Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band X. Jahrgang 1880.

München.
Akademische Buchdruckerei von F. Straub.
1880.

In Commission bei G. Franz.

Herr C. W. Gümbel hält einen Vortrag:

„Geognostische Mittheilungen aus den Alpen."

VII.

Erster Abschnitt.

Die Gebirge am Comer- und Luganer-See.

Der geognostische Streifzug, auf welchem ich durch die Bergamasker Alpen[1]) wanderte, hatte mich westwärts bis zum Val Seriana geführt und gezeigt, dass die Pflanzenreste-führenden Gebilde von Collio (Collioschichten), welche dem Rothliegenden gleichgestellt werden, und die zunächst höheren und jüngeren rothen Sandsteine, welche den Grödener Schichten entsprechen und der tiefsten Trias angehören, zwar benachbart, aber stets genetisch gesondert, oft sogar auch innerhalb verschiedener getrennter Verbreitungsgebiete entwickelt, westwärts bis Fiume nero fortsetzen. Leider vermissen wir hier in den Lagen des rothen Sandsteins die Pflanzenreste, durch welche in den mehr östlichen Gebirgstheilen, in Südtirol und bei Recoaro, diese Sandsteinbildung ausgezeichnet ist. Dadurch sind wir der

1) Vergleiche: Geognostische Mittheilungen aus den Alpen VI, Streifzug durch die Bergamasker Alpen in den Sitz.-Ber. d. Acad. d. Wiss. in München 1880, 2. Math.-phys. Cl. S. 164.

Möglichkeit beraubt, die Bergamasker Sandsteinbildungen bestimmter mit einzelnen Lagen der Grödener Schichten in Vergleich zu ziehen, wenn auch ihre petrographische Beschaffenheit und ihre ununterbrochene Verbindung mit den versteinerungsreicher Seisser Schichten keinen Zweifel über die Gleichalterigkeit beider Bildungen in Südtirol und den Bergamasker Alpen aufkommen lassen.

Auch in dem zunächst westlich an das Gebiet des Val Seriana angeschlossenen Gebirge der Val Brembana sind bis jetzt Erfunde deutlicher Pflanzenreste in den älteren Sandsteinschichten nicht bekannt geworden. Denn Escher's Angaben[2]) von *Calamites*-haltigen Sandsteinschiefer S. bei Pellegrino und von Schichten mit (?) *Taeniopteris marantacea* Stnb. (nach Heer's Bestimmung) am Col di Zambla gegen Oneta hin beziehen sich sicher auf jüngere Triasglieder, welche hier zunächst nicht in Betracht kommen. Um so bedeutungsvoller ist das durch Escher's und P. Merian's Untersuchungen nachgewiesene Vorkommen von Pflanzenresten aus den tieferen Sandsteinschichten in dem Gebirge östlich vom Comer See zwischen Bellano und Regoledo, welche Heer als *Voltzia heterophylla* Brogn. und *Aethophyllum speciosum* Schimp., zwei charakteristische Arten des Buntsandsteins, bestimmt hat.[3]) Noch weiter westwärts waren seit längerer Zeit in dem groben grauen Sandstein von Manno NW. von Lugano Pflanzenreste bekannt, welche nach den neuesten Bestimmungen von Heer[4]) unzweideutig die ