehler der stets veränderlichen Deklination zu befreien und ihr einen dauernden Werth zu geben, die gemachte Bestimmung (sog. beobachtetes oder observirtes Streichen) auf den wahren Horizont (sog. wahres Streichen) zu reduciren. Dies geschieht, je nachdem die jeweilige Deklination eine westliche oder östliche ist, im ersten Falle durch ein Abziehen, im zweiten Falle ein Addiren des Betrages der Deklination von oder zu den Beobachtungsdaten. Z. B. im Januar 1878 betrug die Deklination in Wien $= 10°15'$ nach West. Hat man nun durch Beobachtung das Streichen einer Richtung mit dem Compass etwa zu St. 5, 13° (beobachtetes Streichen) gefunden, so muss man, um das wahre oder reducirte Streichen zu finden von St. 5, 13° den Betrag der jeweiligen Deklination also z. B. $10°15'$ abziehen, also wirkliches Streichen $= 5, 13° - 10°15$. Nun ist St. $5, 13° = 5, 12°60'$ oder auch in Graden ausgedrückt $= 75° + 13° = 88°$; davon ab $10°15' = 77°45' =$ St. $5, 2°45'$. Man wird gut thun, bei jeder Beobachtung gleich diese Reduction auf den wahren Horizont vorzunehmen und in die Notizen diese erhaltene Ziffer einzutragen. Ausserdem ist es durchaus nothwendig der Aufzeichnung immer beizusetzen: obs. (observirt) z. B. St. 5,13° (obs.) im Gegensatz zu St. $5,2°45'$ (red.).

Der im Innern des Compassgehäuses angebrachte Gradbogen mit Senkelvorrichtung dient zur Bestimmung des Neigungswinkels z. B. eines Gehänges oder einer nicht horizontal gelagerten Schichtfläche. Beim Gebrauche arretirt man die Compassnadel und hält die N.—S.-Linie der Kreistheilung genau parallel mit der Linie, deren Neigung man bestimmen will, lässt dann das Senkel spielen, und liest, wenn es ruhig geworden ist, an der mittleren Spitze (oder Haar) des Senkels die Grade auf der kleinen inneren, jetzt vertikal stehenden Bogentheilung ab. Um diese Beobachtung zu erleichtern,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

besitzt der Compass in der Regel einen ausziehbaren Ansatz, dessen Rand parallel ist mit der N.—S.-Linie. Indem man diesen Rand des vollständig ausgezogenen Ansatzes nun auf die zu bestimmende geneigte Linie oder Fläche setzt, erhält man ebenso den Neigungs- oder Fallwinkel. Statt in Taschenform sind manche Compasse auf kleinen quadratischen Platten befestigt.

Hat man keinen Bergcompass (mit vertauschtem O.- und W.-Punkt) zur Verfügung, sondern einen gewöhnlichen Compass, so muss man auf andere Weise verfahren. Man dreht nämlich in diesem Falle den Compass so lange, bis die Magnetnadel auf N.—S. genau einspielt, d. h. das Nordende der Nadel über dem Nullpunkt (St. 24) der Theilung steht und denkt sich nun die Richtungslinie, deren Lage gegen die Himmelsgegend oder Richtung d. h. ihr Streichen man bestimmen will, oder eine mit derselben Parallele durch die Mitte des Compasses gezogen. Die Stelle, an welcher diese den Theilkreis schneidet, bezeichnet nunmehr die Richtung oder Weltgegend jedoch ohne die oben besprochene Correctur auf den wahren Meridian, die man auf gleiche Weise, wie vorher angegeben wurde, vornehmen muss. Dieses Verfahren ist indess weit unbequemer und giebt vielfach zu ungenauen oder falschen Bestimmungen Veranlassung, daher die Benützung des Bergcompasses dringend anzuempfehlen ist.

4) Säurenfläschchen. Wenn der Mineraloge oder Geologe vom Fach vielleicht einen ganzen sog. tragbaren Löthrohrapparat mit auf Reisen nimmt, so genügt für unsere Zwecke ein mit Salzsäure gefülltes Fläschchen von starkem Glas mit eingeriebenem und zum Betupfen in eine verlängerte Spitze ausgezogenem Stöpsel. Das Glas ist zur grösseren Sicherheit in eine Holzkapsel mit aufzuschraubendem Deckel verwahrt. Die Säure dient zum Erkennen der kalkigen Felsarten, welche beim Befeuchten mit der Säure lebhaft aufbrausen, während Dolomit nur schwach, andere Gebirgsarten ohne Kalkgehalt (einige seltene, aus anderen Carbonaten z. B. Spätheisenstein, Magnesit oder Talkspath u. s. w. bestehende Gesteine abgerechnet) bei gleicher Behandlung gar nicht brausen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

5) Aufbewahrungs- und Transportmittel. Hierher gehört Papier zum Einwickeln der gesammelten Stücke — Mineralien, Felsarten, Versteinerungen. Am besten eignet sich hierzu das leicht zu erhaltende weiche Zeitungspapier. Sehr feine, zarte und leicht zerbrechliche Gegenstände — Krystalle, kleine Versteinerungen, zumal manche Pflanzenüberreste umwickelt man zuerst mit Seidenpapier oder Watte, und dann mit Zeitungspapier oder verwahrt sie am besten gleich in Cigarrenkistchen und Schächtelchen. Vor dem Einwickeln muss auf jedes einzelne Stück eine in dem Notizbuch zu bemerkende Nummer oder ein Zettelchen mit einem bestimmten Zeichen geklebt werden. Hat man Muse, so ist es gut, an Ort und Stelle gleich die Fundstücke vollständig zu etiquettiren, d. h. neben den Nummerzettelchen noch mit einem grösseren losen Zettel zu versehen, auf dem die betreffende Nummer, dann aufs genaueste Fundort und Datum, vielleicht noch ein mit bezüglichen Bemerkungen im Notizbuch correspondirendes Zeichen geschrieben wird. Ist es nicht thunlich an Ort und Stelle auf diese Weise zu etiquettiren, so versäume man ja nicht, dies etwa bei einer nächsten Rast, oder am Abende vorzunehmen. Schwierigkeiten macht der Transport der Steine sowohl wegen ihrer relativ beträchtlichen Schwere, als desshalb, weil man sie nicht ohne feste Verpackung z. B. in den Rücksack legen darf. Sie würden hier bei jeder Bewegung sich hin und her schieben, das Papier zerreiben, schliesslich selbst zu Grunde gehen und ihre ganze Nachbarschaft zerfetzen. Zweckdienlich ist eine starke lederne Seitentasche mit mehreren Abtheilungen oder ein steifer Ranzen. Will man Steine im Rücksack transportiren, so muss man sie erst in feste Schachteln oder Cigarrenkistchen legen oder in grösseres starkes Papier zusammenpacken und mit Bindfaden fest umwickeln. Es ist räthlich, sich für alle Fälle mit Schächtelchen zu versehen. Für kleinere Tagesexcursionen sind mit Papier gut ausgefüllte Blechbüchsen, sog. Botanisirkapseln zulässig, als minder empfehlenswerth müssen Netze aus starkem Bindfaden bezeichnet werden.

6) Schreib- und Zeichenmaterial. Bei geologischen Untersuchungen ist es dringend zu empfehlen, die gemachten Beobachtungen sofort niederzuschreiben. Dies geschieht theils

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

durch Eintragen von Bemerkungen in das Notizbuch, theils durch Profilzeichnungen, landschaftliche Skizzen und kartistische Darstellungen. Die Erfahrung lehrt es als sehr zweckdienlich, einen Bleistift an einem Gummischnürchen in dem Rockknopfloch befestigt zu tragen und sich reichlich mit Reservebleistiften zu versehen. Farbige Stifte, um verschiedene Gesteinsarten in Profilen, Zeichnungsskizzen und auf den Karten gleich auch durch verschiedene Farben anzudeuten, sind ganz besonders für geologische Zwecke nützlich. In Ermangelung farbiger Stifte hilft man sich bei Verwendung gewöhnlicher Bleistifte mit verschiedenen Zeichen, Linien, Strichen u. s. w., die man statt der verschiedenen Farben anbringt, z. B.

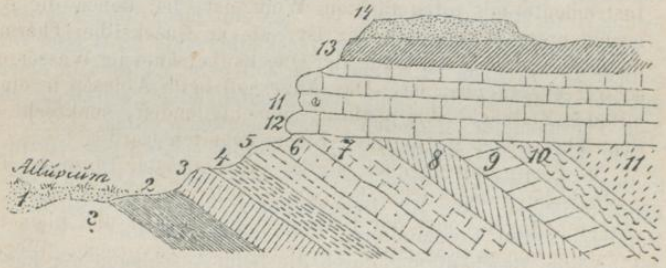


Fig. 2. Profil-Zeichnung.

1) Alluviale Ueberdeckung; 2) dünngeschichteter rother Lettenschiefer; 3) schwarzer weissaderiger Kalkstein; 4) dünngeschichteter schwärzlicher Mergelschiefer; 5, 6, 7) verschiedene Lagen bald mehr kalkiger, bald mehr dolomitischer Gesteine von weisslicher Farbe; 8) grauer, klotziger versteinerungsreicher Mergel; 9) grauer Kalk; 10) Mergel mit Gypsbeimengen; 11) grauer und gelblichweisser Dolomit; 12) weisser Kalk, der sehr zahlreiche *Nummuliten* einschliesst; 13) weicher, grauer Mergel mit Versteinerungen; 14) grünlicher, glauconitischer Sandstein u. s. w.

7) Mit Messinstrumenten der einen oder anderen Art pflegt sich der vorsichtige Bergsteiger gewöhnlich bei jeder Bergfahrt, so mindestens mit Meterstab, Schnur und Aneroid zu versehen. Bei geologischen Beobachtungen macht sich das Bedürfniss des Messens sehr häufig geltend, nämlich bei Bestimmung der Mächtigkeit der Schichten, Lager oder Felsmassen. Ebenso gewinnt hierbei die Ermittelung der Höhen vermehrtes Interesse. Doch sind die hierzu dienlichen Instru-

mente keine anderen, als die allgemein für solche Zwecke gebräuchlichen, daher hier nicht weiter im Einzelnen zu erörtern. Für speciell geologische Ermittelungen wäre nur noch weiter ein Messband von etwa 100 m Länge zu empfehlen. Uebrigens kann auch ein immer nützlicher Vorrath von Bindfaden aushelfen.

8) Quellenthermometer. Dieselben sollen nur geringe Länge, etwa 10 cm haben, mit einer Theilung von —10° C. bis ~+40° und mit einer Untertheilung in $\frac{1}{2}$—$\frac{1}{5}$° versehen sein; sie werden in Holzbüchsen verwahrt getragen und dienen hauptsächlich zur Bestimmung der Quellentemperatur. Da es hierbei nicht auf minutiöse Genauigkeit ankommt, so empfehlen sich Instrumente mit rothgefärbtem Weingeist, bei denen die Ablesung unter Wasser leichter ist, als an Quecksilber-Thermometern, weil hier das Ende der Quecksilbersäule im Wasser oft schwer zu erkennen ist. Das Auge soll beim Ablesen in einer mit der Endfläche der Säule zusammenfallenden, senkrecht zu dem Thermometer stehenden Ebene gehalten werden.

9) Lupe mit ziemlich stark vergrössernder Linse ist für geologische Zwecke wünschenswerth, z. B. zum Erkennen feiner Einsprengungen, oder der Beimengungen kleiner und kleinster Versteinerungen (Foraminiferen, Ostracoden, Bryozoen). Wegen der leichten Beschädigung durch die beim Anschlagen der harten Steine und Felsen abspringenden Splitter ist es nicht räthlich Cylinderlupen ohne Verschluss an der Schnur zu tragen; zweckdienlicher sind Lupen zum Zusammenklappen in Horngehäuse gefasst.

10) Karten. Wenn möglichst genaue Karten eines der ersten Erfordernisse für Alpenreisende sind, so müssen solche für geologische Zwecke noch ganz insbesondere als unentbehrlich bezeichnet werden. Man soll jederzeit genau wissen oder auf der Karte ermitteln können, an welcher Stelle diese oder jene Beobachtung angestellt wurde, um die Ergebnisse auf die Karte richtig eintragen und den Ort des Fundes oder der Beobachtung auch Anderen genau bezeichnen zu können. Je grösser der Maasstab der Karte ist, desto zweckdienlicher erweist sich die letztere für Detailuntersuchungen. Das äusserste Maass der Verwendbarkeit der Karten für geologische Einzeich-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

nungen möchte der Kartenmaasstab 1:150,000 sein. In manchen Fällen wird es nothwendig werden z. B. bei Mangel genauerer Karten, selbst kleine Kartenskizzen zu entwerfen, um in denselben die geologisch interessanten Einzelheiten einzutragen. Daher ist es als Vorbereitung zu Reisen immer rathsam, sich einige Uebung im Entwerfen von Karten anzueignen.

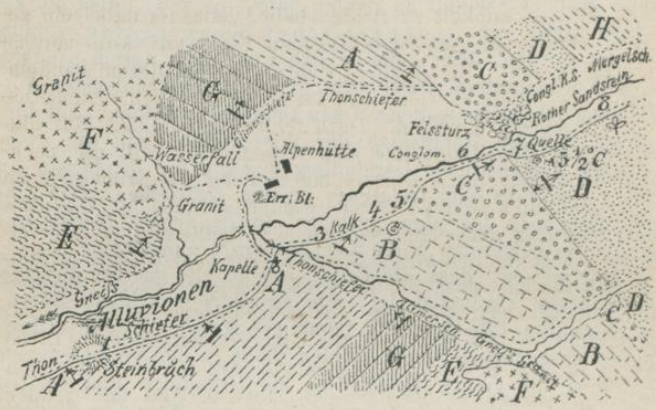


Fig. 3. Kartenskizze.

A dünngeschichteter Thonschiefer mit nordwestlich einfallenden Schichten; *B* schwarzer, dickbankiger Kalk mit zahlreichen Versteinerungen bei Punkt 4, die Schichten fallen nach NO. in St. 3 mit 45° (red.) ein; bei Punkt 5 beginnt eine Conglomeratbildung mit zwischenliegenden Bänken rothen Sandsteins bis Punkt 7, wo sich fast seiger aufgerichtete Dolomitschichten einstellen, deren Schichten nach St. 9 (red.) streichen. Bei Punkt 7 eine reichlich fliessende Quelle, deren Temperatur 5½° C. beträgt u. s. w.

Im Uebrigen ist die Ausrüstung des geognosirenden Alpenreisenden ganz die gleiche wie die eines anderen zweckdienlich ausgestatteten Hochgebirgswanderers und wie es an dieser Stelle nicht wiederholt zu werden braucht.

II. Geognostische Orientirung.

Soll eine geologische Beobachtung, auch wenn sie nur nebenbei angestellt wird, ihrem Zweck entsprechen, so muss derjenige, welcher sie anstellt, doch im Allgemeinen darin unterrichtet sein, auf welche besondere Erscheinungen er seine Aufmerksamkeit zu richten habe. Es muss dabei ein gewisser Grad von geognostischen Kenntnissen vorausgesetzt werden. Hier kann es sich wohl nicht darum handeln, diese Vorkenntnisse, wenn auch nur in der bescheidensten Ausdehnung lehren zu wollen. Dazu fehlt es an Raum. Nur hinweisen auf die Hauptsätze der Wissenschaft will die nachfolgende übersichtliche Darstellung und nur die Erinnerung an früher Gelerntes oder Gelesenes wieder auffrischen. Das Eingehendere mag derjenige, welcher ein Bedürfniss hierfür empfindet, in bekannten guten Lehrbüchern*) aufsuchen.

Wir wissen, dass die Erde, soweit sie unserer directen Beobachtung zugänglich ist, aus verschiedenen theils festen, theils tropfbar flüssigen oder gasartigen Massen besteht. Diese Massen zusammengenommen bilden theils in den verschiedenen Gesteinen die feste Erdrinde als Grundlage und relativ tiefste Region, theils die Gewässer in und über dem Rindentheil als der Hauptsache nach zweite Region und endlich die Luft als dritte äusserste und oberste Hülle des Erdkörpers. Sie alle sind wesentliche Theile des Erdganzen, die näher kennen zu lernen und deren Beziehungen zu einander und zur Erde festzustellen, Aufgabe der Geognosie ist. Diese Wissenschaft legt sich hierbei die Beschränkung auf, nur die wesentlichsten dieser Theile näher ins Auge zu fassen und diejenigen ausser Betracht zu lassen, die nur spärlich und in untergeordneter Weise sich am Aufbau der Erde betheiligen.

*) Unter der grossen Anzahl vortrefflicher Lehrbücher der Geologie und Geognosie mag es genügen, auf einige wenige aufmerksam zu machen: Naumann's Lehrb. d. Geognosie 2. Aufl.; Credner, H., Elemente der Geologie 3. Aufl.; G. Leonhard, Lehrb. d. Geognosie u. Geologie 3. Aufl.; v. Hochstetter, die Erde nach ihrer Zusammensetzung; kurzer Leitf. d. Geologie 1875; Zittel, Aus der Urzeit 2. Aufl.; Emmerich, Geolog. Gesch. d. Alpen aus Schaubach's d. Alpen 2. Aufl.; Peters, Die Donau und ihr Gebiet, Geol. Skizze; insbesondere F. v. Hauer, d. Geologie d. österr.-ung. Monarchie 2. Aufl. 1878.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Unter den Luftarten ist es fast ausschliesslich die atmosphärische Luft, die an der Zusammensetzung der äussersten Hülle wesentlich Antheil nimmt. Dazu gesellt sich noch in geringer Menge Kohlensäure, Wasser- und Sumpfgas. Die tropfbar flüssigen Erdmassen sind fast ausschliesslich durch das Wasser repräsentirt. Untergeordnet tritt nur noch eine zweite Flüssigkeit, das Erdöl (Petroleum) auf. Endlich sind es die verschiedenen Boden- und Erdarten, die Felsmassen oder Gesteine, welche die feste Kruste vorzugsweise ausmachen.

Gesteinselemente und Gesteine.

Diese Erden und Gesteine sind nun wieder aus einzelnen Theilchen zusammengesetzt, aus den sog. geognostischen Elementen oder Mineralien, deren Kenntniss die Geognosie als bekannt voraussetzt. Diese geognostischen Elemente oder schlechtweg auch Gemengtheile genannt, werden durch einige wenige Mineralien dargestellt, welche man desshalb als gesteinsbildende bezeichnet. Erdarten und Gesteine sind daher Mineralzusammenhäufungen entweder nur ein und desselben Minerals — gleichartige Gesteine — wie z. B. der Marmor oder körnige Kalk, der aus Kalkspaththeilchen zusammengesetzt ist, oder aus mehreren verschiedenen Mineralien — ungleichartige Gesteine z. B. der Granit, der aus den Mineralien Orthoklas, Quarz und Glimmer besteht. Zu diesen Mineralien, die nothwendig vorhanden sein müssen, um eine bestimmte Felsart zu bilden — daher wesentliche Gemengtheile genannt, wie z. B. Orthoklas, Quarz und Glimmer bei dem Granit, — gesellen sich zuweilen noch zufällige Mineralbeimengungen, welche daher als unwesentliche oder accessorische Gemengtheile bezeichnet werden, z. B. Oligoklas, Granat, Turmalin im Granit. Bei wenigen Gesteinsarten besteht die Hauptmasse, aus der sie gebildet sind, aus abgestorbenen und veränderten Resten organischer Wesen — Organolithe — und zwar entweder aus dem Thierreich — zoogene Gesteine, wie gewisse Kalksteine, z. B. Nummulitenkalk, Kreide u. s. w., theils aus dem Pflanzenreich — phytogene Gesteine, z. B. die Diatomeenerde, Stein- und Braunkohle, der Torf.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Diejenigen Mineralien*), die als gesteinsbildende am häufigsten vorkommen, sind: Quarz, die Feldspatharten und zwar die orthoklasischen: Orthoklas und Sanidin, oder die plagioklasischen: Albit, Oligoklas, Andesin, Labrador und Anorthit (die letzteren nennt man daher auch zusammen Plagioklase). Diesen schliessen sich an: Saussurit, Feldstein und Thon (Porzellanerde). Ferner sind zu nennen die Glimmerarten: heller Kaliglimmer oder Muscowit und dunkler Magnesiaglimmer oder Biotit, dann Hornblende oder Amphibol, Augit oder Pyroxen, Bronzit, Diallag, Hypersthen, Turmalin, Granat, Chlorit, Glauconit, Obsidian (Pech- und Perlstein), vulkanisches Glas, Nephelin, Leucit, Olivin oder Chrysolith, Serpentin, Kalkspath, Dolomitspath, Gyps, Anhydrit, Steinsalz, Talk, Apatit, Schwefel, Magneteisen, Titaneisen, Schwefelkies, Mineralkohle, Graphit und Eis.

Diese geognostischen Elemente oder Mineralien sind nun verschiedenartig zu Aggregaten oder Gesteinsarten vereinigt, theils in Kryställchen oder mehr und weniger krystallinischen, deutlich mit blossem Auge noch unterscheidbaren Körnchen — wodurch die sog. deutlich krystallinischen Gesteine oder Eukokkite entstehen, z. B. der Granit — oder in höchst feinen krystallinischen Theilchen zuweilen untermengt mit einer glasartigen Zwischenmasse ein anscheinend gleichartig dichtes Gestein bildend — sog. Kryptokokkite wie z. B. der Basalt, oder aber sie sind vorherrschend glasartig und amorph — Hyalithe wie z. B. Obsidian, viele Laven — oder endlich aus Trümmern, klastischen Theilchen von früher schon vorhandenen Gesteinen enstanden, welche durch eine sie zusammenkittende Zwischensubstanz (Bindemittel) wieder verfestigt wurden — Psepholithe wie Sandstein, Conglomerat, Breccie, Tuff. Ausserdem zeichnen sich noch gewisse Gesteine dadurch aus, dass in einer scheinbar dichten oder glasartigen Hauptmasse einzelne Mineralkryställchen eingestreut liegen — Por-

*) Man sehe Näheres nach in: Naumann's Elem. d. Mineralogie, herausg. von Zirkel; Rosenbusch, microsc. Physiograph. d. Mineral.; Zirkel, die microsc. Beschaffenh. d. Min.; Rammelsberg, Handb. d. Mineralchemie; Quenstedt, Handb. d. Min.; Kobell, Mineral. und dessen Tafeln z. Bestimmung d. Mineralien.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

phyre — oder kleine runde Kügelchen in einer sandigen, kalkigen oder mergeligen Masse eingebettet sich wesentlich an der Zusammensetzung des Gesteins betheiligen — Oolithe. Fügen wir noch eine Gruppe von vorherrschend kalkigen Gesteinsarten hinzu, die z. Th. aus feinst krystallinischen z. Th. kleinsten Trümmerchen und z. Th. aus Ueberresten kleinster organischer Wesen oder zertrümmerten grösseren Stückchen zusammengesetzt, als anscheinend dicht sich darstellen. — Pelolithe — so dürfte damit die Reihe der hauptsächlichsten Gesteine oder Felsarten erschöpft sein.

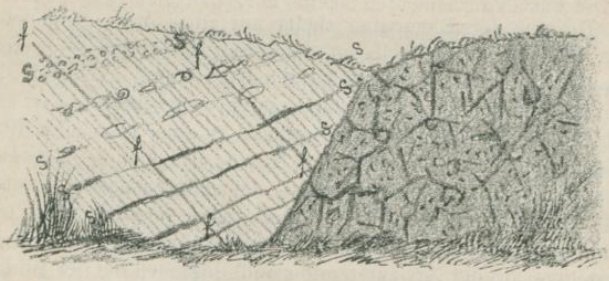
Bezüglich der Art der Raumerfüllung unterscheidet man an den Gesteinen eine compacte, poröse, zellige, blasige, schlackige, gebänderte oder lamellare, bei Abscheidung eines Theils der Gesteinsmasse in rundlichen Knöllchen, eine variolithische oder sphäroidische Beschaffenheit, und in Bezug auf die Art und Natur der Flächen, welche beim Zerschlagen der Gesteine zum Vorschein kommen (Bruchfläche) einen ebenen, unebenen, muscheligen, glatten, körnigen, splitterigen, erdigen Bruch, Verhältnisse, die einer weiteren Erläuterung nicht bedürfen.

Textur, Structur und Form der Gesteine.

Die aus den Elementen theils nur einer Art — homomere oder gleichartige — theils aus mehreren Mineralien — heteromere oder ungleichartige — zusammengesetzten Felsarten sind nun in ihrem inneren Gefüge verschieden ausgebildet — Textur. Bei den einen treten die Gemengtheile zu einer nach allen Richtungen gleichmässig beschaffenen Masse zusammen — massige Gesteine z. B. Granit, Basalt — bei anderen dagegen zeigen sich Absonderungen, welche, durch nahe liegende mehr oder weniger parallele Flächen und platten- oder bankartige Lagen angedeutet, in der Art entstanden sind, dass sich bei der Bildung der Massen Gesteinsmaterial auf Gesteinsmaterial in Folge der sog. Sedimentation aufhäufte, wobei jedoch zeitweise eine Unterbrechung eintrat, oder ein anderes Material zum Absatz gelangte — geschichtete Gesteine z. B. Sandstein, Kalkstein, Thonschiefer. Massen- und Schichtgesteine sind die Hauptformen, in denen überhaupt alle am Aufbau der Erdrinde betheiligten Felsarten vorkommen. Bei den Schicht- oder

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Sedimentgesteinen nennt man jede durch nahezu parallele Flächen (sog. Schichtflächen) abgesonderte Gesteinsmasse eine Schicht oder Flötz (letztere Bezeichnung hauptsächlich bei nutzbaren Gesteinsarten z. B. Steinkohlen). Sehr dicke, mächtige, in sich gleichartige Schichten bezeichnet man auch als Bänke oder Lagen, während sehr dünngeschichtete Gesteine, bei denen die Gemengtheile schon bei der ursprünglichen Ausbildung in schwache parallele Lagen sich ordneten, Schiefer und — wenn aus krystallinischen Theilen zusammengesetzt — krystallinische Schiefer, wie z. B. Gneiss, Glimmerschiefer genannt werden. Es ist hierbei zu bemerken, um Missverständnissen zu begegnen, dass nicht selten Gesteinsmassen von nahezu parallelen Klüften, Sprüngen oder Rissen in Schichtenähnliche Platten zersprengt, erscheinen — falsche Schichtung z. B. beim sog. Plattenporphyr — oder in sehr dünne Lagen, welche quer zu der ursprünglichen Schichtenabsonderung verlaufen, spaltbar sind — transversale Schichtung oder Schieferung z. B. bei manchem Dachschiefer. Man achte darauf, solche nachträglich entstandene Zerspaltungserscheinungen nicht mit wahrer Schichtung zu verwechseln.


S
S
S

Bei geneigt gelagerten Schichten hüte man sich die senkrecht gezogene Linie, wie so häufig irrthümlich geschieht, als Mächtigkeit anzusprechen. Die augenscheinliche Maassverschiedenheit der Linie $a—b$ (richtige Mächtigkeit der Schicht $ABCD$) gegen die senkrechte Linie $a—d$ in beistehender Zeichnung wird dies ohne weitere Erläuterung deutlich machen.

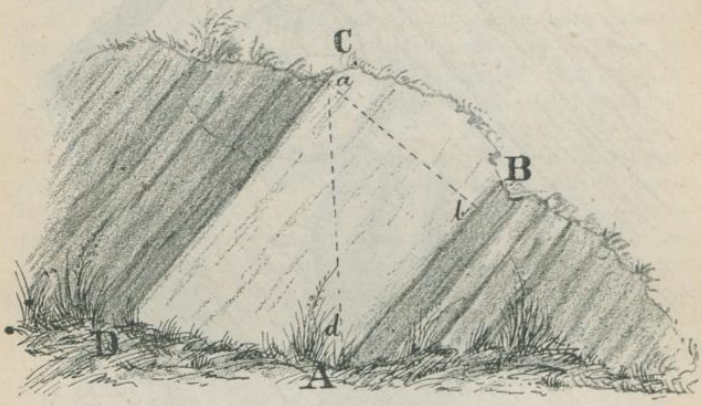


Fig. 5.

Die Schichtenlage kann nun entweder eine horizontale oder söhlige (Zeichen ✣), oder eine verticale oder saigere (Zeichen ✢), oder endlich unter irgend einem Winkel zur Horizontalen geneigte sein. Schichten, die im Verhältniss zu ihrer ursprünglichen Lage um mehr als 90° aus ihrer früheren Stellung verschoben wurden, nennt man überkippt oder überstürzt.

Bei geneigten Schichten bezeichnet man die Richtung, welche eine auf den Schichtflächen gezogen gedachte Gerade angibt, als das Streichen (Richtung der Ausdehnung einer Schicht im horizontalen Sinne = Streichrichtung, Streichlinie, Streichwinkel), die Richtung ihrer stärksten Neigung als das Fallen oder Einfallen (Fallrichtung, Falllinie, Fallwinkel). Fall- und Streichrichtung stehen stets senkrecht zu einander

oder bilden einen Winkel von 90° = 6 Stunden (des Compasses) mit einander, daher man leicht aus der Fallrichtung die Streich-

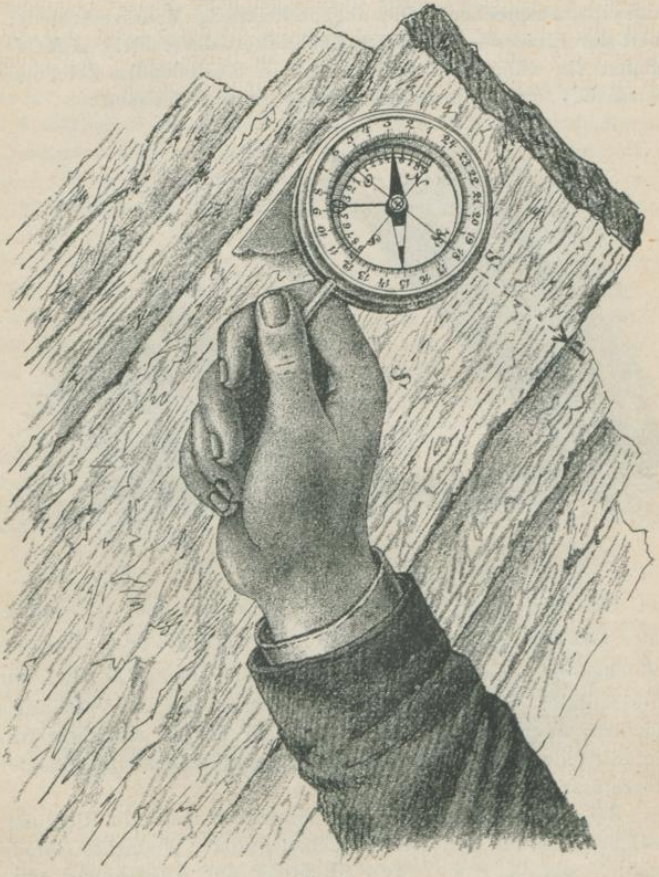


Fig. 6.
In dieser Zeichnung deutet die Linie *S S* die Streichrichtung, *S P* die Fallrichtung an.

richtung direct durch Addiren oder Abziehen von 6 Stunden oder 90° ermitteln kann. Diese Bestimmung ist eine der wichtigsten

Aufgaben der praktischen Gebirgsforschung. Das Bestimmen des Streichens und Fallens wird mittels des Bergcompasses bewerkstelligt (s. oben S. 28). Zu dem Zwecke entblösst man an einer geneigt gelagerten Gesteinsmasse (in Felsen, am Boden, in Gruben) eine Schichtfläche so vollständig glatt, als thunlich (eine Fläche von 0,10—0,15 qm genügt), denkt sich oder zieht sich auf dieser Fläche eine horizontale Linie (Streichlinie), an welche man die $N—S$ Linie des Compasses anlegt; das Nordende der Nadel gibt sofort die Streichrichtung (observirtes Streichen s. S. 30) an. Der Winkel, welchen die Nadel jetzt mit der $N—S$ Linie der Compasstheilung bildet, ist der Streichwinkel.

Eine zu dieser Streichlinie senkrecht in der Richtung der stärksten Neigung der Schicht gezogene Gerade ist die Falllinie. Um das Fallen zu bestimmen, bringt man die $N—S$ Linie des Compasses in die Richtung der Falllinie, das N Ende der Nadel nach der Richtung der stärksten Neigung gewendet

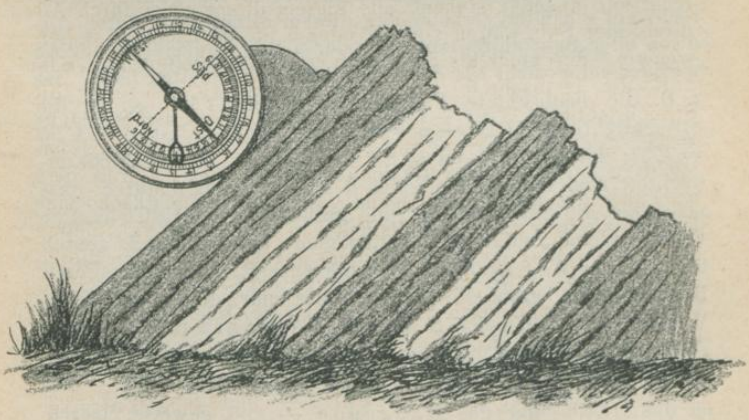


Fig. 7.

und liest an der Nordspitze der Nadel nunmehr direct die Fallrichtung ab. Man arretirt hierauf die Nadel und bringt den Compass nunmehr senkrecht genommen, so dass der kleine Senkel spielen kann, in die Lage der Falllinie, indem man die

N—*S* Linie mit derselben parallel hält, so gibt die Senkelmitte den Grad oder die Grösse des Fallwinkels direct an.

Ist die Compasstheilung der Art, dass die Zählung nur von 1—12 St. geht, so ist es unerlässlich bei der Fallrichtung noch die Weltgegend anzugeben, nach der hin die Schicht einschiesst. Durch Zeichnung wird das Streichen und Fallen in der Weise dargestellt, dass man eine kurze Linie in der Richtung oder Stunde des beobachteten Streichens zieht und senkrecht zu dieser Linie einen kleinen Pfeil nach der Weltgegend des Einfallens beifügt, z. B. ⁷⁄ Man kann diesem Zeichen gleich die beobachteten Daten beifügen, z. B. 45° ⁷⁄ St. 3, d. h. die Schicht streicht in Stunde 3 (NO.—SW.) und fällt in Stunde 9 (nach SO.) mit 45° ein.

Da es bei jeder geneigten Schicht leichter ist, die Richtung der Neigung, als die der horizontalen Streichlinie zu ermitteln, so begnügt man sich in der Praxis durchweg mit der Bestimmung des Fallens, indem, da Streich- und Falllinie senkrecht auf einander stehen, aus diesem direct jene durch Addiren oder Subtrahiren von 90° oder 6 St., je nachdem erstere weniger oder mehr als St. 6 beträgt, sich ableiten lässt. Ist z. B. die beobachtete Fallrichtung in St. 11,10°, so ist die Streichrichtung 11,10° — 6 = St. 5,10° oder es ist St. 11,10° = 175°; daraus 175° — 90° = 85° = St. 5,10°. In der Praxis erleichtert man sich das Auffinden der Fallrichtung dadurch, dass man über die gut entblösste und gesäuberte Schichtfläche eine Kugel, kleine rundliche Rollstückchen, Sand u. dergl. gleiten lässt, deren Weg dann die Falllinie anzeigt. Bei allen diesen Bestimmungen gibt die Beobachtung nur die unreducirten Werthe; die man (nach S. 30) auf das wahre Streichen und Fallen bringen muss.

Jede Schicht hat gewisse Gesteinsmassen über sich — das ist das Dach oder das Hangende — und gewisse Massen unter sich — das ist die Sohle oder das Liegende. Der Theil einer Schicht, mit welchem sie in ihrem Fortstreichen bis an die Erdoberfläche reicht, bildet ihr Ausgehendes oder den Ausbiss (das Ausbeissende). Verschiedene Schichtensysteme liegen zu einander entweder: 1) übereinander — Ueber-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

lagerung (Fig. 8, *A* Schicht *b* über Schicht *a* überlagernd) — oder mit einander, Schicht *a* mit Schicht *b* wechselnd — Wechsellagerung (Fig. 8, *B*); — im ersten Falle entweder mit zu einander parallel stehenden Schichtflächen — normale oder gleichförmige auch concordante Lagerung (Fig. 8, *C*), — oder so, dass die Schichtflächen nicht parallel laufen — abnorme, ungleichförmige oder discordante Lagerung (Fig. 8, *D*). Bei abnorm gestellten Schichtencomplexen unterscheidet man weiter übergreifende Lagerung, wenn ein System über das andere hinüberreicht (wie Fig. 8, *E*), oder abstossende Lagerung, wenn die einen Schichten an den anderen plötzlich in mehr oder weniger senkrechter Richtung enden (wie Fig. 8, *F*).

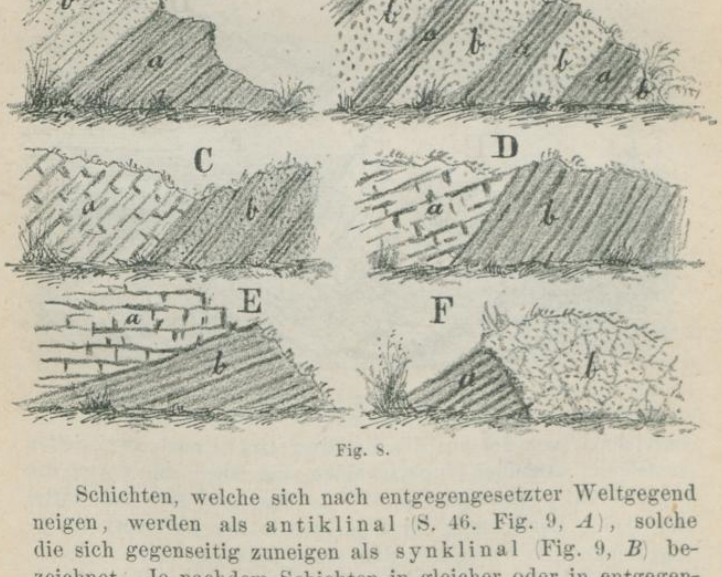


Fig. 8.

Schichten, welche sich nach entgegengesetzter Weltgegend neigen, werden als antiklinal (S. 46. Fig. 9, *A*), solche die sich gegenseitig zuneigen als synklinal (Fig. 9, *B*) bezeichnet. Je nachdem Schichten in gleicher oder in entgegengesetzter Richtung, wie die Berggehänge einfallen, nennt man

sie rechtsinnig fallend (Fig. 9, *C*) oder widersinnig fallend (Fig. 9, *D*). Synklinale Schichten schliessen eine Mulde zwischen sich ein (Fig. 9, *E*), antiklinale bilden an ihrem Zusammenstoss einen sog. Sattel (Fig. 9, *F*). Die Verbindung der tiefsten Muldenpunkte mit einander gibt die Muldenlinie (*x*—*y* in Fig. 9, *E*), welche das Muldentiefste

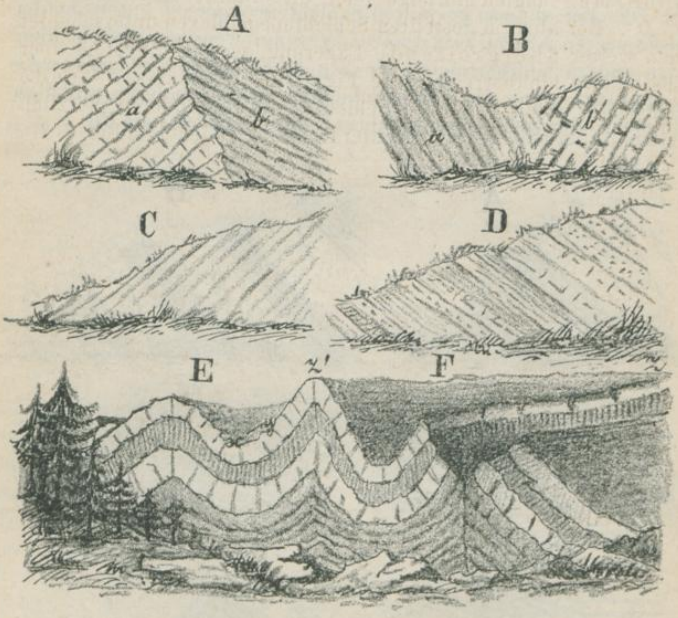


Fig. 9.

bezeichnet, von der aus die Muldenflügel nach zwei Seiten ansteigen. Aehnlich unterscheidet man auch am Sattel die Sattellinie (*z*—*z'* in Fig. 9, *F*). Muss man sich den Sattel durch eine Fortsetzung der Schichten in der Luft vervollständigt denken, so nennt man dies einen Luftsattel.

Eine Schichtenlage, bei der die Schichten von einem Mittelpunkte aus allseitig abfallen, nennt man mantelförmig,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

und kesselförmig, wenn die Neigung sich allseitig einem Mittelpunkte zuwendet.

Bei massiger Gesteinsausbildung bezeichnet man

1) mit Stock das Auftreten in ausgedehnten mehr oder weniger rundlich abgegrenzten Massen, welche bei kugel- oder glockenartiger Form Kuppen z. B. Basalt, bei colossaler Ausdehnung typhonische Stöcke genannt werden, z. B. bei Granit.

2) mit Lagermasse die einer Schichtung ähnliche Ausbildung in Gesteinsstücke, welche durch mehr oder weniger parallele Flächen abgegrenzt sind und zugleich bei relativ geringer Mächtigkeit grosse Ausdehnung im horizontalen Sinne gewinnen. Dabei unterscheidet man noch besonders als Decken jene lagerartigen Ausbreitungen, bei welchen ein Gesteinsmaterial andere Gesteine in dünnen Lagen weit übergreifend bedeckt.

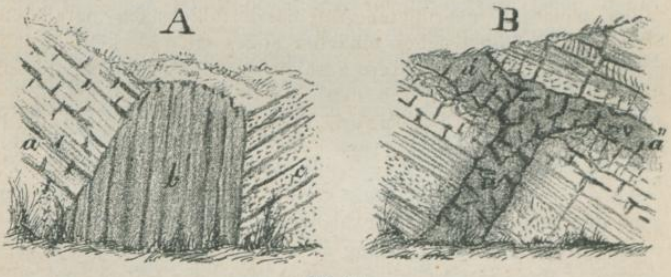


Fig. 10.
In dieser Zeichnung Fig. *B* nimmt der das Nebengestein durchsetzende echte Gang *a* nach Oben in der Ausbreitung $a'—a''$ die Natur eines Lagerganges an.

3) mit Gang eine verhältnissmässig wenig mächtige, quer zwischen Gestein durchgreifend eingefügte, mehr oder weniger weit fortstreichende Masse mit einer im Vergleiche zum Nebengestein abweichenden Beschaffenheit. Man bestimmt bei den Gängen ihre horizontale Ausdehnung (Streichen) und ihre Neigung (Fallen) genau so, wie bei geneigten Schichten. Eine mit den umgebenden Schichten ganz oder nahe concordant gebildete Gangausbreitung nennt man Lagergang, kleine Gänge — Adern, wenn sie sich vielfach theilen — Trümmer, wenn sie zugleich rasch sich verschmälern und auslaufen — Apophysen oder Ausläufer.

An jedem Gange unterscheidet man die nahe parallelen Begrenzungsflächen als Gangflächen und die Ausfüllung als Gangmasse. Oft ist längs der Gangflächen gegen das umschliessende Gestein eine besondere Masse ausgeschieden — das Salband, oder es zeigt sich hier nur eine dünne Lage von zersetztem Gestein oder Letten — Besteg insbesondere Lettenbesteg.

Die Gangmasse besteht nun entweder aus einer Masse, wie sie bei Gesteinen gewöhnlich vorkommt — Gesteinsgänge — oder aus einer Anhäufung von Mineralien und Erzen — Mineral- oder Erzgänge, welch' letztere wegen des Vorkommens von zahlreichen Erzen für den Hüttenmann und von schönen Mineralien besonders für den Mineralogen von hohem Interesse sind. Auf ihnen finden sich die verschiedenen Mineralien meist in geordneter Aufeinanderfolge nach parallelen Streifen und Lagen neben einander abgesetzt. Es können nun von solchen Gängen mehrere zusammentreffen, und bei dieser Begegnung der eine durch den anderen gleichsam hindurchgehen — sich durchkreuzen (Fig. 11, *A*, Gang *a*—*a* wird von Gang *b*—*b* durchkreuzt), — oder sie können eine Strecke mit einander fortziehen — sich schleppen (Fig. 11, *B*, Gang *d*—*d* schleppt den Gang *c*—*c*), oder es kann endlich der eine den andern aus seiner bisherigen Richtung verrücken — verwærfen (Fig. 11, *C*, Gang *e*—*e* wird von Gang *f*—*f* verworfen). Man spricht auch vom Alter der Gänge und will damit die relative Zeit der früheren oder späteren Entstehung des einen vor dem anderen bezeichnen; der durchkreuzte, schleppende und verworfene Gang ist immer älter als der durchkreuzende, geschleppte und verwerfende.

Das Gestein, in welchem solche Gänge vorkommen oder „aufsetzen", bildet das sog. Nebengestein, durch welches die Gangmasse durchgreifend hindurchzieht. Hierbei kommt es vielfach vor, dass das durchbrochene Nebengestein aus seiner ursprünglichen Lage verschoben, verrückt oder wie man sich auszudrücken pflegt, verworfen wird.

Bei anderen mehr untergeordneten Formen, in denen Gesteine oder einzelne Theile derselben ausgebildet vorkommen, müssen wir uns begnügen, sie hier nur dem Namen nach aufzu-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

führen. Dahin gehören: Concretionen oder Morpholite (unregelmässig kugelige Ausscheidungen), Geoden, Lösskindchen, Klappersteine, Knollen (ludus Helmonti), Imatrasteine, Brillensteine, Septarien, Linsen, Mandeln, Nester, Putzen, Dendriten (moosähnlich verzweigte Mineralausscheidungen nach Art mancher Zeichnungen auf Töpfergeschirr, welche vielfach irrthümlich als Versteinerungen angesehen werden.).

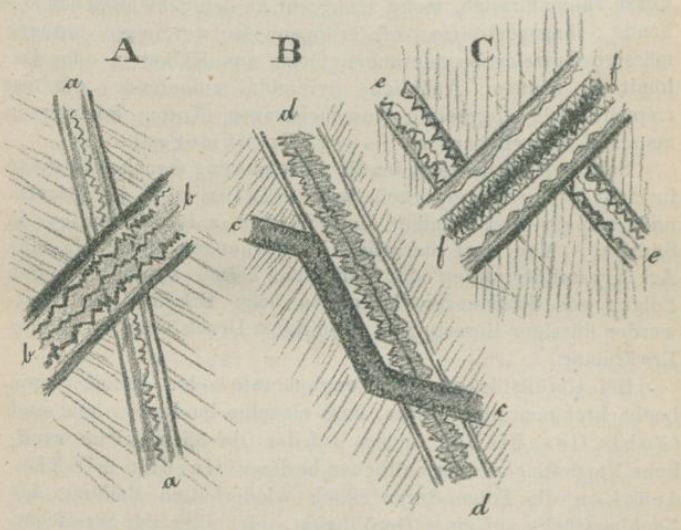


Fig. 11.

Auf den Schichtflächen mancher Schichtgesteine zeigt sich eine sehr feine parallele Faltung oder Streifung (Parallelfaltung). In anderen Fällen macht sich in der Gesteinsmasse selbst eine gewisse nach einer bestimmten Richtung hervortretende Anordnung sei es in der Lage der Gemengtheile, sei es in der Vertheilung von Einschlüssen (Blasenräume, Linearparallelismus oder Streckung) bemerkbar. In noch anderen Fällen sieht man auf den Schnittflächen Risse oder vorstehende Wülste (als Abgüsse der ersteren in der aufliegenden Gegenplatte) — sog. Rippen (ripplmarks) oder wellige Furchungen (Wellenschläge) oder

pockennarbige Eindrücke, die man für Folgen von bei der Gesteinsbildung auffallenden Regentropfen zu deuten versucht hat. Hierher gehören auch die Ausfüllungen früherer Krystallräume durch Gesteinsmasse — Gesteinspseudomorphosen — z. B. Sandstein in Würfelform von Steinsalz, wie solche häufig in der Nähe steinsalzhaltiger Lager auf den Schichtflächen zum Vorschein kommen. Endlich sind die sog. Stylolithe, kleine kurze säulenförmige, meist senkrecht zu den Schichtflächen stehende, längsgestreifte, oft gruppenweise vereinigte unregelmässige Gesteinsabsonderungen meist aus Kalkstein oder Dolomit zu nennen. Aehnliche pyramidal zulaufende, oft fast treppenförmig abgesetzte Ausscheidungen (Tuten) kommen in manchen Mergellagern vor — sog. Tutenmergel.

Sehr bemerkenswerth ist die Absonderung mancher Gesteine in mehr oder weniger regelmässige Säulen (z. B. bei Basalt), und in mehr oder weniger dicke Platten (z. B. bei Porphyr in Südtirol). Man darf derartige Erscheinungen nicht für eine Art Krystallgestaltung oder Schichtung halten, sie sind lediglich Folgen von Spannungsverhältnissen beim Erkalten und Festwerden flüssiger Massen, von einseitigem Druck oder einseitiger Erwärmung.

Bei Geröllstücken der Conglomerate oder Schotterlagen beobachtet man nicht selten, dass einzelne im Innern hohl sind (hohle Geschiebe), andere auf der Oberfläche kleine rundliche Vertiefungen oder Grübchen besitzen (Gerölle mit Eindrücken als Folge der vielfach wiederholten Reibung des Nachbarstücks auf einer Geröllbank), oder aber mit Streifchen versehen sind, wie sie in Rollstücken der Gletschermoränen vorkommen (gekritzte oder geritzte Gerölle).

An natürlichen Entblössungen der Gesteine machen sich uns zuweilen Ablösungs- oder Spaltflächen besonders dadurch bemerkbar, dass sie in hohem Grade geglättet, geschliffen und wie polirt, oft mit spiegelnder Mineralrinde überkleidet und mit feinen parallelen Streifchen überzogen sind — Rutschflächen, Spiegel, Harnische —, welche in Folge von Reibung und Verschiebung an einander vorbeigleitender Gesteinsstücke oder Felsmassen entstanden sind. Aehnlich verhalten sich die an der Oberfläche von Felsen oder auf frischem vom Schutt entblösstem

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Gesteinsboden nicht selten zu beobachtenden Abrundungen oder geglättete Flächen mit parallelen Streifchen oder Furchungen, welche von dem über die Gesteinsmassen geschobenen oder vorrückenden Gletschereis herrühren — Gletscherschliffe. Einem ähnlichen abschleifenden Einflusse des Eises in früheren Zeitperioden sind auch die eigenthümlichen Abrundungen mancher Berge (Rundbuckelform) zuzuschreiben. Dergleichen durch die Bewegung des Eises der Vorzeit hervorgerufene Erscheinungen fasst man als sog. Glacialerscheinungen zusammen, zu denen auch die sog. erratischen Blöcke, Irrblöcke oder Findlinge (weit von ihrem Ursprungsort durch das Eis fortgefrachtete Felsstücke) zu rechnen sind.

Eine eigenthümliche Formerscheinung bei vielen Schichtgesteinen bietet sich uns in den Versteinerungen, den Ueberresten von in Gestein eingeschlossenen Organismen des Thier- oder Pflanzenreichs früherer Erdzeiten, — oft auch Petrefacten oder Fossile genannt — dar. Die speciell mit diesen Versteinerungen sich befassende Wissenschaft heisst die Paläontologie*) oder Petrefactenkunde, die sich in eine solche der Thier- und Pflanzenwelt theilt.

Die Versteinerungen sind für den Geologen von der allergrössten Wichtigkeit. Alle Thier- und Pflanzenarten haben nämlich nur eine bestimmte und beschränkte Zeit hindurch auf Erden existirt. Jede Art oder Gruppe von Arten repräsentirt daher ein gewisses Zeitalter der Erdgeschichte. Es finden sich demnach auch die Ueberreste solcher Thier- und Pflanzenarten als Versteinerungen nur in jenen Schichtgesteinen, die mit ihnen gleichzeitig entstanden sind (abgesehen von einzelnen verschwemmten, auf secundären Fundstellen vorkommenden Exemplaren); sie sind daher für diese Schichtencomplexe charakteristisch und können zum Bestimmen des relativen Alters der letzteren dienen — Leitversteinerungen wie z. B. die *Graptolithen* für Silurbildungen, die *Clymenien* für Devonschichten, einzelne Arten wie *Ceratites nodosus* für den oberen Muschel-

*) Abgesehen von zahllosen Specialwerken sind für allgemeine Orientirung zu empfehlen: Bronn, Lethaea geognostica, zweite Aufl.; neue Auflage begonnen von F. Roemer (im Ersch. begriffen); Quenstedt, Petrefactenkunde; Zittel, Handbuch der Paläontologie (im Ersch. begriffen).

kalk u. s. w. Sie rühren vorherrschend nur von Harttheilen der Organismen her — Knochen, Schalen, Panzer, Zellen, Holz — und sind theils noch in der ursprünglichen Form, wenn auch materiell verändert, erhalten, theils nur in Abgüssen der früheren Hohlräume der Harttheile — Steinkerne — vorhanden. Das Versteinerungsmaterial kann hierbei die einschliessende Gesteinsmasse selbst sein oder aus verschiedenen Mineralsubstanzen, am häufigsten aus Kalkspath, Kohle, phosphorsaurer Kalkerde, selten aus Quarz, Schwefelkies u. dergl. bestehen.

Beim Untersuchen der Schichtgesteine muss daher die Aufmerksamkeit ganz besonders auf das Auffinden von Versteinerungen gerichtet sein, wenn es sich um das Bestimmen des Alters und der Lage der Schichtgesteine handelt. Im Uebrigen verdienen sie auch als zoologische und botanische Objecte aus früheren Abschnitten der Erdgeschichte für den Zoologen und Botaniker die grösste Beachtung (Palaeo-Zoologie und -Phytologie). Man sammle sie, wo Gelegenheit sich bietet, in grösserer Menge, weil bei dem oft mangelhaften Erhaltungszustande einzelner Exemplare erst eine grössere Anzahl die Hoffnung gibt, sich gegenseitig ergänzende Stücke zu erhalten, welche die Artbestimmung erleichtern. Enthält das Gestein kleinste, erst mit der Lupe erkennbare Formen, so muss man Material für Dünnschliffe sammeln, und wenn die Masse durch Wasser erweichbar — schlämmbar — sich erweist, ist es räthlich, grössere Vorräthe aufzunehmen, um daraus durch Schlämmen die kleinen Ueberreste (*Coccolíten*, *Foraminiferen*, *Radiolarien*, *Schwammnädelchen*, *Entomostraciten* u. s. w.) zu isoliren und auszulesen.

Veränderung der Gesteine.

Die meisten jetzt an der Zusammensetzung der Erdrinde betheiligten Gesteine sind nicht mehr in ihrer ursprünglichen Verfassung; sie haben Veränderungen verschiedener Art erlitten und zwar besonders entweder bezüglich ihrer Lage — Dislocation — oder bezüglich ihrer materiellen Beschaffenheit — Umänderung, Metamorphose etc.

Viele Gesteine sind aus ihrer anfänglichen Lage verrückt, gesenkt, gehoben, zusammengefaltet, gebogen, gewunden, ge-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

knickt, zickzackförmig zusammengedrückt, von Rissen und Sprüngen durchzogen, stückweise gegenseitig verschoben und verworfen. Die Verrückungen vollzogen sich längs Zerklüftun-

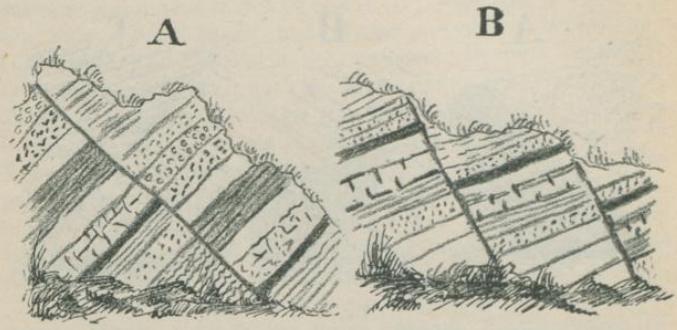


Fig. 12.

gen im Gestein — Verwerfungsspalten —, deren Richtung und Neigung man wie bei den geneigten Schichten mit dem Compass zu bestimmen hat. Auf solchen Verwerfungsspalten finden sich häufig die (S. 50) schon erwähnten Rutschflächen. Man darf sich solche Verrückungen durch Spalten losgetrennter Gebirgstheile oder Gesteinsstücke nur nach rein mechanischen Gesetzen vollzogen denken. Das bewegte Stück muss, abgesehen von der Oberfläche, mindestens durch drei Ablösungsspalten (geradlinig begrenzt gedacht) von dem Nebengestein losgetrennt sein. Man suche sowohl diese Verwerfungsspalten, als auch die Grösse der Verrückung eines Gebirgstheils gegen das andere zu ermitteln. Dabei werden bestimmte Formen solcher Verwerfungen als treppenförmige (Fig. 12, *B*); als Ueberschiebungen (Figur 13, *A*), Einkeilungen (Figur 13, *B*), Stauchungen (Figur 13, *C*.) u. s. w. unterschieden, welche nach den Zeichnungen Figg. 12 u. 13 wohl keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Die materiellen oder substanziellen Veränderungen bestehen z. Th. in einer Umwandlung der ganzen Felsmassen nach Art der Pseudomorphosen bei einzelnen Mineralien, oft mit gleichzeitiger Wanderung einzelner Stoffe. Dahin gehört

z. B. die Serpentinbildung aus Olivinfels, Hornblende oder Augitgestein mit Ausscheidung von Magneteisen — pseudomorphosirte Gesteine. — In andern Fällen findet eine

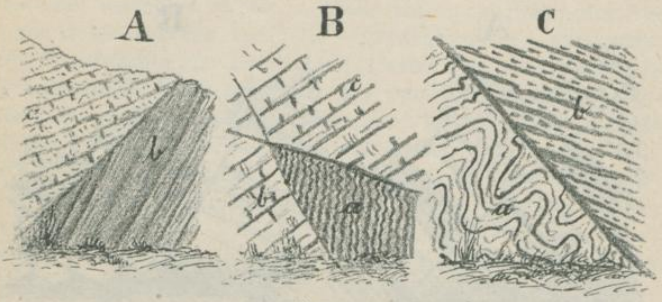


Fig. 13.

durchgreifende Veränderung ganzer, grosser Gesteinscomplexe nach Textur und Gehalt ohne nothwendige Beziehung zu der früheren Beschaffenheit statt — Regionalmetamorphose —, durch welchen Vorgang man sich früher die Bildung der krystallinischen Schiefergesteine (Gneiss, Glimmerschiefer etc.) in Folge der Wirkung hoher Hitzgrade oder in Folge einer Durchtränkung von mit Mineralstoff angereichertem Wasser zu erklären versuchte, Vorstellungen, deren allgemeine Richtigkeit mehr als in Frage gestellt werden muss. Desto sicherer ermittelt sind die Erscheinungen der sog. Contactmetamorphose, Veränderungen, welche innerhalb gewisser Grenzen der Berührung verschiedenen Gesteins, hauptsächlich von Massen- und Schichtgestein, nachgewiesen sind, und bei welchen in verschiedener Weise erhöhte Temperatur, grosser Seitendruck, Zerbröckelung und Wasserwirkungen gleichzeitig oder nacheinander thätig waren. Hierher gehören die längs der Grenzen vieler Granite in dem Nachbarschiefer beobachteten Umbildungen (Fleckschiefer etc.), die Veränderungen des durchbrochenen Nebengesteins durch Eruptivmasse, z. B. Basalt, welche in einer Art Frittung (Porzellanjaspis) oder Verglasung (verglaster Sandstein), oder im Umkrystallisiren gewisser Stoffe (körniger Kalk) u. s. w. oft verbunden mit einer eigenthümlichen Art von Zer-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

klüftung z. B. säulenförmigen Absonderungen mit zur Berührungsfläche senkrecht gestellten Prismen etc. bestehen.

Eine weitere sehr weit greifende Umformung erleiden die Gesteine durch das Zerbröckeln in Folge der Einwirkung von Frost, Feuchtigkeit und Wasser, wodurch Gesteinsschutt, Grus, Sand u. s. w. entstehen. In diese Reihe der Erscheinungen gehören auch die Bergstürze, die Felsenmeere, die Bildung mancher Höhlen. Am grossartigsten tritt uns diese Umbildung als Verwitterung entgegen, deren Producte in Vermengung mit beigeschwemmtem Schlamm, Sand und Grus und mit sich zersetzenden organischen Bestandtheilen (sog. Humus) die sog. Vegetationserde, das für das organische Reich wichtigste Glied aller Gesteinsbildungen darstellt. Denn diese Pflanzenerde ist die Mutter alles Lebenden!

Diese an der oberen Erdkruste vor sich gehenden Veränderungen führen vielfach auf tiefer gehende Erscheinungen zurück, die man im allgemeinen als plutonische und vulkanische zu bezeichnen pflegt. Es sind die Wirkungen aus grösserer Tiefe gegen die Erdoberfläche, durch welche Kräfte immer sie hervorgerufen sein mögen.

Man nimmt an, dass viele — die meisten massigen — Gesteine in analoger Weise früher entstanden sind, wie heutzutage die Lava oder die Vulkanproducte, und unterscheidet solche der älteren Zeit (etwa vor der Tertiärperiode) — plutonische — und solche der jüngeren Zeit — vulkanische. Eine derartige Scheidung ist jedoch nicht streng durchführbar. Dass analoge Erscheinungen, wie die vulkanischen der Gegenwart, auch in früheren geologischen Perioden stattgefunden haben, ist nicht zu bezweifeln. Doch sind die näheren Verhältnisse hierbei jetzt nachträglich sehr schwierig festzustellen. Es dürfte sich daher empfehlen, statt von plutonischen und vulkanischen von älteren und jüngeren Eruptivgesteinen zu sprechen.

Als Producte und Folgen der jetzt noch thätigen Vulkane nennen wir die Lava (oft älteren Gesteinen, z. B. Basalt, Trachyt, Phonolith gleich beschaffen, meist jedoch glasig erstarrt), die vulkanische Asche, die Rapilli, Bomben, Schlammströme (mit Wasser vermengte vulkanische Asche), den

vulkanischen Tuff, Trass, Peperin, die Wasserdämpfe, Fumarolen, Gasexhalationen, Solfataren, Mofetten, Schlammvulkane, vulkanische Erdbeben u. s. w. Die weitern Verhältnisse dieser Bildungen und der Vulkane überhaupt dürfen wir wohl als allgemein bekannt hier voraussetzen, und begnügen uns nur mit einer Namenerwähnung: Krater, Schuttkegel, Ausbruchserscheinungen, Lichtphänomene, Lavaerguss, Zerstörungen, Bildung der Schlammströme, Lage und Vertheilung der Vulkane auf der Erde, Beziehungen zu der Küste und dem stets naheliegenden Meere. —

Aus analogen, jedoch eigenthümlich modificirten Vorgängen ist nun auch die Entstehung der älteren Eruptivgesteine abzuleiten. Den vulkanischen Tuffen entsprechen auf diese Weise die alten sog. Sedimentärtuffe, die Schalsteine, der Thonstein. Sie enthalten als Seltenheiten sogar Versteinerungen, zum Beweis, dass bei ihrer Bildung das Wasser mitgewirkt habe. In der Regel vermisst man bei den älteren Eruptivgesteinen die kraterähnliche Aufbruchstelle, welche durch spätere Abnagungen, Wegspülungen und Ueberschüttungen verschwunden sind.

Den Eruptivgesteinen kommt, wie den Schichtgesteinen, ein bestimmtes Alter ihrer Entstehung zu. Dasselbe bestimmt sich nach dem Alter der von ihnen durchbrochenen Gesteine, die älter, und weiter nach dem Alter der nicht mehr durchsetzten Felsgebilde, welche jünger als sie sind. Desshalb lassen sich auch die Eruptivgesteine als abnorme Glieder den verschiedenen Formationen bei- und einordnen.

Die Erdbeben*), die z. Th. lokal mit vulkanischen Eruptionen in unbezweifelbarem Zusammenhange stehen, müssen auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden; wenn auch viele der sie begleitenden Erscheinungen ganz oder nahe übereinstimmen. Man wird wohl zu unterscheiden haben zwischen vulkanischen mit vulkanischen Eruptionen unmittelbar zusammenhängenden, cavernalen, durch Einstürze unterirdischer Aushöhlungen erzeugten und apodynamischen Erd-

*) K. v. Seebach, Erdbebenkunde in Neumayer's wissenschaftl. Beobachtungen auf Reisen, Lasaulx, das Erdbeben von Herzogenrath u. s. w.

beben, deren von den vorausgehenden verschiedene Ursache in grösserer Tiefe der Erde zu suchen ist.

Derjenige, welcher diesen merkwürdigen Naturerscheinungen seine Aufmerksamkeit zuwenden will, wird bei eintretenden Erdbeben vielfache Beobachtungen anzustellen haben und zwar in erster Linie in Bezug auf die Zeit des Stosses oder der Stösse unter Beachtung grösster Genauigkeit und unter Berücksichtigung einer etwa nöthigen Uhrenregulirung, dann auf die Stossrichtung, die Art der Stossbewegung (succussorische oder aufwärts gerichtete, undulatorische oder wellenförmige, rotatorische oder kreisförmige), auf den Ort oder die Gegend des Maximums der Erschütterung, auf die Form und Richtung der an Gebäuden und Mauern etwa entstandenen Risse, deren Richtung und Neigung an verschieden verlaufenden Mauern zu bestimmen ist. Ausserdem verdienen die besonderen dabei vorkommenden Schall- und Licht- und sonstigen atmosphärischen Erscheinungen (Windstösse, Barometerschwankungen, Nebel etc.), das Ausströmen von Gasen, das Aufhören von Quellenergüssen, deren Vermehrung oder Neuerscheinen, Fluthbewegungen an Seen u. s. w. die Beachtung des Forschers.

Nachdem wir im Vorausgehenden einen möglichst kurzen Ueberblick über Zusammensetzung, Gefüge und Formverhältnisse der Gesteine zu geben versucht haben, dürfte es jetzt am Platze sein, bezüglich der Bildungsart derselben noch hinzuzufügen, dass alle am Aufbau der uns bekannten Theile der Erdrinde betheiligten Gesteins- oder Felsmassen hervorgegangen sind entweder

1) aus ursprünglichen Wasserniederschlägen, welche auf theils mechanischem Wege durch Absetzen, theils auf chemischem Wege durch Ausscheidung zu Stande kamen, jedoch seit ihrer Ablagerung noch vielfach durch Diagenese umgebildet sind und zum Theil verändert wurden — geschichtete oder Sedimentgebilde — oder

2) aus einem flüssigen Zustande (wenn auch nicht immer aus einem Schmelzflusse durch Feuer), in welchem die Masse aus der Tiefe der Erde zur Oberfläche emporgelangte — Eruptivgebilde —, oder endlich

3) aus Material, welches zwar ursprünglich aus Eruptionen

und Ausströmungen der Tiefe stammte, aber meist durch eine Art Sedimentation oder Dejection mit oder ohne Vermittelung von Wasser abgelagert wurde — Tuffgebilde. — Andere beschränkte oder nur lokale und seltene Entstehungsarten von Gesteinsmassen dürfen wir hier füglich übergehen.

Die verschiedenen Gesteins-, Gebirgs- oder Felsarten.

Wir wollen nun die verschiedenen Gesteinsarten nach der früher gegebenen Reihung in aller Kürze ins Gedächtniss zurückrufen.

I. Kokkite: krystallinisch körnige Massengesteine.

1. zusammengesetzt: aus nur einer Mineralart: Homokokkite.

1) Quarzit, 2) körniger Kalk (Marmor), 3) körniger Dolomit, 4) Gyps, 5) Steinsalz, 6) Amphibolit, 7) Olivinfels, 8) Serpentin (oft ins Dichte verlaufend), 9) Topfstein (Lavez- oder Giltestein). Alle diese Gesteine bedürfen keiner näheren Erläuterung, da sie nur aus je einem Mineral, z. B. Quarz oder Kalkspath, oder Olivin etc. bestehen.

2. aus verschiedenen Mineralarten zusammengesetzt: Heterokokkite und zwar:

a. deutlich grobkrystallinisch körnig: Eukokkite.

10) Granit aus Orthoklas (wenig Oligoklas), Quarz und zweierlei Glimmer mit den Varietäten: *α*. Granitit: Granitgemengtheile, doch nur mit Magnesiaglimmer, *β*. Syenitgranit: Granitgemengtheile und ausserdem noch mit Hornblende. *γ*. Protogin, ebenso und noch mit grünlichem Steinmark (nicht Speckstein) oder Chloritblättchen, *δ*. Pegmatit (Schriftgranit), grobkrystallinische Ausbildung.

11) Syenit aus Orthoklas (wenig Oligoklas), Hornblende und Glimmer (selten etwas Quarz), zuweilen mit Zirkoneinsprengungen (Zirkonsyenit), ferner mit den Abarten Glimmersyenit (Minette z. Th.) und Augitsyenit (Orthoklas, Plagioklas und Augit).

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

12) Tonalit aus Plagioklas (meist Oligoklas), Hornblende, Quarz und Glimmer (Monte Tonale).

13) Diorit aus Plagioklas und Hornblende.

14) Glimmerdiorit aus Plagioklas und Glimmer mit etwas Quarz und Hornblende.

b. undeutlich krystallinisch körnig: Kryptokokkite.

15) Diabas aus Plagioklas, Augit, Magneteisen (Titaneisen) ohne Glasmasse und mit einer grünen Zersetzungszwischenmasse (selten deutlich körnig).

16) Melaphyr aus Plagioklas, Augit, Olivin, Magneteisen, gewöhnlich mit etwas Glasmasse.

17) Gabbro aus Plagioklas, besonders häufig aus Saussurit, Diallag, Magneteisen, oft mit Olivin.

18) Phonolith aus Sanidin und Nephelin oder Leucit, mit geringen Beimengungen von Hornblende, Augit, Titan- oder Magneteisen, Hauyn und Nosean.

19) Andesit aus Plagioklas, Augit oder Hornblende und Glimmer, ersterer Augitandesit, — letzterer Hornblende-Glimmerandesit genannt.

20) Basaltgesteinsgruppe aus Plagioklas, Nephelin, Leucit, Augit, Magneteisen, Olivin und Glasmasse; mittelfeine Varietäten nennt man Anamesit, gröbere Dolerit. Je nach dem Fehlen des einen oder andern Gemengtheils unterscheidet man

α. Basalt (typischer) aus Plagioklas, Augit, Magneteisen und Olivin.

β. Tephrit aus Plagioklas mit Leucit oder Nephelin, Augit (etwas Hornblende), Glimmer und Magneteisen, jedoch ohne Olivin.

γ. Leucitit aus Leucit und Augit mit oder ohne Olivin; untergeordnet kommen auch Hornblende, Hauyn, Biotit, Magneteisen, ganz selten Plagioklas vor (Leucitbasalt und Leucitlava).

δ. Limburgit aus Augit, Olivin und Magneteisen mit Glasmasse und ohne Feldspath.

ε. Nephelinit aus Nephelin, Augit, mit oder

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

ohne Olivin, zuweilen mit Leucit, Hauyn, Hornblende, ohne Feldspath — Nephelindolerit, Nephelinbasalt.

21) Palaeopikrit aus Olivin, Enstatit, Diopsit und Magneteisen.

II. Porphyre: Massengesteine aus kryptomerer Hauptmasse und eingestreuten Mineralgemengtheilen.

22) Felsitporphyr aus feldsteiniger Grundmasse mit eingestreutem Orthoklas, seltener mit einzelnen Hornblende-, Magneteisen- und Glimmertheilchen.

23) Quarzporphyr aus feldsteiniger Grundmasse mit eingestreutem Orthoklas, Quarz, Glimmer, selten mit Hornblende und Augit.

24) Porphyrit aus feldsteiniger Grundmasse mit Plagioklas, Hornblende, Augit, Glimmer, selten mit Quarz und Orthoklas.

25) Liparit aus Sanidin, Quarz, in untergeordneter Weise mit Biotit, Hornblende, Augit (Quarztrachyt, Rhyolith z. Th. Trachytporphyr).

III. Hyalithe, Glasgesteine.

26) Obsidian. 27) Pechstein. 28) Perlstein. 29) Lava (Sammelname für alles aus Vulkanen fliessende Gestein, das glasartig erstarrt ist).

30) Eis.

IV. Phyllolithe: Schichtgesteine aus grösstentheils krystallinischen Gemengtheilen oder theilweise krystallinischen und theilweise trümmerigen Theilchen, die zu einer in ganz dünnen Lagen spaltbaren oder blättrigen Masse vereinigt sind.

1. Deutlich krystallinisch körniger Schiefer.

31) Quarzitschiefer aus Gemengtheilchen meist mit Glimmerschüppchen und Magneteisen in der Abänderung: Itakolumit oder Gelenkquarz mit Talkschüppchen, und Itabirit vorherrschend aus Eisenglimmer bestehend.

32) Hornblendeschiefer aus körniger Hornblende.

33) Chloritschiefer aus Chloritschüppchen meist mit Magneteisen zusammengesetzt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

34) Talkschiefer mit Talkschüppchen, häufig mit Quarz.

35) Gneiss aus Orthoklas (wenig Oligoklas), Quarz und Glimmer, als Schieferform des Granits mit den Abänderungen oder Stellvertretung des Glimmers durch Sericit oder Phyllitmasse — Sericit-Phyllitgneiss — und ins Dichte übergehend — Porphyroid,

36) Granulit oder Weissstein aus Orthoklas, Quarz und Granat oder Turmalin (zuweilen massig ausgebildet),

37) Glimmerschiefer aus Glimmerblättchen und Quarzflasern, häufig mit Granat, Andalusit und Kalktheilchen (Kalkglimmerschiefer),

38) Dioritschiefer aus Plagioklas, Hornblende, etwas Glimmer und Granaten mit der Abänderung als Eklogit aus grasgrünem Smaragdit (seltener bräunliche Hornblende), rothen Granaten und lauchgrünem Omphacit (Saualpe in Kärnten) bestehend.

39) Schalsteinschiefer, geschichtetes Tuffgestein der Diabasgesteine.

40) Thonsteinschiefer aus feldsteinartiger Masse bestehende Porphyrtuffgesteine übergehend ins versteckt Krystallinische.

41) Phyllit (Urthonschiefer) glimmerig glänzend, Thonschiefer ähnlich, bestehend aus feinsten Schüppchen eines chloritartigen Minerals (Phyllochlorit) von Sericit und Quarz, oft mit etwas Feldspath und eingestreuten verschiedenen Mineralien (Fleck-, Garben-, Frucht-, Chiastolith-, Ottrelit- etc. Schiefer), auch mit Uebergängen in Glimmerschiefer, Quarzitschiefer und Sericitgneiss.

2. Versteckt krystallinisch, dicht oder trümmerig zusammengesetzt:

42) Thonschiefer aus Thonschüppchen, Glimmerblättchen, Eisensilikattheilchen, färbenden kohligen Substanzen (oft auch durch Eisenoxyd gefärbt) und feinsten mikroskopischen Nädelchen zusammenge-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

setzte, feste, durch Wasser nicht erweichbare Schiefer in verschiedenen Varietäten als gewöhnlicher, Dach-, Griffel-, Wetzstein-Schiefer.

43) Schieferthon aus Thonmassen mit verschiedenen Beimengungen klastischer Theilchen zu einem weniger festen Schiefer mit zahlreichen Abänderungen, z. B. Kohlenschiefer durch kohlige Substanzen dunkel gefärbt, Brandschiefer mit bituminösen Beimengungen, Mergelschiefer mit Kalkgehalt, und in ganz weicher Art als sog. Lettenschiefer.

44) Kieselschiefer aus theils dichten, theils klastischen Quarztheilchen; im ersten Fall oft schwarz gefärbt, sehr dicht (Lydit), in letzterem oft in eine Art Sandstein übergehend — Grauwacke-Sandsteinschiefer.

V. Pelolithe, aus vorherrschend kalkigen und thonigen, krystallinischen, trümmerigen und organisch geformten Theilchen bestehende Schichtgesteine:

45) Kalkstein, wesentlich gebildet aus theils krystallinischen, theils trümmerigen, theils aus dem organischen Reich abstammenden Kalktheilchen, die zu einem dichten Gestein verbunden sind — mit zahlreichen Abänderungen in Farbe und Gefüge: Kalke von verschiedener Farbe (weiss, grau, schwarz, roth, gelb) oder farbig gestreift (Marmorkalke), mit Oolithkörnchen (Kalk-, Eisen-, Glauconith-Oolith), mit Thonbeimengungen unter 20% (Mergelkalk) Kalktuff, dolomitischer Kalk etc.

46) Dolomit, meist fein krystallinisch ausgebildet, mit Uebergängen in Kalkstein.

47) Mergel, aus einem Gemenge von Thon (20—60%) und Kalk (80—40%) in verschiedenen Graden der Härte und Farbe.

48) Thon, wesentlich unreine kieselsaure Thonerde, mit zahlreichen Abänderungen, als Letten, Lehm, Löss etc. Die reinste Thonsorte, die Porzellanerde, tritt nicht in grösserer Masse auf, um als eine Gebirgsart gelten zu können.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

VI. Psepholithe, Trümmer- oder klastische Schichtgesteine.

49) Sandstein, wesentlich aus feinen Quarzkörnchen, die durch ein Bindemittel mehr oder weniger fest verkittet sind, zusammengesetzt mit zahllosen Abänderungen nach der Art des Bindemittels, der Festigkeit und den Beimengungen: z. B. quarziger, thoniger, eisenschüssiger, kalkiger, kohliger Theilchen: bunter Sandstein, Bausandstein, Quader-, Braunkohlensandstein, Kaolin-, Glauconit- oder Grün-Sandstein (mit Glauconitkörnchen); Arkose (grobkörnig mit Feldspathsplitterchen) u. s. w. Grauwacke nennt man sehr dichte, feinkörnige Sandsteine der älteren Sedimentbildungen (sog. Grauwackengebirge.)

50) Conglomerat und 51) Breccie; das erstere ist aus abgerollten, rundlichen, die letztere aus scharfkantigen, eckigen, gröberen Fragmenten verschiedener Gesteine mit oder ohne Bindemittel zusammengesetzt. Man bezeichnet diese Gebilde nach der Art der Gesteine, welche die Bruchstücke geliefert haben, z. B. als Porphyr-C. oder -B.; Quarz-C. oder -B. u. s. w. Betheiligen sich mehrere Gesteinsarten an ihrer Zusammensetzung, so nennt man diese Abänderung bunt.

52) Tuffgesteine der verschiedenen Eruptivgesteine, z. B. basaltische, trachytische, vulkanische (Pausilippo; Trass; Peperin); in dünngeschichteter Ausbildung werden sie, wie schon oben angeführt wurde, z. Th. auch als Schalstein, Thonstein aufgeführt. Die Tuffe haben sich theils unter der Vermittlung des Wassers (hydrogene) schichtenartig ausgebreitet, oder ohne eine solche Vermittelung (aërogene) angehäuft, und nach ihrer Ablagerung oft noch mannichfache Veränderungen erlitten.

53) Sand bezeichnet im Allgemeinen Anhäufungen kleiner loser Mineral- oder Gesteinstheilchen. Dar-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

nach richtet sich dann die Bezeichnung, z. B. Quarz-, Dolomit-, Magneteisen-, Granit-, Sand u. s. w.

54) Gesteinsschutt, Grus, Geröll, Kies, Schotter, bunt gemengte, grössere und kleinere Fragmente von verschiedenen Gesteinsarten. Hierher gehören auch die sog. Seifen, d. h. Körnchen von brauchbare Mineralien (Gold, Platin, Diamant) enthaltendem Gesteinsschutt, den man behufs der Gewinnung der oft sehr werthvollen, beigemischten Mineralien in den sog. Seifenwerken verwäscht (Gold-, Platin-, Diamantseifenwerke).

55) Krume oder Vegetations- oder Pflanzenerde, deren Beschaffenheit schon früher (S. 55) angedeutet wurde.

VII. Organolithe, deren Hauptmasse aus abgestorbenen Ueberresten des organischen Reichs abstammt.

56) Kieselguhr, Polirschiefer, Tripel, essbare Erde (Infusorienerde) aus den Kieselpflanzen von *Diatomeen* etc. bestehend.

57) Kreide aus erdigkalkigen Theilchen zusammengesetzt, welchen grosse Mengen von *Coccolithen-* und *Foraminiferen*-Ueberreste beigemengt sind.

58) Knochenbreccie (Bonebed), Lumachelle (Anhäufung von Conchylienschalen), Coprolithenlagen (aus Excrementen von Sauriern und Fischen etc. bestehend).

59) Fossilkohle (Anthracit, Steinkohle, Pechkohle, Braunkohle, Torf).

Lagerungsordnung und Formationen.

Alle diese Gesteine und Erdmassen sind nun in einer bestimmten Regelmässigkeit und Ordnung an dem Aufbau der Erdrinde betheiligt. Diese bestimmte Art ihres regelmässigen Vorkommens nennt man ihr Lagerungsverhältniss.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Die Gesteine sind entweder übereinander — Ueberlagerung — oder nebeneinander — Juxtaposition — gestellt, oder sie setzen gangähnlich durch einander hindurch — durchgreifende Lagerung. — Bei normaler, d. h. nicht nachträglich gestörter oder verrückter Lage ist bei geschichteten Gesteinen immer das unterliegende das der Zeit seiner Entstehung nach ältere, das überlagernde das jüngere. Bei durchgreifender Lagerung von Massengesteinen ist das durchsetzte das ältere; das durchsetzende oder durchgreifende das jüngere.

Nach diesen Grundsätzen der Lagerung und der Altersfolge der Gesteine lassen sich letztere nun in gewisse Altersgruppen zusammenfassen, indem man solche Gesteine enger mit einander vereinigt und verbindet, die im Alter der Entstehung sich am nächsten stehen, d. h. nahezu gleiches geologisches Alter besitzen und, zusammengenommen, einem gewissen grösseren geologischen Abschnitt in der Erdbildung, gleichsam einem geologischen Zeitalter entsprechen. Die zu solchen grösseren Altersgruppen zusammengefassten Gesteincomplexe nennt man geologische Formation. Die in einer derartigen Formation vereinigten Gesteine repräsentiren daher verschiedene Zeitabschnitte in der Entwicklungsgeschichte der Erde, wie man in analoger Weise Abschnitte oder Perioden in der Völkergeschichte unterscheidet. Man kann daher diese geologischen Formationen dem entsprechend wieder weiter in grössere Perioden zusammenfassen und in einzelne kleine Abschnitte — Stockwerke, Stufen und Schichten genannt — unterabtheilen. Die Abschnitte oder Grenzen dieser geologischen Perioden und Formationen fallen häufig mit epochemachenden Ereignissen der Erdbildung zusammen, und daraus erklärt sich die Erscheinung, dass zwei zunächst stehende Abtheilungen innerhalb gewisser Verbreitungsgebiete, zuweilen fast unvermittelt nach einander auftreten und durch ungleichförmige Lagerung, abweichende Gesteinsbeschaffenheit und verschiedenartige organische Einschlüsse (Versteinerungen) sich von einander unterscheiden, während doch die Entwickelung der Erdbildung ohne solche eintretende Katastrophen als eine gleichmässig fortschreitende angenommen werden muss. Dies findet auch in der That im grossen Ganzen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

wirklich statt, und scharfe Formationsabgrenzungen machen sich daher nur innerhalb kleinerer Gebiete und auf gewisse Länderstrecken beschränkt bemerkbar, während sie an anderen Stellen und im grossen Ganzen mehr oder weniger verwischt erscheinen.

Die Formationen und ihre Abtheilungen, wie solche die Wissenschaft jetzt als geologisches Zeitmaass angenommen hat, sind wesentlich aus den im mittleren Europa beobachteten Verhältnissen herausgewachsen und passen daher nicht immer absolut genau zu den in anderen Ländercomplexen der Erde hervortretenden und für diese naturgemäss erscheinenden Abgrenzungen und Gliederungen. Doch bleiben jene als Ausgangspunkte für Vergleichungen und als geologisches Zeitmaass bei allen geohistorischen Untersuchungen und Forschungen immer unverrückt in vollem Werthe, wie wir auch von einem Mittelalter (im Sinne europäischer Geschichte) sprechen können, obgleich wir vielleicht die Geschichte von China behandeln.

Zu einer Formation gehören nun einestheils als Hauptbestandtheile Schichtgesteine — normale Glieder — und anderntheils einzelne Massengesteine oder eruptive Gebilde — welche mit jenen Schichtgesteinen von gleichem Alter sind, als abnorme Glieder. Zeigt eine Reihe von Gesteinen im Gegenhalt zu solchen von gleichem Entstehungsalter innerhalb eines beschränkteren Verbreitungsgebietes auffallende Verschiedenheit in Beschaffenheit oder in den Versteinerungen gegenüber dem allgemein herrschenden Charakter, so nennt man diese örtliche Besonderheit der Entwickelung eine Facies, z. B. wenn ein durchschnittlich kalkiges Gestein local dolomitische Beschaffenheit annimmt, so entsteht eine Dolomitfacies; oder wenn eine bloss *Ammoniten* führende Schicht stellenweise anstatt dieser *Cephalopoden, Korallen, Schwämme* etc. enthält, so entsteht eine Korallen-, eine Schwammfacies. Diese örtlichen Verschiedenheiten sind bei Ermittelung gleichalteriger Bildungen sehr zu beachten und wichtig. Auch kommt es vor, dass eine ganze Gruppe von organischen Formen in aufeinanderfolgenden Schichten plötzlich verschwindet und in einem weiter abstehenden d. h. relativ jüngeren Schichtencomplex ebenso unvermittelt wieder zum Vorschein kommt, was sich aus einer

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

früheren Auswanderung und späteren Wiedereinwanderung solcher Thiergruppen erklären lässt; man nennt diese Erscheinung eine geologische Colonie.

Wir lassen hier nunmehr das Skelet der jetzt allgemein gebräuchlichen geologischen Gliederung als normale geologische Chronologie folgen:

(Siehe Tabelle S. 68 und 69.)

III. Geologische Beobachtungen im Allgemeinen.

Der Zweck der geologischen Untersuchung und Beobachtung ist die Ermittelung oder Feststellung aller jener Verhältnisse, welche in den vorangehenden Abschnitten kurz berührt wurden. Es soll uns dadurch möglich werden, eine richtige Einsicht in die gegenwärtige Beschaffenheit der die Erde im Ganzen und in ihren einzelnen Theilen zusammensetzenden, unorganischen Massen uns zu verschaffen und daraus ein zutreffendes Bild von dem allmählichen Werden, Gestalten und Umgestalten der Erdrinde im geohistorischen Sinne zu entwerfen. Es sind hierbei drei Hauptrichtungen hervorzuheben, in welchen die Aufmerksamkeit des Reisenden in Anspruch genommen wird:

1) in Bezug auf die Beschaffenheit der Gesteine für sich und mit Rücksicht auf die Oberflächengestaltung.

2) in Bezug auf die Lagerungsverhältnisse der verschiedenen Gesteine zu einander und zu dem Aufbau der Erdrinde im Grossen.

3) in Bezug auf die Einschlüsse, besonders auf jene, welche aus dem organischen Reiche stammend als sogen. Versteinerungen die Flora und Fauna früherer Zeitabschnitte der Erdgeschichte repräsentiren.

Jeder Beobachtung geht jedoch als Erstes die genaue örtliche Orientirung voraus; der Beobachter muss in jedem Falle genau wissen und angeben können, sei es durch Beschreibung und Kartenskizze, besser durch Fixirung auf einer guten Karte, an welchem Punkte er seine Untersuchung anstellt.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Perioden	Formationen und Unterabtheilungen
Tertiär- oder känolithische Periode.	1) Novär- oder Recent-Formation 2) Quartär- oder Diluvial-Formation 3) Tertiär-Formation: Neogen: Pliocän, Miocän; Paläogen: Oligocän, Eocän
Secundär- oder mesolithische Periode.	Jurassische Formationen.: 4) Procän- oder cretacische Formation: Pläner: Dänische-, Senon-, Turon-, Cenoman-Stufe; Galt; Neocom 5) Jura- oder Malm-Formation: Purbeckstufe, Tithonstufe, Kimmeridgestufe, Oxfordstufe 6) Dogger: Ornathenschichten, Hauptoolith, Unteroolith 7) Lias Trias.: 8) Keuper 9) Muschelkalk 10) Buntsandstein: Röth, Hauptbuntsandstein, Unterer Buntsandstein
Primäre oder paläolithische Periode.	11) Postcarbon - F. oder Dyas: Zechstein, Rothliegendes, Ueberkohlenschichten 12) Carbon-Formation 13) Präcarbon- oder Culm-Formation 14) Devon-Formation 15) Silur-Formation 16) Cambrische Formation
Primitiv- oder archäolithische Periode.	17) Phyllit-F. oder Oberhuron-Formation 18) Glimmerschiefer- oder Unterhuron-Formation 19) Gneiss-F. oder laurentische Formation

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Normale Glieder (in einzelnen Beispielen)	Abnorme Glieder
Alluvium, Schwemmbildungen, Torf, Kalktuff .	Thätige Vulkane.
Hochfluthgeröll, erratische Bildung	
Gyps von Sizilien, Crag, Belvedere-Schotter, Congerien-Schichten	Basalt, Trachyt, Phonolith, Gabbro.
Sarmat.-Mediterran-Sch., Leithak. Obere Molasse	
Cyrenenmergel, untere Molasse, Flysch . . .	
Nummuliten-Sch., Grobkalk, Londonthon . . .	
Kreide u. Mergelkalk, Gosau-Sch., Hippuriten-Kalk, oberer Grünsand	
Mittl. Grünsand, Riffsandstein, Schrattenkalk .	
Unterer Grünsand, Valanginschichten, obere Hils- und Wealden-Schichten	
Untere Wealdenschichten, Kalk- und Thonlagen	
Kalk; Klippenkalk	Aelterer Trachyt, Augitophyr, Gabbro zum Theil, Olivengestein, Porphyrit.
Jurakalk und Dolomit	
Jurakalk	
Mergel	
Oolithkalk	
Oolithkalk, Sandstein, Mergel	
Mergel, Kalk	
Lettenschiefer, Sandstein, Kalk, Dolomit . .	
Kalk, Dolomit, Gyps, Steinsalz	
Mergel, Bausandstein	
rother Sandstein	
Leberschiefer, Sandstein, Gerölllagen . . .	
Zechsteinkalk, Kupferschiefer, Rothliegendes, Porphyrconglomerat, magere Steinkohle .	
Kohlenschiefer, Kohlensandstein, Steinkohle . .	Porphyr, Melaphyr, Diabas, Epidiorit, Paläopikrit.
Dachschiefer, Bergkalk, Grauwacke	
Thonschiefer, Knollenkalk, Grauwacke . . .	
Thonschiefer, Kalk, Grauwacke	
Thonschiefer, Quarzitschiefer	
Phyllit, Quarzitschiefer, Sericitgneiss . . .	Granit, Syenit, Diorit.
Glimmerschiefer, Hornblendeschiefer	
Gneiss, Lagergranit	

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Denn davon hängt die Benutzbarkeit der Beobachtungsergebnisse, insbesondere die Möglichkeit der geologischen Orientirung und des Wiederauffindens der Beobachtungsstelle durch Andere ab.

1) Gesteinsbeschaffenheit.

Obwohl jeder Schritt und Tritt bei Reisen Veranlassung geben kann, geologische Beobachtungen anzustellen, so sind es doch vorzugsweise die Gesteinsentblössungen an Felsen und Gehängen, in Einrissen, Gräben, Wasserrinnsalen, in Flussanschnitten oder Ufern, in Hohlwegen, an Abrutschungen, in Steinbrüchen, Gräbereien und Bergwerken, welche vor Allem besondere Berücksichtigung verdienen. Da aber die zu Tag ausgehenden Gesteine häufig ziemlich tief, oft bis zum Unkenntlichen verwittert sind, so schlägt man, um sich zuerst von der petrographischen Beschaffenheit der Gesteine Kenntniss zu verschaffen, ein grösseres Stück ab und stellt seine Beobachtungen auf der frischen Bruchfläche an. Die zunächst vorzunehmenden Untersuchungen beziehen sich auf die Gesteinbeschaffenheit im Allgemeinen, auf Zusammensetzung, Gemengtheile u. s. w. Man prüft z. Th. mit der Lupe, um feinkörnige Gemengtheile zu unterscheiden, unter Umständen auch mit Säuren, um kalkige Gesteine zu erkennen. Doch darf auch die Art der Verwitterung nicht als ganz unwichtig unbeachtet bleiben. Ist man über die Natur des Gesteins zweifelhaft, oder bietet es sonst weiteres Interesse, so nimmt man je nach den zur Verfügung stehenden Transportmitteln grössere oder kleinere Stücke oder Splitterchen, die man genau etiquettirt, zur weiteren Untersuchung mit. Für den Mineralogen sind oft Einschlüsse von Mineralien, für den Techniker der Gehalt an nutzbaren Stoffen — Erze, Gyps, Kohle, Steinsalz — beachtenswerth. Es muss als Regel gelten, dass man von jeder Gesteinsänderung, welcher man begegnet, Kenntniss nimmt. Man schlägt nicht oft genug das Gestein an, um sich vom Gleichbleiben oder von dem Wechseln der Felsarten, an denen man vorüberkommt, zu überzeugen.

Die häufigsten geschichteten Gesteine, denen man begegnet, sind Kalksteine, Sandsteine und Schiefer.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Bei den Kalksteinen achte man auf ihre Schichtung, auf Textur — die anscheinend dicht, oder krystallinisch oder grobkörnig, oder erdig zu sein pflegt —, auf Farbe, Thongehalt (Uebergang in Mergelgestein, Wechsellagerung mit Thon und Mergel), auf Einschlüsse (Hornsteinknollen, ob einzeln zerstreut oder in regelmässigen Lagen) und auf den Uebergang in Dolomit, dessen Unterscheidung von Kalk nicht in allen Fällen leicht ist — Dolomit ist meist fein krystallinisch, zuckerkörnig, luckig-porös, härter, zeigt schief mit dem Hammer angeschlagen Lichterscheinungen und braust mit Säuren nur schwach auf. — Die Kalkgesteine pflegen vor allen andern Gesteinen reich an organischen Einschlüssen aus dem Thierreiche zu sein, daher gerade sie in dieser Beziehung sehr genau zu untersuchen sind. Oft bestehen die Versteinerungen aus einer härteren Gesteinsmasse, mitunter sind sie verkieselt und ragen selbst über die Verwitterungsflächen hervor, so dass sie hier leicht bemerkt werden. Ist der Kalk thonig oder mergelig, so wittern die Petrefacten wohl auch ganz aus dem Gestein heraus und häufen sich in den Schutthalden oder an dem Rande der Felswände an, wesshalb diese dann fleissig abzulesen sind. Für das Herausschlagen der Petrefacten aus festem Fels ist besonders der grössere Hammer und ein Meissel nöthig. Kalkfelsen bilden meist schroffe, steile Berge und weit fortlaufende Höhenzüge.

Die Sandsteine sind besonders in Bezug auf das Bindemittel zu untersuchen. Auch ist darauf zu sehen, ob sie vielleicht Feldspathkörnchen (Arcose) oder Glauconitkügelchen (Grünsandstein) enthalten. In manchen Sandsteinen stellen sich grössere Rollstücke ein, welche einzeln oder lagerweis eingebettet sind, oder es finden sich Putzen von Thon, sog. Thongallen, durch deren Auswitterung in dem Sandsteine Hohlräumchen entstehen. Oft sind die Schichtflächen eigenartig, mit welligen Unebenheiten, wulstigen oder rippenartigen Erhöhungen, mit Eindrücken von Thierfährten oder mit krystallartigen Hervorragungen bedeckt, die zu beachten sind.

Durch Ueberhandnahme von beigemengten Gesteinsfragmenten gehen aus Sandstein, wenn die Bruchstücke eckig bleiben, Breccien, wenn sie gerundet sind, Conglomerate hervor. Bei letzteren muss man seine Aufmerksamkeit auf die

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Natur der Felsarten richten, welche als Rollsteine darin auftreten, ferner auf die Beschaffenheit der Oberfläche dieser Rollstücke, ob sich darauf nicht etwa Eindrücke vorfinden, oder ob sie nicht gekritzt erscheint (erratische Bildungen), oder ob nicht vielleicht die Gerölle im Innern hohl sind (hohle Geschiebe). An Versteinerungen beherbergen die Sandsteinschichten seltener Thierreste, desto häufiger Pflanzentheile, welche oft verkohlt oder kohlig sind. Das leichte Zerbröckeln der schiefrigen Sandsteine, in welchen die Pflanzenreste mit Vorliebe eingebettet liegen, und die leichte mechanische Zerstörbarkeit der zarten kohligen Pflanzentheile macht eine besonders sorgfältige Verpackung derselben an Ort und Stelle, am besten in Holzkästchen räthlich. Die aus Sandstein bestehenden Berge sind meist mittelhoch, rundkuppig und nicht sehr steil.

Die Schiefer scheiden sich der Hauptsache nach in Schieferthone — weich-bröcklich, meist buntfarbig, oft mergelig —, in Thonschiefer — härter, dünnspaltig, dunkelfarbig, scheinbar gleichartig — und in krystallinische Schiefer — Phyllit, Glimmerschiefer, Gneiss — wie dies früher schon angedeutet wurde. — Bei diesen Schieferarten kommt es häufig vor, dass sie sich nach zwei Richtungen in ziemlich dünne Tafeln oder Stücke spalten lassen — Schichtung und Schieferung — (s. oben S. 40). Man erkennt die Natur der Schieferung vor jener der Schichtung daran, dass die Schieferungsflächen sich nicht nach der Gesteinsbeschaffenheit richten, mithin die bald mehr thonigen, bald mehr sandigen Lagen der Schiefer quer durchschneiden und dass sie, wenn Geodenausscheidungen oder sonst schichtenartig ausgebreitete Einschlüsse vorhanden sind, nicht parallel zu diesen verlaufen (s. Figur 4). Die Schichtenabsonderung ist nämlich Folge der ursprünglichen Bildung der Schiefer durch Niederschläge, während die Schieferung als die erst später eingetretene Wirkung einer lateralen Pressung angesehen werden muss.

Unter den sog. Phylliten verdienen namentlich die sog. Fleckschiefer besondere Beachtung, in wie weit sie etwa bloss auf die Nachbarschaft angrenzender Eruptivgesteine beschränkt sich zeigen (Contactmetamorphose). Beachtenswerth sind auch die gneissartigen Einlagerungen in denselben (Phyllit-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

gneiss, Sericitgneiss), weil sie uns eine jüngere Wiederholung der älteren Hauptgneissbildung vor Augen stellen.

Aehnliche Verhältnisse kehren auch bei dem Glimmerschiefer wieder, unter dessen gewöhnlichen Einschlüssen der Granat, der Andalusit, Turmalin und Cyanit hervorzuheben sind. Stellenweis verläuft das Gestein auch in Chlorit- und Hornblende- oder Dioritschiefer, welche als Facies der Glimmerschieferbildung anzusehen sind.

Bei den Quarzitschiefern erregen die Einsprengungen von Magneteisentheilchen und von Schwefelkies, der oft goldhaltig ist und durch dessen Verwitterungen sich goldführende Alluvionen — sog. Goldseifen — bilden, unser Interesse.

Bei dem Gneiss macht sich meist eine erstaunlich häufige Wechsellagerung mit verschiedenen Gesteinsvarietäten und mit verwandten Schieferarten — Granulit, Hornblende-, Diorit-Schiefer, Eklogit u. s. w. bemerkbar; selbst Einlagerungen von körnigen Kalken finden sich vor. Von noch grösserem Interesse ist hierbei zugleich das Verhalten der gneissartigen Schiefer gegen gewisse Granite, welche in mehr oder weniger dicken Bänken gleichförmig von ihnen eingeschlossen werden und an den Rändern Uebergänge in denselben zeigen — sog. Lagergranite — oder in linsenförmigen Massen rings eingeschlossen sind, wie es auch bei dem Eklogit, Granulit, Syenit (z. Th.) u. s. w. zum Zeichen gleichzeitiger Entstehung der Fall ist. Innerhalb grösserer Gebiete oder Streifen kommen in dem Gneiss streckenweis eigenthümliche accessorische, aber sehr charakteristische Beimengungen vor, z. B. Dichroit, Hornblende, Chlorit, grünes Steinmark, grosse Orthoklasausscheidungen, — welche wegen der daran geknüpften Möglichkeit, die oft ungemein mächtigen und ausgedehnten Gneissbildungen in Unterabtheilungen zu bringen, nicht übersehen werden dürfen. Wo körniger Kalk in den krystallinischen Schiefern sich zeigt, ist auf die ihn begleitenden, meist zahlreichen Mineralbeimengungen wohl zu achten; besonders häufig erscheint in dieser Vergesellschaftung Serpentin und an solchen Stellen ist auch nach *Eozoon* zu sehen.

Bei Untersuchung der Gesteine aus der Gruppe der sog. krystallinischen Schiefer soll man sich stets der noch

nicht ausgetragenen Streitfrage über ihre Entstehung, entweder nach Analogie der übrigen Schiefergesteine, oder aber durch sog. Metamorphose erinnern, um immer neue Thatsachen zu Gunsten der einen oder der anderen Annahme aufzufinden. An organischen Ueberresten beider Reiche erweisen sich die älteren Schiefer ziemlich arm, die Kohlenschiefer und jüngeren Pflanzenschiefer ausgenommen, die von oft vorzüglich erhaltenen Pflanzentheilchen überfüllt sind. Die darin eingeschlossenen Versteinerungen erscheinen oft zusammengedrückt und undeutlich. Da jedoch oft ganze grosse Gebirgszüge fast ausschliesslich aus Schiefergestein aufgebaut sind, verdienen selbst die unansehnlichsten darin bemerkbaren organischen Einschlüsse wegen Feststellung des Alters der Schichten die grösste Beachtung.

Schiefergebirge zeigen meist milde, abgerundete Formen, und wo zwischen festerem Gestein Mergelschiefer eingelagert ist, stossen wir in der Regel in Folge der leichten Verwitterung desselben auf tiefere Einsattelungen der Gebirge.

Unter den Massengesteinen ist eines der verbreitetsten, gleichförmigsten und am leichtesten zu erkennenden der Granit. Seine intime Beziehung als Lagergranit zu dem Gneiss ist eben erwähnt worden. Doch breitet er sich, abgesehen von Lagern, sehr häufig auch ganz selbstständig als Eruptivmasse über grosse Länderstrecken aus — Stockgranit. Hierbei sind die Verhältnisse längs seiner Eruptionsränder wichtig, weil sich oft mit denselben Erzgänge und Veränderungen in angeschlossenem Nachbargestein plötzlich einstellen — Krystallinisch-Werden, sog. Fruchtschiefer u. s. w. —, Erscheinungen, die man unter der Bezeichnung Contactmetamorphose zusammenzufassen pflegt. Bei allen Eruptivgesteinen überhaupt ist dieser Einfluss an der Grenze gegen die Umgebung in erster Linie beachtenswerth. Auch in Gängen kommt Granit vor und zwar in oft sehr gross krystallinischer Ausbildung (Pegmatit, Schriftgranit), oder aber auch in sehr feinkörniger Entwickelung (z. Th. Porphyrgranit, Pinitgranit). Solche Gänge treten sowohl innerhalb der Granitstöcke selbst, wie innerhalb der gesammten krystallinischen Schiefer bis zur paläolithischen Zeit auf und werden nicht selten von anderen, namentlich Quarzgängen (zuweilen erzhaltig), begleitet. Wo sich Granit

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

in jüngeren Schichtgesteinen, dieselben durchsetzend, einstellt, also jünger als diese zu sein scheint, ist genau zu prüfen, ob in solchen Fällen nicht Ueberschiebungen oder Verwerfungen vorliegen, welche die durchgreifende Stellung des Granites erklären, ohne dessen relativ jüngeres Alter zu bestätigen. Aehnlich wie der Granit verhält sich eine grosse Anzahl älterer Massengesteine, z. B. Syenit, Diorit, Amphibolit. Bei noch anderen, namentlich den jüngeren und meist dunkel gefärbten Massengesteinen (z. B. Diabas, Melaphyr, Basalt u. s. w.) ist es oft unthunlich, ohne tiefer gehende Untersuchungen (Dünnschliffe, chemische Analysen) ihre wahre Natur zu ergründen. Es ist desshalb rathsam, von solchen nicht sofort und deutlich bestimmbaren Gesteinen zum Zwecke weiterer Untersuchung das Material soviel thunlich in möglichst frischen und unzersetzten Stücken, sowie von mehreren Stellen, um nicht vielleicht durch zufällige, auf kleine Theile des Felsens beschränkte Eigenthümlichkeiten über seine wahre Natur irre geführt zu werden, mitzunehmen. Sind Contactstellen mit dem Nebengestein entblösst, so ist nicht bloss auf die ohne weitere Hülfsmittel zu erkennende oder nicht zu erkennende Veränderung des letzteren zu achten, sondern es empfiehlt sich in solchen Fällen auch Gesteinsstücke unmittelbar an der Grenze und von mehreren Stellen in grösseren Entfernungen davon (etwa bei 0,25; 0,5, 1—2 Meter) sowohl von der Eruptivmasse, wie von seinem Nachbargestein einzusammeln. Hierher gehören auch die Einschlüsse von Fragmenten des durchbrochenen Nebengesteins in Eruptivmassen mit oder ohne wesentliche Veränderungen.

Viele jüngere Eruptivgesteine nehmen in ihrer Ausbreitung wechselnde Beschaffenheit an — gross krystallinisch, anscheinend dicht, glasig — und gehen an den Grenzen vielfach in blasenreiche Varietäten — Mandelsteine — über. Man sehe bei derartigen Erscheinungen auf die solche Uebergänge begleitenden Umstände — grössere, geringere Mächtigkeit, Nähe der Verbreitungsgrenze, gangförmige Einengung, deckenweise Ausbreitung u. s. w. — auf die Richtung der Blasen der Mandelsteine, und deren Ausfüllung, die oft aus sehr schön krystallisirten Mineralien besteht (Zeolithe, Mineraldrusen mit Quarz-, Kalkspathkrystallen u. s. w. Dabei sind es auch eigenthümliche Structur- oder Abson-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

derungsformen — Säulen, Platten, Kugeln u. s. w., welche sich meist in dem Massengestein, zuweilen aber auch im angrenzenden Nebengestein (säulenförmige Zerklüftung des Buntsandsteins neben Basalt) bemerkbar machen.

Als Begleiter und häufig als Hüllen an, neben und über den Massen- und Eruptivgesteinen treten gewisse Tuffgesteine auf, deren Material von den Ausbrüchen der ersteren abstammt. Es ist von grossem Interesse, bei diesen oft sehr veränderten Gebilden, wie z. B. bei den Schalsteinen, den Grad der erlittenen Umbildung zu untersuchen und zu bestimmen, ob die Tuffe deutlich und wohlgeschichtet sind, vielleicht sogar Versteinerungen enthalten — Seetuffe —, oder ob sie wirre Lagerung besitzen, wie es der Fall sein wird, wenn sie beim Niederfallen aus der Luft aufgehäuft worden sind, und endlich, ob sie Fragmente von Eruptivgestein in Form von Rapilli, vulkanischen Bomben, Schlackenfladen etc. enthalten.

2) Lagerungsverhältnisse.

In Bezug auf die Lagerungsverhältnisse der beobachteten Schichtgesteine nimmt man zunächst Bedacht, zu constatiren, ob die Schichten horizontal, geneigt oder saiger gestellt sind, und bestimmt bei geneigter Lage, wie früher gelehrt wurde (s. S. 42), die höchst wichtigen Verhältnisse des Streichens und Fallens mittels des Bergcompasses. Daran knüpft sich unmittelbar die nächste Frage an, ob die benachbarten Schichten gleiches Fallen und Streichen besitzen, d. h. gleichförmig oder ungleichförmig zu den ersteren gelagert sind. Oft unterscheiden sich verschiedene, an einander stossende Formationen durch die Ungleichförmigkeit ihrer Schichtenstellung von einander. Doch könnte eine solche auch in Folge von Dislocationen (Verwerfungen, Hebungen, Senkungen) innerhalb der zu einer Formation gehörigen Schichten bewirkt worden sein, daher man die durch Sprünge, Klüfte angedeuteten Lagerungsstörungen gleichfalls beachten muss. Bei übereinanderliegenden Einzelschichten oder Schichtencomplexen muss deren Natur Schicht für Schicht oder Stufe für Stufe einer näheren Untersuchung unterzogen werden.

Sehr häufig ist man nicht in der Lage, an den natürlichen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

schon vorgefundenen Gesteinsentblössungen alle diese Verhältnisse genau zu beobachten. In diesem Falle genügt es meist, sich mit der Spitze des Hammers, in Ermangelung einer Hacke u. s. w. eine kleine künstliche Entblössung rasch zu verschaffen, was besonders häufig nöthig ist, wo es sich um eine zum Bestimmen von Streichen und Fallen geeignete Schichtenfläche handelt. Es ist anzurathen, solche Verhältnisse der Lagerung benachbarter Schichten unter sich und auch gegen etwa angrenzendes Massengestein durch Zeichnungen zu veranschaulichen. Dies geschieht am zweckentsprechendsten durch Profile. Man denkt sich nämlich die Gesteine durch eine senkrechte Ebene (am besten in der Richtung des Einfallens) durchschnitten und zeichnet nun die verschiedenen Gesteinslagen so über und neben einander, wie man

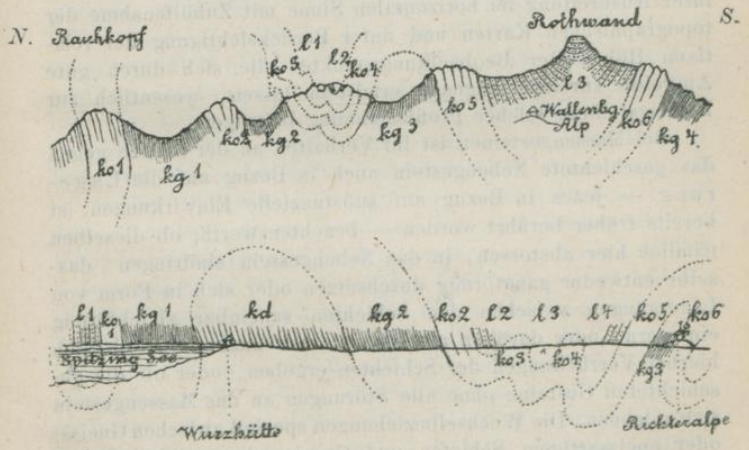


Fig. 14.

Parallele Durchschnitte auf dem Höhenrücken und durch den Thaleinschnitt der Rothwandkette und des Spitzingsee-Valepp-Einschnittes. — *kd* Haupt-Dolomit; *kg* rhätische Schichten; *ko* Oberer Dachsteinkalk; *l* Lias. Die beigesetzten Zahlen deuten das mehrfache Wiederkehren derselben Schichten in der Länge der Profile an.

sie in diesem Durchschnitte vor sich sehen würde. Bei horizontaler Lagerung versieht jede vertikale, bei saigerer Schichtenstellung jede zur Streichrichtung senkrecht gelegte Durchschnittsfläche diesen Dienst. Auch perspectivisch gezeichnete

Ansichten von Berggehängen, Steinbrüchen, Aufschlüsse aller Art sind sehr nützlich, indem sie ebenso das Verständniss des Schichtenbaues erleichtern, wie die Rückerinnerung wesentlich unterstützen. Alle Arten bildlicher Darstellungen sind daher nicht dringend genug zu empfehlen.

Bei andauernden Gebirgsaufschlüssen wird man auf diese Weise zusammenhängende, oft über ganze Tagestouren sich erstreckende Profilbilder erhalten. Zum bessern Verständniss zeichnet man dann die Richtungen, in welchen die Profile gezogen wurden, auf der Karte ein und erläutert dieselbe so ausführlich als möglich durch Aufschreibungen in dem Notizbuche.

Bei dem Entwerfen solcher Profile in verjüngtem Maassstabe wird die Bestimmung der Mächtigkeit der Schichten und ihrer Ausbreitung im horizontalen Sinne mit Zuhülfenahme der topographischen Karten und unter Berücksichtigung der relativen Höhen der Beobachtungspunkte, die sich durch gute Aneroide zureichend genau ermitteln lassen, wesentlich zur Richtigstellung solcher Profilzeichnung beitragen.

Bei Massengesteinen ist ihr Verhalten an der Grenze gegen das geschichtete Nebengestein auch in Bezug auf die Lagerung — jenes in Bezug auf substanzielle Einwirkungen ist bereits früher berührt worden — beachtenswerth, ob dieselben nämlich hier abstossen, in das Nebengestein eindringen, dasselbe entweder gangförmig durchsetzen oder sich in Form von Lagergängen zwischen den Schichten scheinbar gleichförmig einlagern, oder darüber als Decken sich ausbreiten, ob sich hierbei Verrückungen der Schichten ergeben, oder ob die geschichteten Gesteine ohne alle Störungen an das Massengestein sich anlehnen. Die Wechselbeziehungen speciell zwischen Gneiss- oder gneissartigem Schiefer und Granit oder granitähnlichen Felsarten sind schon besprochen worden, es ist nur noch dem Früheren hinzuzufügen, dass die mannichfachen Varietäten beider Gesteinsreihen sich häufig nach ihrer Lagerung als zu einem geologischen Ganzen zusammengehörig erweisen.

Auch verschiedene, neben einander vorkommende Massengesteine treten gegenseitig in ein ähnliches Verhältniss des Abstossens oder Durchsetzens und Durchsetztseins, wie wir es bei dem geschichteten Nebengestein soeben kennengelernt haben.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Es ist hierbei immer anzunehmen, dass das durchsetzende Gestein das jüngere, das durchsetzte das ältere sei, wesshalb behufs Altersbestimmung der Massengesteine dieses Verhalten ganz besonders ins Auge zu fassen ist. Selbst verschiedene Varietäten derselben Felsarten oder die dazu gehörigen Tuffe, Schalsteine und Thonsteine können auf solche Weise als relativ verschiedenalterig erkannt und bestimmt werden.

3) Einlagerungen und Versteinerungen.

Die Wichtigkeit der in den verschiedenen Lagen der Schichtgesteinen eingeschlossenen organischen Ueberreste ist schon an verschiedenen Stellen früher hervorgehoben worden. Hier dürfte es genügen, nur noch speciell darauf aufmerksam zu machen, dass es sich bei den Versteinerungen häufig um die Feststellung der Uebereinstimmung oder Abweichung der Arten in zwei zunächst auf einander folgenden Schichten oder Stufen handelt, und dass desshalb eine Verwechselung der in dieser oder jener Schicht gesammelten Exemplare aufs gewissenhafteste zu vermeiden ist. Dies wird am besten dadurch hintangehalten, dass man ganz systematisch eine Schicht nach der andern ausbeutet, wie denn überhaupt dieses Verfahren bei dem Einsammeln von Versteinerungen für alle Fälle anzurathen ist. Besondere Vorsicht erheischt es, wenn Versteinerungen ausgewittert und lose auf der Oberfläche zerstreut sich finden, oder am Fusse von Felswänden in Schutthalden beisammenliegen. In diesem Falle hüte man sich, wenn nicht an der Gesteinsbeschaffenheit ganz unzweideutig die Schicht erkannt werden kann, in der ursprünglich die ausgewitterte Versteinerung eingebettet war, derartig aufgesammelte Exemplare als aus einzelnen bestimmten Schichten stammend anzunehmen. Sammelt man in Schichtencomplexen, wo die oben angedeuteten feineren Unterscheidungen einzelner Schichten nicht zu machen sind, so empfehlen sich in erster Linie gerade solche Schutthalden schon an- und ausgewitterter Gesteine als die ergiebigeren zum Ausbeuten. Nicht selbst gesammelte Exemplare behandele man stets mit strenger Kritik; doch sind sie gleichwohl vielfach desshalb sehr wichtig, weil sie, auch wenn die Fundangabe nicht ganz

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

correct ist, wenigstens Andeutungen des Vorkommens in einer Gegend liefern und Veranlassung geben können, dem wahren Fundpunkte nachzuspüren.

An sehr ergiebigen Fundstellen gebe man, wenn die Zeit zu längerem Aufenthalt fehlt, Führern oder noch zweckdienlicher einheimischen Sammlern oder Steinbrechern den Auftrag zu massenhaftem Einsammeln, weil voraus zu setzen ist, dass man auf diese Weise unter der vielleicht grossen Menge unbrauchbaren Materials doch das Mehrere erhält, was an dieser Stelle überhaupt vorkommt. Da nicht selten der Fall eintritt, dass die ganze Reihe von Versteinerungen ein und desselben Schichtenniveaus, d. h. in gleichalterigen Lagen auf näheren oder entfernteren Stellen sich nicht gleich bleibt, sondern bestimmte Formgruppen da oder dort gegenseitig sich ersetzen — in den sog. Faciesbildungen, wie z. B. in der Korallen-, Cephalopoden-, — Strand-Facies; oder in der marinen, brackischen und Süsswasser-Facies, so ist es sowohl für das Erkennen dieser oft trügerischen Verhältnisse und zur Bestimmung der früheren Grenzen der Meere, Küsten, Süsswasserseen, ihrer Tiefenverhältnisse u. s. w. wichtig, selbst in dieser Richtung den Versteinerungen die möglich grösste Aufmerksamkeit zuzuwenden.

Auch nichtorganische Einschlüsse (Gesteinstrümmer, Gerölle, Splitter u. s. w.) gewähren vielfache Belehrung. Das umschliessende Gestein ist nämlich immer von jüngerer Entstehung als dasjenige, von dem das eingeschlossene Fragment abstammt, z. B. Porphyrbreccie jünger, als der sie zusammensetzende Porphyr. Daraus kann in manchen Fällen das Alter namentlich von Eruptivgestein ermittelt werden. Auch gibt die Anhäufung von grossen Rollstücken oder von eckigen Trümmern in gewissen Lagen oft Aufschluss über den Ort und die Art der Bildung der Schichten (Strand-, Ufer-, Fluth-, Brandungsgebilde, Nähe von Ausbruchsstellen der Eruptivmassen, Nähe des Urgebirgs, Einmündungen von Flüssen), ähnlich wie die Association der organischen Reste uns belehrt über die Natur des Wasserbeckens, in welchem die Sedimente entstanden sind (Tiefsee-, Strand-, Lagunen-, Korallenriff-, Aestuarien-Bildung).

Hierher gehört auch das Vorkommen von Bohrlöchern in Felsen, welche von Bohrmuscheln herrühren und uns über

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

die Höhe des Wasserspiegels des Meeres in früheren Perioden orientiren.

Endlich verdienen als weitere Einschlüsse die zahlreichen Mineralien genannt zu werden, welche besonders auf Klüften, Gängen, in Hohlräumen oder als Ausscheidungen mitten im Gestein vorkommen. Sie sind vorzugsweise Sammlungsgegenstände des Mineralienliebhabers.

4) Besondere Erscheinungen.

Zu diesen gleichsam regelmässigen und ständigen Arbeiten bei geologischen Forschungen gesellen sich nun noch solche, welche gelegentlich sich da oder dort ergeben. Darunter sind als die am häufigsten vorkommenden hervorzuheben:

a) Die Beobachtungen an Quellen bezüglich deren Temperatur, Ergiebigkeit, Höhenlage, Exposition, Umgebung; ferner bezüglich der oft mit dem Wasser hervortretenden Gasexhalationen und der Natur der Gase, bei Mineralquellen überdies bezüglich ihres Gehaltes, der Bildung von Absätzen (Kalksinter, Gyps, Eisenocker, Kieselsinter, Schwefel, Kochsalz u. s. w.) des Geschmacks und des Geruchs (Schwefelwasserstoff, Jod u. s. w.). Man berücksichtigt hierbei die Nähe von Eruptivgesteinen, Vulkanen, Verwerfungsspalten, Erzgängen, Lager von Gyps, Steinsalz, Kohle u. s. w. Gypshaltige Quellen verrathen ihren Gypsgehalt durch einen gelblichweissen Ansatz (Gyps), eisenhaltige (Eisensäuerlinge) durch einen ockerigen Schlamm oder eine Ockerkruste im Rinnsal; andere Mineralquellen machen sich bei einem Gehalt an Kochsalz, Bittersalz u. s. w. durch Ausblühungen der Salze da, wo das Wasser verdunstet, bemerkbar, Erdöl gibt sich schon in einem Minimum durch die irisirenden Häutchen zu erkennen, welche sich über das Wasser ausbreiten. In vielen Gegenden entströmen dem Erdboden auch Gase in grösserer Menge — Gasquellen — namentlich Kohlensäure — Mofetten. Ihr Hervortreten wird leicht an einem brickelnden Geräusche, das sich beim Einstossen eines Stocks in den Boden oder durch heftiges Stampfen wesentlich vermehrt, oder durch einen Luftstrom aus Gesteinsklüften — Bläser — erkannt.

b) Beobachtungen an Flüssen, Seen und Teichen sind schon anderweitig besprochen. Bei Torfmooren untersucht

man die Mächtigkeit, den Wechsel der Lagen, ihre Natur, ob sie zu Hoch- oder Wiesenmoor gehören. Bei eingebetteten Holzstämmen wird die Richtung ihrer Lage, ihre Zusammenpressung, ausserdem das Vorhandensein von Thierresten, von Diatomeenerde, von erdigem Kalk (Alm), die Neubildung von Harzen, von Vivianit beobachtet. Hieran schliessen sich naturgemäss die Untersuchungen über die Culturreste an, die etwa in Torfmooren begraben liegen, welche der Prähistorie zufallen. An Flüssen und Seen ist die Aufmerksamkeit besonders auf veränderten Stand des Wassers zu richten. Oft zeigen sich alte Flussränder und Geröllablagerungen hoch über dem Niveau der jetzt höchsten Hochwasserstände. Neben vielen hierher gehörigen Erscheinungen ist auch an die Flugsand-, Dünen- und Steppenbildung zu erinnern.

c) Auf die Eis- und Gletscher-Erscheinungen der Jetztzeit ist an anderer Stelle hingewiesen. Sie verdienen wegen der Beurtheilung der Glacialbildungen der Diluvialzeit ganz besondere Beobachtung des Geologen.

d) Höhlen bieten interessante Verhältnisse in Bezug auf ihre Entstehung (Klufterweiterung, Ausnagung weicher Zwischenlagen über und unter härterem Gestein, Auflösung in Wasser löslicher Mineralien wie Gyps, Kochsalz u. s. w.), in Bezug auf Tropfstein- oder Eisbildung (Stalaktiten von oben herabhängend, Stalagmiten von unten aufragend), insbesondere aber in Bezug auf das Vorkommen von Thierüberresten im braunen Lehm (Höhlenschlamm), der meist den Boden der Höhlen ausfüllt. Hierbei muss sorgsamst constatirt werden, ob dieser Boden mit oder ohne Kalksinterüberzug noch völlig unberührt oder schon durchwühlt erscheint, und wenn zugleich Menschenreste und Artefacte zum Vorschein kommen, ob diese — falls die Lage noch intact sich erweist — für sich gesondert sind, oben oder unten oder mit den Thierresten untermengt zusammen liegen, und welcher Art diese Thierreste sind. Es ist hier das Feld, auf dem Geologen und Anthropologen zusammen arbeiten müssen.

e) Der Besuch von Bergwerken ist für den Laien immer von geringem Nutzen, weil die Orientirung und das Sehen in den unterirdischen Räumen eigenthümlichen Schwierigkeiten unterliegt. Auch ist für den Unkundigen die Gefahr der Be-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

schädigung nicht ausgeschlossen. Man beschränke daher als Laie die Untersuchung auf die Haldengesteine und auf die Besichtigung der auf den meisten Gruben vorhandenen Sammlungen, wobei die Mittheilungen der Grubenbediensteten zu Rathe zu ziehen sind. In ganz besonderen Fällen lasse man sich an einzelne interessante Stellen von Mineralvorkommnissen oder von Lagerungsaufschlüssen führen. Das eigentlich Technische ist hier selbstverständlich ausgeschlossen.

f) Erdbeben, vulkanische Ausbrüche, Erdfälle und Bergstürze sind oft zusammenhängende Erscheinungen, die wir bereits kurz in den wesentlichsten Punkten zur Sprache gebracht haben.

Specieller Theil.

IV. Besondere geologische Verhältnisse in den Alpen.

a) Allgemeine Bemerkungen.

Indem wir nun speciell zu der Darlegung der besonderen Art, in welcher innerhalb der Alpen die geologischen Beobachtungen am zweckmässigsten anzustellen sind, übergehen, wird sich diese Anleitung nach dem Vorausgehenden wohl darauf beschränken dürfen, das von dem bereits früher kurz angedeuteten, allgemeinen, sozusagen regelmässigen Verfahren Abweichende hervorzuheben, wie dieses durch die Eigenthümlichkeit der alpinen Gebirgswelt bedingt wird. Wir werden daher des besseren Verständnisses wegen vor Allem zuerst, wenn auch freilich nur in sehr allgemeinen schwachen Umrissen auf der einen Seite den wesentlichen und characteristischen Unterschied klar zu machen versuchen müssen, welcher in der geologischen Entwicklung der Alpen im Vergleiche zu den ausseralpinen Bildungen von gleichem Alter in so bemerkenswerther Weise hervortritt, nicht ohne auch auf die theilweise Uebereinstimmung aufmerksam zu machen, die

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

auf der anderen Seite beide Entwicklungsgebiete wieder in nähere Verbindung zu einander bringt.

Es sind besonders drei Verhältnisse, durch welche sich der Gebirgsbau der Alpen vor dem ausseralpinen in hervorstechendster Weise auszeichnet, das ist:

1) die enorme Höhe, welche die meisten Schichtgesteine in den Alpen gegen die gleichaltrigen Gebilde ausserhalb derselben erreichen. Damit stehen ganz allgemein und vorherrschend grossartige Schichtenfaltungen, Ueberstürzungen, Verschiebungen und Verwerfungen in Verbindung, die sich im ausseralpinen Gebiet auf rein örtliches Vorkommen oder auf die ältesten Schichtenglieder beschränkt zeigen, während sie in den Alpen als die vorherrschenden Lagerungsverhältnisse sich erweisen. So sehen wir z. B. auf der Spitze des Hochvogels, der Zugspitze, des Watzmanns, des Dachsteins, des Schlern, der Marmolada u. s. w. Gesteine aufragen in Erhebungen, welche die Höhenlage (über dem Meere) der mit ihnen gleichaltrigen Ablagerungen ausser den Alpen, etwa in Schwaben, in Franken oder in Norddeutschland oft um mehr als das Zehnfache übertreffen. Dass solche Differenzen nur durch relative Verrückungen aus den ursprünglichen Lagerstätten erklärlich sind, ist von vornherein wahrscheinlich, wird aber auch durch die Zusammenpressung der Gesteine zu den wunderlichsten Falten und Windungen bestätigt, welche ganz allgemein alle alpinen Schichten beherrschen. Die gewaltigen Bewegungen, durch welche das Hochgebirge zu seiner abnormen Höhe gelangte, traten erst relativ spät in der Entwicklungsgeschichte der Erde ein und erreichten nach allerdings zahlreichen älteren Vorläufern erst in der Mitteltertiärzeit ihr Maximum und ihren Hauptabschluss. Denn erst in dieser relativ jüngeren Zeit wurden in den Alpen die grossartigen Formen ausgeprägt, vor denen wir jetzt voll Bewunderung stehen.

Der Grund der Verschiebung so ganz enormer Gebirgsmassen, wie solche das Alpengebirge umfasst, nach aufwärts und auswärts und die damit zusammenhängende Zusammenfaltung und Verrückung der Schichtgesteine kann nur durch einen ausser unsrer Vorstellung liegenden grossen Druck erklärt werden, welcher in Folge der säcularen Temperaturänderung der Erdrinde wirksam

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

hervortrat und durch welchen gewisse Theile der Rinde gesenkt, andere dagegen in Folge hierbei rege gewordener Seitenpressung emporgehoben und seitlich verschoben wurden. Einen solchen durch Seitenpressung zu aussergewöhnlicher Höhe emporgeschobenen Rindentheil unserer Erde stellt in der That das Alpengebirge vor. Es kann hier nicht tiefer auf die Succession der Bewegungen und die innerhalb der bewegten Theile selbst gegen das Centrum lebendig gewordenen Kräfte, noch auch auf etwa eingetretene Rücksenkungen eingegangen werden. Es dürften die mitgetheilten wenigen Andeutungen wenigstens zur allgemeinen Orientirung genügen.

2) Die abweichende petrographische Beschaffenheit vieler alpiner Gesteine im Gegensatz zu den ausseralpinen Gebilden tritt uns als zweites Moment entgegen. Diese Differenz erreicht ihren Höhengrad in den Schichten der oberen Trias, welche dem Keuper entsprechen und an diese wollen wir hier zunächst einige nähere Erläuterungen anknüpfen. In den ausseralpinen Keupergebieten sind vorherrschend Sandstein und Lettenschiefer in unendlichem Wechsel entwickelt. Mergeligen Zwischenlagen (z. Th. mit Gyps vergesellschaftet) begegnen wir hier nur spärlich und noch weit seltener dolomitischen oder kalkigen Schichten, die auf einige wenig mächtige Bänke beschränkt sind. Alle diese Keupergesteine in Franken, Schwaben und sonstwo tragen durch die dünne, oft wechselnde Schichtung, durch die vielfach auf den Schichtflächen sichtbaren Fussspuren, Wellenschläge, Austrocknungsrisse, Pseudomorphosen nach Steinsalz u. s. w. unzweideutig das Zeichen einer Küsten- oder Flachseebildung an sich. In den Alpen dagegen sind sandige Lagen die grösste Seltenheit und das so mächtige System der Keuperformation baut sich hier fast ausschliesslich aus Kalk- und Dolomitmassen mit nur wenigen und geringmächtigen mergeligen Zwischenlagen auf. Wir haben in ihnen vorherrschend Tiefseeablagerungen vor uns, zwischen welche sich nur da und dort Sedimente des seichten Meeres und kleiner Buchten des letzteren einschieben. Auch der nächstvorausgehende alpine Muschelkalk besitzt noch ein abweichendes Gepräge, während die noch älteren Bildungen, soweit sie vertreten sind (Buntsandstein, Rothlie-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

gendes, Carbonschichten mit den übrigen paläolithischen Schiefern und archäolithischen Gesteinen) weit weniger petrographische Eigenthümlichkeiten an sich tragen. Desto entschiedener setzt die Besonderheit der Schichtenausbildung über dem Keuper in den jüngeren Formationen fort. Die Gesteine der jurassischen Formationsgruppe (Lias, Dogger, Jura) sind gegen die ausseralpinen lithologisch fast nicht wieder zu erkennen; ausserdem erweisen sich die zwei oberen dieser Formationen nach Entwicklung und Verbreitung auf ein Minimum beschränkt. Die cretacischen Gebilde theilen noch vielfach diesen abweichenden Character; doch stellen sich schon da oder dort einzelne Lagen (z. B. Grünsandstein) von grosser Aehnlichkeit mit dem Gestein ausseralpiner Verbreitungsgebiete ein, während dagegen statt Kreide und Quadersandstein in den Alpen dichte Marmorkalke (z. B. Hippuritenkalk vom Untersberg), graue Mergel und Trümmergesteine Platz greifen. Indem wir zu den Tertiärablagerungen übergehen, begegnen wir entschieden zunehmenden Analogien der Schichtenausbildung. Doch bewahren die eocänen Nummulitenkalke, dann die sog. Molasse immerhin noch ihre alpinen Eigenthümlichkeiten, die sich bis in das erratische Diluvium fortsetzen.

Es kommt weiter hinzu, dass häufiger als auswärts in den Alpen auf kurze Abstände in Gesteinsbeschaffenheit und Mächtigkeit oft sehr auffallend verschiedene Ausbildungsformen (Facies) sich bemerkbar machen, z. B. statt des rothen Marmorkalks taucht plötzlich grauer Mergelkalk (Lias), statt dichter, weisser Kalke — hellgrauer Dolomit u. s. w. auf, oder es nehmen an der einen Stelle noch kirchthurmhohe Bänke im weitern Fortstreichen rasch an Mächtigkeit ab und keilen sich ganz aus. Dies Alles weist auf sehr wechselnde Beschaffenheit des Meeresbodens, vielfache Bewegungen desselben und auf sehr mannichfache gewaltige Katastrophen während der Bildungszeit alpiner Gesteine hin, von welchen in nur gemindertem Maasse das ausseralpine Gebiet betroffen wurde.

3) Endlich beherbergen die alpinen Schichtgesteine eine besondere Thierwelt in der Form und Art der Versteinerungen. Zwar tauchen in gewissen Lagen dieselben Gattungen und selbst Arten auch hier wieder auf, wie auswärts, z. B. die

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Graptolithen, *Clymenien* oder *Myophoria costata*, *Encrinus liliiformis*, *Avicula contorta* neben vielen anderen und gerade diese sind es, welche für das Erkennen und die Altersbestimmung der alpinen Stufen nach Maasstab der ausseralpinen Schichtenfolge von allergrösster Wichtigkeit sich erweisen und allein die gegenseitige Altersvergleichung ermöglichen. Aber wohl bei weitem die Mehrzahl der Arten sind den Alpen eigenthümlich, oder tragen doch gegen die ausseralpinen Formen einen abweichenden Habitus an sich.

Man kann eine gewisse Parallele zwischen der Eigenartigkeit der petrographischen Ausbildung und jener der paläozoischen Entwicklung in den Alpen nicht verkennen. Beide erreichen ihr Maximum innerhalb der Keuperformation, von wo an die Differenzen in der Richtung nach den älteren Bildungen zu sich verschwächen, dagegen nach den jüngeren Schichtenreihen hin sich länger und bis in die Tertiärzeit hinein erhalten. So findet man, um nur ein Beispiel anzuführen, im alpinen kalkigen Keuper eine erstaunliche Anzahl von *Ammoniten*-Arten, die ausserhalb ganz fehlen. Diese höchst auffallenden Verhältnisse mögen z. Th. ihren Grund in der schon erwähnten eigenthümlichen Beschaffenheit der vormaligen alpinen Meere haben, zum grössern Theil aber beruhen sie auf einer Isolirung oder Trennung beider Bildungsmeere, welche wohl durch einen jetzt versunkenen Urgebirgsrücken geschieden waren.

b) Geologische Gliederung.

Diese alpinen Besonderheiten, die wir soeben angedeutet haben, erklären nun zur Genüge, wesshalb wir in dem Hochgebirge auch eine ganz besondere geologische Welt vor uns haben. Es sind gegenüber den ausseralpinen Gebirgen hier ganz andere Gesteine, die wir finden, andere Lagerungen der oft in colossalen Dimensionen ausgebildeten Felsmassen und ein anderes Thierreich, das uns in den Versteinerungen entgegentritt.

Vom geologischen Standpunkte aus betrachtet, stellt sich uns das Alpengebirge in seiner Totalität als eins der grossartigsten Kettengebirge von ungefähr 1000 km Länge dar,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

dessen System mit seinen Anhängen von dem äussersten Westen Europa's bis zum Osten von Asien sich ausdehnt. Entstanden durch jene gigantische, fast quer zur meridionalen Richtung streichende Faltung der Erdrinde, deren erste und successiv fortschreitende Bildung wohl schon bis in die früheren Entwicklungsphasen der Erde reicht, gewannen die Alpen in dem collossalen Maass ihrer jetzigen Gestaltung doch erst in einer relativ spätern Periode aus einem bis dahin den übrigen Gebirgen ähnlichen Aufbau durch Aufbruch der Falte und centrale Aufpressung eines älteren Kerns von krystallinischem Schiefer- und Massen-Gestein, dann durch Seitenschub und randliche Stauchung der nach oben und auswärts lagernden jüngeren Schichten zu secundären, oft übergebogenen Falten und Wellen mit weiteren Aufbrüchen, Berstungen, Querbiegungen und Zerspaltungen jene ihrem jetzigen Relief zu Grunde liegende Form, welche in ihrer allereinfachsten Weise gedacht durch eine Hauptgebirgskette mit hoher centraler Achse und beiderseits angelehnten Nebenketten repräsentirt wird. In der That aber ist diese einfache Form ausserordentlich complicirt. Es gibt zwar einzelne Gebirgstheile, in denen die Centralmasse aus gewölbartig gestellten ältesten krystallinischen Schiefern aufgebaut sich erweist, vorwaltend jedoch ist die älteste Schieferachse des Centrums in Fächerform ausgebildet, so dass in der Mitte selbst die Schichten mehr oder weniger vertikal stehen und gegen Aussen beiderseits dem Innern sich zuneigen, mithin unter das an sich ältere Gestein in überstürzter Lagerung untertauchen. Trotz dieser widersinnigen Schichtenstellung legen sich dennoch nach Aussen immer jüngere Lagen, wie Decken und Hüllen an und neben die Centralachse an, die man desshalb auch und weil sie vorherrschend aus Thonschiefer bestehen, im Allgemeinen die Schieferhülle zu nennen pflegt. Erst in den Nebenzonen tauchen dann die Schichtgesteine jüngeren Alters auf und erscheinen meist ziemlich scharf durch Längseinschnitte von der schieferigen Mittelzone getrennt.

Die erwähnten Fächer oder aufgebrochenen Gewölbe der Centralachse bilden keine fortlaufende ununterbrochene Mittelkette des Gebirges, sondern schliessen sich zu einzelnen mehr

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

oder weniger selbständigen Gruppen von elliptischen Umrissen ab — Massive, Stöcke, streichende Centralzonen, Ellipsoide — welche sich in einer Hauptrichtung bald enger, bald lockerer an einander anreihen und dadurch die Kette der Centralalpen ausmachen. In diesen Centralstöcken finden wir durchweg im innersten Kern die ältesten Gesteine, den Gneiss und Granit entwickelt, nach aussen umgeben, oft gradezu ummantelt von jüngeren krystallinischen Schieferarten — Glimmerschiefer, Chloritschiefer und Phyllit — oder den diese vertretenden Gebilden. Der äusserste Saum dieser Hülle schliesst mit einer oft ungemein mächtigen Decke von Thonschiefer und Gesteinen der paläolithischen Reihe ab. In den beiden Nebenzonen, die nicht längs des ganzen Randes der Centralachse entwickelt sind, betheiligen sich am Aufbau aller Berge fast ausschliesslich nur mesolithische kalkige Schichtgesteine; sie sind hier in den nördlichen sog. Kalkalpen mit Vorliebe in liegenden

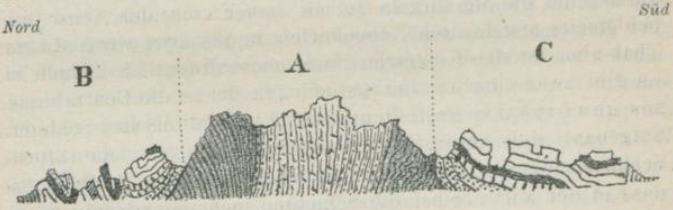


Fig. 15.

A Centralkette. *B* nördliche Nebenkette. *C* südliche Nebenkette.

gegen das Centrum geneigten und zurückgebogenen Falten zusammengestaucht, während sie in den Südalpen mehr in grossen welligen Biegungen sich gegen den Rand verflachen. Nur selten verschlingen sich jene älteren und die jüngeren Gesteinszonen am Rande der Centralkette, um selbst stellenweis über die Achse vorzudringen, und so gleichsam die jüngeren Reihen der Nebenzonen quer über die Mittelzone mit einander zu verbinden.

Noch seltener kommt es vor, dass tertiäre Ablagerungen bis ins Innere des Hochgebirges vordringen, um einzelne kleine Mulden auszufüllen, oder, wie im NW., in hohen Vorgebirgen mit zur Nebenzone aufzusteigen — Molasseberge der Schweiz und im Algäu — oder aber auch, wie im O., aus der hier an-

geschlossenen Ebene in schmalen Streifchen zwischen die sich ausbreitenden Bergrippen einzugreifen. Das vorstehende Bild (Fig. 15) mag ungefähr andeuten, wie man sich den Gebirgsbau der Alpen im Allgemeinen und Grossen bei einem von N. nach S. geführten Querschnitte vorstellen kann.

Im Vergleiche zu anderen grossen Gebirgszügen der Erde tritt in den Alpen als ganz besonders auffallender geologischer Character die verhältnissmässig geringe Betheiligung der ältesten krystallinischen Gesteine — Gneiss und Granit — am Aufbau in den Vordergrund. Es sind gleichsam nur vereinzelte Enden oder Spitzen, welche in der Mitte der Kette durch Aufbruch zum Vorschein kommen, während den weitaus vorwiegenden Theil der Mittelzone Thonschiefer-ähnliche Gesteine für sich in Anspruch nehmen. Eben so auffallend ist die relative Armuth der Alpen an Eruptivgebilden, sowohl im Centrum als in den Flanken. Selbst eruptiver Granit hält sich im grossen Ganzen nur in der Unterordnung, und jüngere Massengesteine sind, wenn wir von Porphyr absehen, nur spärlich vertreten, wenigstens steht ihr seltenes Erscheinen in keinem Verhältniss zu der Grossartigkeit der Aufbrüche und Zerspaltungen, denen wir in und am Rande der Alpen begegnen. Wir können hinzusetzen, dass selbst Verschiebungen im horizontalen Sinne nicht gleichen Schritt zu halten scheinen mit der enormen Entwicklung der seitlichen Zusammenpressungen und Stauchungen. Auf der anderen Seite bemerken wir, dass fast alle bekannten Formationen der Erde von den ältesten Gesteinsbildungen an bis herab zu den allerjüngsten, die noch unter unseren Augen fortwährend entstehen, sich wenn auch oft in einer im Vergleiche zu den ausseralpinen Gesteinen sehr abweichenden Art der Entwicklung, der Mächtigkeit und des paläontologischen Characters in den Alpen zusammenfinden, so dass wir hier das Beispiel einer fast ununterbrochenen Fort- und Ausbildung eines beträchtlichen Stücks der Erdrinde vor uns haben.

Nach diesen wenigen einleitenden Betrachtungen wollen wir nun der Reihe nach die verschiedenen Gesteinsbildungen der Alpen von den ältesten uns bekannten der Mittelzone an bis herab zu den jüngsten an den äussersten Rändern etwas näher betrachten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

I. Primitive oder archäolithische Periode.

Indem wir daran zurückerinnern, dass die im Innersten der centralen Alpenkette auftauchenden Gesteine der, soweit wir überhaupt Felsmasse auf Erden ihrem Alter nach kennen, ältesten krystallinischen Reihe aus der Gruppe des Gneisses und Granites angehören, können wir uns bezüglich dieser Bildungen kurz fassen, weil sehr wesentliche Differenzen gegen die entsprechenden Gesteine der ausseralpinen Urgebirgsdistricte sich nicht bemerkbar machen. Es sind hier petrographisch ganz dieselben Gebilde der krystallinischen Schiefer: der Gneiss, der Glimmerschiefer, der Phyllit, mit den mannichfachen denselben beigeordneten, theils schiefrigen, theils massigen krystallinischen Felsarten: Hornblende-, Diorit-, Talk-, Chloritschiefer, Granulit, Eklogit, dann Granit, Syenit, Diorit, Serpentin, Gabbro u. s. w., wie wir sie ausserhalb der Alpen beobachten. Eigenthümlich nur ist die Art, wie solche Schiefer in wunderbar verschlungenen Falten, fächerförmig oder in liegenden, aufgebrochenen oder grossentheils zerstörten Gewölben aneinandergepresst, bis zu den wildzackigen Spitzen, Hörnern und Schneiden des ewigen Schnees emporragen, während in den ausseralpinen Gebieten gerade die Urgebirge durch ihre abgerundeten milden Formen auffallen. Gruppenweise auf kleine Stöcke concentrirt, schliessen sich diese Gesteine zu dem langgezogenen Kettengebirge der Centralachse oder Mittelzone zusammen, das von dem Meer bei Nizza (Seealpen) bis zu dem Abbruche an der ungarischen Ebene bei Graz in einer Länge von ungefähr 1000 km nur selten die Breite von 100 km erreicht. Nur einzelne kleine Urgebirgsinseln oder Schollen tauchen losgelöst von der Hauptkette da oder dort an tiefen Aufrissen und Zerspaltungen zwischen jüngerem Schichtgestein auf, wie z. B. jene des Mte Mofetto in den lombardischen Alpen am grossen Iserebogen, die Montblanc- und Aiguillesrouges-Gruppe, Mte Dasdano, Cima d'Asta in Südtirol, schmale Schieferstreifchen im Retterschwanger Thal bei Sonthofen, ferner in der Nähe von Trient, bei Recoaro, längs des Gailthals in Kärnten, in den Karawanken, bis sich hier gegen Osten zu nach der Gabelung bei Graz die Mittelachse nach und nach

gleichsam in Inseln auflöst, die einerseits in den Ruster Bergen und dem Leithagebirge auf die entfernte Fortsetzung in den Karpathen, andrerseits (Agramer, Moslaviner, slavonische Berge) auf den Zusammenhang mit den dinarischen Alpen und dem Balkan hinweisen.

Als Regel können wir aufstellen, dass die typischen Gneissgesteine, der Achse am nächsten gelagert (sog. Centralgneiss) als die ältesten Bildungen anzusehen sind, und dass sich daran dann nach aussen als zunächst jüngere Zone der Glimmerschiefer mit den stellvertretenden Chlorit-, Hornblende- oder Talkschiefern anlegt und die Phyllite die äussere Hülle ausmachen. Doch stossen wir in Folge der vielen Falten und Verschlingungen auf vielfache Abweichungen von dieser Anordnung.

Als für die Alpen besonders eigenartig können jene Gesteine namhaft gemacht werden, die man als Protogin-Gneiss und -Granit bezeichnet. Es sind gneiss- und granitartige Gesteine, welche durch eine Beimengung von hellgrünem Steinmark (nicht Talk) ausgezeichnet sind (Mt. Blanc). Wir heben unter den vielen Abänderungen des Granits den sog. Juliergranit, meist durch Hornblende und deren Zersetzungsproducte grünlich gefärbt, und den Tonalit — ein Hornblende-Plagioklasgranit — hervor. Weiter kommen in den Alpen gewisse kalkhaltige Glimmerschiefer — sog. Kalkglimmerschiefer — und eine Zwischenform zwischen Glimmerschiefer und Phyllit — der Thonglimmerschiefer, häufig auch kalkhaltig — sehr verbreitet vor, die in anderen Gegenden fehlen. Mit dem ungemein häufigen Phyllit verbinden sich einestheils kalkhaltige Abänderungen, die zu Einlagerungen von körnigem Kalk hinführen (z. B. Marmor von Schlanders), anderntheils gneissartige Formen, die als sog. Phyllit- oder Sericitgneiss, z. Th. auch als Casannaschiefer stellenweis lebhaft sich an der Zusammensetzung der Schieferzonen betheiligen. Manche der in der Schweiz unter der Bezeichnung „graue und grüne Schiefer“ (z. Th. sogen. Bündner Schiefer) bekannten Gesteine besitzen ganz den Habitus der Phyllite und gehören gewiss grossentheils in diese geologische Gesteinsreihe. Besonders reichlich zeigen sich in den Alpen Chlorit- und Talk-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

schiefer mit Einlagerungen von Serpentin, Topfstein und Gabbro verbreitet. Der überhaupt seltene Eklogit tritt besonders im Kärntner Gebirge (Saualpe) zu Tag. Nicht unerwähnt kann hier die eigenthümliche Gesteinsbildung bleiben, in welcher wir Serpentin mit körnigem Kalk vermengt sehen — Ophicalcit —. Denn gerade diese Gesteine enthalten häufig ziemlich regelmässige Ausscheidungen von Serpentin und im Kalk mikroskopisch kleine Röhrchen und Kanälchen, die man für Abformungen früherer organischer Theilchen hält. Es ist dies das in neuester Zeit so oft genannte *Eozoon*, über dessen organische oder nicht organische Natur die Ansichten noch getheilt sind. Wir geben hier das Bild eines solchen Eozoon-Ophicalcits mit dem vergrösserten Durchschnitt, wie er sich mikroskopisch darstellt.

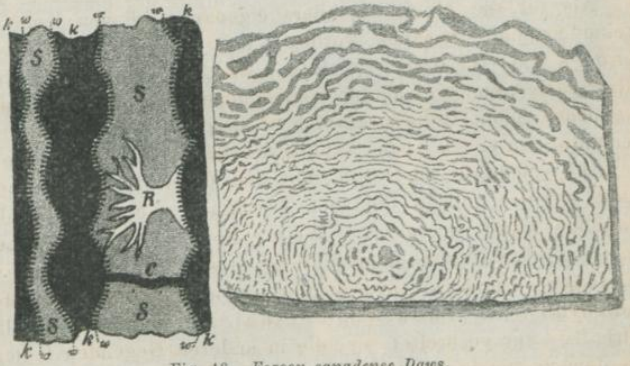


Fig. 16. *Eozoon canadense Daws.*

In dem vergrösserten Bilde bedeuten die Buchstaben: *S* das feste Kalkskelet, *k* die einst von Sarcode eingenommenen, jetzt durch Serpentin ersetzten Kammern, welche durch Verbindungsröhrchen (*c*) durch das Kalkskelet hindurch mit einander in Verbindung standen. *R* zeigt verästelte Kanälchen und *w* sind die von feinen Poren durchzogenen Wandungen der Kammern.

Was die granitartigen Gesteine anbelangt, so gibt es ausser den schon oben erwähnten Varietäten wohl noch zahlreiche andere von untergeordneter Verbreitung. Meist sind diese Gesteine unregelmässig stockförmig zwischen die Gneisszonen eingeschoben oder bilden Zwischenlagen in letzteren; in nur wenigen Fällen häufen sie sich zu grösseren selbständigen Centralmassen an.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

II. Primäre oder paläolithische Periode.

Mit den äusseren Thonschieferhüllen des Centralstocks untrennbar verknüpft und selten scharf vom Phyllit verschieden und unterscheidbar nehmen Thonschiefer, seltener echte Grauwacke und Kalksteine am weiteren Aufbau des Hochgebirgs lebhaften Antheil. Es ist jedoch äusserst schwierig, in diese Verhältnisse klare Einsicht zu gewinnen, weil, petrographisch betrachtet, diese Schiefer dem Phyllit sehr ähnlich werden und zugleich auch unzweifelhaft jüngere Gesteine ganz die gleiche Beschaffenheit annehmen. Da ausserdem Versteinerungen fehlen oder höchst selten sind, so können diese bei den verwickelten Lagerungsverhältnissen zwar zur Abscheidung von dem älteren Schiefergebirge genügen, aber für die Unterscheidung der einzelnen Formationen bieten sie selten ausreichend sichere Anhaltspunkte. Es sind für die ältere wie jüngere Abtheilung derselben, die sog. Uebergangs- oder Transitionsbildungen (Thonschiefer- und Grauwackeschichten und die carbonischen Formationen) im Ganzen nur sehr wenige Punkte, die uns vollständige Orientirung gewähren.

Es gliedern sich, wie bekannt, die paläolithischen Ablagerungen, wenn wir von der cambrischen Formation absehen, deren Schiefer die Mitte halten zwischen krystallinischem Phyllit und jüngerem Thonschiefer, und die bis jetzt mit Sicherheit nirgendwo noch in den Alpen ermittelt sind — gewisse, Algen einschliessende, glimmerglänzende Schichten der sog. Bündner Schiefer mögen hierher gehören — von unten nach oben betrachtet in:

1) die Silurformation,
2) die Devonformation, beide zusammengenommen die untere Abtheilung, die sog. Uebergangs- oder Transitionsgruppe bildend, dann
3) die Präcarbon- oder Culm-Formation mit dem Bergkalk,
4) die carbonische oder Steinkohlen-Formation, und endlich
5) die postcarbonische Formation oder Dyas mit dem Rothliegenden und Zechstein.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Die drei letzten Formationen bezeichnet man als die carbonische oder obere paläolithische Formationsgruppe.

In dem Alpengebiete haben wir nun über die besondere Ausbildungsweise dieser verschiedenen, hier überall nur undeutlich und spärlich auftretenden Ablagerungen Weniges zu bemerken:

1) Silurformation.

Es treten namentlich in den östlichen Alpen mit den Thonschieferschichten häufig, oder meist in sehr untergeordneten

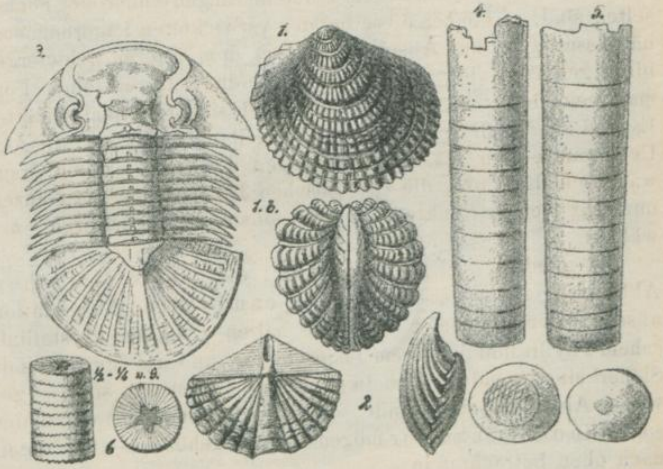


Fig. 17.

1) *Cardiola interrupta* So.
2) *Spirifer heteroclitus* Defr.
3) *Bronteus palifer* Beyr.
4) *Orthoceras styloideum* Barr.
5) *Orthoceras gregarium* So.
6) *Crinoideen*-Stiele.

Zwischenlagen Kalkgesteine auf, die vielfach in Eisensteinbildungen (Spatheisenstein, Ankerit, durch Zersetzung als Eisenhuth: Brauneisenstein) verlaufen und in dieser Form grosse technische Wichtigkeit erlangen, weil durch sie die berühmte Eisenindustrie in Steiermark und Kärnten bedingt ist (z. B. am Erzberg bei Eisenerz, bei Vordernberg und in einem Zuge bis Dienten unfern Salzburg). Solche kalkig-eisenhaltige Lagen be-

herbergen z. B. bei Dienten Versteinerungen mit unzweifelhaft silurischem Gepräge, von welchen in Fig. 17 einige der charakteristischsten dargestellt sind.

Kalkige Lagen am Semmering, bei Leoben u. s. w. enthalten gleichfalls Spuren von Versteinerungen, die es wahrscheinlich machen, dass ein grosser Theil der früher für ältere Phyllitschichten angesehenen Schieferstreifen, namentlich viele Spatheisensteinlagen, die sich durch die ganze Schieferhülle hindurchschlängeln (Hüttenberg, Hohe Salve, Thierberg bei Schwaz, Lagen S. und W. von Innsbruck) der Silurformation zufallen.

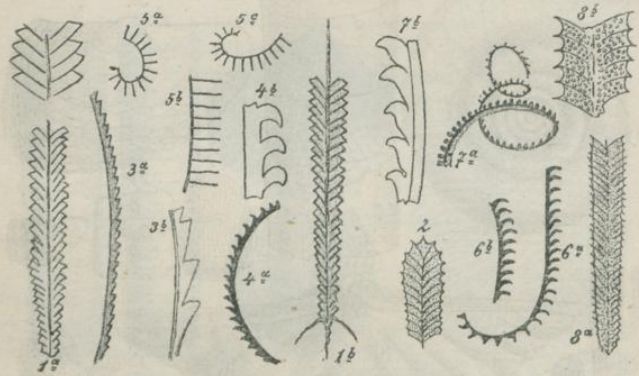


Fig. 18.

1*a*—1*b*) *Diplograpsus pristis* His. in natürl. Grösse, in 1c vergrössert.
2) *Diplograpsus folium* His.
3*a*) *Graptolithus Nilsoni* Barr. in n. G.
3*b*) derselbe vergrössert.
4*a*) *Graptolithus millipeda* M'Coy. in n. G.
4*b*) derselbe vergrössert.
5*a*, 5c) *Graptolithus peregrinus* Barr. in n. G.
5*b*) dieselbe Art vergrössert.
6*a*, 6*b*) *Graptolithus triangulatus* Harkn. in n. G.
7*a*) *Graptolithus Proteus* Barr. in n. G.
7*b*) dieselbe Art vergrössert.
8*a*) *Retiolitus Geinitzianus* Barr. in n. G.
8*b*) dieselbe Art vergrössert.

Auch in den Südalpen ist durch die Einschlüsse von ausschliesslich silurischen Versteinerungen, den sog. *Graptolithen*, von denen einige Arten oben in Fig. 18 abgebildet sind, das Alter einer mächtigen Schieferreihe, z. B. im Gebirgsstocke des Osternigg S. vom Gailthale als silurisch festgestellt worden.

In welcher Verbreitung diese zweifelsohne weiter in den Alpen verzweigten älteren Silurgesteine vorkommen, dies

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

nachzuweisen ist eine Hauptaufgabe in der geologischen Durchforschung der Schieferhülle.

2) Devonformation.

Die in den Alpen sicher als Devonbildung nachgewiesenen Gesteine, welche aus Phyllit-ähnlichen Thonschiefern und denselben eingebetteten kalkigen oder dolomitischen Zwischenlagen bestehen, beschränken sich nach unserer derzeitigen

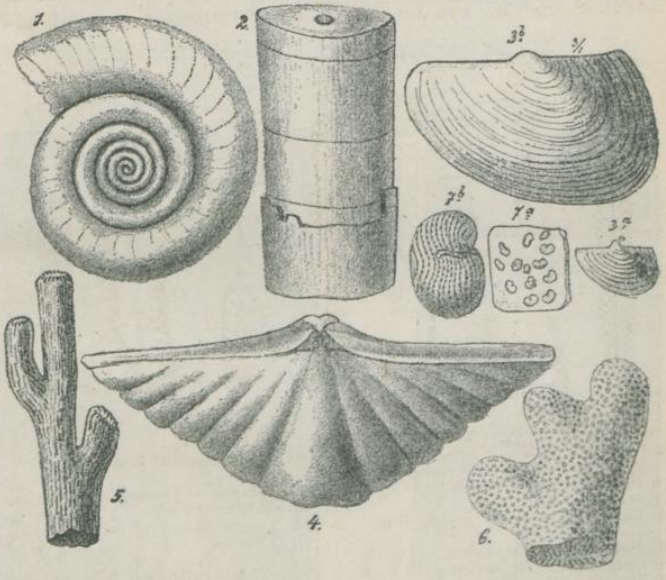


Fig. 19.

1) *Clymenia laevigata* v. M.
2) *Orthoceras subregulare* v. M.
3) *Posidonomya venusta* v. M.
4) *Spirifer speciosus* Schloth.
5) *Cyathophyllum caespitosum* Goldf.
6) *Calamopora polymorpha* Goldf.
7) *Endomis (Cypridina) serratostriata* Sandb.

Kenntniss auf eine buchtenartige Ausbreitung bei Graz, in jenen Gebirgstheilen, in welchen die Hauptkette sich zu gabeln beginnt. Es sind hier charakteristische Versteinerungen, von denen einige in den vorstehenden Abbildungen dargestellt sind,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

hauptsächlich in den kalkigen Schichten des Hochlantsch, Plawutsch, der Teichalpe u. s. w. gefunden worden.

Sehr bemerkenswerth ist, dass hier, wie in ausseralpinen Devongebieten, auch Eruptivgesteine nach Art der Diabase mit ihren Tuffen (Schalsteinen) sich einstellen. Auch die Karawanken scheinen zwischen ihrem silurischen Graptolithenschiefer und den carbonischen Schichten devonische Bildungen zu beherbergen. Ihr Vorkommen in den lombardischen Alpen ist mehr als problematisch.

3) Präcarbon- oder Culm-Formation.

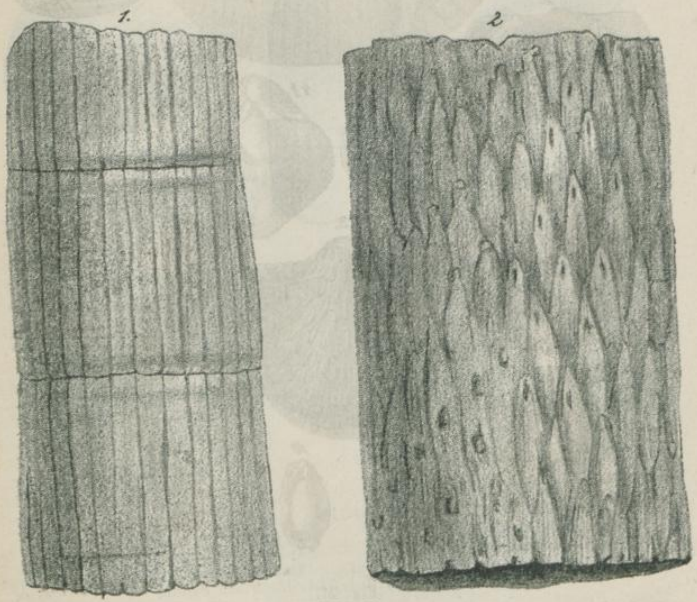


Fig. 20.

1) *Calamites remotus* Schloth. 2) *Sagenaria Veltheimiana* Presl.

Schon seit längerer Zeit kennt man in den Ostalpen, namentlich in den Karawanken, eine dritte Reihe petrographisch den vorigen ähnlicher Thonschiefer- und Kalkbänke, welche man

als Gailthaler Schichten zu bezeichnen pflegte. Der Hauptsache nach gehören sie, wie durch Petrefactenfunde

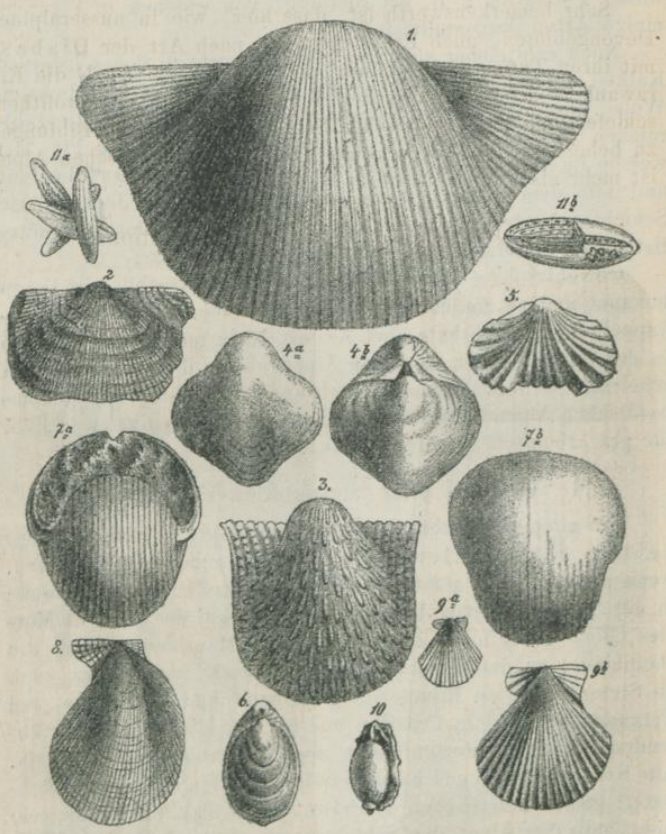


Fig. 21.

1) *Productus giganteus* Mart.
2) *Productus Cora* d'Orb.
3) *Productus scabriculus* Mart.
4) *Spirifer glaber* Mart.
5) *Rhynchonella pleurodon* Phill.
6) *Terebratula sacculus* Mart.
7a, 7b) *Bellerophon Urii* Flem
8) *Aviculopecten intortus* d. Kon.
9a, 9b) *Aviculopecten Hoernesianus* d. Kon.
10) *Naticopsis Sturi* d. Kon.
11a, 11b) *Fusulina cylindrica* Fich.
a in n. Gr.; *b* vergrössert.

sichergestellt ist, der Culmformation an. In den sandigen, den sog. Grauwacke-ähnlichen Lagen fanden sich die Leitpflanzen dieser Formation z. B. bei Bleiberg, von welchen in Figur 20 einige Arten dargestellt sind.

Noch zahlreicher sind die Thierüberreste in den schwarzen Kalken, in welchen die Fauna des Bergkalks in der deutlichsten Weise ausgeprägt ist. Namentlich merkwürdig sind die zahlreichen Foraminiferen der Gattung *Fusulina*, (11 in Fig. 21.) welche im mitteleuropäischen Culm fehlt, in Russland beginnt und mit dem Alpensysteme ostwärts bis nach Japan diese Schichten begleitet. 1—10 in Fig. 21 stellen andere characteristische Versteinerungen des Alpenbergkalks dar.

Obwohl solche alpine Bergkalklagen hauptsächlich im Osten bekannt und zu finden sind — bei Pontafel, Bleiberg, Eisenkappel, im Vellachthale, bei Assing, Idria und am Mte Canale in der Carnia, — im mittleren Alpengebiete dagegen zu fehlen scheinen (bis jetzt), tauchen doch auch im Westen in den lombardischen Alpen schwarze Kalke auf, welche wenigstens z. Th. für präcarbonisch gehalten werden.

4) Carbon- oder Steinkohlen-Formation.

Von allen paläolithischen Schichtencomplexen sind jene der ächten Steinkohlenbildung wohl schon am längsten, wenn auch nur an zerstreut gelegenen Stellen nachgewiesen: in der Tarentaise (von Unterwallis am Fusse des Dent de Morcles, über Tarentaise, Petit coeur und Maurienne bis in die Dauphiné), an der Stangalpe in Steiermark, neuerdings auch im Steinachthal am Brenner, bei Laibach und Jauerburg, bei Tergano und Novi in Croatien und in dem die quecksilberführenden Schiefer unterteufenden sog. Silberschiefer von Idria. Aus Kohlenschiefer und Kohlensandstein mit meist geringmächtigen, oft anthracitischen Kohlen, baut sich auch hier wie ausserhalb der Alpen das Schichtensystem auf, welches durch zahlreiche Pflanzeneinschlüsse sich als carbonisch kennzeichnet. Das isolirte Auftreten in Mulden von geringer Ausdehnung ist sehr bemerkenswerth und beweist, dass bereits zur Kohlenzeit grossartige Niveauverrückungen in den Alpen eingetreten waren, welche die Einbettung von Kohlenschichten

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

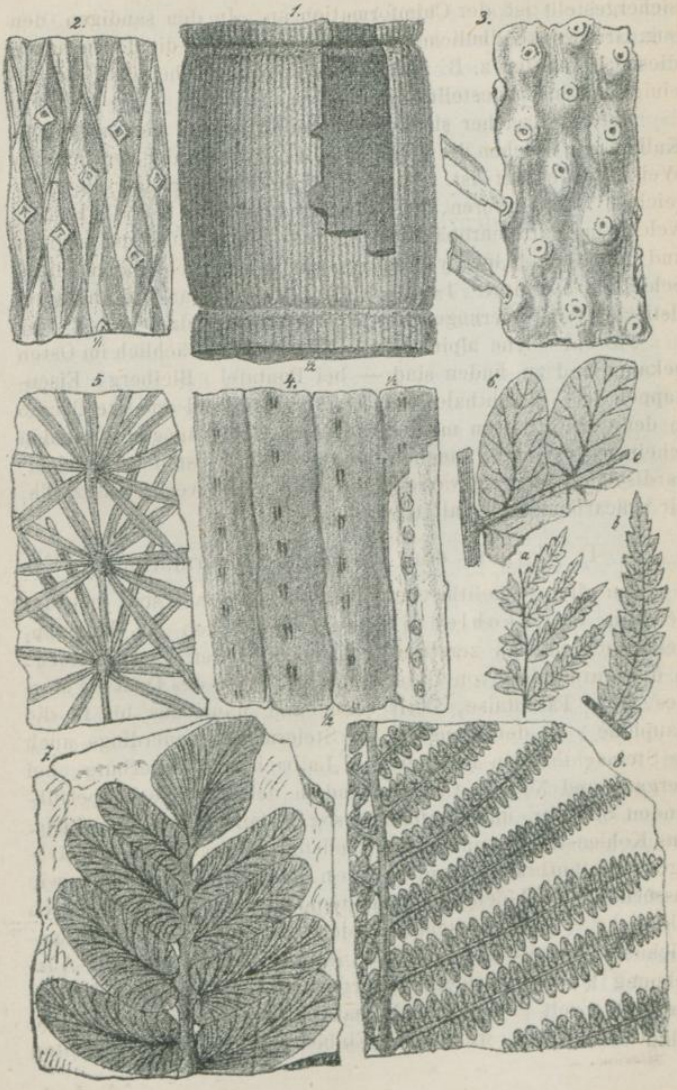


Fig. 22.
1) *Calamites Suckowi* Brgn. 2) *Lepidodendron rimosum* Sternb. 3) *Stigmaria ficoides* Brgn. 4) *Sigillaria intermedia* Brgn.
5) *Annularia longifolia* Brgn. 6) *Cyatheites dentatus* Brgn. 7) *Neuropteris flexuosa* Sternb. 8) *Cyatheites arborescens* Schloth.

auf kleine Flecke beschränkte. Von den zahlreichen Kohlenpflanzen repräsentiren die Zeichnungen Fig. 22 S. 101 einige der in den Alpen verbreitetsten Arten.

Noch bleibt zu erwähnen, dass auch Eruptivgesteine, Melaphyr und einzelne Porphyre während dieses Zeitabschnittes in den Alpen zum Ausbruch gelangten.

5) Postcarbon- oder Dyas-Formation.

Die Gesteinreihe, welche man ausserhalb der Alpen gewöhnlich Rothliegendes und Zechstein nennt, hat in den Hochgebirgen nur eine geringe Vertretung und zwar meist in einzelnen, von dem Vorkommen der Carbonablagerungen getrennten Zügen an den äussern Rändern der Schieferhüllen oder zwischen Porphyr eingeklemmt. Dahin gehört wohl zumeist der sog. Verrucano, grobe, röthliche Conglomerate und Breccien, rothe Sandsteine und kohlige Schiefer, wie z. B. in dem Porphyrdistrict von Bozen, im Val Trompia bei Collio, in den Bündener Alpen, am Tödi u. s. w.

Im Gailthaler Gebirge fanden sich nun weiter in neuerer Zeit unfern Kappel, in Verbindung mit ähnlichen mergeligen, sandigen und conglomeratartigen Schichten, auch Kalklagen mit Meeres-Thierresten, die denen der Dyas analog zu sein scheinen, wenigstens denen der für Dyas gehaltenen Nebraskaschichten in Amerika gleichen. Diese Gesteine lassen sich aber der Lagerung nach nicht scharf von den Carbonschichten trennen. In den Abbildungen (Fig. 23.) auf Seite 103 sind einige auch in den Alpen aufgefundene Arten von Pflanzen- und Thierüberresten zusammengestellt, von welchen 4, 5, 7, 8, 9 für den deutschen Zechstein und 1, 2, 3 für das Rothliegende charakteristisch sind.

Neuerdings stellt man auch den unteren Theil der sog. Werfener Schiefer der nördlichen Alpen und den sog. Grödener Sandstein im Süden, sowie den durch seinen enormen Foraminiferen-Reichthum ausgezeichneten schwarzen Bellerophonkalk des Pusterthals, sowie die kupfererzführenden Bröckeldolomite bei Trient und die dichten weissen Schwazer Kalke in Nordtirol in das obere Niveau der Dyasformation.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Indess ist diese Zurechnung noch nicht sicher gestellt und erfordert noch weitere Studien, indem die in dem Grödner Sand-

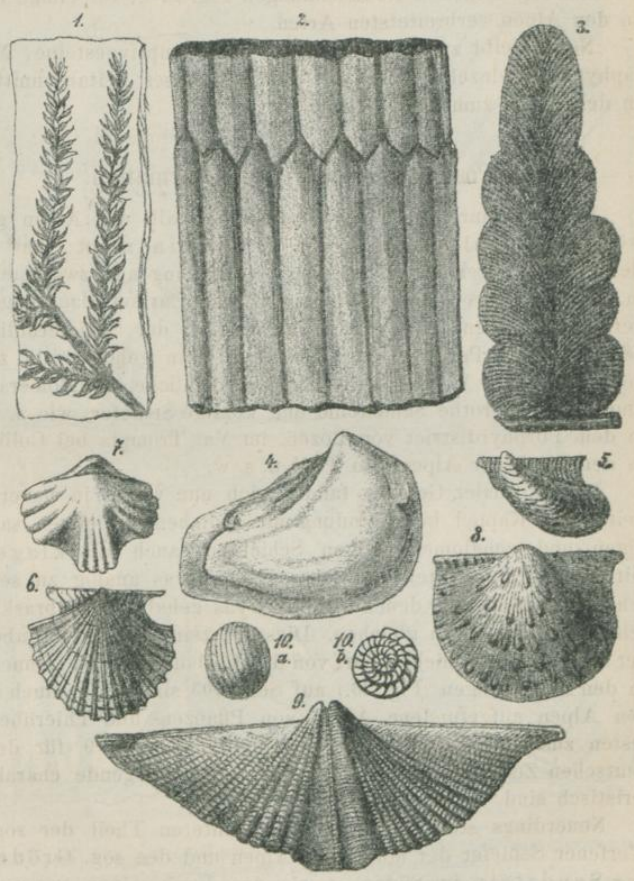


Fig. 23.

1) *Walchia piniformis* Schloth.
2) *Calamites gigas* Brgn.
3) *Neuropteris obtusiloba* Naum.
4) *Schizodus obscurus* Vern.
5) *Gervillia keratophaga* Goldf.
6) *Pecten Hawni* G.
7) *Camarophoria Schlotheimi* v. B.
8) *Productus Cancrini* Vern.
9) *Spirifer undulatus* Sow.
10) *Fusulina Hoeferi* Stach.

stein bei Neumarkt unfern Bozen entdeckten Pflanzenreste, von denen einige der häufigsten (Fig. 24.) abgebildet sind, nicht

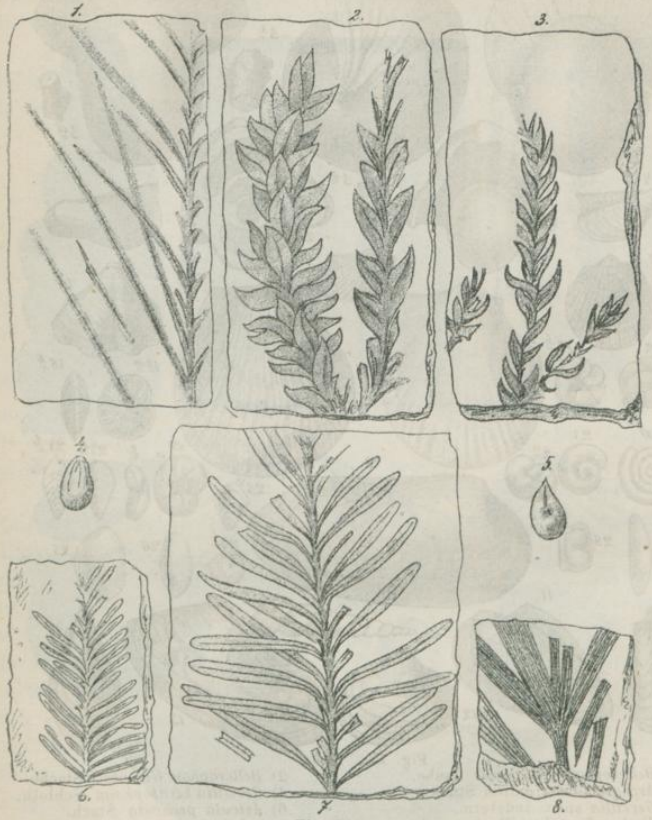


Fig. 24.

Pflanzenreste aus dem alpinen rothen und weissen Sandstein und den oberen kalkigen grauen Lagen (Muschelkalk).

1) *Aethophyllum Foetterlianum* Mass. aus dem unteren Sandstein.
2) *Voltzia recubariensis* Mass. spec. aus dem oberen grauen Kalksandst.
3) *Voltzia Massalongi* d. Zigno aus dem oberen grauen Kalksandstein.
4) *Carpolithes hungaricus* Heer aus dem unteren Sandstein.
5) *Carbolithes foveolatus* Heer. aus dem unteren Sandstein.
6) *Voltzia Boeckhiana* Heer. aus dem unteren Sandstein.
7) *Voltzia vicetina* Mass. spec. aus dem unteren Sandstein.
8) *Baiera digitata* Heer aus dem unteren Sandstein.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

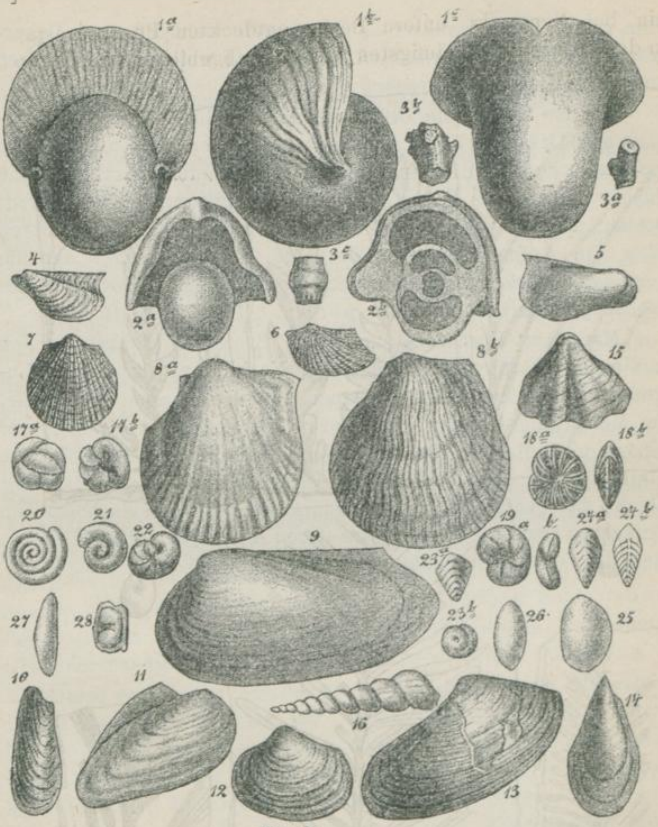


Fig. 25.

1) *Bellerophon peregrinus* Laube.
2) *Bellerophon Guembeli* Stache.
3) *Archaeocidaris ladina* Stach.
4) *Gervillia keratophaga* Schloth.
5) *Gervillia* spec. indeterm.
6) *Avicula peracuta* Stach.
7) *Pecten Partulus* Stach.
8a) *Avicula cingulata* Stach.
8b) *? Hinnites crinifer* Stach.
9) *Pleurophorus Jacobi* Stach.
10) *? Clidophorus* spec.
11) *? Anthracosia ladina* Stach.
12) *Edmondia* cf. *rudis* M'Coy.
13) *? Allorisma Tirolense* Stach.
14) *Aucella* cf. *Hausmanni*.
15) *Spirigera peracuta* Stach.
16) *Turbonilla* spec.
17) *Valvulina alpina* Gümb.
18) *Endothyra radiifera* Gümb.
19) *Endothyra simplex* Gümb.
20) *Trochammina vulgaris* Gümb.
21) *Trochammina crassa* Gümb.
22) *Bulimina contorta* Gümb.
23) *Lingulina lata* Gümb.
24) *Lingulina subacuta* Gümb.
25) *Cythere oviformis* Gümb.
26) *Cythere navicula* Gümb.
27) *Cythere porrecta* Gümb.
28) *Kirkbya alpina* Gümb.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

den reinen Dyascharakter an sich tragen, vielmehr einen Uebergang in die Trias vermuthen lassen, und wahrscheinlich deren untersten Lagen entsprechen.

Ebenso lassen die organischen Einschlüsse des Bellerophonkalks eine Uebergangsfauna erkennen, die uns aus der paläozoischen in die mesozoische Zeit hinüberführt und eine bisher unbekannte Fauna der ältesten Buntsandsteinzeit darzustellen scheint. Bei der Wichtigkeit gerade dieser Schichten mag die Aufmerksamkeit durch die Beigabe einiger der am häufigsten vorkommenden Thierreste auf diese Ablagerung des Bellerophonkalks hingelenkt werden. (Fig. 25, Seite 105.)

Mit dem Verrucano und den Breccienbildungen stehen zahlreiche Porphyrdurchbrüche in Verbindung, z. B. am Luganer See, in den Bündner Alpen, an der Grossen Windgälle, im Mont Blanc-Gebirge, bei Bozen (der grösste, bekannte der Erde), in Judicarien, im Val Sugana, bei Cilly, in der Nähe von Raibl u. s. w. An den Rändern dieser Eruptivmassen darf mit Recht das Auftreten von carbonischen oder postcarbonischen Schichten erwartet werden, auf deren Auffinden daher das Auge des Beobachters besonders gerichtet sein möge.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

III. Secundäre oder mesolithische Periode.

Ungleich den grössten Antheil am Aufbau der kalkigen Nebenzonen der Alpen nehmen die mesolithischen Bildungen, insbesondere jene der Triasgesteine — Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper — ein. Wie petrographisch eigenthümlich diese Ablagerungen in den Alpen beschaffen sind, ist schon früher erwähnt und auch der Thatsache gedacht worden, dass innerhalb des Hochgebirgs selbst örtlich und streckenweise diese an sich ganz eigenartige Entwickelung der Triasgesteine noch weiter unter sich abweichend ausgebildet sich zeigt — Faciesbildung.

Bei der nur langsam voranschreitenden Erkenntniss der besonderen geologischen Verhältnisse der Alpen erklärt es sich daher gleichsam von selbst, dass die sich entsprechenden Ablagerungen von verschiedenen Fundstellen, zumal sie häufig in Folge ihrer eigenthümlichen Faciesbildung nicht leicht als gleichwerthig zu erkennen waren, mit verschiedenen Bezeichnungen und Namen belegt wurden, z. B. Werfener Schichten in den Ostalpen, rother Sandstein in den Westalpen, Verrucano, Grödener Sandstein und Seisser Schichten in den Südalpen.

Diese ungleichen Namen für geologisch analoge Bildungen stehen dem Verständniss der Alpengeologie vielfach hinderlich im Wege und es erscheint vollständig gerechtfertigt, soweit thunlich, auch in der Alpengeologie einer so zu sagen internationalen Bezeichnungsweise sich zu befleissigen.

Es dürfte daher eine vorausgehende Zusammenstellung der allgemein gebräuchlichen Ausdrücke und jener für die Alpen mehrfach verwendeten örtlichen Bezeichnungsweisen das Verständniss des Folgenden wesentlich fördern.

(Siehe Tabelle S. 108 und 109.)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Mesolithische Formationen.

Formation	Allgemeine Bezeichnung	Alpine Bezeichnung	Ungefähre Parallele oder nicht sicher ermittelte Schichten
		— *Oben:* —	
Procän-, Cretacische oder Kreide-Formation	Oberer Pläner, Senonstufe	Belemnitellen- oder Nierenthal-Sch. mit *Belemnitella mucronata.*	? Wong-S.; Hohenemser-S.; Wiener-Sandstein z. Th.
	Mittl. Pläner, Turonst.	Gosau-Sch. und Hippuritenkalk (Rudisten-Sch.).	Seewener Mergel.
	Unt. Pläner, Cenomanst.	Orbituliten-, Urschelauer-Sch. Seevenkalk z. Th.	Sentis-S., Scaglia z. Th.,
	Galt- oder Albienstufe	Turrilitengrünsandstein mit Galtfleckenmergel	Godula Sdst.
	Obere Neocomstufe, oder Urgonstufe	Schratten-, Caprotinen- und Orbituliten-Kalk. Obere Neocom-Sch.	? Wetterlingskalk.
	Mittl. Neocomstufe	Mittelneocom-Sch. Spatangenkalk. Biancone und Majolica.	? Drusberger, u. ? Wernsdorfer S.
	Unt. Neocom- oder Valanginstufe	Unterneocom-Sch. Rossfelder-, Schrambach-, Teschener-, Stollberger-Sch. Stockhornkalk.	Wiener Sdst. z. Th. Karpathen-Sdst. z. Th.
Jura-Formation	Oberjura- oder Tithonstufe	Diphyen-S., Juraaptychen-, Oberammergauer Sch., Wetzstein Sch., Stramberger Sch.	Oberalmer S.
		Rogosniker Klippenkalk	? Plassenkalk
	Mitteljura-, Kimmeridgestufe	Acanthicus-Sch., Rother Juraammonitenkalk mit *Ammonites acanthicus.*	Haselberger Sch. Ammonitico rosso
	Unterjura-, Oxfordstufe	Transversarius-Sch. Rother Kalk mit *Ammonites transversarius*	

Jura-Formation	Unterjura-, Oxfordstufe	Transversarius-Sch. Rother Kalk mit *Ammonites transversarius*	monitico rosso
Dogger-Formation	Oberdogger-, Kollowayst. Mitteldogger-, Bathstufe Unterdogger-, Bajeuxst.	Vilser-Schichten Klaus-Sch. Posidonomyenkalk Garda-Sch. Eisenoolithkalk d. Berner Alp. mit *Ammonites Murchisonae*	Hochgebirgskalk.
Lias-Formation	Ober-Liasstufe Mittel-Liasstufe Unter-Liasstufe	Algäu-Sch. (im beschränkten Sinn), Fleckenmergel Hierlatz-Sch. (im beschränkten Sinn) Unterliaskalk, Enzesfelder-, Grestener S., Saltrio-, Arzokalk; Adnetherkalk z. Th.	Rotzo-, Adnether-, Hierlatz-, ?Steinsberg-Kalk.
Keuper-Formation	Obere Keuperstufe	Oberer Dachsteinkalk; Korallen-, Lithodendron-Kalk	Staremberg-Sch.
		Rhaetische Hauptschichten; Kössener-, Azzarola-, Gervillien-Sch. mit *Avicula contorta*	Contorta-Sch.
		Plattenkalk und unterer Dachsteinkalk	
	Mittlere Keuperstufe	Hauptdolomit, Opponitzer-, Mittel-Dolomit	
		Raibler-Sch. Ob. St. Cassianer, Schlernplateau-Sch.; O. Cardita-, Sch. v. Gorno u. Dossena	Reingraber-, Bleiberger-, Torer-, Lüner-Sch.
		Wetterstein-S. Hallstätter-K.; Schlerndolomit; Esino-K.; Arlberger-K.; Opponitzerkalk	Partnach-Dolomit.
	Untere Keuperstufe	Partnach-Sch.; U. St. Cassianer-Sch.; Lunzer-Sandst.; U. Cardita-S.; Kaltwassertuff	Perledo-Sch., Skonza-Sch. mit Quecksilber-Erzen.
Muschelkalk-Formation	Muschelkalk	Wenger-Sch. Buchensteiner-K.; Pötschen-K.; Halobien-Sch.(?) Zlambach-, Gösslinger-S.	Aon- und Cementmergel bei Aussee.
		Virgloria-Sch. Recoaro-S.; Reiflinger-, Guttensteiner-Kalk.	Brachiopoden- u. Cephalopoden-Kalk.
		Campiler-Sch., z. Th. Werfener-Sch.	?Röthidolomit.
Buntsandstein-Format.	Buntsandstein	Röth: Seisser-Sch.; Werfener-Sch. z. Th.	Servino
		Hauptbuntsandstein: Werfener-S. z. Th.; Grödener Sandst. z. Th.; Verrucano z. Th.	Sernfschiefer, Sernifit.

— ***Unten.*** —

Angesichts dieser Uebersicht wird es genügen, über die einzelnen Formationen und ihre Gliederung nur noch Weniges beizufügen. Wir beginnen im Anschluss an die zuletzt betrachteten Schichtencomplexe des Rothliegenden und Zechsteins mit den tiefsten ältesten mesolithischen Bildungen der Trias.

1) Buntsandsteinformation.

In den Alpen ist diese Triasformation wenigstens stellenweise durch rothe, etwas buntgestreifte Sandsteinlager vertreten, die petrographisch mit jenen des alpinen Gebietes vollkommen übereinstimmen. — Nach unten stellen sich Conglomerate und porphyrhaltige Breccien (Verrucano, Sernifit) ein, die theilweise wohl dem Rothliegenden zuzuweisen sind. Nach oben werden die Lagen thoniger, oft kalkig, dünnschichtig und führen z. Th. die Versteinerungen des ausseralpinen Röths neben eigenthümlichen Formen, von welchen hier einige zusammen mit Versteinerungen aus den sog. Campiler Schichten abgebildet sind. (Fig. 26.)

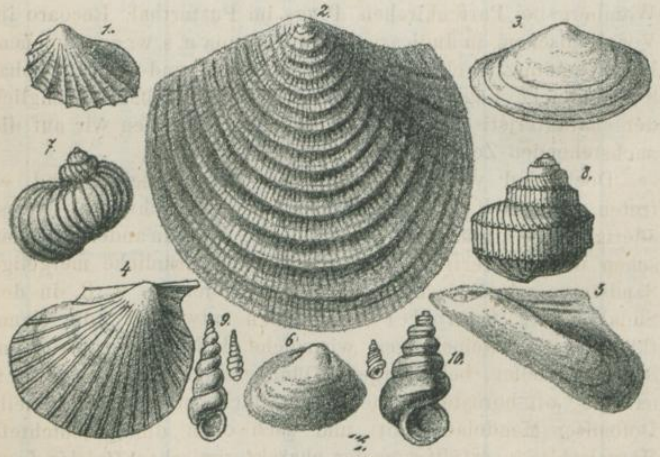


Fig. 26.

1) *Myophoria costata* Zen. 2) *Posidonomya Clarai* Emmr.
3) *Pleuromya Fassaensis* Weissm. 4) *Avicula venetiana* v. Hau.
5) *Gervillia costata* Schloth. 6) *Myophoria ovata* Br.
7) *Naticella costata* v. Mü. 8) *Turbo rectecostatus* Hau.
9) *Holopella gracilior* Schaur. 10) *Pleurotomaria triadica* Ben.
Die Arten 3—10 gehören vorzugsweise den sog. Campiler Schichten an.

Als die bezeichnendsten sind hervorzuheben: *Myophoria costata*, *Posidonomya Clarai*.

In den Nordalpen nannte man früher den ganzen Schichtencomplex Werfener Schichten, in den Südalpen die tieferen — Grödener Sandsteine, die höheren — Seisser Schichten. Es ist daran zu erinnern, was bei dem Rothliegenden über die fragliche Stellung eines Theils des Grödener Sandsteins und des schwarzen Bellerophonkalks erwähnt wurde.

Diese Schichten führen häufig Gyps und ein Theil der alpinen Salzstöcke gehören ihnen an.

2) Muschelkalkformation.

Als unzweifelhaft dem ausseralpinen Muschelkalk gleichstehend geben sich durch ihre Versteinerungen gewisse intensiv schwarze (nur ausnahmsweise, z. B. an der Schreiersalpe röthliche), selten dolomitische Kalke — z. B. Reutte im Lechthal, Wamberg bei Partenkirchen, Prags im Pusterthal, Recoaro im Venetianischen, in Judicarien, Val Trompia u. s. w. zu erkennen. Die Scheidung in eine obere Brachiopoden- und untere Cephalopodenreiche Lage ist nicht streng durchführbar. Bezüglich der charakteristischsten Versteinerungen verweisen wir auf die nachstehenden Zeichnungen. (Fig. 27.)

Doch sind versteinerungführende Lagen selten und es treten dafür vielfach z. Th. dolomitische, tiefschwarze, weissaderige sog. Guttensteiner Schichten ein. Noch an anderen Stellen sehen wir stellvertretend röthliche oder grünliche mergelige Sandsteine mit Zwischenlagen gelben Dolomits, z. B. in den Südalpen sog. Campiler Schichten entwickelt, die eigenthümlichen Versteinerungen, wie solche die Nummern 3—10 auf S. 110 darstellen, beherbergen. Dünngeschichtete, plattige, tiefnarbige, oft hornsteinreiche Kalke (Buchensteiner Kalk), helle Dolomite (Mendoladolomit) und nach oben dünngeschichtete Mergelschiefer, erfüllt von der charakteristischen *Halobia Lommeli* (Nr. 7, S. 112) und in den Südalpen mit eingelagertem harten, grünen Gestein (Pietra verde), schliessen die Schichtenreihe nach oben ab. Man hat diese oberen Lagen mit ihrer eigenthümlichen Fauna Wengener- oder Halobienschichten genannt. An

dieser Grenzscheide tauchen plötzlich Eruptivgesteine — Porphyrit-, Diabas- und Melaphyr-artig, (im Sammelnamen als Augitophyr zu bezeichnen) mit den sie begleitenden Tuffen, an vielen Stellen, im grossartigsten Maasstabe jedoch im Fassathale, auf und verkünden einen neuen geologischen Zeitabschnitt.

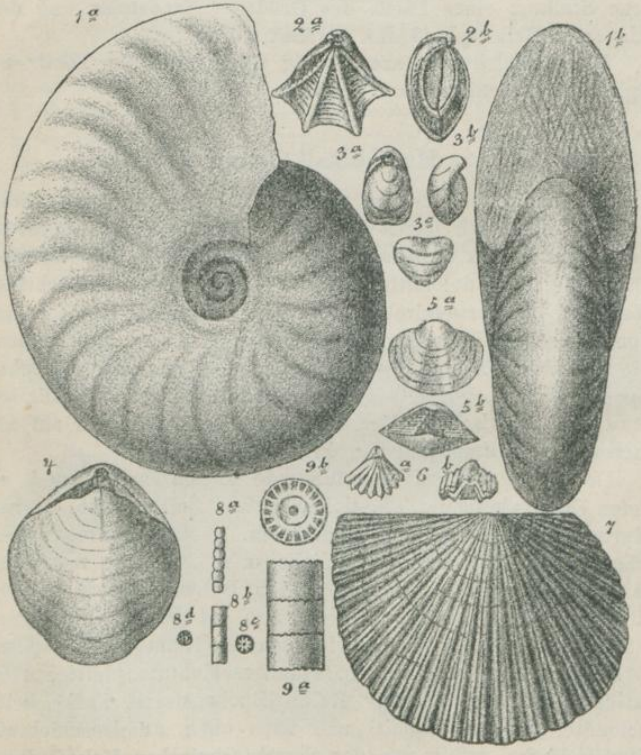


Fig. 27.

1) *Ammonites Studeri* Hau.
2) *Retzia trigonella* Bu.
3) *Terebratula angusta* Bu.
4) *Terebratula vulgaris* Lefr.
5) *Spirigerina Mentzeli* Bu.
6) *Rhynchonella decurtata* Gir.
7) *Halobia Lommeli* Wiss.
8) *Dadocrinus gracilis* Bu.
9) *Encrinus liliiformis* Lk.

3) Keuperformation.

a) Es erscheint am leichtesten verständlich und am naturgemässesten, diesen neuen Abschnitt mit jenen pflanzenfüh-

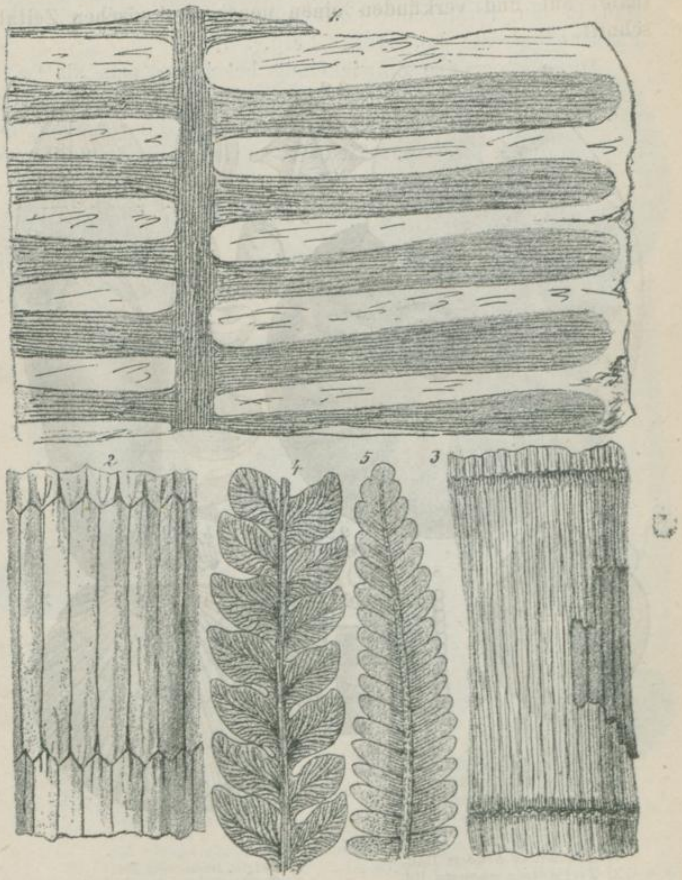


Fig. 28.

1) *Pterophyllum longifolium* Brgn. 2) *Equisetum arenaceum* Br.
3) *Calamites arenaceus* Br. (entrindetes *Equisetum aren.*).
4) *Neuropteris remota* Pr. 5) *Lepidopteris Stuttgardtiensis* Brgn.

renden, grün-grauen Sandsteinlagen beginnen zu lassen, welche vollständig der ausseralpinen Lettenkohlen- oder unteren Keuperstufe gleichsteht. Wir sind damit in den alpinen Keuper eingetreten. Der Wichtigkeit der Orientirung wegen sind in der vorstehenden Zeichnung die verbreitetsten dieser Pflanzenüberreste dargestellt. (Fig. 28.)

Diese allgemeine Entwickelung bezeichnet man als Partnachschichten, von ihrem Vorkommen in dem Partnachthale bei Partenkirchen; man nennt sie wohl auch Lunzer Schichten.

Die durch ihre vortreffliche Erhaltung und Artenfülle der

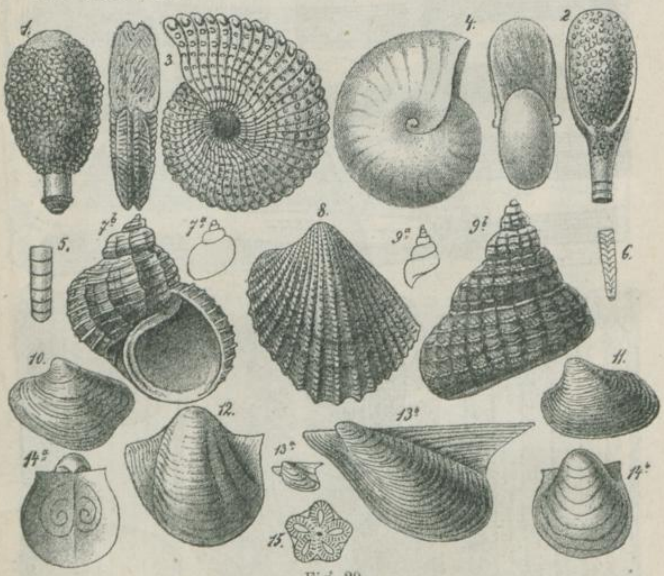


Fig. 29.

1) *Cidaris dorsata* Mü.
2) *Cidaris alata* Ag.
3) *Ammonites Aon* Mü.
4) *Ammonites Jarbas* Mü.
5) *Orthoceras elegans* v. Mü.
6) *Bactrites undulatus* v. Mü.
7*a*, 7*b*) *Neritopsis ornata* d'Orb. *a* in nat. Gr. und *b* vergrössert.
8) *Cardita crenata* Gdf.
9*a*, 9*b*) *Monodonta Cassiana* Wissm. *a* in nat. Gr. und *b* vergrössert.
10) *Nucula lineata* Mü.
11) *Nucula strigilata* Mü.
12) *Cassionella gryphaeata* Mü.
13) *Avicula Gaea* d'Orb. *a* in nat. Gr. und *b* vergrössert.
14*a*, 14*b*) *Konickia Leonhardi* Wissm. von beiden Seiten gesehen.
15) *Pentacrinus propinquus* Mü.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Versteinerungen berühmten Tufflagen von St. Cassian — daher untere St. Cassianer Schichten genannt — lassen sich nur als eine örtlich sehr beschränkte Facies dieser Stufe auffassen. In den Zeichnungen (Fig. 29) sind diese St. Cassianer Versteinerungen durch einige wenige Formen repräsentirt.

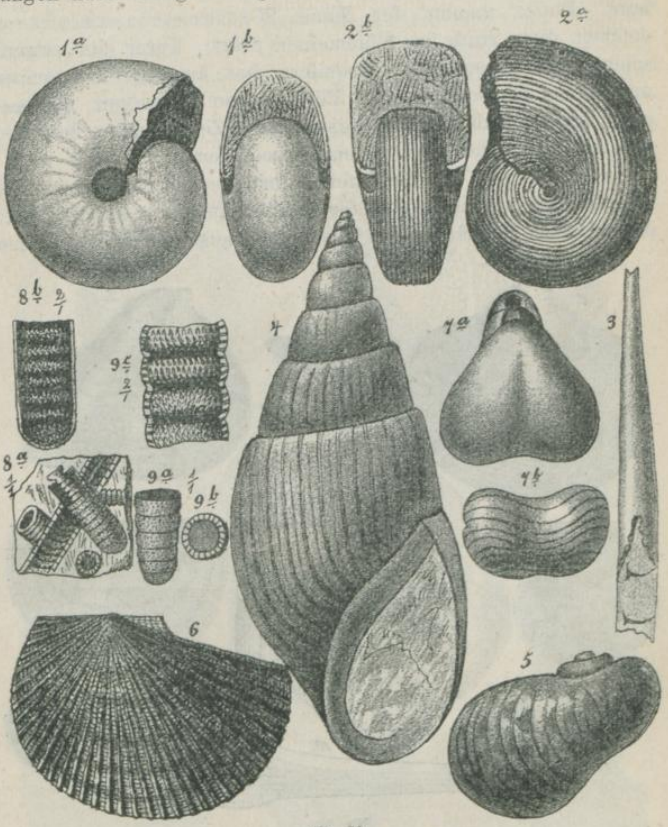


Fig. 30.

1) *Ammonites Gaytani* Klipst.
2) *Ammonites tornatus* Br.
3) *Aulacoceras alveolare* Hau.
4) *Chemnitzia Escheri* Hoern. 1/2 n. G.
5) *Natica Meriani* Hoern.
6) *Monotis salinaria* Br.
7) *Terebratula Ramsaueri* Sp.
8) *Gyroporella annulata* Schafh.
9) *Gyroporella multiserialis* Gümb.

b) Ein höherer Complex von Alpengesteinen zeichnet sich durch die ungemein mächtige Entwickelung von weissen Kalken, weisslichen Dolomiten und in dem Gebiet der Salzburger Alpen durch rothe Marmorkalke (sog. Hallstätter Kalk) aus. Das Wettersteingebirge ist aus solchem weissen Kalk aufgebaut. Daher stammt der Name Wettersteinschichten, welchen diese Stufe im Allgemeinen trägt. Unter den organischen Einschlüssen sind besonders fast kugelige Ammoniten und kleine fast cylindrische Räschen von Kalkalgen (*Gyroporella*) hervorzuheben. Die vorstehenden Zeichnungen beziehen sich auf einige der wichtigsten Formen derselben. (Fig. 30.)

c) An Stellen, wo die Aufeinanderfolge der Schichten nicht unterbrochen ist, zeigt sich die so eben genannte kalkige oder dolomitische Schichtenreihe von einem meist wenig mächtigen

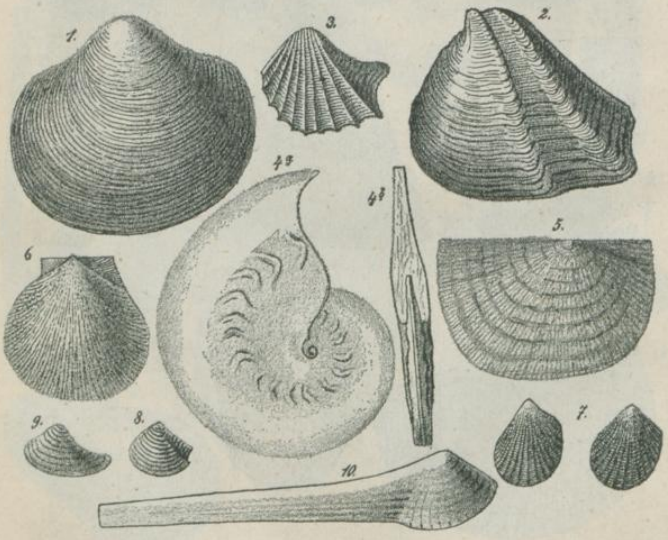


Fig. 31.

1) *Corbis Mellingi* v. Hau.
2) *Myophoria Kefersteini* Mü.
3) *Myophoria Whatleyae* v. Bu.
4) *Ammonites floridus* Wolf.
5) *Halobia rugosa* Gümb.
6) *Pecten filosus* v. Hau.
7) *Cardita subcrenata* Gümb.
8) *Corbula Rosthorni* v. Hau.
9) *Nucula sulcellata* Wissm.
10) *Solen* (? *Leda*) *caudatus* v. Hau.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Complex mergeliger grauer oder röthlicher Gesteine überdeckt. Sie besitzen stellenweise eine gewisse Aehnlichkeit mit den schon erwähnten sog. St. Cassianer Schichten und werden desshalb wohl auch obere St. Cassianer Schichten genannt.

Zahlreiche Versteinerungen pflegen in diesen von ihrem Vorkommen bei Raibl als Raibler Schichten bezeichneten Lagen, wie die beistehenden Zeichnungen nachweisen, sich einzustellen. (Fig. 31.)

d) Die Gesteinsreihe setzt nach oben fort in einen meist

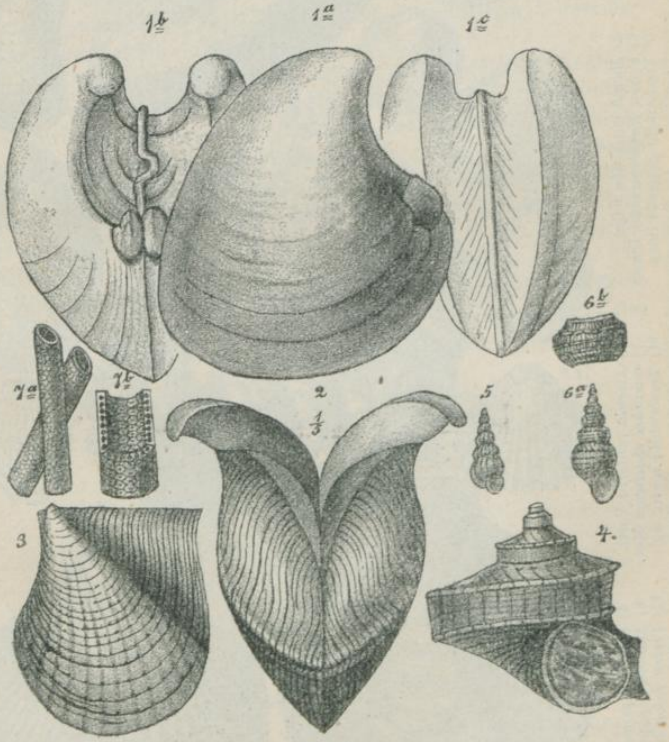


Fig. 32.

1) *Megalodon triqueter* Wulf. 2) *Dicerocardium Jani* Stopp.
3) *Avicula exilis* Ben. 4) *Turbo solitarius* Ben.
5) *Rissoa* (*?Holopella*) *alpina* Gümb. 6) *Cerithium Guembeli* v. Am.
7) *Gyroporella vesiculifera* Gümb.

Fig. 33.

1) *Cardium austriacum* Hau. 2) *Myophoria postera* Qu. 3) *Avicula contorta* Portl. 4) *Gervillia praecursor* Qu.
5) *Gervillia inflata* Schafh. 6) *Ostrea Haidingeriana* Emmr. 7) *Cardium rhaeticum* Mer. 8) *Anomia alpina* Wink.
9) *Ostrea intusstriata* Emmr. 10) *Terebratula gregaria* Suess 11) *Terebratula norica* Sp. 12) *Pecten valoviensis* Defr.
13) *Rhynchonella fissicostata* Suss. 14) *Spirigerina oxycolpus* Emmr. 15) *Mytilus minutus* Gdf.

sehr mächtigen, das Hauptgestein der Alpen ausmachenden, kleinklüftigen, etwas graulich oder gelblichweissen Dolomit, in dem sog. Hauptdolomit, der namentlich nach oben häufig in Kalk verläuft — Plattenkalk, oder auch zum grossen Theil, wie in den Salzburger Alpen und namentlich im Dachsteingebirge, von weissem, dickbankigem Kalk ersetzt wird — daher unterer Dachsteinkalk genannt. Während der Dolomit nur höchst spärlich Versteinerungen beherbergt, zeigt sich in den stellvertretenden Kalklagen oft eine eigenthümliche grosse Muschel, die Dachsteinbivalve, in beträchtlicher Menge. In den vorstehenden Zeichnungen sind einige dieser Versteinerungen dargestellt. (Fig. 32.)

e) Weitaus am wichtigsten unter allen alpinen Keuperstufen sind für die geognostische Orientirung die gewöhnlich ausserordentlich versteinerungsreichen, meist mergeligen Schichten, welche ihren Versteinerungen nach genau mit der ausseralpinen Knochenschicht des Keupers (*Avicula contorta*-Schicht) übereinstimmen. Sie werden als rhätische Schichten bezeichnet und sind durch die in der vorstehenden Zeichnung dargestellten Versteinerungen besonders gekennzeichnet. (Fig. 33.)

Unter den *Ammoniten*-ähnlichen Ueberresten machen sich Formen besonders bemerkbar, von denen wir eine Art in der nachstehenden Zeichnung (Fig. 34) hervorheben wollen.

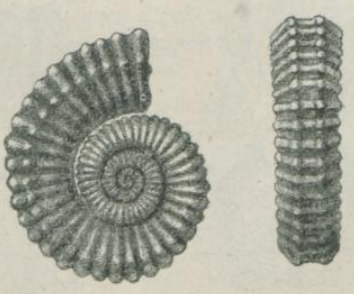


Fig. 34.
Choristoceras rhaeticum Gümb. (= *Ch. Marhsi* v. Hau.)

f) Endlich beschliesst häufig eine grau und weiss gefärbte kalkige Bank, welche dem sog. Dachsteinkalk sehr ähnlich ist

und gleichfalls die Dachsteinbivalve (s. unten) oder grosse Büsche von Korallen (sog. *Lithodendron*) beherbergt, die Reihe der alpinen Keupergesteine. Es ist dies der obere Dachsteinkalk, von dessen Versteinerungen einige der häufigsten in Fig. 35 dargestellt sind.

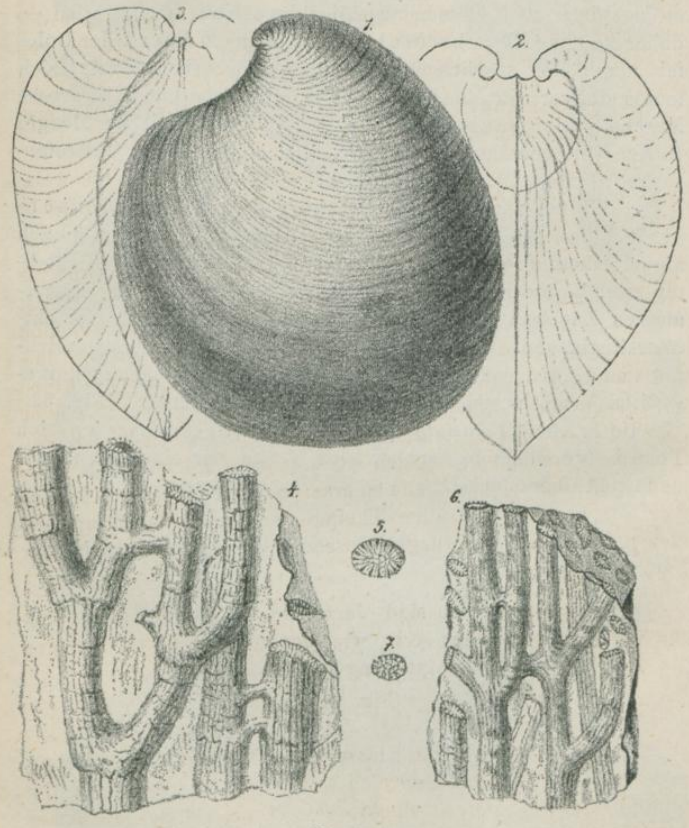


Fig. 35.

1—3) *Megalodon triqueter* Wulf., Dachsteinbivalve.
4) u. 5) *Rhabdophyllia* (*Lithodendron*) *clathrata* Emmr.
6) u. 7) *Rhabdophyllia* (*Lithodendron*) *rhaetica* Güm.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

4) Liasformation.

Bei dem alpinen Lias ist daran zu erinnern, dass man früher nach den äusserlichen Merkmalen der Farbe und der Beschaffenheit des Gesteins drei verschiedene Abtheilungen auseinander zu halten suchte, nämlich:

a) einen Adnether Kalk als die intensiv rothe, thonige, dünnbankige Kalkvarietät (von Adneth bei Salzburg),

b) einen Hierlatz-Kalk als den blassröthlichen bis weissen, meist sehr dichten Kalk (von der Hierlatz-Alpe am Dachstein) und

c) einen Fleckenmergel oder Algäuschichten als die mergeligen grauen oft dunkelgefleckten Varietäten. Erst neulich hat man die Ueberzeugung gewonnen, dass ziemlich unabhängig von diesen Merkmalen in dem Alpenlias sich entsprechend den verschiedenen Stufen ausserhalb der Alpen auch mehrfache Abtheilungen festhalten lassen, auf welche wir die früher schon gebräuchlichen Bezeichnungen im engeren Sinne in Verwendung bringen möchten, wie solche aus der vorstehenden Uebersichtstabelle zu ersehen sind. Doch bleibt sich das Gestein nicht in allen Theilen der Alpen petrographisch gleich, sondern unterliegt grossem Wechsel und vielfacher Faciesausbildung.

In diesen Schichten sind Versteinerungen sehr häufig, besonders *Ammoniten* der Art, wie die folgenden Zeichnungen einige derselben zur Darstellung bringen.

(Fig. 36.)

Auch aus den anderen Klassen des Thierreichs sind Ueberreste im Lias ziemlich zahlreich vertreten. Wir sehen in der nachfolgenden Zeichnung einige der charakteristischsten Arten derselben dargestellt.

(Fig. 37.)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

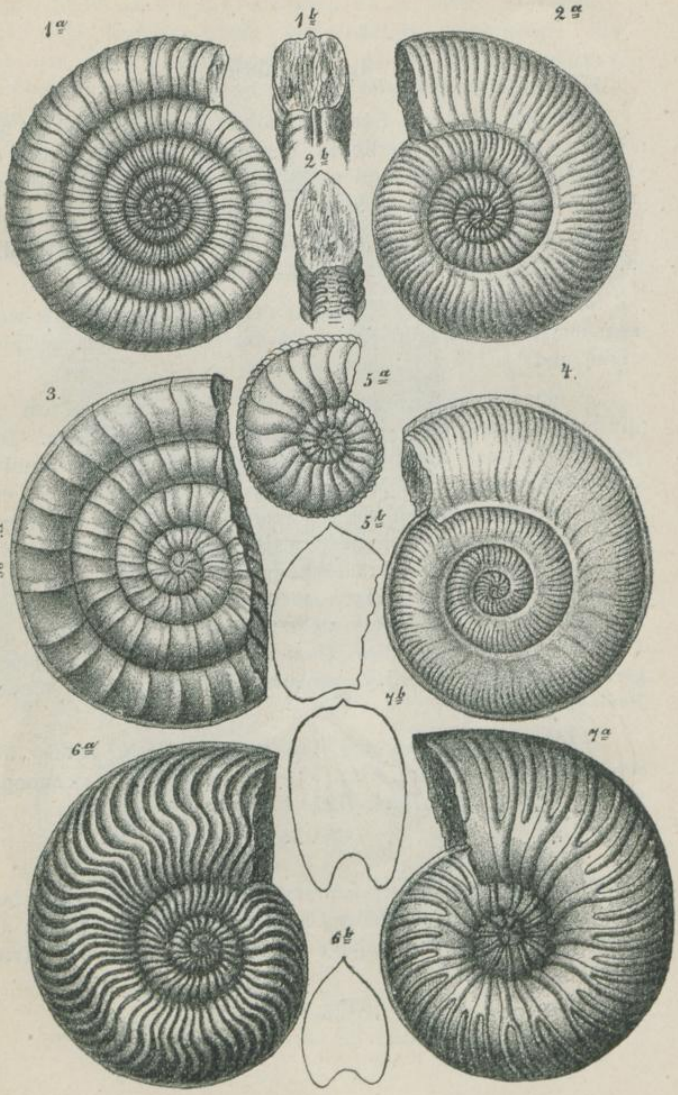


Fig. 36.

1) *Ammonites spiratissimus* Qu.
2) *Ammonites Charmassei* d'Orb.
3) *Ammonites Nodotianus* d'Orb.
4) *Ammonites Masseanus* d'Orb.
5) *Ammonites margaritatus* Montf.
6) *Ammonites radians* Rein.
7) *Ammonites Comensis* v. Bu.

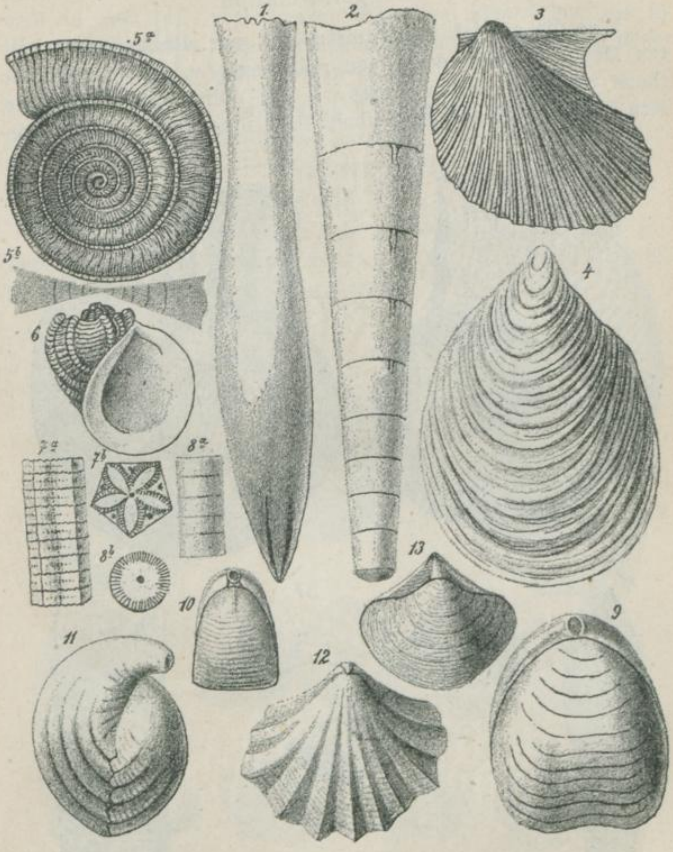


Fig. 37.

1) *Belemnites paxillosus* Schloth.
2) *Aulacoceras liasicum* Gümb.
3) *Avicula inaequivalvis* So.
4) *Inoceramus Falgeri* Mer.
5) *Discohelix orbis* Reuss.
6) *Neritopsis elegantissima* Hoern.
7) *Pentacrinus basaltiformis* Mill.
8) *Mespilocrinus alpinus* Gümb.
9) *Terebratula Andleri* Opp.
10) *Terebratula stupia* Opp.
11) *Terebratula Renierii* Cat.
12) *Rhynchonella Greppini* Opp.
13) *Spiriferina obtusa* Opp.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

5) Doggerformation.

Was die an sich verhältnissmässig nur dürftig entwickelten Doggergesteine der Alpen anbelangt, so gehören hierher theils röthliche, theils weisse, z. Th. oolithische Kalke, die sich ihrer Gesteinsbeschaffenheit nach nicht leicht weder von

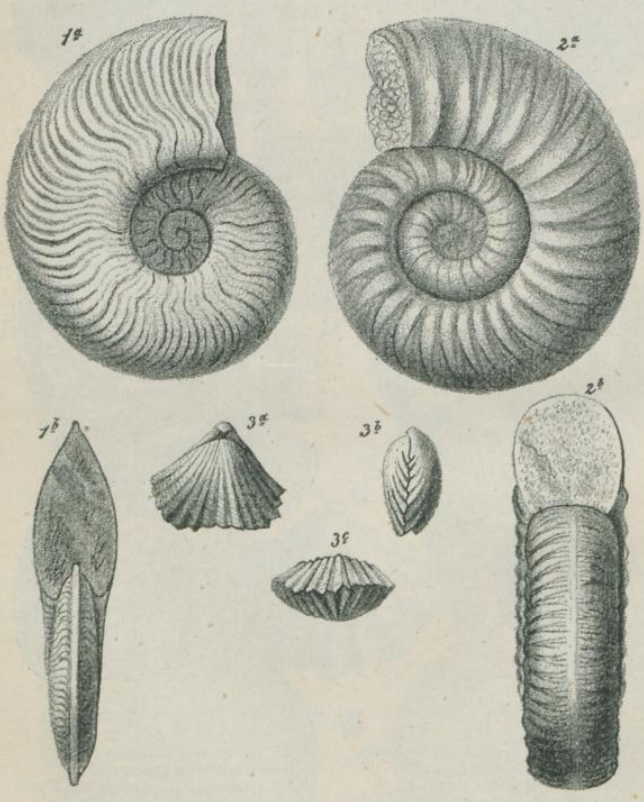


Fig. 38.

1*a*) u. 1*b*) *Ammonites Murchisonae* So. 2*a* u. 2*b*) *Ammonites fallax* Ben.
3*a*—3*c*) *Rhynchonella bilobata* Ben.

gewissen Lias-, noch von den jüngeren Jurakalken unterscheiden lassen. Ueber ihre Zugehörigkeit zu dieser Formation und speciell zu den drei Abtheilungen derselben können nur die in ihnen vorfindlichen Versteinerungen entscheiden, die man desshalb besonders zu Rathe ziehen muss.

Für die untere Abtheilung, die sog. Garda-Kalke (am Cap St. Vigilio bei Garda am Gardasee sehr schön entwickelt) bringen wir vorstehende Zeichnungen (Fig. 38.) der charakteristischsten Arten zur Anschauung.

Die mittlere Stufe oder die Klausschichten sind gekennzeichnet durch Formen, von denen hier einige der verbreitetsten dargestellt sind. (Fig. 39.)

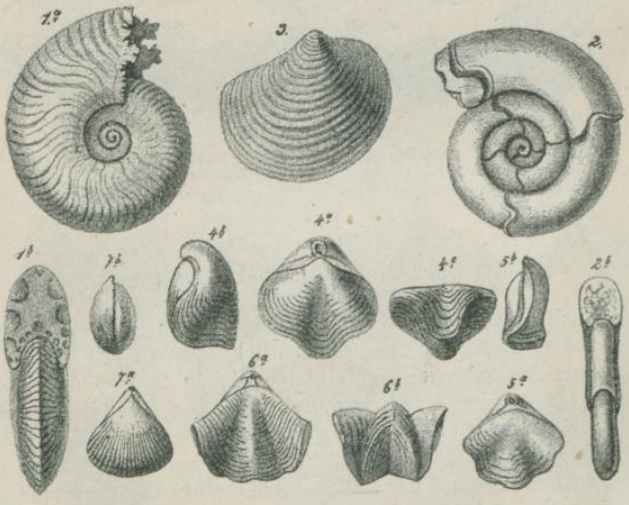


Fig. 39.

1a) u. 1c) *Ammonites subradiatus* So. 2) *Ammonites tripartitus* Rasp.
3) *Posidonomya alpina* Gras. 4) *Terebratula curviconcha* Opp.
5) *Terebratula bivallata* Desl. 6) *Terebratula sulcifrons* Ben.
7) *Rhynchonella subechinata* Opp.

Die obere Stufe oder Vilser Schichten endlich beherbergen sehr zahlreiche *Brachiopoden*, unter denen einige der wichtigsten hier abgebildet sind. (Fig. 40.)

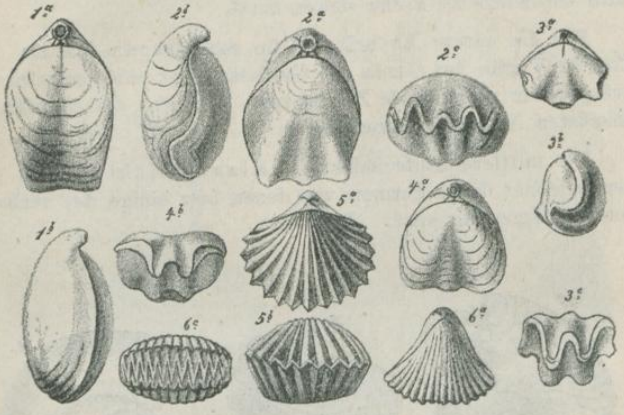


Fig. 40.

1) *Terebratula pala* Bu.
2) *Terebratula antiplecta* Bu.
3) *Terebratula vilsensis* Opp.
4) *Terebratula bifrons* Opp.
5) *Rhynchonella vilsensis* Opp.
6) *Rhynchonella trigona* Qu.

6) Jura- oder Malm-Formation.

Auch die Juragesteine pflegen in den Alpen relativ schwach vertreten zu sein; namentlich beschränken sich die älteren Abtheilungen auf einzelne Stellen und wenig mächtige Ablagerungen, und nur die jüngsten Glieder der sog. tithonischen Stufe (Aptychenschichten, Diphyen- und Klippenkalk) sind es, die sich in namhafter Weise an der Zusammensetzung der Kalkalpen betheiligen. Petrographisch wiederholen sich fast genau wie im alpinen Lias und Dogger auch im Jura röthliche, dünnbankige und weisse, sehr dichte Kalksteine neben mergeligen, oft hornsteinreichen Kalkschieferbildungen. Wir stellen zur Unterscheidung der einzelnen Jura-Stufen, wie sie oben S. 108 erwähnt wurden,

zuerst drei der bezeichnendsten *Ammoniten*-Arten in der folgenden Zeichnung zusammen:

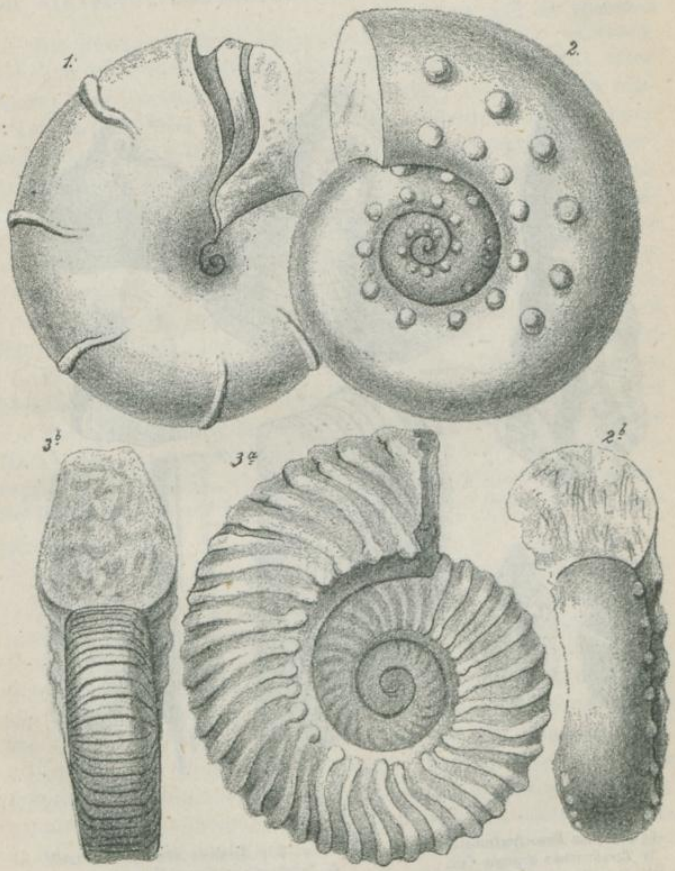


Fig. 41.

1) *Ammonites ptychoicus* Qu. für die Tithonstufe.
2*a*) u. 2*b*) *Ammonites acanthicus* Opp., für die sog. Acanticusschichten.
3*a*) u. 3*b*) *Ammonites transversarius* Qu., für die sog. Transversariusschichten.

Weiter sind dann die Abbildungen einiger der am allgemeinsten verbreiteten Versteinerungen, welche der in den Alpen am mächtigsten entwickelten tithonischen Jurastufe zukommen, in Fig. 42 beigefügt:

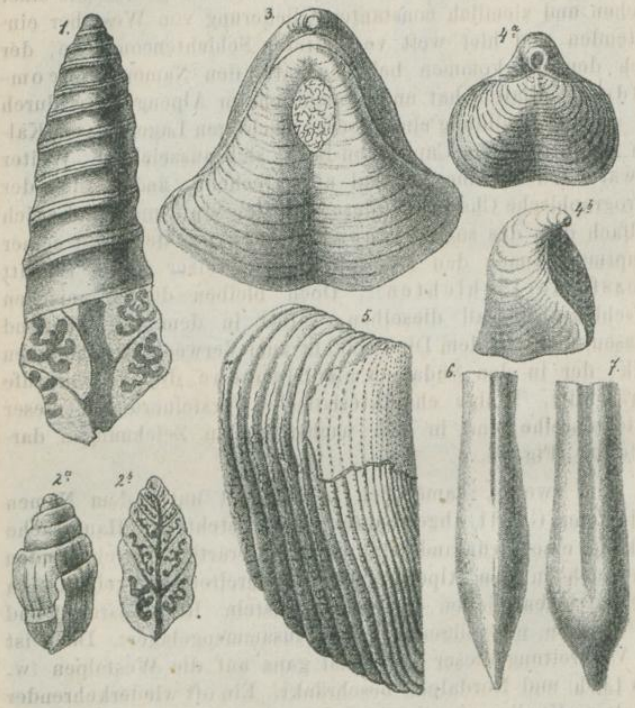


Fig. 42.

1) *Nerinea Bruntrutana* Thurm. 2a) u. 2b) *Nerinea Staszycii* Zeusch.
3) *Terebratula diphya* Col. 4) *Terebratula Bouei* Zeusch.
5) *Aptychus punctatus* Voltz. 6) *Belemnites ensifer* Opp.
7) *Belemnites tithonicus* Opp.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

7) Cretacische oder Procänformation.

Die cretacischen Ablagerungen in den Alpen beginnen mit dem aus Südfrankreich in das Hochgebirgsgebiet mit einer reichen und ziemlich constanten Gliederung von West her eintretenden und hier weit verbreiteten Schichtencomplexe, der nach dem Vorkommen bei Neuchatel den Namen Neocombildung erhalten hat und namentlich im Alpengebiete durch die starke Ausbildung einer oberen mächtigen Lage weissen Kalkes (Schratten- oder Caprotinen-Kalk) sich auszeichnet. Weiter ostwärts schon, vom Vilsthal an gerechnet, ändert sich der petrographische Charakter dieser ältesten Stufe und nähert sich vielfach dem des sog. Wiener Sandsteins, der sonst seiner Hauptmasse nach den Flysch der Schweizer Alpen vertritt (Rossfelder Schichten). Doch bleiben die organischen Einschlüsse überall dieselben, selbst in dem oft blendend weissen, dichten, dem Diphyenkalk zum Verwechseln ähnlichen Kalk, der in den Südalpen als Biancone die Neocomstufe repräsentirt. Einige charakteristische Versteinerungen dieser Schichtenreihe sind in den nachstehenden Zeichnungen dargestellt. (Fig. 43.)

Eine zweite, namentlich in England unter dem Namen Galt oder Gault abgetrennte Stufe besteht der Hauptsache nach aus einer Grünsandsteinbildung. Derartige Gesteine finden sich auch in den Alpen vielfach verbreitet und zeigen sich hier mit einem hellen, harten Sandstein (Riffsandstein) und mit dunklen, mergeligen Schiefern zusammengelagert. Doch ist die Verbreitung dieser Stufe fast ganz auf die Westalpen (w. vom Lech) und Nordalpen beschränkt. Ein oft wiederkehrender Gehalt an Knollen von thonigem Phosphorit ist bemerkenswerth. Unter den charakteristischen Versteinerungen sind etwa die in den folgenden Zeichnungen dargestellten besonders hervorzuheben. (Fig. 44.)

Von der oberen Abtheilung der cretacischen Formation ist in den Alpen eigentlich nur die mittlere Stufe durch ihre weitere Verbreitung wichtig. Der Vollständigkeit halber

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main



Fig. 43.

1) *Ammonites Astierianus* d'Orb. 2) *Crioceras Duvali* d'Orb. 3) *Aptychus Didayi* Coq.
4) *Belemnites dilatatus* Blv. 5) *Exogyra Couloni* Dub. 6) *Rhynchonella depressa* d'Orb.
7) *Caprotina ammonea* d'Orb. 8) *Caprotina Lonsdalei* So. 9) *Toxaster complanatus* Ag.
10*a*) u. 10*b*) *Orbitulites lenticulata* Lmk.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

erwähnen wir nur im Vorübergehen das Vorkommen der bisher in den Alpen wenig bekannten sog. untern Pläner- oder Cenomanschichten in Form eines zierliche kleine schüs-

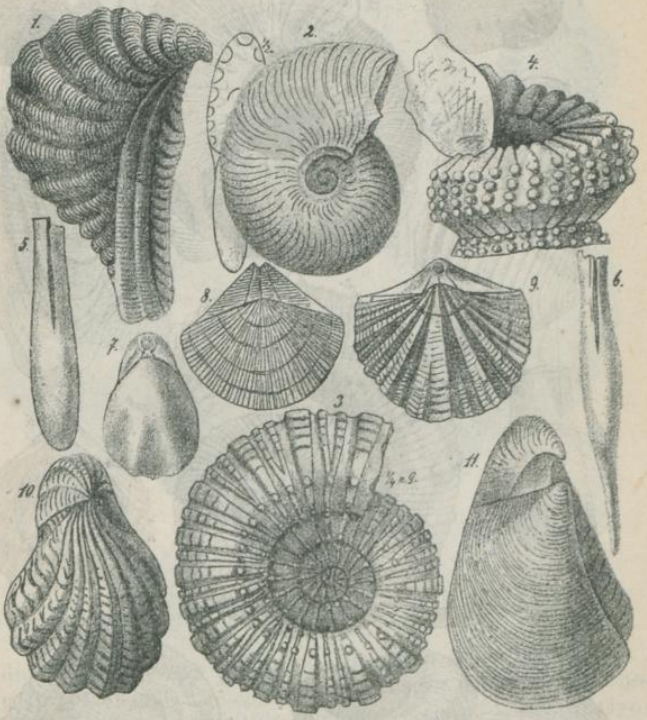


Fig. 44.

1) *Trigonia alaeformis* Sc.
2) *Ammonites Beudanti* Brgn.
3) *Ammonites mammillatus* Schloth.
4) *Turrilites Bergeri* Brgn.
5—6) *Belemnites minimus* List.
7) *Terebratula Dutempleana* d'Orb.
8) *Fissurirostra elegans* d'Orb.
9) *Terebratella Moreana* d'Orb.
10) *Inoceramus sulcatus* Park.
11) *Inoceramus concentricus* Park.

selförmige Foraminiferen (*Orbitulites*) führenden, rauhen Kalksandsteins (Orbitulitenschichten). Wir lenken durch die nachfolgenden Abbildungen (Fig. 45.) einiger kennzeichnenden Versteinerungen die Aufmerksamkeit auf diese in versteckten Win-

keln gewiss noch an vielen Orten zu entdeckenden Schichten, wie solche z. B. am Nordrande des Graswang-Thales bei Ammergau und in der Urschelau bei Ruhpolding auftauchen.

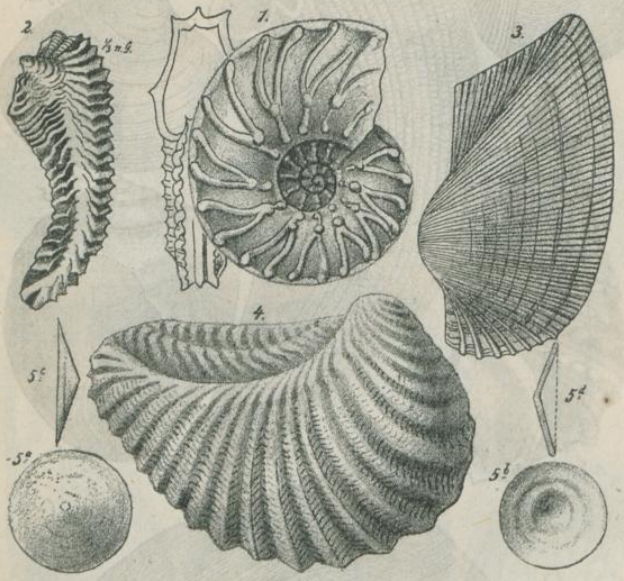


Fig. 45.

1) *Ammonites varians* So. 2) *Ostrea carinata* So.
3) *Arca carinata* So. 4) *Trigonia limbata* d'Orb.
5) *Orbitulites concava* Defr.

Dagegen nimmt die mittlere Stufe als sog. Gosauschichten — graue, meist weiche Mergelbildungen — und als sog. Hippuritenkalk — weisse, oder blassröthliche, breccienförmige Kalke, wie solche in den Brüchen am Untersberg anstehen —, die vielfach zusammenlagern und in mannichfachen Modificationen vorkommen, unter den alpinen obercretacischen Ablagerungen unbestritten die erste Stelle ein, scheint jedoch auf die Ostalpen beschränkt zu sein. Der Reichthum an Versteinerungen an der typischen Lokalität in der Gosau ist bekannt. Der Raum gestattet hier nur einige wenige der bezeichnendsten Arten abzubilden. (Fig. 46.)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

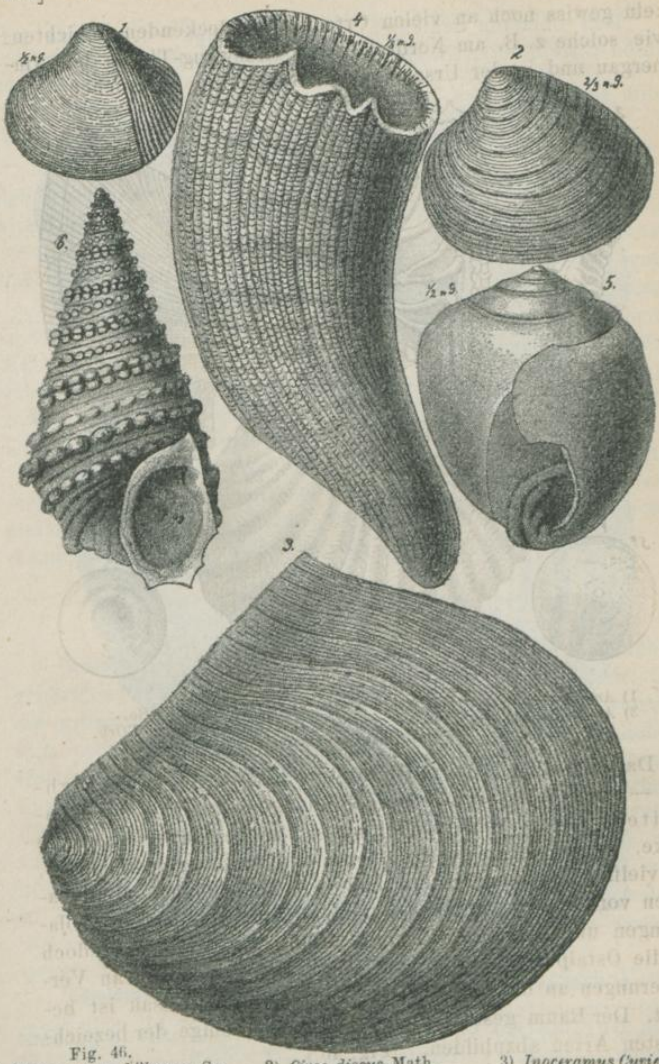


Fig. 46.
1) *Protocardium hillanum* So. 2) *Circe discus* Math. 3) *Inoceramus Cuvieri* So.
4) *Hippurites cornu vaccinum* Br. 5) *Acteonella gigantea* d'Orb. 6) *Omphalia Keferstein*i Mü.

Den obersten Schichten, die durch das Vorkommen der unten abgebildeten *Belemnitella* gekennzeichnet sind — daher

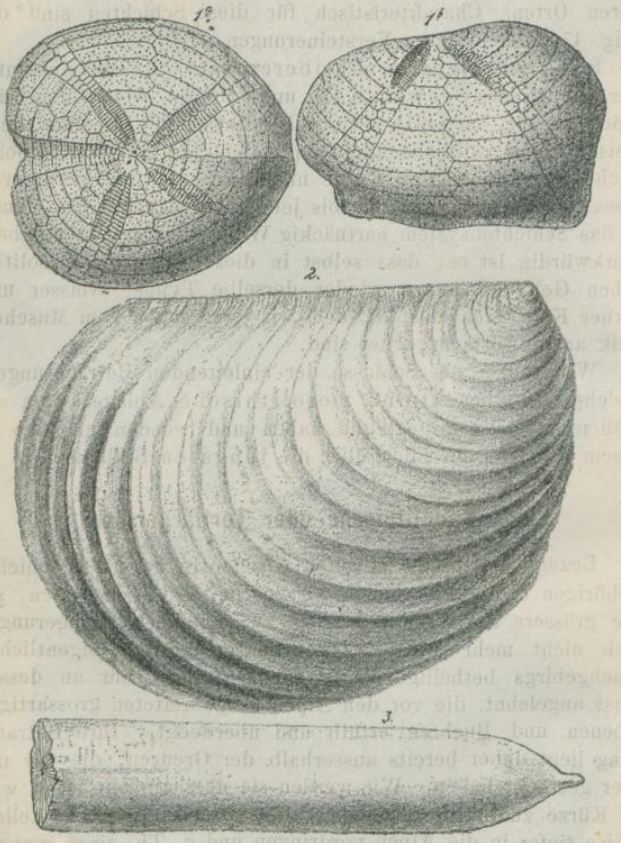


Fig. 47.
1) *Micraster cor anguinum* Lm. (halbe Grösse.)
2) *Inoceramus Cripsi* Mant. 3) *Belemnitella mucronata* Schloth.

auch Belemnitellen- oder Nierenthal-Schichten genannt werden — ist das geringste Maass der Verbreitung zugewiesen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Wir kennen die grauen oder röthlichen Mergel nur von wenigen Stellen, z. B. aus dem Patenauer Stollen am Kressenberg und aus dem Nierenthal am Hallthurm und von einigen wenigen anderen Orten. Charakteristisch für diese Schichten sind die (Fig. 47.) abgebildeten Versteinerungen.

In der Schweiz finden sich obercretacische Gesteine unter der Bezeichnung Seewen-Kalk und -Mergel, wie in den Südalpen als sog. Scaglia weit verbreitet sind. Es sind theils weisse, theils röthliche, dichte, dünnbankige, auf den Schichtflächen thonig-wulstige Kalke und graue Mergel, erfüllt von *Inoceramen*-Schalen, welche bis jetzt einer näheren Einreihung in das Schichtensystem hartnäckig Widerstand geleistet haben. Merkwürdig ist es, dass selbst in diesen jüngsten mesolithischen Gebilden immer wieder derselbe Typus, weisser und rother Kalk, sich einstellt, dem wir jetzt schon vom Muschelkalk an aufwärts begegnet sind.

Wir stehen am Schlusse der einleitenden Betrachtungen, welche wir über alpine mesolithische Ablagerungen anstellen zu müssen geglaubt haben und wenden uns nun zu einem kurzen Ueberblick über die jüngsten Bildungen.

IV. Känolithische oder Tertiärperiode.

Bezüglich der zum jüngsten Abschnitte der Erdgeschichte gehörigen Bildungen können wir uns um so kürzer fassen, als die grössere Anzahl der hierher zu zählenden Ablagerungen sich nicht mehr an der Zusammensetzung des eigentlichen Hochgebirgs betheiligt zeigt, sondern meist nur an dessen Fuss angelehnt, die vor den Alpen ausgebreiteten grossartigen Ebenen und Buchten erfüllt und überdeckt. Ihre Betrachtung liegt daher bereits ausserhalb der Grenzen, die wir uns hier gesteckt haben. Wir werden sie desshalb nur in so weit in Kürze zu berühren haben, als einzelne derselben stellenweise tiefer in die Alpen vordringen und z. Th. einen wesentlichen Antheil am Aufbau des Gebirgs nehmen.

Zur rascheren Orientirung stellen wir eine tabellarische Uebersicht über die verschiedenen Glieder dieser jüngsten der erdgeschichtlichen Perioden einer weiteren kurzen Erwähnung voraus.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Allgemeine Bezeichnung	Molassegebiet Schweiz, Südbaiern Westprovinz	Tegelgebiet Wiener Becken Ostprovinz	Südsubalpingebiet Südprovinz
	— *Oben:* —		
	I. Recente oder Novär-Formation. Gebilde der historischen Zeit, Ackererde, Flussablagerungen, Torf, Kalksinter, thätige Vulkane u. vulkanische Producte.		
	II. Quartär- oder Diluvial-Formation. 1) Löss- und Diluvialschlammgebilde. 2) Postglaciale Geröllablagerungen. 3) Glacialgebilde. Erratisches. Diluviale Braunkohle. 4) Vorglaciale Geröllablagerungen.		
	III. Tertiär-Formation. 1) Neogen-Stockwerk.		
1) Pliocänstufe	—	Belvedere-Schotter	Blaue u. gelbe Sande von Turin (Astien).
	Dinotheriumsand	Congeriensch. oder Inzersdorfer Tegel	Blaue Mergel von Turin (Messinien).
2) Miocänstufe	Obere Süsswassermolasse	Sarmatische Sch. oder Cerithien-Schichten	Blaue Mergel von Tortona (Tortonien).
	Obere Meeresmolasse und Schlier	Mediterranstufe, Leithakalk, Badener Tegel	Helvetische Sch.
		Horner Sch. Schlier	Schiosch., Grünsand v. Belluno (Langhien u. Ob. Aquitanien.).
	2) Paläogen-Stockwerk.		
3) Oligocänstufe	Untere brackische Molasse, Cyrenen-M.; Pechkohle.	Laibersdorfer Sand	Sotzka-Sch. (Unt. Aquitanien).
	Untere Meeres-Molasse.	Meletha?-Sch. v. Drasberg	Castel Gomberto-Sch. Sangonini-Sch. (Tongrien-Sch.)
	Flysch- und Häringer-Sch.	Wiener Sandstein z. Th. Kleinzeller Tegel	Macigno (Ligurien).
4) Eocänstufe	Reuter-Sch.; Sch. v. Ralligstock, Elendgraben	?	Priabona-Schichten.
	Kressenberger Sch.	Nummuliten-Sch. v. Mattsee	Ronca-Sch.
	Unter-Eocän, Sand v. Pilatus	?	Tuff von Spilecco. Cosina-Sch. z. Th.
	— *Unten.* —		

Die Tertiärgebilde stehen, wie schon bemerkt, mit dem älteren Gestein der Alpen dadurch in starkem Contrast, dass sie, einige Gebiete abgerechnet, sich an den Rand der Nebenzone halten und hier nur mässig hohe Vorberge zusammensetzen helfen. Ihre Hauptmassen aber lagern ausserhalb des Hochgebirges in den subalpinen Ebenen. Nur die älteren Ablagerungen der Tertiärzeit, Nummulitenschichten und Flysch, gewinnen in den Westalpen, namentlich in der Schweiz, grosse Bedeutung. Hier ist es, wo sie, mit älterem Gestein vielfach verflochten, fast bis zu derselben Höhe wie letztere, mit diesen selbst zu den Gipfelpunkten der Nebenzone empordringen. Auch die jüngeren Tertiärschichten, die sog. Molassengesteine, liefern in der Schweiz noch vielfach das Baumaterial des hohen Vorgebirges (z. B. des Rigi) und zugleich die Ausfüllungsmasse des bergigen Vorlandes bis zum Gegengebirge im Jura.

Während der Flysch ostwärts durch Vorarlberg und das Algäuer Gebirge noch in den Hochalpen selbst mächtig auftritt, zieht sich derselbe im Osten vom Grünten ganz zum Vorderrand zurück und beschränkt sich hier auf die langgestreckten, abgerundeten, von tiefen Einrissen durchfurchten Rücken des sog. hohen, wälder- und weidereichen Vorgebirges. Wir können den Zug der mergelreichen Flyschberge bis ins Wiener Gebiet verfolgen, wo sich das Gestein als sog. Wiener Sandstein im Wiener Wald ausbreitet und jenseits N. der Donau als sog. Karpathensandstein weiter in den Karpathen fortsetzt. Merkwürdigerweise fehlen am Südrande der Alpen die Flyschgesteine fast gänzlich und tauchen erst jenseits der Poebene in den Apenninen als sog. Macigno in grossartigster Entfaltung wieder auf. Ein Theil dieser Gebilde gehört, wie schon erwähnt, älteren Formationen an.

Das massenhafte Auftreten der sog. *Nummuliten* kennzeichnet die tiefsten Tertiärablagerungen, welche dem Flysch noch im Alter vorangehen und speciell Nummulitenschichten genannt werden. Es sind theils kalkige, theils mergelige, oft durch Glauconitkörnchen grünlich gefärbte Gesteine, von welch letzteren das berühmte Eisenerz vom Kressenberg nur eine Abänderung darstellt, während zu den kalkigen Lagen der sog. Neubeurer- oder Granitmarmor gehört. Solche Ablagerungen

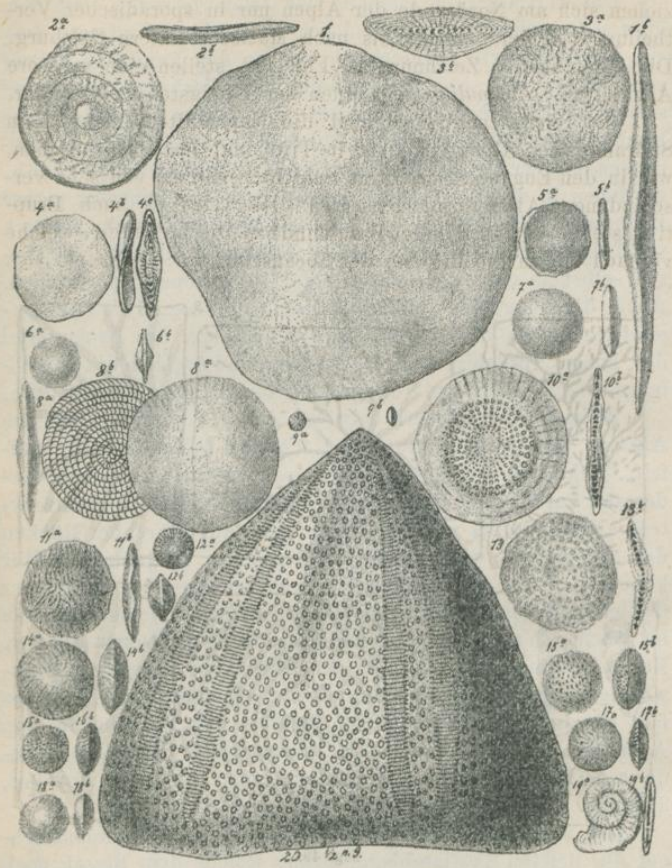


Fig. 48.

1—19 *Nummulina* und zwar:

1) *complanata* Lm. 2) *spira* de Roiss. 3) *perforata* d'Arch.
4) *intermedia* d'Arch. 5) *planulata* d'Orb. 6) *mammillata* d'Arch.
7) *Garansensis* J. et Leym. 8) *laevigata* Lm. 9) *variolaria* So.
10) *exponens* So. 11) *biaritzensis* d'Arch. 12) *Ramondi* Defr.
13) *granulosa* d'Arch. 14) *obesa* Leym. 15) *scabra* Lm.
16) *lucasana* Defr. 17) *striata* d'Orb. 18) *Tchihatcheffi* d'Arch.
19) *Murchisoni* Brun. 20) *Clypeaster conoideus* Gdf.

ziehen sich am Nordrande der Alpen nur in sporadischer Vertheilung von der Schweiz bis nach Mattsee, unfern Salzburg. Die vorstehenden Zeichnungen (Fig. 48.) stellen eine grössere Anzahl von *Nummuliten* und einen der häufigsten Seeigel dar.

Viel reicher gegliedert sind die Nummulitenschichten am Südrande der Alpen, wo sie in Tirol und im Vicentinischen, wie in den Euganeen, mächtige Schichtensysteme von sehr verschiedenem Alter zusammensetzen. Hier sind es auch Eruptivgesteine — hauptsächlich Basalt und basaltische Tuffe — welche vielfach mit in die Bildung der Eocänschichten eingreifen.

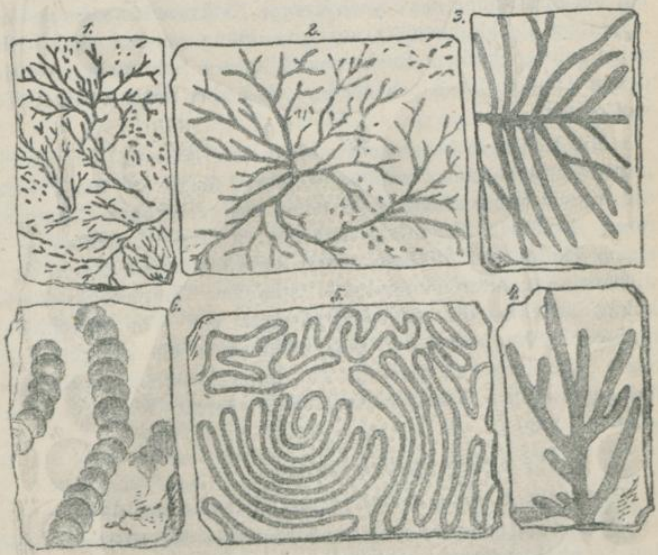


Fig. 49.

1) *Chondrites intricatus* Sternb. 2) *Chondrites Targionii* Sternb.
3) *Chondrites patulus* F. O. 4) *Chondrites inclinatus* Brgn.
5) *Helminthoidea labyrinthica* Heer.
6) *Muensteria annulata* Schaf. = *Taenidium Fischeri* Heer.

In einen auffallenden Gegensatz zu diesen ältesten tertiären Sedimenten treten die altoligocänen Flyschschichten, welche fast ausschliesslich aus grauen, oft zur Cement-

fabrikation brauchbaren, meist dünnblättrigen Mergelschiefern und kalkigen Sandsteinbänken, seltener mit Conglomeraten und Breccienzwischenlagen vergesellschaftet bestehen, und statt *Nummuliten* Meeresalgen in üppigster Fülle enthalten, wie solche die vorstehenden Zeichnungen (Fig. 49.) in einigen Arten darstellen, durch ihre mächtige Entwicklung am Rande der Alpen.

Im Innern der Alpen sehen wir nur einige wenige kleine Becken mit älteren Tertiärablagerungen erfüllt, wie z. B. jenes von Reit im Winkel mit obereocänem Nummulitensandstein und jenes im Innthale bei Kufstein (Häring), in welchem gleichzeitig mit der Entstehung des Flysch Mergel, Kalkconglomerate und ein mächtiges Pechkohlenflötz zur Ausbildung gelangt sind. Einzelne solcher kleinen Buchtenausfüllungen kehren in verschiedenen Theilen der Alpen wieder, sind aber noch wenig näher untersucht.

Mit Molasse bezeichnet man in der Schweiz den ganzen ungemein mächtigen Complex, welcher, jünger als der Flysch, aus grauen Sandsteinen, mehr oder weniger groben Conglomeraten (Molasse, Nagelfluh) und grauen Mergelschichten — in einem Theile von Südbaiern mit verschiedenen Flötzen einer dichten, der älteren Steinkohle ähnlichen Braunkohle (Pechkohle) besteht. Sie umfasst Bildungen von sehr verschieden tertiärem Alter, von der mitteloligocänen bis zur pliocänen Stufe. Darnach und nach der Art ihres Absatzes aus Meeres-, halbgesalzenem (brackischem) oder süssem Wasser unterscheidet man:

1) obere Süsswassermolasse,

2) obere Meeresmolasse und Muschelsandstein,

3) untere Süsswasser- und brackische Molasse, mit den Pechkohlenflötzen, auch Cyrenenschichten genannt,

4) untere Meeresmolasse.

Thierreste sind nicht gerade häufig, desto öfter Pflanzentheile, besonders Blätter, in der Molasse eingeschlossen. Die Bänke dieser Sandsteine und Conglomerate thürmen sich in der Schweiz und in den Algäuer Alpen noch zu sehr ansehnlichen Hochgebirgsrücken auf, setzen aber vorherrschend das

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

den Alpen vorgelagerte Bergland in der Schweiz bis zu den Jura-Alpengebirgen und in Baiern bis tief in die nur allmählich abfallende Hochebene zusammen. Dabei werden die Lagen ostwärts in ihrem Zug durch Baiern immer schmäler, gehen in weiche Sandlagen (Schlier) über und verlieren sich, ehe sie die Salzach erreichen, so zu sagen völlig. Dafür treten jenseits des oberösterreichischen Landrückens, des Hausruck-Gebirgs, weiche Sande, Mergel und Kalke (Schlier) ein, denen schliesslich in der Umgegend von Wien der Wiener Tegel, der Leitha-Kalk u. s. w. als Ablagerungen von gleichem Alter entsprechen. Am Ostende der Alpen sind es braunkohlenreiche tertiäre Ablagerungen, welche in zahlreichen Falten und Buchten des Hochgebirgs aus der ungarisch-steirischen Ebene vordringen und tief in die Alpen hineinreichen. Am Südrande vollzieht sich der Abfall des Hochgebirges ungemein rasch. Hier lehnen sich von Turin an meist jüngste Tertiärlagen an den Alpenfirst an und nur von dem Vicentinischen an ostwärts vermitteln Tertiärgebilde von mittlerem und jüngerem Alter den Abfall in die vorliegende Tiefebene. Wir beschränken uns hier auf diese wenigen Andeutungen, weil, wie schon erwähnt wurde, die jüngeren Tertiärgebilde meist schon ausserhalb des eigentlichen Hochgebirges liegen und demnach der Aufgabe, die uns hier in dem engeren Rahmen gestellt ist, entfallen.

Wie gross auch diese materielle Betheiligung der Tertiärzeit am Aufbau wenigstens der Alpenränder und der Vorländer sein mag, sie ist doch nur von untergeordneter Bedeutung gegenüber dem grossartigen Ereignisse, mit welchem die Tertiärzeit in die Gestaltungsverhältnisse des Hochgebirges eingegriffen hat. Die Hochgebirgsnatur unseres Gebirges ist ihr Werk; ihr verdankt es der Hauptsache nach die enorme Aufragung, durch welche dasselbe sich in so majestätischer Weise über seine Nachbargebirge kühn bis zu den Wolken erhebt; durch sie erhielt es jene tief einschneidende Umgestaltung seines ursprünglichen Gesteinmaterials, welche dem jetzt ausgeprägten grotesken Relief wesentlich zu Grunde liegt. Denn in die jüngere Tertiärzeit fällt die Hauptverschiebung jenes Rindentheils der Erde, welche eben unsere Alpengebirge aus-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

macht und zwar, wie aus dem Maximum der Bewegung im innersten, centralen Theil der Hauptkette und aus der nach aussen successiv abnehmenden und sich abschwächenden Verrückung unzweideutig hervorzugehen scheint, durch eine centrale Pressung, die seitlich nach aussen hin in mehr horizontaler Richtung wirkte, dort das höchste Maass der vertikalen Verschiebung durch den centralen Aufbruch der sich vielfach fächerförmig nach aussen aufblätternden Schichten, hier gegen die Ränder hin durch Zusammenfaltung und seitliche Ueberschiebungen der älteren Gesteinslagen über die jüngeren sich zu erkennen gibt. Dass dies nicht gleichmässig nach beiden Randzonen hin stattfand, liegt einestheils in den Massen des dem Seitenschub Widerstand leistenden Gebirges, und hängt anderntheils ab von der Beschaffenheit des tiefsten Untergrundes, die hier die Bewegung hemmte, ablenkte, abschwächte, dort ihr Vorschub leistete und sie begünstigte. Man muss sich diese Vorgänge auf rein mechanische Verhältnisse zurückgeführt denken, deren Momente wir aber nur nach dem Effecte annähernd errathen können.

Noch sind die stellenweise 3000 und mehr Meter mächtigen oberoligocänen Molasseschichten, welche in ihrer Lagerung der ganzen Quere nach durch den Kohlenbergbau in Miesbach aufs Klarste aufgeschlossen sind, zum Beweis der relativ erst in jüngerer Zeit eingetretenen Verschiebung in den Alpen, wie die Blätter eines seitlich zusammengepressten Buches gebogen, gewunden, in sich selbst zusammengefalten und übergebogen, so dass mehrfach die älteren Schichten über den jüngeren lagern, wie es auch in den Alpen selbst bei den älteren Gesteinslagen fast vorherrschend der Fall ist. Aber die Faltungen nehmen rasch nach aussen, entfernter vom Gebirgsrande, in der obern Süsswassermolasse an Stärke ab und verschwinden endlich am Fusse der schwäbischen oder fränkischen Alb, am Abhange des baierischen Waldes oder im Wiener Becken nach und nach spurlos, so dass hier, entfernt vom Hochgebirge, die am Rande der Alpen noch gewaltsam bewegten und zusammengefalteten Schichten in den gleichalterigen Lagen horizontal und unverrückt auf ihrer ursprünglichen Unterlage ruhen. Wir sprechen diese Verhältnisse als Beweis dafür an, dass die Pressung nicht von aussen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

gegen die Alpen gerichtet gewesen sein kann, sondern aus dem Innersten des Hochgebirges heraus wirkte. Man denkt sich häufig diese gewaltigen Verrückungen mit vulkanischen Erscheinungen und der Bildung von Eruptivgestein im Zusammenhang. Nichts ist für das Alpengebiet irriger, als eine solche Vorstellung. Denn von Eruptionen aus der Tertiärzeit sind nur kleinste Theile der Alpen und auch diese nicht in sehr ausgedehntem Maasse betroffen worden. Dahin gehören die schon erwähnten basaltischen Ergüsse im Venetianischen, die bis gegen Roveredo und den Fuss des Mte Baldo reichen, ihren Hauptherd aber fern ab vom Alpenrande in den Euganeeischen Bergen aufgeschlagen haben. Ebensowenig geben sich bei den mannichfachen Eruptivgebilden, Trachyten, Propyliten, Andesiten oder Rhyolithen, die in Ungarn in so grossartiger Weise auftauchen und bis an das ungarisch-steierische Hochgebirge ausstrahlen, irgend wesentliche Einflüsse auf die Gestaltung unserer Alpen zu erkennen.

Noch stehen wir aber, trotz der über alle menschliche Vorstellung hinausreichenden gigantischen Umformung des Alpenmassivs, am Schlusse der eigentlichen Tertiärformation und bei Beginn der diluvialen Zeit, vor einem Gebirgsbilde ganz anderer Art, als es uns die Alpen in ihrer gegenwärtigen Gestaltung vor Augen stellen. Das Hochgebirge war damals noch ganz, so zu sagen unverritzt, wenig gespalten, noch von nur spärlichen, wenig tiefen Mulden durchzogen, und die ihm vorliegenden Tiefländer noch nicht erfüllt mit jenem unermesslichen Schutt und Schlamm, für welche die Nachbarberge erst das Material zu liefern hatten. Diese Arbeit der Ausnagung der Alpen und der Auffüllung des Tieflandes war der quartären oder diluvialen Zeit vorbehalten. Die weitere Ausschmückung des Hochgebirges mit zahllosen Felsengebilden, mit wildzackigen Steinkämmen, mit Schneiden, Spitzen, Hörnern und Nadeln, wie sie jetzt in unerschöpflicher Formenfülle die Berggipfel krönen und über die Gehänge ausgesäet sind, und daneben mit wilden Gräben, Rinnen und Furchen, die dem Wasser seine ersten Bahnen vorzeichnen, mit Felsklammen und Schluchten, die selbst in das festeste Gestein sich vertiefen und endlich mit breiten Thalungen und

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

weiten Furten, durch welche die Bäche und Flüsse den Ebenen zueilen, mit dem ganzen Relief, das in seinem Contrast, in Höhen und Tiefen den unwiderstehlichen Reiz der Alpennatur in uns weckt, dieses ganze grosse Werk ist wesentlich Erfolg diluvialer Thätigkeit!

In unserem Gebiete waren zu dieser Zeit keine Meeresfluthen mehr an dieser riesigen Arbeit betheiligt, Alles verrichteten Ansammlungen von ungesalzenem Wasser und fluthendes Gewässer, denen sich als besonders kräftiger Genosse das Eis beigesellte. Daher nennen wir auch einen der wirksamsten Abschnitte der unendlich lang dauernden Diluvialzeit geradezu die Eiszeit und ihre Bildungen die glacialen oder erratischen. Damals hausten in unseren Gegenden jetzt längst verscheuchte, selbst ausgestorbene Thiere, das Mammuth *(Elephas primigenius)*, das wollhaarige Nashorn *(Rhinoceros tichorhinus)*, der Urochs *(Bos primigenius)*, der Riesenhirsch *(Cervus eurycerus)*, das Rennthier, der Höhlenbär, der Höhlenlöwe, die Höhlenhyäne neben Gemse, Steinbock, Murmelthier, Dachs, Wildkatze, Pferd, und selbst der Mensch hatte sich, wie uns die Erfunde bei Schussenried lehren, bereits am Rande der bis in die Ebene vorgedrungenen Gletscher eine Wohnstätte zurechtgerichtet. Erst später lernte er sich auf Pfählen im See sein Haus bauen (Pfahlbau).

Die diluviale Thätigkeit begann zuerst mit der Ausnagung des Hochgebirges und Aufschüttung des so gewonnenen, abgerollten Materials in den Ebenen als wohlgeschichtetes Geröll (vorglacialer Schutt, diluviale Nagelfluh). Erst nach dieser Zeit trat die Mitwirkung des Gletschereises hinzu und der so vereinigten Thätigkeit entstammen die Gebilde, die man als glaciale zusammenfasst. Es sind gleichfalls Geröllanschüttungen, aber von jenen zuerst genannten ausgezeichnet und leicht kenntlich einmal an der wirren, unregelmässigen Lagerung, die der jetzt an den Moränen wahrzunehmenden bunten Vermengung von grossen und kleinen Geschieben mit Lehm, Sand und feinem Detritus gleichkömmt, dann an der eigenthümlichen Kritzung der Gerölle, welche durch das Fortschieben des Gletschereises bewirkt wurde und endlich an der Beimengung oder Auflagerung scharfkantiger Urgebirgsblöcke,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

welche ohne Rollung auf dem Rücken der Gletscher, wohlbehalten, wie sie von den Felsen auf das Eis fielen, bis in die weiteste Ferne hinausgetragen wurden — Findlinge, erratische Blöcke.

Als weiteres Wahrzeichen der einst bis weit über den Rand des Hochgebirges vorgedrungenen Gletscher der Eiszeit ist an die früher schon erwähnten Gletscherschliffe an Felsen, zu welchen heutzutage das Gletschereis nicht mehr vorzudringen vermag, und die Rundhöckelform der von alten Gletschern abgeschliffenen Berge zu erinnern. Auch gehören hierher die alten Moränen, Gletschermühlen u. s. w.

Hierbei muss auch der sog. Löss erwähnt werden, ein brauner, kaum geschichteter, vertikal sich abblätternder Lehm mit Kalkknollen und Landschnecken, dessen Entstehung und Ausbreitung der Hauptsache nach auf den Gletscherschlamm und das Gletscherwasser der Eiszeit zurückzuführen sind.

Ein nicht unwesentlicher Antheil an einer der eigenthümlichsten Erscheinungen unserer Alpenwelt — den so zahlreichen Alpenseen — fällt gleichfalls der enormen Ausdehnung des Gletschereises zur Diluvialzeit über tiefe Einschnitte zu, wodurch letztere vor der Ausfüllung und Einebnung mit Schutt und Geröll geschützt wurden und nach eingetretenem Rückzug der Gletscher zur Ansammlung grosser Wassermassen dienten.

Aber auch nach Eintritt der Schmelze dieser grossartigen Eismassen dauerten die Abnagung im Alpengebiete und die Ablagerungen von Schutt und Geröll fort. Zum Unterschied von den ähnlichen älteren Anhäufungen glacialen Ursprungs erweisen sich diese jüngsten diluvialen Schuttmassen wieder, wie die ältesten, wohlgeschichtet und lassen jene gekritzten oder gestreiften Gerölle vermissen, die das Charakteristische der älteren erratischen Bildung sind.

So schieden sich in den Alpen immer schärfer Berg und Thal; jene wurden gleichsam, d. h. relativ, höher, diese tiefer, sofern letztere nicht wieder durch neue Schuttmassen aufgefüllt wurden, wodurch gleichsam wieder eine Art von Gleichgewicht zwischen beiden sich herstellte. Auch zahlreiche

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

seeartige Tümpel wurden wieder vom Geröll eingeebnet oder durch das Uebergangsstadium von Versumpfungen und Torfbildungen in Filze und Moore verwandelt.

Unter solchen ununterbrochen fortdauernden Thätigkeiten geht die diluviale Zeit ohne scharfe Scheidung in die Neuzeit mit ihren auch vor unsern Augen sich vollziehenden geologischen Vorgängen über, welche nicht minder wichtig als jene der frühen Entwickelungsperiode der Erde, doch weniger auffällig erscheinen, weil sie in ihren Ursachen und Wirkungen leichter zu beurtheilen sind. Ich erinnere nur an das wichtigste Product dieses recenten Zeitabschnittes der Erdgeschichte, an die Bildung der Vegetationserde, der Krume, der Allmutter Erde, ohne welche weder das Pflanzen- noch das Thierreich in seiner jetzigen Verfassung möglich wäre. Doch diese Gebilde sprechen für sich selbst deutlich genug, wir dürfen ihre nähere Betrachtung desshalb dem Leser ohne weitere Erläuterung überlassen.

V. Besonderheiten bei den geologischen Beobachtungen in den Alpen.

Die geologischen Eigenthümlichkeiten, welche wir hauptsächlich nach drei Richtungen in der Steinwelt unseres Alpengebirges kennen gelernt haben, nämlich ihre von den gleichalterigen ausseralpinen Felsbildungen verschiedene Entwickelung, dann die gewaltigen Zusammenfaltungen und Verrückungen ihrer Gesteinsschichten und endlich das Abweichende, welches in den organischen Ueberresten — Versteinerungen — sich geltend macht, lassen es von vornherein als zweckdienlich und im Interesse eines ergiebigen und nützlichen Erfolgs der anzustellenden geologischen Beobachtungen wünschenswerth erscheinen, in der Art und bei dem Gange solcher Untersuchungen innerhalb der Alpen gewisse Modificationen gegenüber der sonst und allgemein üblichen Methode näher zu bezeichnen und zu empfehlen. Wir können hierbei selbstverständlich

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

nicht auf alle Einzelnheiten die Aufmerksamkeit lenken, müssen uns vielmehr darauf beschränken, das hervorzuheben, was besonders geeignet erscheint, derartigen Beobachtungen des Alpenwanderers mehr als den Werth bloss einer persönlichen Erinnerung gewidmeter Tagebuchbemerkungen zu verleihen und ihnen einigen wissenschaftlichen Werth zu sichern. Der Kürze halber werden wir hierbei z. Th. in Frageform auf die Beachtung besonders zu empfehlender Verhältnisse die Blicke zu richten suchen.

Unter Hinweis auf einen frühern Abschnitt dieser Anleitung wiederholen wir kurz das, was allen derartigen Beobachtungen, ob sie in- oder ausserhalb der Alpen angestellt werden, als gemeinsame Arbeit zugewiesen ist. Dahin gehört die Feststellung der Gesteinsausbildung und Beschaffenheit —, ob Schicht- oder Massengestein, ob Kalk- oder Sandstein, Dolomit oder Mergel, Gneiss oder Granit u. s. w. — die Ermittelung der Mineralzusammensetzung besonders der Massengesteine, der zufällig vorkommenden Beimengungen und Ausscheidungen von Mineralien, der Erzführung der Gänge und der Art der Anordnung dieser Mineralien auf dem Gangraume in Drusen oder auf den Klüften, das Auffinden besonders interessanter oder nutzbarer Mineralien. Dazu kommt das Bestimmen des Streichens und Fallens der Schichten, Gänge und Klüfte, der Mächtigkeit gewisser selbständiger Gesteinslagen und ihrer Begrenzung oder Verbreitung an der Oberfläche; weiter die Feststellung der Schichtenaufeinanderfolge, ihrer gleichförmigen oder ungleichförmigen Stellung zu einander, ihres Verhaltens zu den Massengesteinen an der Begrenzung (Contacterscheinungen) oder der Beziehungen der Massengesteine zu einander selbst. Ferner bleibt es hier, wie ausserhalb der Alpen, eine Hauptaufgabe, den Versteinerungen und der Art ihrer Verbreitung in verschiedenen Schichten die grösste Aufmerksamkeit zu widmen, um mit genauer Beachtung ihrer Artenverschiedenheit oder Uebereinstimmung in den einzelnen übereinanderliegenden, sie umschliessenden Gesteinslagen, ihre Altersverhältnisse und ihre Zugehörigkeit zu einer oder der anderen Formation daraus zu erkennen. Wir können dann als eine weitere Aufgabe

die Untersuchung der Veränderungen der Gesteine an der Oberfläche durch Verwitterung, über die Bildung der Pflanzenerde (Krume), der Zerklüftung, Zerspaltung und Absonderung (Säulen, Platten); der Einwirkung des Nebengesteins, der vulkanischen Thätigkeit, oder der Durchtränkung mit Wasser (Pseudomorphose und Metamorphose) bezeichnen. Daran reihen sich die Beobachtungen über örtliche Veränderungen in der Gesteinslage, über Hebungen, Senkungen, Verwerfungen, Unterwaschungen, Abrutschungen und Ueberkippungen. Endlich wird unsere Aufmerksamkeit auch auf die besondere Art der Oberflächengestaltung, namentlich der Bergformen, Thalrichtungen, Satteleintiefungen, Seebildungen, Gletscherwirkungen im geologischen Sinne, auf einfache und mineralische Quellen, deren Exhalationen und Absätze, auf Höhlen und deren Inhalt, auf Torf und Schuttablagerungen zu richten sein.

Es sei hier Gelegenheit genommen, noch einmal an das, was über die Art der Aufsammlung von Belegstücken und der Aufzeichnung der gemachten Beobachtungen früher angeführt wurde, zu erinnern.

Endlich möchte nicht eindringlich genug zu empfehlen sein, sich nicht durch kühne Theorien, die ja gerade in der Geologie so verlockend auf uns einstürmen, und bei der Grossartigkeit der Alpenwelt sich uns mit um so unabweisbarerer Gewalt aufzudrängen drohen, von dem geraden Wege der nüchternen Beobachtung ablenken zu lassen und sich nicht in das so oft täuschende schrankenlose Reich der Phantasien zu verirren, in welchem kühn Erdachtes und Geträumtes an Stelle einfacher Thatsachen gesetzt und angegeben wird. Vorurtheilsfrei, von allen vorgefassten Meinungen unabhängig nach dem wahren Thatsächlichen zu forschen, und die Natur mit klaren Augen offen anzusehen, sie mit einfachem Verstande aufzufassen und die sich darstellenden Verhältnisse mit nüchterner Kritik zu deuten, muss das Ziel jeder guten Beobachtung sein.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

I. Urgebirgsgebiete.

In den Alpen bilden die Urgebirgsgesteine, die sog. krystallinischen Schiefer — Gneiss, Glimmerschiefer, Phyllit — und krystallinischen Massengesteine aus der Gruppe des Granits die centralsten Theile des ganzen Gebirgs und bieten der Forschung mehr durch die Unzugänglichkeit der aus ihnen zusammengesetzten Ketten, als durch abweichende Beschaffenheit und besondere Verhältnisse Schwierigkeiten dar.

1) Bei den krystallinischen Schieferarten, vom Gneiss bis zum Phyllit, dürfte die Aufmerksamkeit in erster Linie auf die Lagerungsordnung zu richten sein, nämlich darauf, ob der Gneiss als die eigentliche Grundlage des Ganzen, als das wirklich älteste, uns bekannte Glied der Centralkette (daher Centralgneiss genannt) sich erweist, an welches sich der Reihe nach auswärts der Glimmerschiefer und dann der Phyllit an- und auflegt. Ob dabei diese Schiefer eine fächerförmige, oder aufgebrochene gewölbeförmige und eine sog. C-förmig gekrümmte Schichtenstellung besitzen — erscheint besonders beachtenswerth. Es ist, um Irrthümer zu vermeiden, daran zu erinnern, dass gneissähnliche Gesteine — der sog. Phyllit- oder Sericitgneiss, z. Th. auch der Casanna-Schiefer und Roflagneiss — nicht diesem centralen Gneisssystem angehören, sondern als Zwischenlagen in jüngerem, hauptsächlich in Phyllit-Schiefer auftreten.

Als dem ältern Gneiss bei- und untergeordnete Glieder erscheinen da und dort hornblendereiche Schiefer, Hornblende-Gneiss, Hornblendeschiefer, Dioritschiefer, Eklogit (Saualpe, im Veltlin, am Allalingletscher), Serpentin und körniger Kalk. Fehlt in den Alpen (die Gegend von Meran etwa ausgenommen) der sonst gewöhnlich in Gneissgebirgen mit vorkommende Granulit gänzlich? Es nehmen ferner auch Massengesteine am Aufbau des Centralstockes theil — Granit, Syenit, Diorit, Tonalit, Porphyr theils in unzweideutigen Lagern zwischen dem Gneiss eingebettet (Lagergesteine), theils in Stöcken und Gängen, wobei diekrystallinischen Schiefer quer durchsetzt werden. Das Constatiren dieser Verhältnisse des Auftretens der Massengesteine ist von grossem wissenschaftlichem Werthe.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Als ein lehrreiches Beispiel eines Durchschnittes durch den Centralstock der Alpen sei hier die Gruppe des Mt. Blanc gewählt (Fig. 50). In den westlichen Alpen (Mt. Blanc, Aiguilles rouges, Grimsel, Gotthard) macht eine eigenthümliche Modification, der sog. Protogingneiss und Protogingranit (Alpengranit), die Kernmasse der höchsten Gebirgstheile aus. Beide scheinen constant in dem Verhältniss von Schichtgestein und eingeschlossenen Lagern zu stehen. Oder durchbricht der Protogin-

Durchschnitt durch den Centralstock der Alpen und die krystallinischen Felsarten.

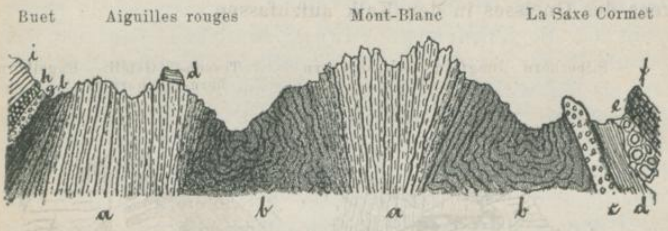


Fig. 50.

a) Protogin-Gneiss und -Granit.
b) Krystallinische Schiefer.
c) Phyllit-Gneiss.
d) Carbonschichten.
e) Gyps.
f) Obere Kohlenführende Schichten.
g) Verrucano.
h) Dolomit.
i) Schwarzer Kalk.

granit an irgend einer Stelle unzweideutig den Gneiss? Mehr gegen die Mitte der Alpenkette wurden jüngst im Ortler-Stock höchst merkwürdige Ganggesteine entdeckt, die den jüngsten Eruptivfelsarten sehr ähnlich sind, aber für Glieder des Urgebirgs gelten — der sog. Palaeo-Andesit, Ortlerit und Suldenit. Diese Felsarten verdienen bei dem häufigen Besuch der Ortlergruppe eine besondere Beachtung.

An der Grenze des Gneissgebietes gegen den jüngeren Kalk machen sich oft sehr auffallende Verhältnisse der Ueberschiebung des Gneisses über den Kalk, eines gangähnlichen Ineinandergreifens beider Gebirgsarten und des scheinbar isolirten Auftretens von Schollen der einen Felsmasse und der anderen bemerkbar. Solche Erscheinungen sind besonders grossartig in den Berner Alpen (Mettenberg, Laubstock, Pfaffenkopf, Jungfrau, Gstellihorn etc.) zu sehen (vergl. Fig. 51). Weil hierbei

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

der Gneiss oft meilenweit über das Kalkgebirge vorgeschoben ist, zeigt sich die dort ganz unerwartete Erscheinung, dass an der Jungfrau, am Mönch u. s. w. in umgekehrter Ordnung der Sockel der Gebirge aus jüngerem Kalk besteht, während die Gipfel von älteren Gneissschichten gekrönt sind. Vielfach ist der Kalk längs der Contactgrenze in weiss- und buntfarbige Marmore durch Druck und Reibung metamorphosirt. Denn alle diese allerdings sehr auffallende Erscheinungen lassen sich einfach auf mannichfache gegenseitige Ueberschiebungen und Verrückungen zurückführen und sind nicht als Folgen gangförmigen Eindringens des Gneisses in den Kalk aufzufassen.

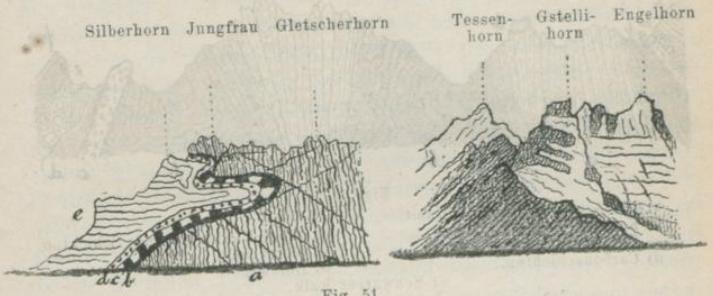


Fig. 51.

a) Gneiss; *b*) dolomitischer Kalk; *c*) Quarzit; *d*) Eisenoolith; *e*) Jurakalk.

Die dunkeln Partien stellen den Gneiss, die hellen den Kalk vor.

Von gleichförmigen Einlagerungen im Gneissgebiete ist jene von körnigem Kalk (Statuen-Marmor), besonders die Verknüpfung des letzteren mit Serpentin (Ophicalcit) nicht selten in den Alpen zu beobachten. Es wird in letzterem Falle wohl der näheren Untersuchung werth sein, ob auch hier jene eigenthümliche Vertheilung von Serpentin und Kalk wiederkehrt, welche man als Spuren organischer Einschlüsse (*Eozoon* s. S. 93) gedeutet hat; es soll eine solche thatsächlich im Gebiet der Jungfrau zu finden sein.

Bei Granit fallen zunächst mannichfache Färbungen und Texturverhältnisse ins Auge. Weit vorwaltend ist der Granit grau gefärbt; durch gewisse Beimengungen — Hornblende und

Titanit oder Onkesin — gehen diese grauen Töne ins Grünliche über (Syenitgranit, Arkesingranit).

Auch Chlorit und Turmalin, Granat, Eisenglanz, Pistacit, Augit, Apatit oder Flussspath zeigen sich da oder dort als Beimengungen im Granit. Grünliche Varietäten gewinnen in den Westalpen grosse Verbreitung (z. B. am Albula, Julier, im Engadin etc.), abgesehen von dem schon früher erwähnten Protogin; rothe sind selten (Lugano, Baveno, Pontresina); noch seltener blauliche Farbentöne (Trafoi). Durch Augiteinmengungen zeichnet sich der Granit des Julier und der Syenit vom Monzonigebirge aus. Das granitreiche Gebiet von Baveno beherbergt auch merkwürdige poröse und blasige Varietäten und nicht selten neben den eigenthümlichen Orthoklas-Zwillingskrystallen Quarz mit Flüssigkeitseinschlüssen. Im Adamellostock vertritt der Tonalit (Hornblende — Plagioklasgranit) die Stelle des Granits. Durch Ausscheidungen grösserer Feldspathkrystalle bildet sich manchmal jene Varietät, die man porphyrartig nennt, heraus. Bei Beobachtungen in Granitgebieten ist das Augenmerk übrigens am meisten darauf zu richten, ob derselbe mit dem anschliessenden Schiefergestein, namentlich Gneiss, gleichförmig zusammenlagert, also als Lagergestein ein Glied der Formation ausmacht, oder ob er als gang- und stockförmige Eruptivmasse selbständig auftritt. Man kennt in den Alpen auch ältere und jüngere Granite, die sich gegenseitig gangförmig durchsetzen. Bei eruptiven Granitmassen untersuche man die angrenzende Schieferzone, ob sich in derselben Veränderungen nachweisen lassen, dann, in welcher Art und in welcher Entfernung von der Grenze solche Einflüsse sich bemerkbar machen (Contactmetamorphose — Fleck-, Fruchtschiefer, Cornubianite, Hornfels, Porphyroide etc.). Auch der anliegende oder durchbrochene Kalk zeigt sich zuweilen in körnige Abänderungen umgebildet, und die Graniträndер selbst tragen zuweilen die Spuren von Texturänderungen an sich (Uebergänge ins Dichte). Aehnliche Beobachtungen, wie sie hier bei dem Granit aufgeführt sind, lassen sich nun an allen granitähnlichen Massengesteinen anstellen.

Ueber die Entstehung dieser verschiedenartigen Urgebirgsfelsarten, namentlich des Gneisses, als Hauptreprä-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

sentanten derselben, herrschen bekanntlich verschiedene Meinungen; sie gelten dem Einen als erste Erstarrungsmassen der Erdoberfläche, dem Andern als im Ganzen umgeänderte Schiefergesteine (metamorphosirte Bildungen). Wahrscheinlich richtiger ist jedoch die Ansicht, welche ihre Entstehung nach Analogie der Sedimentbildung von einer Ausscheidung in einem ersten Stadium der Erdbildung aus wässeriger Hülle unter Einfluss von Druck und Wärme, und von einer weiteren Umbildung (Diagenese) der amorphen Ausscheidung in einzelne krystallinische Bestandtheile oder Mineralien ableitet.

Was den Granit anbelangt, so ist dessen zweifache Natur als Lagergestein und eruptive Gangmasse durch vielfache Beobachtungen ausser Zweifel gestellt. Man muss daher wohl annehmen, dass ein Theil desselben als massig entwickeltes Gneissmaterial anzusehen sei, während ein anderer Theil das gleiche Magma, aber durch eruptive Thätigkeit in besondere Form und Ausbildung gebracht darstellt. Es ist wichtig, dass man sich dieser noch offenen Frage bei Beobachtungen in Urgebirgsgebieten erinnert, um Thatsachen zu Gunsten der einen oder der andern Annahme zu sammeln. Beachtenswerth in dieser Richtung ist besonders, ob die Gesteinsbeschaffenheit immer genau mit der wahren Schichtung des Gneisses harmonirt, d. h. ob beide sich decken.

2) Ueber dem älteren Gneiss stellt sich in der Regel eine Stufe von krystallinischen Schiefern ein, deren Hauptgestein der Glimmerschiefer ausmacht. In den Alpen lehnt sich in Folge des inneren Aufbruchs die Glimmerschieferzone zunächst nach auswärts an das Gneisscentrum an. Doch ist diese zweite Stufe im Ganzen selten vollständig, oft gar nicht, entwickelt. Für sie treten strichweise Chlorit-, Hornblende-, Diorit- und Talkschiefer ein (Facies). Vielleicht muss auch ein Theil der sog. grünen Schiefer (Savoyer, lombardische Alpen, Mt. Blanc) als Stellvertreter dieser Stufe angesehen werden. Das umstehende Profil zeigt einen solchen Anschluss der Glimmerschieferhülle an den Centralgneiss im Gebiete des Grossglockner und Venediger. (Fig. 52.)

In den mittleren und östlichen Alpen sind die hierhergehörigen Gesteine fast durchgehends kalkhaltig (Kalkglimmerschiefer, —

Tauernkette, Drauthal, Kapruner-, Kalser-, Fuscher Thal, Pfitschthal, Mt. Cenis, Mt. Blanc). Liebhaber von Mineralien mögen auf die häufigen Einschlüsse schöner Granaten (Airolo, Premia, S. Simplon, Ziller-, Passeyerthal, Pfunders (grün), Kowald in Steiermark),

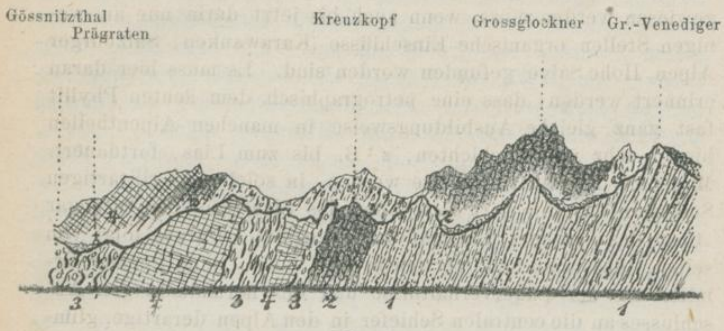


Fig. 52.

1) Centralgneiss. 2) Glimmerschiefer.
3) Kalkglimmerschiefer. 4) Chloritschiefer.

von Cyanit, Staurolith, Andalusit und Turmalin (St. Gotthard, Zillerthal) und blassgrüne Smaragde (Habachthal im Oberpinzgau) in dem Glimmerschiefer aufmerksam sein. Mit dem Vorkommen von Chlorit- und Talkschiefer steht das häufige Auftreten von Syenit, Diorit, Gabbro, Serpentin und Talk (Tessin, Val Camonica, Berner Alpen, Mte Rosa, Engadin, Chiavenna, Vorder-Rheinthal, Westtirol, Tauernkette) und das Erscheinen des seltenen Talk-, Topf- oder Lavezsteins (besonders bei Chiavenna, im oberen Engadin, im Hospenthal am Gotthard und in den piemontesischen Alpen in engster Verbindung.

3) Die Phyllite oder Urthonschiefer, halbglimmerglänzende, tiefgraue, schwärzliche oder grünliche, thonige Schiefer spielen in den Alpen als äussere Hülle des Centralstocks durch ihre mächtige Ausdehnung eine Hauptrolle. In der Schweiz werden sie z. Th. als graue Schiefer — theilweise kalkhaltig mit Uebergängen in thonigen Glimmerschiefer (Thonglimmerschiefer) und grauwacke-ähnliche Gesteine (Glarus-, Walliser-, Bündener- z. Th., Casanna-Schiefer z. Th.) und

als grüne Schiefer mit Uebergängen in Chloritschiefer (Wallis, Bünden, Aosta) unterschieden. In den Ostalpen sind vorwaltend mehr kalkige graue Schiefer verbreitet, von denen sicher ein Theil als echter Phyllit anzusehen ist, während ein anderer, der vielleicht grössere Theil der paläolithischen Reihe zugewiesen werden muss, wenn auch bis jetzt darin nur an wenigen Stellen organische Einschlüsse (Karawanken, Salzburger Alpen, Hohe Salve) gefunden worden sind. Es muss hier daran erinnert werden, dass eine petrographisch dem ächten Phyllit fast ganz gleiche Ausbildungsweise in manchen Alpentheilen bis in sehr junge Schichten, z. B. bis zum Lias, fortdauert. Man darf desshalb nicht irre werden, in solchen phyllitartigen Schiefern da oder dort *Belemniten* des Lias (Bünden), ja sogar *Algen* des Flysches (Prätigau) zu begegnen. Daraus folgt von selbst, dass man sehr vorsichtig sein muss, ohne genaue Ermittelung der Lagerverhältnisse und des normalmässigen Anschlusses an die centralen Schiefer in den Alpen derartige, glimmerglänzende Schiefer für echte, ältere Phyllite anzusprechen. Man versäume in diesen Gebieten nicht, wo sich etwa sehr schwarze Schichten oder Kieselschieferlagen bemerkbar machen, auf *Algen-* oder *Graptolithen*-Einschlüsse, wo sich kalkige Zwischenlagen vorfinden, überhaupt nach organischen Einschlüssen zu spähen.

II. Paläolithische Bildungen.

Die zuletzt betrachteten Phyllite haben uns bereits an den äusseren Rand der Thonschieferhülle geführt und uns auch petrographisch mit einer Reihe von Thonschiefern bekannt gemacht, welche die paläolithischen Schichten einleiten. Auf diesem Gebiete der ältesten, Versteinerungen führenden Bildungen ist wegen Mangel an organischen Einschlüssen noch vieles dunkel und ein weites Feld der Forschung offen. Es verdient in dieser Richtung jeder schwarze Schiefer, jede Kalkeinlagerung im Gebiete der Thonschiefer mit scharfem Auge auf Einschlüsse von Versteinerungen angeschaut zu werden.

Zu dem, was wir in dem vorbereitenden Theil der Alpengeologie über das Vorkommen von cambrischen, Silur-,

Devon-, Culm- und Kohlenablagerungen angedeutet haben (siehe S. 94 ff.), ist hier wenig weiter beizufügen. Wir kennen zur Zeit derartige alte Schiefer der Silur- bis Devonformation, wie es das beistehende Profil beispielsweise darstellt, ganz ausschliesslich nur in den Ostalpen. Es dürfte

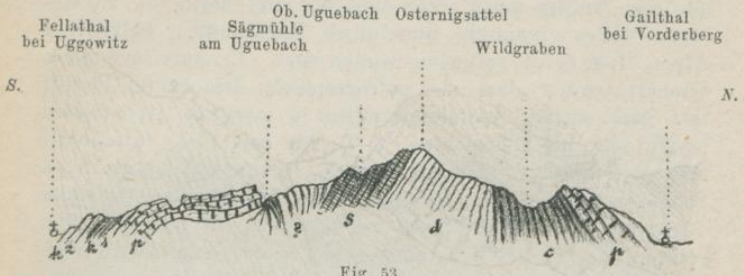


Fig. 53.

s) Silurschichten; *d*) Devonschichten; *?*) Zweifelhafte Devonschichten; *c*) Carbonschichten; *p*) bunter Breccienkalk mit Fusulinendolomit — Dyas? k^1) Breccie und Kalk; k^2) Dolomit.

nicht zu viel gewagt sein, zu behaupten, dass sie sich auch in den übrigen Alpen bei fleissigem Suchen finden werden. Wir empfehlen sie hiermit der besonderen Beachtung.

Nur über das Vorkommen der jüngsten Glieder dieser Periode, der Repräsentanten des Rothliegenden und des Zechsteins in den Alpen mögen einige weitere Bemerkungen hier eine Stelle finden.

Es gibt durch den ganzen Zug der Alpen von Savoyen bis in die Ostalpen und nach Ungarn eine Reihe grober meist rother Conglomerate, Breccien und Sandsteine (sog. Zwischenbildungen), welche sowohl vermöge ihrer Stellung über den Kohlenschichten und nach ihrem petrographischen Aussehen, als auch nach den organischen Einschlüssen, zum Rothliegenden gehören, wie z. B. Lagen im Val Camonica, Trompia und Caffaro. Sicher sind dazu viele Conglomerate und Porphyrbreccien zu zählen, die am Porphyrmassiv von Bozen dem Eruptivgebilde sich aufs engste anschmiegen und zwischen dasselbe eingekeilt sind (Naifschlucht bei Meran, Umgegend von Bozen, bei Prösls, dann bei Lienz, in Judicarien, bei Waidbruck u. s. w.) Auch im Gailthaler Gebirge bei Kappel treten analoge sandige Lagen mit

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

schwarzen, *Fusulina* führenden Kalken auf, welche der postcarbonischen oder Dyasformation zuzurechnen sind (im Nötschgraben bei Bleiberg und stellenweise bei Weitenstein in Steiermark). In der Westschweiz ist dies auch von dem sog. Verrucano in Unterwallis erwiesen, während das gleiche Verhalten bei den grossartigen Lagen in Glarus, im Vorderrheinthal, im Bündener Gebirge noch nicht sichergestellt ist. Wir wollen hier auch noch den weissen Kalk von Schwaz in Tirol nennen.

Profil an der Stangalpe

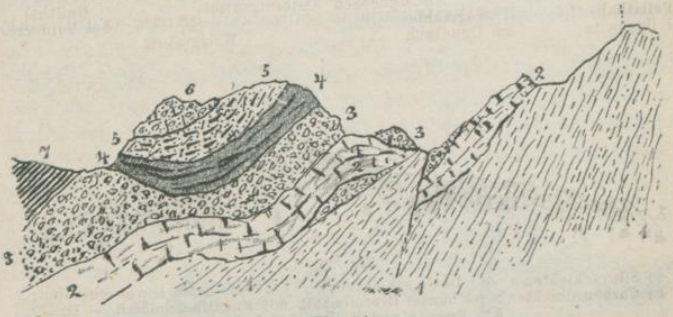


Fig. 54.

1) Gneiss; 2) Bergkalk; 3) Grundconglomerat; 4) Anthracitschiefer der Carbonformation; 5) Rothes Conglomerat; 6) Oberes Conglomerat; 7) Obere Schiefer (wahrscheinlich Rothliegendes).

Wir betreten aber ein bis jetzt noch strittiges Gebiet mit dem sog. Grödener Sandstein, den unteren Lagen der Werfener Schichten und einer Reihe rother, von dem Verrucano petrographisch oft kaum zu trennender Sandsteinbildungen, die auf der andern Seite dem ausseralpinen Buntsandstein bis zum Verwechseln gleichen. Derartige Gesteine streichen auf beiden Seiten am Rande der Centralkette von Savoyen und dem Bergamasker Gebirge bis nach Fünfkirchen in Ungarn. An zahlreichen Orten findet man über den oberen, oft dünnschieferigen und kalkigen Lagen unzweifelhaften Muschelkalk (ValTrompia, Recoaro, Pusterthal, Reutte, Innsbruck, Salzburger, österreichische Alpen) gelagert und von Stelle zu Stelle enthalten die Sandsteinschichten sogar eine der charakteristischen

Buntsandsteinversteinerungen (*Myophoria costata* s. S. 111), zum Beweise, dass ein guter Theil der rothen Sandsteine und Schiefer (mit den sog. Seisser Schichten) dem ausseralpinen Buntsandstein und Röth gleichkommt. In den tieferen Lagen ist allerdings in einem Strich der Südalpen am S.-Rande des Pusterthals bis zum Fuss des Schlern, wie es das beistehende Profil zeigt, eine Zwischenlage schwarzen Kalks, erfüllt mit

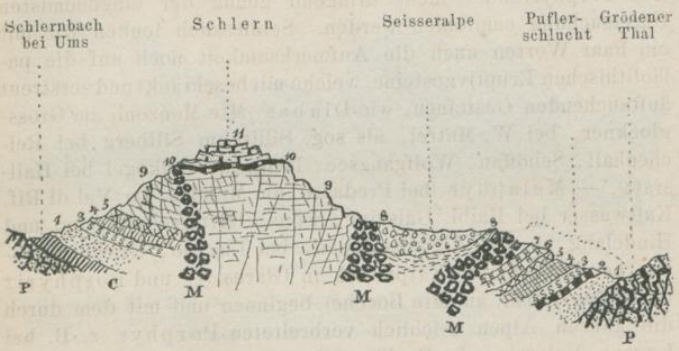


Fig. 55.

P Porphyr; *M* Augitophyr; *C* Postcarbonschichten (?).

1) Grödener Sandstein; 2) Bellerophonkalk; 3) Seisser Schichten; 4) Campiler Schichten; 5) Dolomit und Buchensteiner Kalk; 6) Wengener Schichten; 7) Pietra verde-Lagen; 8) St. Cassianer Schichten; 9) Schlerndolomit und Kalk; 10) Raibler Schichten; 11) Hauptdolomit.

kleinsten weissen Foraminiferen und sonstigen Versteinerungen (Bellerophonkalk s. S. 106) oder am Rande des Etschthales (Neumarkt, Tramin, Ueberetsch, Trient u. s. w.) ein weisser oder gelblicher Dolomit eingebettet, deren organische Einschlüsse von einigen Geologen mit denen des Zechsteins z. Th. für identisch, z. Th. für analog gehalten werden, während nahe darunter im Sandstein Pflanzenreste liegen, die gleichfalls für solche die obere Dyas charakterisirende Arten gelten. Meiner Meinung nach sind beide nur Stellvertreter tiefster Triasschichten, bei welchen gewisse Anklänge an die unmittelbar vorausgehende Dyaszeit in Fauna und Flora von sich selbst verständlich erscheinen. Bei der Controverse in der Auffassung dieser merkwürdigen Schichten wäre ein fleissiges Aufsammeln von Versteinerungen aus solchen

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Lagen in hohem Grade erwünscht. Als vorzügliche Sammlungsstellen sind zu empfehlen; für den Bellerophonkalk: Heiligenkreuz und Sexten im Sextenthale, Altprags, St. Martin im Enneberg, Ursprung des Afersbachs, im Villnös-Thal, Puflerschlucht im Grödener Thal; für Pflanzenreste die Wassergräben oberhalb Missian bei Eppan, Neumarkt am Weg nach Mazzon; bei Lavis (alter Bergbau auf Kohlen) und Recoaro. Ueberhaupt können alle Porphyrränder nicht dringend genug der eingehendsten Untersuchung empfohlen werden. Schliesslich lenken wir mit ein Paar Worten auch die Aufmerksamkeit noch auf die paläolithischen Eruptivgesteine, welche mit beschränkt und zerstreut auftauchenden Gesteinen, wie Diabas (Mte Monzoni, am Grossglockner, bei W.-Matrei, als sog. Sillit am Sillberg bei Reichenhall, Schöffau, Wolfgangsee, Ischl, am Arikogel bei Hallstatt), — Melaphyr (bei Predazzo, am Mulatto, im Val di Rif, Kaltwasser bei Raibl, Gaisalpe, Ebna, Retterschwangthal und Hindelang in den Algäuer Alpen, bei Lugano, Griesbachgraben bei Rougemont, Kärpfstock in Glarus) — und Porphyrit (im Pellegrinthal, am Mte Bocche) beginnen und mit dem durch die ganzen Alpen reichlich verbreiteten Porphyr (z. B. bei Lugano, Valorcine, im Hasli, an der Gr. Windgelle, in Bünden, Mezzaldo, Leffe, Dovegno, Barghe, in Judicarien, Bozen mit zahlreichen Ausläufern, Val Sugana, Gebirge bei Schio, Raibl, Bleiberg, Radmannsdorf, Vellach, Cilli u. s. w.) abschliessen. Mineralienliebhabern besonders stehen in diesen Gesteinen reiche Funde in Aussicht.

III. Mesolithische Bildungen.

Wir leiten die Betrachtung der mesolithischen Gesteinsreihe, die mit der Trias beginnt, durch eine zweite Controverse ein, welche mit der eben besprochenen und als eine der brennendsten geologischen Streitfragen der Neuzeit bezeichneten, nämlich über die Stellung des Grödener Sandsteins und des Bellerophonkalks in engem Zusammenhang steht. Es ist dies die Frage über die Lage des in den Alpen vorkommenden Steinsalzes.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Wie es in sehr verschiedenen Horizonten der Alpengesteine Gypsablagerungen gibt, so mag es sich auch mit der Steinsalzbildung verhalten. Sichergestellt ist es, dass im Reiche des alpinen Buntsandsteins (Werfener Schichten) Steinsalz mit Gyps, Anhydrit und Polyhalit eingebettet vorkommt. Es beweisen dies die Stein-Pseudomorphosen nach Salzwürfel, die so häufig die Schichtflächen des rothen Sandsteins bedecken (z. B. Mödling, Admont, Gössling, Windischgarsten, Reichenhaller Burgholz, Berchtesgaden u. s. w.). An andern Punkten häuft sich das Salz in den dolomitisch-mergeligen Lagen unterhalb des Wetterstein-Hallstätter Kalkes an. Bei den berühmten oberdeutschen Salzwerken der Salzburger Alpen dürften sich beide salzführende Lagen zu einem einheitlichen Ganzen zusammenschliessen. Der Salzstock im Haller Salzberg liegt bestimmt höher, nämlich in den Partnachschichten des alpinen Keupers. Erst wieder in den Schweizer Alpen bei Bex und endlich bei Moutiers in der Tarentaise sind westwärts sporadische Salzstöcke, aber in noch unbestimmten Gesteinslagen bekannt. Mannichfache Mineralien pflegen das Steinsalz zu begleiten, welche die Beachtung des Sammlers verdienen. Auch merkwürdige Erze, besonders Kupfer-, Fahl- und Nickelerze, durchziehen auf Gängen die schwarzen Kalke dieser Region (Rattenberg, Leogang, Mürtschenalp, Filisur, Bärenboden in der Schweiz, vielleicht auch Agordo in den venet. Alpen) oder die an ihre Stelle tretenden Dolomite (Bergbau bei Trient) oder weisser Kalk (Schwaz in Tirol). Wir wenden uns nach dieser Abschweifung nun zu den regelmässigen Schichten der mesolithischen Periode, über welche in der Reihe von unten nach oben noch einige specielle Bemerkungen nachzutragen sind.

1) Buntsandstein der Alpen.

(Verrucano z. Th., Werfener Schichten, Grödener Sandstein z. Th., Seisser Schichten.)

Zur allgemeinen Orientirung kann das nachstehende Profil dienen, welches die ganze Reihe der unteren Triasschichten in einer der interessantesten Berggruppen unserer Alpen, dem Kaisergebirge, in sich fasst.

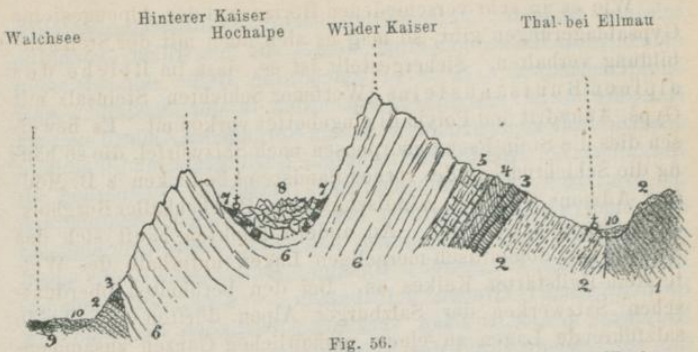


Fig. 56.

1) Thonschiefer der H. Salve; 2) Buntsandstein (Verrucano und Werfener Schichten); 3) Muschelkalk; 4) Partnachschichten; 5) Wettersteindolomit; 6) Wettersteinkalk; 7) Raibler Schichten; 8) Hauptdolomit; 9) Nummulitenschichten; 10) Thalgerölle.

Dieser Bildungen ist hier zu wiederholten Malen gedacht worden, zuletzt bei der Controverse über die Stellung des Bellerophon-Kalkes und des Steinsalzes. Damit wurden die Hauptbeziehungen schon erschöpfend angedeutet, die sich bei dem Vorkommen des Buntsandsteins in den Alpen etwa betonen lassen, und wir können auf das bereits Angeführte (S. 157—160) zurückverweisen, welches genügen dürfte, um die Aufmerksamkeit bei Wanderungen in Buntsandsteingebieten auf das geologisch Wichtigste hinzulenken. Als mineralogische Merkwürdigkeit ist das Vorkommen von Wagnerit und Lazulith auf Klüften der Werfener Schichten bei Werfen zu erwähnen.

2) Muschelkalk.

Sehr häufig legen sich zwischen Buntsandstein und Muschelkalk stark blasige, grossluckige, oft mehlartig sich abbröckelnde Rauhwacke (Cargneule, Dolomie farinoso) ein, welche geeignet ist, durch ihre oft riffartigen Felsaufragungen (z. B. Lichtenberg bei Saalfelden) auf diese Grenzen aufmerksam zu machen. Doch findet sich eine ähnliche Rauhwacke auch höher unterhalb des Hauptdolomits, die man mit dieser tieferen Gesteinslage nicht verwechseln darf. In der Regel sind es intensiv

schwarz gefärbte, weissaderige, selten oolithische, zuweilen dolomitische Kalke und graue Mergel mit den früher genannten Versteinerungen (s. S. 112), welche die Reihe der alpinen Muschelkalkschichten namentlich in den Nordalpen ausmachen (schöne Aufschlüsse in den Nordalpen: Amlech und am Ehrenberg bei Reutte, Partnachthal, Luttergrube und Wamberg bei Garmisch, Kerschbuchhof bei Innsbruck, Soolleitung Ilsang und Scharitzkehlgraben bei Berchtesgaden, Schreieralpe bei Hallstatt (hier rothgefärbt), Reifling, Gstattenerberg bei Lunz, Lasing, St. Anton, Raxalpe, Guttenstein, Altenmark, Kaltleutgebener Graben bei Rodaun, Cesova, Val Trompia, Marcheno u. s. w.). Man vergleiche bezüglich der Lagerung das vorstehende Profil des Kaisergebirges.

In den Südalpen setzen die bunten sandigen Schiefer der sog. Seisser Schichten bei Bozen in einer Reihe ähnlicher, oft intensiv rother Lagen fort, in den sog. Campiler Schichten, die als eine sandige schieferige Entwickelung des untersten Muschelkalkes anzusehen sein dürften (gute Aufschlüsse bei Bozen, bei Ums, Tiers, Welschenofen, Tisens, Kaltern,

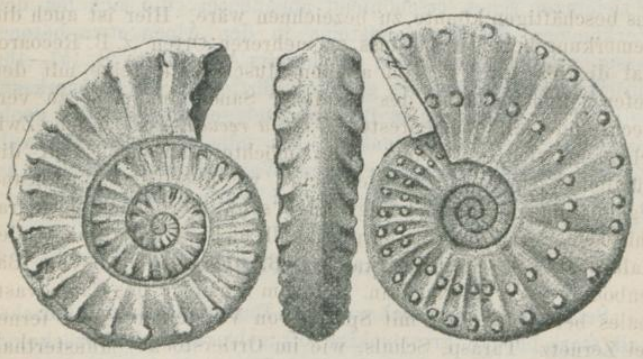


Fig. 56*b*.
Links: *Ammonites cassianus* Qu.
Rechts: *Ammonites binodosus* v. Hau.

Tramin mit zahlreichen Versteinerungen, *Anaplophora fassaensis*, *Naticella costata*, *Turbo rectecostatus*, *Ammonites cassianus* u. s. w. Wir stellen in der beigefügten Zeichnung (Fig. 56*b*.) den beson-

ders charakteristischen *Ammonites cassianus* aus den Campiler Schichten mit dem *A. binodosus* v. H. des unteren Muschelkalkes nebeneinander. Erst darüber folgen kalkige und dolomitische Lagen (Buchensteiner Kalk, Mendoladolomit) und schwarze kalkige Blätterschiefer, Wengerschichten, mit *Halobia Lommeli* (s. S. 112) und der grasgrünen Pietra verde. Diese Schichten lassen sich besonders schön bei Corfara im Enneberg, in der Puflerschlucht bei St. Anton in Gröden, an der Sotschedia daselbst, bei Buchenstein, bei Andraz, bei St. Vigil, bei Neu-Prags, westwärts in Judicarien bei Daone, Prezzo, im Val Trompia, Camonica, an Costa di Prada, bei Dezzo und so fort bis zum Comersee beobachten. Eben so häufig zeigen sie sich auch in den östlichen Südalpen, z. B. in Comelico und Carnia (Mte Cornon, Sappada, Cima, Rio d'aqua buona), bei Dont, in den Bleiberger Alpen, Karawanken, bei Idria, am Vogelsberg u. s. w. Als ganz ausnehmend versteinerungsreich ist die Umgebung des kleinen Badeortes Recoaro NW. von Schio hervorzuheben, wie denn das Einsammeln von möglichst zahlreichen Arten als die Hauptaufgabe, welche bei diesen Schichten uns beschäftigen könnte, zu bezeichnen wäre. Hier ist auch die Bemerkung beizusetzen, dass an mehreren Orten (z. B. Recoaro, Val di Non u. s. w.) im alpinen Muschelkalke eine mit den tieferen Pflanzenlagen des Grödener Sandsteins nicht zu verwechselnde, an Pflanzenresten (*Voltzia recubariensis*) reiche Zwischenlage sich vorfindet. Hier möchte auch noch auf die Bündener Alpen hinzuweisen sein, wo über dem Verrucano regelmässig eine oft mächtige Lage schwarzer, nach petrographischem Verhalten vom Virgloriakalk nicht zu unterscheidender Kalke, als sog. Steinsbergkalk, z. B. oberhalb Davos am Bärenboden, auch im Engadin, z. B. am Eingange des Campovasthales bei Ponte (hier mit Spuren von Versteinerungen), ferner bei Zernetz, Tarasp, Schuls, wie im Ortlerstocke (Münsterthal, Trafoi) gefunden wird, deren Muschelkalkcharakter durch organische Einschlüsse jedoch noch nicht bestimmt nachgewiesen ist, vielleicht auch sind es Bellerophon- oder Wettersteinkalke.

Mit Schluss der Ablagerungszeit der unteren Trias scheint eine wichtige Periode eruptiver Thätigkeit in einem Theile der Alpen erwacht zu sein, welche bis in die obere Trias an-

dauerte. Es ist namentlich das Gebiet zunächst O. vom Bozener Porphyrstock zwischen Fleimser- oder Fassa-, Boite-, Abtei- und Grödener Thal, welches durch das massige Auftreten des sog. Augitophyrs und mit demselben verbundener Eruptivgesteine, sowie durch grossartige Tuffablagerungen als der Mittelpunkt dieser merkwürdigen Erscheinung in den ganzen Alpen sich zu erkennen giebt. Es dürfte fast überflüssig sein, die ohnehin schon weltberühmte nächste Umgebung von Predazzo und den Mte Monzoni als diejenige Gegend der Alpen zu bezeichnen, wo alle die hierhergehörigen Erscheinungen ebenso bequem, wie ausgiebig studirt werden können. Wenn der Mte Monzoni durch die Mannichfaltigkeit dieser Eruptivgesteine (Monzonit, Turmalingranit, Diabas-Augitophyr, Porphyrit) und das Vorkommen prächtiger Mineralien zum Besuch empfohlen zu werden verdient, so ist Predazzo mit dem gegenüberliegenden Berghang Canzacoli dadurch ausgezeichnet und berühmt, dass hier durch Contactmetamorphose der Sedimentärkalk in prächtigen weissen, körnigen Kalk (grosse Steinbrüche) umgewandelt ist. Längs der Contactstelle sind zahlreiche neue Mineralien entstanden (Granat, Vesuvian, Gehlenit, Fassait, Wollastonit, Spinell u. s. w.) und hier wie am Mte Monzoni winkt dem Mineraliensammler die reichste Ausbeute. Aehnliche Eruptivgesteine sind sonst überall nur in kleinen Kuppen bekannt, z. B. Mte Sumano und bei St. Giorgio im Vicentinischen, bei Lienz, bei Kaltwasser, in der Carnia, einzelne Punkte in Krain u. s. w. Vielleicht gehört hierher auch das Eruptivgestein in den Gräben bei Ehrwald am Westfusse der Zugspitze.

3) Alpiner Keuper.

a) Partnach-, St. Cassianer oder Untere Cardita-Schichten, Stufe des Lettenkeupers.

Mit den eben erwähnten Tuffen der Augitophyre beginnen in den weiten Gebieten von Enneberg und Fassa über den Wengener Schichten und Buchensteinkalken die durch ihre zahlreichen Versteinerungen weltberühmten sog. St. Cassianer Schichten (s. S. 114). Sie sind als solche nur eine lokale

Facies, deren gehäufte organische Einschlüsse sich auf die Umgegend Ennebergs beschränken (Set Sass, Prelongei, bei Pescol, am Fuss des Plattkofel, zwischen Molignon und Cipit auf der Seisser Alpe). Dahin gehören auch die versteinerungsreichen Schichten von Heiligkreuz am W.-Fusse des Heiligkreuzkofels.

Ausserhalb der südalpinen Eruptivgebiete haben sich zu gleicher Zeit mit den St. Cassianer Schichten an ihrer Statt thonige und sandige Ablagerungen gebildet, die wir unter dem generellen Namen der Partnachschichten zusammenfassen (sonst auch Lunzer Sandstein-, Reingrabener Schichten z. Th. genannt) und als Zeitäquivalente des ausseralpinen Lettenkeupers betrachten. Darauf weisen die in den grünlichgrauen Sandsteinlagen eingeschlossenen Pflanzenreste, die vor allem der Beachtung zu empfehlen sind (Fundstellen: Weissenbach bei Reutte, Warth im Oberlechthal, Bludenz, Scharfmösele und Partnachthal bei Garmisch, Innsbruck, S-Fuss am Wilden Kaiser, Lunz, Arztberg an der Enns, Lilienfeld an der Traisen, Gössling bei Hochriss) hin. Im Gebiete der Salzalpen nehmen versteinerungsreiche graue Mergel (Scharitzkehlgraben, Zlambach bei Goisern) oder auch schwarze, zur Cementbereitung dienliche Schichten (Cementschiefer von Aussee) diese Stelle ein. In den SO-Alpen zeichnen sich auch wieder tuffige Lagen (z. B. Kaltwasser bei Raibl), aber in sehr beschränkter Weise entwickelt. Auf der südwestlichen Seite der Alpen mögen die Fischschiefer von Perledo am Comersee auf dieses Niveau zu setzen sein, wie gewisse pflanzenführenden Schichten bei Schilpario und im Val Camonica. In diesen überall geringmächtigen und durch Verwitterung stark veränderten Schichten, welche meist am Saume von Längsthälern ausstreichen oder Passeinschnitte bilden, ist die Orientirung selbst für Geologen schwierig und nur durch die Beobachtung der Lagerungsfolge und der Versteinerungen zu gewinnen. Wir eilen daher zu einer mächtigen, die grossartigsten Gestalten der Bergriesen unserer Kalkalpen bedingenden Gesteinsbildung, geeignet, uns rascher in den mannichfachen Schichtenbildungen zurechtfinden zu lassen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

b) Wettersteinkalk, Hallstätter rother Marmorkalk und Schlerndolomit.

Der Umstand, dass ein meist sehr mächtiger Complex von Kalk oder Dolomit (oft beide miteinander verbunden) nach unten und nach oben von zwei relativ schwachen und leicht zerstörbaren mergeligen Gesteinslagen begleitet wird, hat in Folge der Schichtenzusammenfaltung und der grossartigen Zerstörung dieser begleitenden weichen Mergelgesteine diesen Kalkmassen eine mit ihrer Umgebung um so stärker contrastirende Gestaltung verliehen, je beträchtlicher ihre Mächtigkeit und je fester und widerstandsfähiger das Material ist, aus dem sie bestehen. So sehen wir das Wettersteingebirge mit der Zugspitze, das Karwändelgebirge, die Kalkspitzen bei Innsbruck mit der Martinswand, dem Solstein und der Speckkarspitze, den Unnütz am Achensee, den Gufferrt, Pentling, das vordere und hintere Kaisergebirge, dessen vorstehendes Profil (S. 161) auch hier zu vergleichen wäre, dann Benediktenwand, Wendelstein, Kampenwand, den Rauschenberg und Hohen Stauffen aus diesem oft blendend weissen Kalk mit untergeordneten Dolomitlagen in ihren wildzackigen Kämmen und Spitzen die höchsten Erhebungen dieses Theils der nördlichen Kalkalpen gewinnen. In den Salzalpen und weiter ostwärts müssen sie ihre Stelle dem Hauptdolomit und Dachsteinkalk abtreten, gewinnen aber hier als rother Marmorkalk entwickelt eine neue Bedeutung als Material zur Herstellung prachtvoller Marmorgegenstände und als das Muttergestein zahlreicher, wohlerhaltener Versteinerungen (s. S. 115), die auch den Laien durch ihre Schönheit erfreuen. Noch einmal erheben diese Schichten meist in Form von Dolomit in einer Mächtigkeit von etwa 1500 m ihre zackigen Spitzen in dem langen Zug von Vordernberg bis Wiener Neustadt in den Bergriesen des Hochschwabs, der Hohen Veitsch, der Raxalpe und des Schneebergs.

Noch grossartiger entfaltet sich ihre majestätische Natur wieder in den Südalpen, wo in den sog. Dolomitalpen zwischen Etsch und Piave die Kühnheit der Bergformen mit der Mannichfaltigkeit und Erhabenheit der Gestaltung wetteifert. Man

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

vergleiche das vorstehende Profil (S. 158). Es genügt, die sogenannten Dolomitberge Schlern, Plattkofel, Mormalada als Beispiele zu nennen. Westwärts setzt der Zug über Latemar, Joch Grimm, Cislon zum Etschthal sich senkend, jenseits wieder zu dem gewaltigen Gebirgsstock der Mendel aufgerichtet durch Judicarien, Val Camonica, Val Brembana zum Comersee, in dessen Nähe bei dem Dörfchen Esino das Gestein mit einer erstaunlichen Menge sehr wohl erhaltener Versteinerungen erfüllt (daher Esinoschichten) getroffen wird, fort. In diesem Strich der lombardischen Alpen fällt die sog. Dolomia metallifera durch eine Art Riesenoolithstructur ganz besonders in die Augen. Ausläufer streichen weiter bis über den Lago maggiore hinaus. Noch bedeutender ist die Verbreitung ostwärts vom Etschthale bei Trient bis zur ungarischen Ebene. Hier wollen wir nur wenige wichtigere Glieder hervorheben: so den Mt. Clapsavon mit seinem Reichthum an Versteinerungen, die durch ihre Fülle von Blei- und Zinkerzen berühmten Kalkberge bei Villach, den Raibler Bleiberg und endlich die ausgedehnten Kalkberge bei Idria und Zirknitz.

In diesen Kalkbergen, welche durch ihre Schönheit und die Schwierigkeiten, die viele ihrer Gipfel dem Ersteigen bereiten, vor andern das Ziel rüstiger Bergsteiger und der Liebling der Alpenbesucher geworden sind, bietet sich eine Fülle von Gelegenheit, interessante und wichtige geologische Beobachtungen zu machen. Es sind vor allen die so leicht ins Auge fallenden und ungemein häufig vorkommenden zierlichen Kalkalgen *Gyroporella* (s. S. 115 No. 9), deren zierliche Ringe und Röhrchen ausgewittert die Natur des Kalks so sicher verrathen, dass sie der Beachtung besonders dringend zu empfehlen sind, namentlich bei Ersteigung der höchsten Spitzen der Bergriesen, auf welchen oft noch jüngere Gesteine aufgesetzt sind, ohne dergleichen Röhrchen zu beherbergen.

Von den vielen anderen Versteinerungen wollen wir nicht ausführlicher sprechen; sie sind ja alle von Wichtigkeit und der Beachtung werth; nur die Koralleneinschlüsse sind noch hervorzuheben, weil damit eine Streitfrage zusammenhängt, welche sich auf die Entstehung der plötzlich in grosser Mächtigkeit sich erhebenden Kalk- oder Dolomitfelsmassen bezieht.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Dieses locale Anschwellen der Kalkflötze leiten einige Geologen von alten Korallenriffen her, deren Form sich in den Kalkmassen erhalten haben soll. Von Anderen wird diese Annahme in Zweifel gezogen. Es handelt sich hierbei um den Nachweis der Korallen im Gestein und um die Uebereinstimmung der Felsstructur mit jener der Korallenriffe. Dadurch gewinnt die Besteigung solcher Kalkberge ein erhöhtes Interesse, das wir hiermit angeregt haben möchten. Die mehr oder weniger deutliche Schichtung des Kalklagerdolomits, die petrographische Beschaffenheit des Gesteins, ob es aus Kalk, oder Dolomit, oder Halbdolomit bestehe, verdienen gleichfalls die Berücksichtigung des Reisenden. Es ist sehr merkwürdig, dass gerade in diesem kalkigen Gestein an so zahllosen Stellen Blei- und Zinkerze gefunden werden, dass man das Gestein geradezu Erzkalk nennen könnte (Bieberwier, Höllenthal, Mittenwald, Nassereit, Rauschenberg und die ergiebigen Bergwerke bei Raibl, Villach, Bleiberg und viele Orte in den lombardischen Alpen). Charakteristisch für dieses Vorkommen ist, dass die Haupterze Bleiglanz und Galmei fast constant von Gelbbleierz begleitet werden. Da giebt es Mancherlei zu sammeln, selbst die alten Bergbauhalden erregen in diesem Sinne Interesse. Um nicht Irrungen zu begegnen, sei noch erwähnt, dass bereits in diesem Kalk Muschelversteinerungen vorkommen, welche der Dachsteinbivalve (s. S. 117) sehr ähnlich, nicht identisch sind. Ihre Form ist kleiner und weniger dick und in einer Art an der hinteren Seite doppelkantig. In dem Gebiete der Bündener Alpen, im Oberengadin bis zum Vintschgau, schlängelt sich neben dem Verrucano und der oft gypsigen Rauhwacke ein schmaler Streifen von schwärzlich grauem, abwechselnd auch hellfarbigem, bald festem, bald porösem Kalk und Dolomit unter dem Namen Arlbergkalk durch das hohe Gebirge und berührt selbst die Ortlergruppe. Derselbe gilt als Stellvertreter des Wettersteinkalkes. Aber noch fehlen alle sicheren Anhaltspunkte für die Richtigkeit dieser Annahme. Es kann daher gerade diese Gesteinsreihe in ihrem ganzen Verhalten der Aufmerksamkeit, besonders der Ortler-Besteiger, nicht dringend genug empfohlen werden. Namentlich möge man nach den kleinen *Gyroporellen* (s. S. 115)

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Umschau halten, welche am leichtesten auf verwitterten Gesteinsstücken sich entdecken lassen und, wie erwähnt wurde, für die Altersbestimmung des Kalkes von grossem Werthe sind.

c) Raibler oder obere Cardita-Schichten.

Lüner-, Opponitzer-, Gorno- und *Dossena-Schichten* mit *Gervillia bipartita.*

Ueber den eben erwähnten Kalk- und Dolomitmassen folgt in Sätteln oder auf eingeschnittenen Terrassen vielfach aufgeschlossen und zu Tage ausstreichend eine ähnliche mergelige Schichtenreihe, wie wir sie unter dem mächtigen Kalke in den sog. Partnachschichten kennen gelernt haben. Sie hat, wie die Aufschrift lehrt, sehr verschiedene Namen erhalten und gewinnt besonders dadurch ein erhöhtes Interesse, dass sie überall, wo sie auftritt, als ein wesentliches Moment der Gebirgsgestaltung sich zu erkennen giebt. Denn viele tiefe Gebirgseinschnitte, Sättel und weidenreiche Stufen, die oft bandartig zwischen den wildzackigsten Kämmen sich fortziehen, sind allein durch das Vorkommen dieser Mergellagen bedingt. Schon dies genügt, die Wichtigkeit der Raibler Schichten anzudeuten. Dazu kommt ferner noch eine Fülle von in ihnen eingeschlossenen, oft sehr wohlerhaltenen Versteinerungen, welche denen der tieferen Cassianer Stufe sehr nahe stehen und mit diesen zunächst zu vergleichen sind. Welchen Reichthum an Formen der Bewohner eines uralten Meeres, ausgestorbene Arten als Vermittler früherer und späterer Zeit können wir da oft mit leichter Mühe aus dem weichen Mergel, Seegeschöpfe, Muschel- und Schneckenschalen auf den höchsten Bergen sammeln! Zuweilen tragen solche Einschlüsse noch den wunderschönen irisirenden Farbenschmuck mancher lebenden Muschelschalen (sog. irisirender Muschelmarmor von Bleiberg, auch vom Lavatscher Joch bei Innsbruck). Wie oft auch tritt an ihrem Saume auf der das Wasser nicht durchlassenden Schicht eine Quelle hervor und gibt einem üppigen Blumengarten das Dasein. Selten betritt der Alpenwanderer diese Gesteinsstreifen, ohne durch ein trinkbares Wasser erfreut zu werden. Zahlreiche Alpen benützen den grasreichen, feuchten Boden, den die

Zersetzung der Mergel liefert, z. B. Wettersteinalpe, Frauenalpl, Hochalpe am Kaiser, Moosalpe am Kienberg, Lüneralpe an der Scesaplana, Zirlerkristenalpe, Preindler-, Arzmoos-, Kaum-, Wildalpe u. s. w., um hier weit ausgedehnte Weiden sich zu schaffen.

In den Südalpen nehmen diese Bildungen oft eine eigene Beschaffenheit an, wie z. B. bei Raibl, wo unmittelbar auf Wettersteinkalk fischreiche Schiefer, dann harte Kalkmergel mit weichen Zwischenlagen und Bänken hornsteinführenden Kalkes und Dolomits, erfüllt von einer kleinen der Dachsteinbivalve ähnlichen Muschel und noch höher wieder reiche Mergel (sog. Torerschichten) unter dem mächtig sich aufbauenden Hauptdolomit lagern. Auf beiden Thalseiten (Torer- und Thörlsattel) finden sich höchst ergiebige Fundstellen von Versteinerungen in diesen Mergelschichten. In ähnlicher Beschaffenheit zieht diese Stufe durch die ganzen SO.-Alpen, als ein zwar meist schmaler, aber weithin ausgedehnter Gesteinsstreifen bis Cladenico und zum Südfusse des Mt. Tinizza bei Ampezzo). Im Gebiete zwischen Piave und Etsch nehmen solche Gebilde oft eine rothe Farbe und tuffige Beschaffenheit an (Schlernplateau, W. vom Mendelwirthshaus), wahrscheinlich in Folge einer Beimengung von Eruptionsmaterial, welches sich in ihrer Nähe durch das Vorkommen von augitophyrartiger Gang- und Deckengesteine verräth.



Fig. 56 c.

In den lombardischen Alpen endlich spielen die unter dem Namen Schichten von Gorno und Dossena oder der *Gervillia bipartita*, von der hier (Fig. 56c.) noch eine Abbildung nachträglich beige-

fügt ist, eine grosse Rolle, indem sie sich in einem fast ununterbrochenen Bande vom Lago d'Idro bis über den Comersee zum Grossen See hinausschlängeln, z. B. bei Cassiglio und Olmo unfern Piazza, bei Gorno und Ardese im Val Seriana, am Mte Alto N. vom Iseosee, bei Vestone u. s. w.

d) Hauptdolomit.

Im weiteren Aufbau des Kalkgebirgs folgt nun das verbreitetste und durchschnittlich mächtigste, jedoch einförmigste Glied — der sog. Hauptdolomit mit Plattenkalk, der meist aus kalkigem Dolomit besteht, strichweise aber auch (Salzkammergut, Berchtesgaden) durch ein System von Kalkschichten ersetzt wird (unterer Dachsteinkalk). Als Dolomit durch eine bis ins Endlose gehende Zerklüftung in kleine parallelepipedische Stückchen zersprengt, neigt sich das Ge-

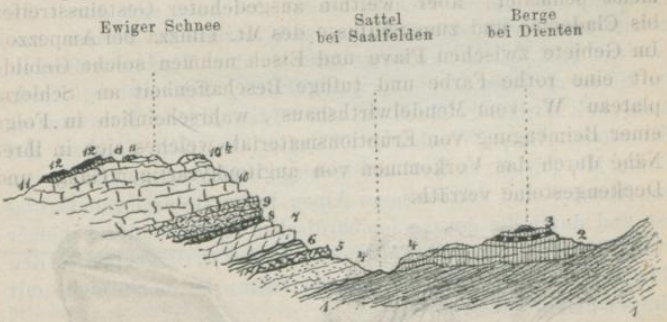


Fig. 57.

1) Thonschiefer von unbestimmtem Alter; 2) silurischer Thonschiefer; 3) Kalk- und Eisenerz-Einlagerungen in letzterem; 4) Werfener Schichten; 5) Rauhwacke; 6) Muschelkalk; 7) Wettersteinkalk; 8) Raibler Mergelschichten; 9) Hauptdolomit, untere Region; 10) dessen obere Region als Plattenkalk oder unterer Dachsteinkalk ausgebildet; 10 *b*) oberer Dachsteinkalk; 11) rother Liaskalk; 12) graue Algäuschiefer des oberen Lias.

stein zu einem leichten Zerbröckeln und zeigt sich mit stets rauher Oberfläche zu tausendfachen wilden Steinrinnen, zerschlitzten Felsgräben, scharfen Schneiden und Gräten, kühnen Spitzen und Nadeln ausgezackt und in den mannichfachsten

Formen zu pflanzenarmen, oft öden Bergen aufgethürmt. Sie bieten daher geringeres geologisches Interesse, zumal auch Versteinerungen darin zu den grössten Seltenheiten gehören und nur stellenweise als vereinzelte Steinkerne (s. S. 117) die ermüdende Einförmigkeit unterbrechen. Da giebt es kaum eine geologische Beobachtung zu machen, selbst nicht an den oft wunderlich ausgezackten Rauhwackenriffen, welche neben Gypsstöcken sich vielfach an der Basis der Dolomitmassen einstellen. Die Gegenden dagegen, wo kalkiges Gestein vorherrscht und sich mit dem obern Dachsteinkalk vereinigt zu ganz gewaltigen Kalkmassiven zusammenschliesst, wie solche uns in dem Plateaugebirge der Salzalpen — von Berchtesgaden bis Aussee — entgegentreten, gehören zu den landschaftlich grossartigsten der Nebenzone — Dachsteinstock, Tännen, Uebergossene Alpe, Ewigschneegebirge, Watzmann, Untersberg, Reitalpe, Loferer Steinberge. Die Gebirge, in denen der zerbröckelnde Hauptdolomit die Herrschaft besitzt, zeichnen sich durch ihre zerrissenen, viel zerschlitzten und unruhigen Formen aus, wie sie z. B. im Hochvogelgebirge, in den Vorderriss-Bergen, im Sonnwendjoch, Schneeberg, Voralpe, Schwarzberg-Kirchwald bei Mariazell, Moedling, im Süden in den Karawanken, Sannthaler Alpen, Wocheiner Gebirgen, Gr. Obir, Terglou, Mte Canin, Mt. Turlon, im Rauhkofelgebirge bei Lienz, in den Bergen von Auronzo und den Fassaner Alpen, in den Gebirgen am Gardasee und durch die ganzen lombardischen Alpen hindurch immer wiederkehren. Ob auch Felsmassen in der Ortlergruppe in den Bündner Alpen hierher zu rechnen seien, ist noch nicht mit einiger Sicherheit ermittelt.

e) Rhaetische Schichten.

Stufe der *Avicula contorta*.

So wenig Abwechselung sich der geologischen Forschung in den Dolomitbergen der vorigen Stufe darbietet, so lebhaftes Interesse beansprucht die den Hauptdolomit überlagernde meist mergelige und überaus versteinerungsreiche rhätische Schichtenreihe (s. S. 118). Zumeist sind es Gesteine dieser wichtigen Schichtenbildung mit ihren grossen, weidereichen, quelligen Alp-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

flächen, die inmitten der ödesten Dolomitgebirge uns einladend winken und dem Wanderer Rast, Obdach und frischen Trunk gewähren. Den leicht zersetzbaren und sich ausebnenden Mergelgesteinen der rhätischen Stufe verdanken wir diese herrlichen Oasen in der Steinwüste. Der Quellenreichthum bewirkt häufig, dass der Untergrund schlüpfrig und kothig bleibt, sodass viele gerade dieser Alpen den Namen „Kothalpen" tragen. Wo aber die Gewässer zu kleinen Rinnsalen sich sammeln, in das weiche Gestein einschneiden und die leicht zerstörbaren Mergel auswaschen, da tritt uns eine geradezu erstaunliche Fülle der herrlichsten Versteinerungen entgegen, die zu sammeln ebenso verdienstvoll, wie lohnend ist. Welch' grosse wissenschaftliche Schätze können durch solche Aufsammlungen von unseren Alpenreisenden gehoben werden! Ein

Normalprofil aus den Miesbacher Alpen.

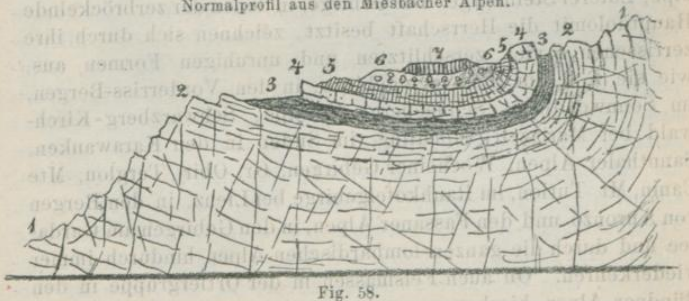


Fig. 58.

1) Hauptdolomit; 2) Plattenkalk oder unterer Dachsteinkalk; 3) rhätische Schichten; 4) oberer Dachsteinkalk; 5) Liasschichten; 6) Juraaptychenschichten; 7) Neocomschichten.

altes Meer, ähnlich wie jenes der St. Cassianer und der Raibler Stufe, aber ein relativ jüngeres, liegt hier gleichsam versteinert in seinen Muscheln und Korallenschätzen ausgebreitet vor uns und bietet uns die Reichthümer an organischen Formen, die es einst belebten. Wir wollen einige der bekanntesten und ergiebigsten Fundstellen solcher rhätischen Versteinerungen hier beifügen, um den Sammeleifer anzuspornen. In den westlichen Schweizer Alpen sind sie spärlich und vereinzelt: Bei Matringe im Chablais, in Maurienne, in den Frei-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

burger Alpen, im Javroythal und bei Spiez am Thuner See. Erst O. vom Rheinthal entfalten sie sich in ergiebiger Ueppigkeit, gleich von der Schweizer Grenze an der Scesaplana beginnend und von da an fortstreichend durch die Algäuer Alpen (Krumbachsattel, Formarin, Bernhardsthal bei Elbigenalp, Palmwand bei Hindelang), dann im Zugspitzgebiet im Naidernachthal, im Lahnewiesgraben bei Garmisch, am Krotenkopf, Heimgarten, am Walchensee, am Spitzingsee, wo an der Benzingalpe auch Gyps sich einstellt, an der Kothalpe am Wendelstein, am Grossen Traithen und Brünnstein, im Gastättergraben, am Hochfellengipfel, in der Klamm bei Kössen (daher der vielfach gebräuchliche Namen: „Kössener Schichten"), am Kammerkar, im Wundergraben, Mahmoshals, am Osterhorn. S. bei St. Wolfgang, am Schaf- und Gaisberg, im Eibengraben bei Ebensee, bei Stahremberg, an der Feuchtenalpe im Sengsengebirge, im Pechgraben, in der Grassau, bei Gresten, am Kraxenberg, an der Mandlingerwand, bei Enzersfeld und Hirtenberg, im Helenenthal bei Baden, Anninger bei Mödling, Gumpertskirchen, am Dürren Liesing, zu St. Veit bei Hietzing. Auch aus den Südalpen mögen einige Hauptfundpunkte genannt sein: bei Lienz hinter Jungbad, im Gams- und Almbachgraben, am Jöchersberg und im Mayerholdgraben in SW. In Kärnten, spärlich hier wie in den Karawanken und Sannthaler Alpen, im Tergloustock. Weiter westwärts fehlen sie bis über die Etsch hinaus fast ganz, tauchen erst mit dem schwer zugänglichen Gebirge w. vom Gardasee zwischen Tremosine und Storo als versteinerungsreiche Mergel wieder auf und halten nun durch die ganzen lombardischen Alpen bis zur Schweizer Grenze bei Lugano aus, (Schichten von Azzarolla, Mte Tarbiga a Burni, Salla sul Lario, Val Lumezzano, Val Sarezzo, Villa Frizzoni, Val Menaggio u. s. w.). In den Gegenden, wo Hauptdolomit und Plattenkalk mit dem oberen Dachsteinkalk sich vereinigen (Salzalpen), haben sich die rhätischen Mergel verloren und eine oft nur handhohe Lage röthlich gefärbter schieferiger Gesteine mit einzelnen organischen Einschlüssen erinnert hier an das Niveau der sonst so versteinerungsreichen Schichten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

f) Oberer Dachsteinkalk.

Endlich sehen wir an vielen Stellen über dem weichen Mergel als steiles, aber grotesk geformtes Felsriff einige weisse Kalkbänke von geringer Mächtigkeit sich erheben, die durch ihren Widerstand gegen Zerstörung in schroffen Contrast zu der weichen mergeligen Unterlage treten. Diese Bänke machen den sog. obern Dachsteinkalk aus, der meist erfüllt ist von Korallenbüschen und der Dachsteinbivalve (s. S. 120 u. Fig. 58*b*)

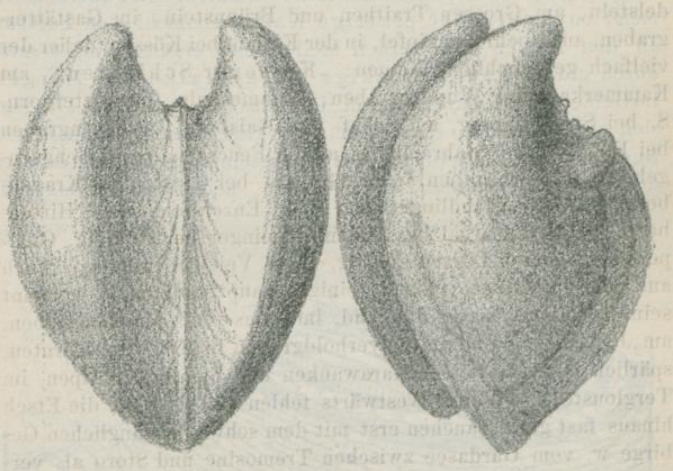


Fig. 58*b*.
Steinkerne der sog. Dachsteinmuschel, *Megalodon triqueter* Wulf.

oder deren ausgewitterten Hohlräumen, den sog. Hirschtritten oder Ungui di Capri der Alpenbewohner. In manchen Gegenden verfliessen diese Kalkbänke mit der grauen, mehr kalkig werdenden Mergelunterlage (Algäuer Alpen), in andern schliessen sie sich, wenn gleichzeitig die mergelige Zwischenlage der rhätischen Stufe sich auskeilt, unmittelbar ohne scharfe Grenze an den Platten- oder unteren Dachsteinkalk an und helfen dann mit diesem zu einem geschlossenen System von Kalkschichten vereinigt die ungemein mächtigen Kalkmassive der Salzalpen aufbauen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

Stellenweise enthält dieser Dachsteinkalk auch Hornstein (Hochfellen), welcher vielfach in Form der eingeschlossenen organischen Ueberreste auftritt.

4) Liasbildungen.

Wo über dem rhätischen Mergel die der Verwitterung trotzenden Dachsteinkalkbänke sich vorfinden, ist die Scheidung gegen den auflagernden Lias deutlich. Es übernehmen meist rothgefärbte plattige Kalke nunmehr den Fortbau an den Bergen und werden stellenweise ergänzt und ersetzt durch graue, dunkelfleckige Mergelkalke und Mergel. Im Gebiete der Kalkmassive in den Salzalpen (s. S. 172 u. 175) legt sich das röthliche Liasgestein oft gleichsam in Rinnen und Buchten oder Eintiefungen des Dachsteinkalks ein, so dass es den Anschein gewinnt, als ob beide, nebeneinander lagernd,



Fig. 59.

1) Hauptdolomit; 2) Plattenkalk oder unterer Dachsteinkalk; 3) rhätische Schichten; 4) oberer Dachsteinkalk; 5—8) Lias und zwar: 5) lichtweisser Thalassitenkalk (unterster Lias); 6) Arietenführender tiefrother, dichter Liaskalk (unterer Lias); 7) blassrother mittler Liaskalk; 8) mergeliger rother oder grauer oberer Lias; 9) Juraaptychenschichten.

gleichsam ineinander übergingen, eine Täuschung, zu welcher man durch die oft secundäre rothe Färbung des Dachsteinkalkes noch leichter verleitet wird (Loferer Steinberge, Steinernes Meer, Hoher Göhl, Dachsteingebirge). Wir setzen hier eines der lehrreichsten Profile in Bezug auf Gliederung der

alpinen Liasschichten aus dem Kammerkargebirge bei. Es muss vor dieser Verwechslung sehr gewarnt werden.

In analoger Weise verbinden sich rhätische Mergel, wo die Dachsteindecke fehlt, unversehens mit graulichgelben Liasschichten (Enzesfeld, Gresten, Algäu). Doch zeigen sich selbst wenn, wie an Pfanserjoch bei Pertisau, der tiefste Lias als sog. Planorbisbank direct über den rhätischen Schichten entwickelt ist, die Faunen beider Lagen ohne Uebergänge streng geschieden.

Die Gefahr einer Verwechselung der Liasgebilde, bloss nach ihrer Gesteinsbeschaffenheit beurtheilt, ist um so grösser, je mehr die früher erwähnten verschiedenen Faciesentwickelungen ungemein rasch wechseln und dicht nebeneinander aufzutreten pflegen. Daher ist es besonders räthlich, auf die organischen Einschlüsse ein wachsames Auge zu haben und darnach das Urtheil hauptsächlich zu gründen. Wir können hier nicht auf die feineren Unterschiede der Zergliederung in kleinste Abtheilungen ein Gewicht legen, welche die Sache der Fachgeologen bleibt. Aber empfehlen müssen wir doch das Aufsammeln der Versteinerungen Schicht für Schicht mit sorgfältigster Auseinanderhaltung und Etiquettirung des Gesammelten nach den einzelnen Schichten, um wissenschaftlich weiter verwerthbares Material zu erhalten.

In den Schweizer Alpen ist der Nachweis der Liasbildungen noch dürftig (bei Meillerie, Bex, am Torrenthorn, bei Blumenstein, am Brienzer See, am Wallenstein), und in den sog. Bündener Schiefern, obwohl sie *Belemniten* enthalten sollen, sogar noch zweifelhaft. Dagegen sind dieselben durch einige *Ammoniten*-Erfunde am Casannapass des Val Chiamuera ausser Zweifel gestellt. Mit dem Uebertritt über den Rhein erscheinen sofort die drei Facies der Adnether, Hierlatz- und Algäuschichten oft dicht nebeneinander entwickelt. Es muss hier genügen, einzelne ergiebige Fundstellen namhaft zu machen, und zwar für die rothen, oft knolligen Adnetherkalke: Spullersee und Formarin im Vorarlberg, Spitzstein bei Kufstein, Kammerkar bei Reut im Winkel, Adneth bei Salzburg, Schafberg bei St. Wolfgang, für das Auffinden der tiefsten Liasschichten als sog. Planorbisschichten das Pfanserjoch W. vom Achensee und in Form gelblich gefärbten Gesteins Enzesfeld

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

unfern Baden; für die roth- und weissgefleckten Hierlatzkalke: Hindelang im Algäu, Pfanserjoch gegen die Tiefenbrunneralpe bei Pertisau am Achensee, Gotzenalpe, Fagstein und Kallersberg bei Berchtesgaden, Hierlatz am Dachstein, Gratzalpe bei Salzburg u. s. w.; endlich für die grauen Algäuschichten: Algäu, Tegernseeer Berge, Riesen- und Asenberg bei Kufstein, Gastätter- und Wundergraben bei Ruhpolding, Schmelzhaus bei Bergen, dann in einer eigenthümlichen Kohle-führenden, sandigen Entwickelung bei Gresten in den österreichischen Alpen.

Die besondere Ausbildung des alpinen grauen Lias bei Rovereto, in den Sette communi und im Etschgebiete mit zahlreichen und schönen Pflanzeneinschlüssen (Rotzo), sowie eigenthümlichen Thierresten (vergl. Fig. 60) geht westwärts in den lombardischen Alpen wieder in die typische Adnether Facies über (sog. Corso oder Calcarea rossa amm. inf.), wie solche zu Erba O. von Como, ausserdem zu Saltrio, Arzo, Mte Generoso, Moltrasio, Botticino, Tignale, bei Brescia etc. bekannt ist. Graue dichte Varietäten nennt man hier Medolo (Mte Domaro) und Saltrio, wenn sie Hornstein führen.

Diese Verschiedenheit, welche sich innerhalb der Alpen in der Gesteinsbeschaffenheit örtlich bemerkbar macht und sichtlich zugleich auch mit Differenzen in der Fauna verknüpft ist, könnte zu sehr interessanten Studien über die Beschaffenheit des alten Liasmeeres Veranlassung geben.

5) Dogger- und Jura-Schichten.

Zu den Andeutungen, welche früher (S. 124—126) gegeben wurden, haben wir hier Weniges beizufügen. Wir versuchen zunächst in einem ziemlich vollständigen Profil (Fig. 60) aus dem Etschthale bei Rovereto einen Ueberblick über die hierher gehörigen Gesteinsschichten zu geben. Es sei dazu weiter im Allgemeinen bemerkt, dass in dem Grade, wie O. vom Rhein die Triasgesteine in überaus mächtigen und ausgebreiteten Schichtensystemen die Oberherrschaft erlangt haben, ebenso gegen Westen zu die jurassischen Bildungen sich fast ausschliesslich der Alleinherrschaft in den Kalkalpen bemächtigen. Eine Reihe der glänzendsten Entdeckungen hat in neuerer Zeit in der

Schweiz Dogger und oberen Jura in ungeahnter Reichhaltigkeit und Mannichfaltigkeit an zahllosen Punkten ans Licht gefördert. Wir können hier natürlich nur einzelne festgestellte Vorkommnisse herausgreifen: Klausschichten zwischen Wengen und Lauterbrunnen, Schichten mit *Ammonites Murchisonae* an der Wengernalp, Lauberhorn, Grindelwald, am Faulhorn; mittleren Dogger und oberen Jurakalk reichlich in Savoyen, in den Berner Alpen und am Glärnisch u. s. w.



Fig. 60.

1) Hauptdolomit; 2) dickbankige Kalke mit Spuren rhätischer Versteinerungen; 3) grauer Lias von Rovereto und Rotzo; 4) Gardakalk (unterer Dogger); 5) rother Doggerkalk mit *Rhynchonella bilobata*; 6) Posidonomyenkalk; 7) rother Jurakalk mit *Ammonites acanthicus*; 8) Juradiphyenkalk; 9) Neocombiancone; 10) rothe Scaglia; 11) Thalschutt.

In den Ostalpen haben sich überhaupt zahlreiche Fundstellen ergeben; aber es liegt hier das Ganze doch noch ohne vermittelnden Zusammenschluss wie ein zerrissenes Blatt vor uns. Jedes Fragment, das wir zu dem bekannten weiter auffinden, bringt uns dem Verständniss des Ganzen wesentlich näher. Wie manche Gesteinsstücke oder Petrefakten werden aber bei Alpenwanderungen unbeachtet verworfen, die an einandergereiht wichtige Aufschlüsse über die Gesteinsverbreitung gegeben hätten.

Es mögen hier einige wenige Orte zunächst in den Nordalpen hervorgehoben werden, welche vor den vielen anderen Fund- und Beobachtungsstellen oberjurassischer Gesteinslagen durch besonders günstige Verhältnisse zu Studien sich eignen. Nur ganz spärlich bekannt sind im Osten die ältesten Doggerschichten mit *Ammonites Murchisonae* und *opalinus* (z. B. bei Hohenschwangau), während solche in den Schweizer Alpen, wie schon oben erwähnt ist, in Form grauer

harter Kalke (sog. Eisensteine) einen weiten Strich von Scheidegg über Wengernalp zur Schildhornkette einnehmen und im Molesonstock (C. Freiburg), im Kirchgraben am Thunersee und bei Mols in Glarus wiederholt auftauchen.

Reichlichere Fundstellen bieten sich für die sog. Klausschichten und das Posidonomyengestein. Zunächst ist der Thiergarten bei Wien und gleich dabei St. Veit hervorzuheben, wo es glückte, drei gesonderte Dogger-Stufen übereinander festzustellen (oben Schichten mit *Ammonites Parkinsoni*, darunter mit *A. Humphresianus* und unten mit *A. Sauzei*). Wichtig ist ferner die versteinerungsreiche Klausalpe bei Hallstatt, der ursprünglichen Fundstelle der darnach genannten Schichten, die Mitterwand daselbst, der Brunnenkogel bei Aussee und die Gracheralpe bei Maria-Zell. In den baierischen Alpen sind es die rothen und weissen Posidonomyenkalke bei Vils und namentlich am Weissen Haus bei Füssen, die leicht zugänglich, sich durch Reichthum an Versteinerungen empfehlen, wie in der Schweiz die Schichten bei Jelten in den Berner Alpen und in einem langen Zug vom Finsteraarhorn bis nach Glarus (z. B. Oberblegisee am Glärnisch) und sogar bis in die französischen Alpen (Digne).

Für Vilser Kalk ist das Vorkommen bei Windischgarsten, Stauffeneck und Vilseck namhaft zu machen.

Die noch jüngeren Juraschichten in den Facies des sog. Plassenkalks beschränken sich auf wenige Stellen, z. B. am Plassen, Sandling, an der Trisselwand im Salzkammergut, wo auch die graue Facies der tithonischen Stufe (sog. Oberalmer Schichten) weit verbreitet ist und bis ins Berchtesgadische streicht. Typische Aptychen- und Diphyenschichten zeigen sich mit älteren und jüngeren Schichten vielfach verschlungen an zahlreichen Punkten, z. B. am Hals bei Weyher (mit *T. diphya*), bei Weissenbach, Altenmarkt, im Hartelgraben, bei Hieflau, an der Weisswand des Wendelsteins, bei Ammergau, im Algäu, an der Sulzfluh im Rhäticon, am Fall des Staubbachs in der Schweiz, durch das ganze Berner Oberland, unter den Gletschern der Jungfrau, am Fusse des Mönchs, an den Gehängen des Wetter- und Wellhorns, bei Alpiglen (mit *T. diphya*), am Laucherhorn, Grindelwaldgletscher, am rechten Ufer des Brienzer See's, am Faulhorn u. s. w.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

In den Südalpen mag der enge Anschluss der obersten Jurakalkbänke des überaus verbreiteten sog. Diphyenkalkes an den petrographisch sehr ähnlichen sog. Biancone oder Majolica der Neocomstufe zu eingehenden Studien einladen und namentlich in den vicentinischen Bergen zu vielen neuen Entdeckungen führen. Für Dogger und Schichten des *Ammonites acanthicus* bietet die Umgegend von Rovereto, Brentonico, das Ostufer des Gardasees u. s. w. günstige Gelegenheiten zu geologischen Beobachtungen.

Schliesslich sei vor der Verwechselung der vielerlei rothen Kalke auch bei dieser Gelegenheit noch einmal gewarnt. In den lombardischen Alpen versteht man unter Calcarea rossa-ammonitifera vorzugsweise Lias, verwechselt ihn jedoch häufig auch mit dem Kalke des *Ammonites acanthicus* der Aptychenschichten, dem Diphyenkalke und mit anderen rothgefärbten Marmorkalken.

6) Cretacische Bildungen.

Neocom-, Galt- und Plänerstufe.

Jeder Schritt, welchen wir aufwärts in der Gesteinsreihe thun, bringt uns neue Anregungen, öffnet uns neue Blätter in dem grossen Geschichtsbuche der Erde, von welchem die Berge nur Bruchstücke sind. Kaum haben wir von Westen her durch die so reich gegliederten und wohl untersuchten cretacischen Ablagerungen der Schweiz, welche noch fast unverändert in Vorarlberg und Algäu fortsetzen, wie es das Profil (Figur 61) zeigt, ostwärts den Lech überschritten, so stehen wir vor einem neuen besonders entwickelten Kreidegebiete, das, wie früher geschildert ist (S. 129), mit den Flyschvorbergen bis zum Ostrande und dem Wiener Berg sich ausdehnt. Hier verwachsen die Schichten gleichsam mit der sog. Flyschbildung und bei Wien finden sich inmitten des Flyschs oder, wie er dort heisst, des Wiener Sandsteins, cretacische *Inoceramen* neben den Flyschalgen ähnlichen Pflanzenabdrücken. Das regt die Frage an, ob nicht auch im übrigen Verbreitungsgebiete des Flysches (von dem in den Karpathen ist dies gleichfalls bereits bekannt), namentlich in der Schweiz,

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg
Frankfurt am Main

manche Zwischenlagen aus dem Flysch herausgestellt und, wie es schon vielfach versucht wurde, den cretacischen Schichtenreihen zugewiesen werden müssen. In den Freiburger Alpen und in der Stockhornkette dürfte besonders nach dieser Einschaltung zu forschen sein, die, bezüglich jurassischer leichter

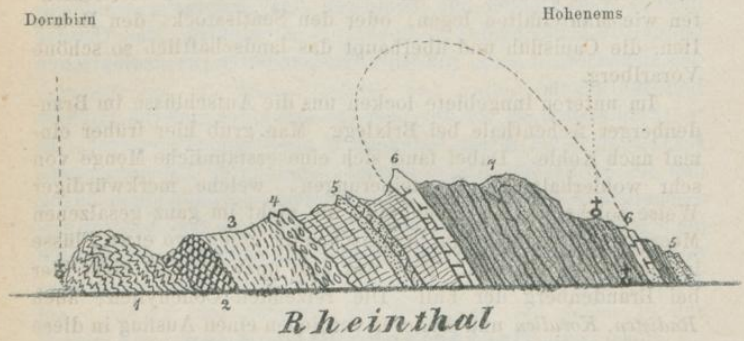


Fig. 61.

1) Flysch; 2) Nummulitenschichten; 3) Seewenmergel; 4) Seewenkalk 5) Galtgrünsand und Riffsandstein; 6) Schratten- oder Caprotinenkalk; 7) Neocom-Mergel, Kalk und Grünsandstein.

unterscheidbarer Aptychenschichten bereits erkannt, bei den dem Flysch petrographisch ähnlichen Neocomgesteinen fast nur durch Versteinerungen ausser Zweifel zu stellen ist. Diese Frage scheint wohl geeignet, unsere Aufmerksamkeit in den sonst einförmigen Flyschgebieten fortwährend lebhaft wach zu halten.

Eine andere Frage ist, gibt es etwa cretacische *Nummuliten* (s. S. 137 u. 138), wie man annimmt, dass es tertiäre *Belemniten* gäbe? Es haben sich an zahlreichen Stellen gewisse Zwischenbildungen zwischen den jüngsten cretacischen Schichten und den älteren Tertiärablagerungen eingeschoben gezeigt, bei denen man diese Frage stellen muss, so z. B. am Sentistock, bei Dornbirn, bei Burgberg am Grünten. An der zuletzt genannten Stelle erwies sich der dort in Steinbrüchen aufgeschlossene Grünsandstein noch als ein deutliches Glied der jüngsten cretacischen Stufe. Darf man das überall annehmen, auch in den Südalpen, wo eine eigenthümliche tertiäre Breccie mit *Rhyn-*

chonella polymorpha die dortige Scaglia überdeckt? Man sieht, auch bei dem cretacischen Gesteine darf der Hammer nicht ruhen!

Wer ein prächtiges Modell der Gesteinsentwickelung und zugleich auch der grossartigen Faltenbildung näher ansehen will, dem empfehlen wir den Grünten, um den sich die Schichten wie Mantelfalten legen, oder den Sentisstock, den Hohen Ifen, die Canisfluh und überhaupt das landschaftlich so schöne Vorarlberg.

Im unteren Inngebiete locken uns die Aufschlüsse im Brandenberger Achenthale bei Brixlegg. Man grub hier früher einmal nach Kohle. Dabei fand sich eine erstaunliche Menge von sehr wohlerhaltenen Versteinerungen, welche merkwürdiger Weise solchen Arten angehören, die nicht im ganz gesalzenen Meereswasser, sondern im brackischen da leben, wo etwa Flüsse in die See einmünden. Dies war also unzweifelhaft einst hier bei Brandenberg der Fall. Die reizenden Conchylien, auch *Rudisten*, *Korallen* und Anderes verdienen einen Ausflug in diese Gegend. Noch weiter im Osten sind gleichfalls überaus versteinerungsreiche Sedimente, in der Gosau schon von Alters her bekannt und daher Gosauschichten genannt und am Untersberg durch die Kuhhornmuschel (*Hippurites cornu vaccinum*) und die schönen Marmorkalke (s. S. 132, 133) weltberühmt, die uns lebhaft interessiren und zum Sammeln aneifern können. Schon bei Siegsdorf (in Götzreuther Graben) beginnen solche und ähnliche Lagen, setzen am Hochkreuz und in der Rossfeldalpe (Neocomstufe), in der Gosau bei Hallstatt, bei Ischl, Windischgarsten, in der neuen Welt bei Wiener Neustadt u. s. w. fort. Besonders berühmt aber ist die Wand oberhalb Grünbach, an der man Schicht für Schicht genau unterscheiden und studiren kann.

Von den obersten *Belemnitellen* führenden Schichten soll nur erwähnt werden, dass sie in einem Graben bei Hallthurm (Nierenthal) und am Fusse des Kressenbergs zu finden sind, am Burgberg durch Grünsandstein und bei Oberstdorf im Algäu durch grauen Mergel vertreten werden.

In den Südalpen kommen Gosau-artige Ablagerungen selten vor. Doch kennt man Aehnliches aus den Vorbergen der lom-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

bardischen Alpen in der Brianza bei Sirone und Brenno neben Majolica und Scaglia, welche hier als Repräsentanten der Neocom- und oberen Kreidestufe eine ungemein grossartige Verbreitung gewinnen.

IV. Bildungen der Tertiärzeit
oder
Känolithische Schichten.

Immer noch stehen wir innerhalb des eigentlichen Alpengebietes, wenn auch am äussersten Saume desselben und in einzelnen tiefer einschneidenden Randbuchten, indem wir uns zur Betrachtung und zum Besuche der Tertiärgebilde wenden. Sie reichen nach der früheren Auseinandersetzung (s. S. 135—146) vom Schlusse der Ablagerung cretacischer Schichten bis zur Gegenwart, und in dieser fortdauernd stufen sie sich, vom Aelteren zum Jüngeren fortschreitend, in die Bildungen der eigentlichen Tertiär-, der Quartär- und der recenten oder Novär-Zeit ab.

1) Tertiär-Formation.

Merkwürdiger Weise sind es nicht die ältesten Tertiärgebilde, welche am Aufbau der Kalkalpen einen wesentlichen Antheil nehmen, sondern jener Complex kalkiger, mergeliger und sandiger Schiefer, welche unter der Bezeichnung Flysch oder Wiener (auch Karpathen-) Sandstein bekannt ist.

In einem fast ununterbrochenen Streifen zu einem hohen Randwall aufgehäuft, schliessen diese Flyschgesteine in den Nordalpen auf weite Strecken das innere hohe Alpengebirge ab und machen den eigentlichen Fuss desselben aus. Leicht verwitternd und sich zersetzend liefern sie hier einen tiefgründigen, feuchten, oft sumpfigen Boden, der eben so reiche Alpenweiden, wie stattliche Wälder trägt.

Nur sporadisch unter dem Schutz vorspringender Berge angelehnt oder in seichten Buchten gegen das Innere vordringend tauchen stellenweis alttertiäre Ablagerungen, die sog. Nummulitenschichten (s. S. 137) auf, die wir in ihrem Versteck

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

aufzusuchen haben. Ermüdet uns das Einerlei der Flyschberge, welche nur da und dort durch den Einschluss riesiger, an erratischen Ursprung erinnernder Blöcke (Bolgenach und Lenzenbergtobel im Algäu, viele Stellen in der Schweiz) oder durch die in ihnen eingezwängten Falten älterer Gesteinsstreifen (Jura-Aptychen-, Neocomschichten) uns grösseres Interesse abzugewinnen vermögen, so bieten die Nummulitenschichten älteren und jüngeren Ursprungs (eocäne und oligocäne Nummulitenschichten) durch die Fülle der in ihnen vergrabenen Thierreste einen desto grösseren Anziehungspunkt für Sammler und Naturfreunde. Es empfehlen sich hierfür die Diablerets, Ralligstöcke, das Niederhorn, Pilatus, die alten Erzgruben und die Gräben am Grünten, die Steinbrüche auf sog. Neubeurer Marmor bei Sinning bei Rosenheim, bei Traunstein, Hammer, der Kressenberg vor allen, die Pechkohlengruben bei Häring im Innthal (jüngere Schichten), die Bucht von Reit im Winkel, der Elendgraben bei Reichenhall, Mattsee, der Pechgraben bei Gross-Raming, der Waschberg bei Stockerau in den Nordalpen. Auch vergesse man nicht die grossen Dach- und Schieferbrüche in Glarus bei Engi und Matt, Attingshausen in Uri u. s. w. wegen der höchst merkwürdigen Fischüberreste, die sich hier eingeschlossen finden.

In den Südalpen bietet keine Gegend eine reichere Gliederung und eine grössere Menge von Versteinerungen in den Tertiärschichten, als die Vorgebirge der Vicentinischen Alpen, die Gegend von Ronca, Castel-Gomberto, Schio, Marostica, Belluno, das Isonzogebiet bis hinab nach Istrien mit den sog. Cosina-Schichten, welche mit den unterlagernden Rudistenkalken zu dem öden, wasserarmen Karstgebirge verwachsen sind.

Von den vulkanischen Euganeen an brechen Streifen und Gänge von trachytischem und basaltischem Gestein und Tuff vielfach bis in die Berge von Verona, Vicenza und Trient zwischen Kalk und Dolomit zu Tag.

Endlich treten wir aus den Alpen heraus in das hohe Vorland, das im NW. der Alpen von einem eigenthümlichen Sandsteingebilde, von der sog. Molasse (s. S. 140), eingenommen wird. Wir dürften rasch über dasselbe, als einen unserer engeren Aufgabe nicht mehr zufallenden Schichtencom-

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

plex hinwegeilen, wenn derselbe sich nicht noch auf grossartige Weise in einem beträchtlichen Theil der Alpen als Baumaterial mächtiger Berge verwendet fände. Es genügt, den weltberühmten Rigi (vergl. Fig. 62), den Speer, Kronen-, Oberegg-berg, den Pfänder, das Rindalphorn zu nennen, um zu rechtfertigen, dass wir an einem solchen wichtigen Gliede der Alpen nicht stillschweigend vorübergehen können. Zwar erlischt mit dem Grüntenvorsprung der Antheil, welchen die Molasse an dem hohen Vorgebirge übernommen hat. Doch begrüssen uns die zahlreichen Vorberge, Staffeln und Terrassen der Molasse, die von zahllosen Ansiedelungen reich bevölkert vom Genfer-, Thuner-, Zuger-, Züricher- und Bodensee her sich dem Hochgebirge anschmiegen, bei unserer Annäherung an die Alpen bereits mit dem frischen Hauch der Berge.

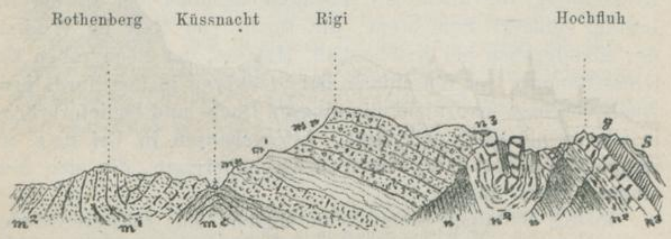


Fig. 62.

m^1) ältere Molasse; mn) Molasse-Nagelfluh; m^2) jüngere Molasse; n^1) untere Neocomschichten; n^2) obere Neocomschichten, n^3) Caprotinen- oder Schrattenkalk; g) Galtschichten; s) Seewen-Schichten.

Näher auf die Verhältnisse der Molasse einzugehen, kann gleichwohl hier nicht unsere Aufgabe sein, wo es sich um die Verhältnisse der eigentlichen Hochgebirge handelt.

Ebenso eilen wir rasch an den jüngeren Tertiärablagerungen längs des Südfusses der Alpen, der von keinem Vorwall mittelhoher Flyschberge umsäumt wird, sondern zu der tiefen Ebene unvermittelt abfällt, an den miocänen und pliocänen Schichten zwischen Varese und Como, bei Brescia, Schio, Bassano, Ceneda, Udine und Cividale, die oft tief in die Alpenthäler vordringen, vorüber. Nur eines Punktes sei hier noch

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

gedacht, der in neuester Zeit das Interesse mächtig erregte, indem er die Frage wachgerufen hat, ob es schon Glacialerscheinungen zur Pliocänzeit gegeben habe, wie die Vermengungen pliocäner Versteinerungen mit erratischem Schutt bei Firenzuola, Cassina Rizzardi, Monticello und Caccivio im Tessin annehmen lässt. Die Thatsachen scheinen jedoch zu Gunsten einer Einmengung pliocänen Gesteins im erratischen Geschiebe zu sprechen.

Auch am Ostrande im Wiener, Grazer und croatischen Becken bis zum adriatischen Meere hin haben sich seit der

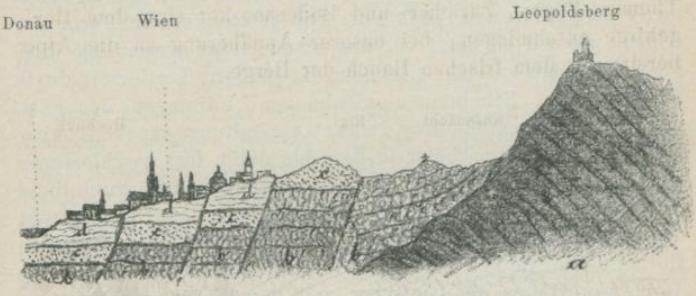


Fig. 63.

a) Flysch oder Wiener Sandstein (z. Th.).
b) Marine Tertiärschichten (z. Th. Leithakalk und Badener Tegel).
c) Sarmatische Tertiärschichten (Cerithiensand und Tegel).
d) Congerien-Schichten (Ingersdorfer Tegel nnd Belvedere-Schotter).

miocänen Zeit tertiäre Ablagerungen mit den Ausläufern des Hochgebirges gleichsam innigst verflochten, abgelagert, und zwischen die sich verflachenden Vorberge in Buchten und Fjords mit den Flussthalungen hoch ins Innere der Alpen vordringend ausgebreitet (Ennsthal, Mürz-, Murthal). Wir dürfen ihre Untersuchung Denen überlassen, welchen es nicht vergönnt ist, eine Bergfahrt ins Hochgebirge zu machen und beschränken uns hier darauf, ein Beispiel der Anlagerung der jüngeren Tertiärbildungen an den Alpenrand aus der Umgebung von Wien in dem Profile Fig. 63 beizusetzen.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

2) Quartäre oder Diluviale Bildungen.

Wenn wir eben gesehen haben, dass die tertiären Ablagerungen im grossen Ganzen mit ihrem abnehmenden Alter immer weiter aus dem eigentlichen Hochgebirgsgebiete zum Rande zurückgedrängt werden, so könnte es scheinen, als ob für die noch jüngeren diluvialen oder quartären Ablagerungen innerhalb der Alpen kein Raum mehr übrig sei. Das ist nun aber keineswegs der Fall. Vielmehr fällt gerade der Quartärzeit die wichtige Aufgabe der wesentlichsten Umgestaltung des Alpenreliefs zu. Die letzte äussere Form der Alpen, wie wir sie jetzt vor uns sehen, trägt wesentlich diluviales Gepräge an sich, nachdem die jüngere Tertiärzeit durch Dislocationen, Erhebungen, Senkungen, Faltungen der Felsmassen ihre eigenthümliche innere Gestaltung gegeben hatte. Die Eintiefung der Thäler in dem bis dahin fest geschlossenen Gesteinsmassiv, die Fortführung des unermesslichen, durch diese Thalausnagung erzeugten Trümmerschuttes, das Durchfurchen der Felswände und Zuspitzen zu schartigen Schneiden, zackigen Hörnern und rauhen Nadeln, wie das Abschleifen der Berge durch Vordringen der Gletscher und das Wiederausfüllen von Terrassen und Thalrändern, das Alles ist diluviale Arbeit. Der Hauptgewinnantheil fiel hierbei freilich der Ebene zu, welche mit enormen Massen von Geröll, Gletscherschlamm und erratischen Blöcken ausgefüllt wurde. Wir erinnern an die dreifachen Abschnitte, in welchen diese grossartige Umgestaltung stattfand (s. S. 144 u. 145). Die Alpenwanderer werden an den Thalrändern, auf den Bergterrassen, auf den Flanken der Gehänge und selbst hoch oben auf den Gebirgssätteln häufig genug Gelegenheit finden, diese Erscheinungen zu prüfen, alten Flussläufen nachzuspüren, an gekritzten Geröllen den Charakter erratischer Ablagerungen festzustellen und an geschliffenen Felsen (Gletscherschliffen) die ehemals grossartige Ausdehnung quartärer Gletscher zu erkennen. An Hochgebirgssätteln ist besonders darauf zu achten, ob das etwa hier abgelagerte Geröll die Natur des Absatzes aus fliessenden Gewässern an sich trägt oder als erratisch anzusehen ist. Im ersteren Falle untersuche

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

man die Art der Gesteine, aus denen die Rollstücke bestehen. Sie weisen auf die Gegend hin, aus welcher die Fluth ihren Hochgang zur Ebene fand. Ein grosser Werth ist hierbei auch auf die Bestimmung der Höhe zu legen, in welcher solche Hochfluthgerölle abgelagert worden sind. Indem wir solche Ablagerungen weiter in ihrem Zusammenhange verfolgen und in Verbindung zu einander bringen, taucht nach und nach aus dem jetzt zerrissenen Relief der Gegenwart das Bild der früheren einfachen Gebirgsgestaltung vor uns auf, wir erkennen alte Thalungen und frühere Wasserläufe.

Bei alten Gletscherschliffen lässt sich die Richtung der Streifen und damit die des Vordringens der Eismasse bestimmen und an mehrern übereinanderliegenden Streifensystemen der Nachweis liefern, ob ein mehrmaliges Vorschreiten in verschiedenen Richtungen stattfand. Stösst man tief in den Thälern auf solche Spuren alter Gletscher, so ist dies ein wichtiger Beweis für das Vorhandensein früherer Thaleintiefungen. Auf die Bedeutung der Abrunduug der Berge durch Gletschereis (Rundbuckelform) ist schon im Vorhergehenden hingewiesen worden (s. S. 145). Sie zeigen sich in einer Gegend auf eine gewisse correspondirende Höhe beschränkt, deren Bestimmung uns einen wichtigen Fingerzeig über die oft erstaunliche Mächtigkeit der vormaligen Eismassen gibt.

Kalktuff, Torf oder diluviale Braunkohle und Lössablagerungen im Hochgebirge haben ihre besondere Bedeutung. Bei Kalktuffmassen, die gern Landschneckenschalen in sich schliessen, ist von besonderem Interesse, wenn sie quartären Alters sind, durch Aufsammeln der Einschlüsse zu sehen, ob darunter jetzt in der Gegend ausgestorbene Arten vorkommen, welche den inzwischen eingetretenen Wechsel der Fauna documentiren würden.

Dasselbe gilt von diluvialem Torf und von der Braunkohle, die zuweilen Reste diluvialer Thiere beherbergen; es lassen sich selbst menschliche Culturüberreste darin erwarten.

An das Vorkommen von Löss knüpft sich die Frage, ob überhaupt im Innern des Hochgebirges sich echter Löss finde, oder ob er nicht als Gletscherschlamm immer auf das Gebiet ausserhalb der unteren Grenze des erratischen Diluvialgerölles

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

beschränkt sei. Doch ist es auch denkbar, dass zurückweichende Gletscher im Innern des Gebirges an ihren Rändern lössartigen Schlamm zurückgelassen haben (Calvarienberg bei Partenkirchen). Enthalten solche Lehmablagerungen und die ihnen ähnliche sog. Diluvial-Kreide, oder zerriebene Dolomitsande (Lager bei Mittenwald) Conchylienreste, so ist dies ganz besonders beachtenswerth.

3) Recente oder Alluviale Bildungen.

Ueber die geologischen Vorgänge und Erscheinungen, die sich vor unsern Augen andauernd auch jetzt noch vollziehen, — recente, noväre und alluviale Bildungen — haben wir den früheren Bemerkungen kaum Weiteres hinzuzufügen. Was hierher gehört, kann sich der aufmerksame Beobachter wohl leicht selbst zurechtlegen. Es drängt uns zum Schluss.

So mögen denn diese Blätter ihren Weg suchen ins Hochgebirge und freundliche Aufnahme finden bei Denen, welche sie als geologischer Führer bei ihren Alpenwanderungen begleiten.

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Inhaltsverzeichniss.

	Seite
Einleitung	25
Allgemeiner Theil	27
I. Geologische Ausrüstung	27
II. Geognostische Orientirung	36
Gesteinselemente und Gesteine	37
Textur, Structur und Form der Gesteine	39
Veränderungen an den Gesteinen	52
Gesteinsarten	58
Lagerungsordnung und Formationen	64
III. Geologische Beobachtungen im Allgemeinen	67
1) Gesteinsbeschaffenheit	70
2) Lagerungsverhältnisse	76
3) Einlagerungen und Versteinerungen	79
4) Besondere Erscheinungen	81
Specieller Theil	83
IV. Besondere geologische Verhältnisse in den Alpen	83
a) Allgemeine Bemerkungen	83
b) Geologische Gliederung	87
I. Primitive oder archäolithische Periode	91
II. Primäre oder paläolithische Periode	94
1) Silurformation	95
2) Devonformation	97
3) Präcarbon- oder Culmformation	98
4) Carbon- oder Steinkohlenformation	100
5) Postcarbon- oder Dyasformation	102

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin

Seite

III. Secundäre oder Mesolithische Periode 107
1) Buntsandsteinformation 110
2) Muschelkalkformation 111
3) Keuperformation 113
4) Liasformation 121
5) Doggerformation 124
6) Jura- oder Malmformation 126
7) Cretacische oder Procänformation 129
IV. Känolithische oder Tertiärperiode 135
1) Tertiärformation 137
2) Diluviale oder Quartärformation 143
3) Recente oder Novärformation 146
V. Eigenthümlichkeiten bei geologischen Beobachtungen in den Alpen 146
a) Im Allgemeinen 146
b) Im Besonderen 149
I. In Urgebirgs- oder archäolithischen Gebieten . . 149
1) Bei den zur Gneissformation gehörigen Gesteinen 149
2) Bei den zur Glimmerschieferformation gehörigen Gesteinen 153
3) Bei den zur Phyllitformation gehörigen Gesteinen 154
II. Bei den paläolithischen Bildungen 155
III. Bei den mesolithischen Bildungen im Allgemeinen . 159
1) Bei den Buntsandsteinschichten 160
2) Bei den Muschelkalkschichten 161
3) Bei den Gebilden der Keuperformation . . . 164
a) Partnach- u. untere St. Cassianer Schichten . . 164
b) Wettersteinschichten 166
c) Raibler- oder obere St. Cassianer Schichten . . 169
d) Hauptdolomit und unterer Dachsteinkalk . . . 171
e) Rhätische Schichten 172
f) Oberer Dachsteinkalk 175
4) Bei den Liasschichten 176
5) Bei den Dogger- und Juraschichten 178
6) Bei den cretacischen Bildungen 181
IV. Bei Bildungen der Tertiärperiode 184
1) Bei den Tertiärschichten 184
2) Bei den Quartärbildungen 188
3) Bei den Novärbildungen 190

Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Senckenb. med. Institut

Universitätsbibliothek Johann Christian Senckenberg, Frankfurt a.M.
Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, FU Berlin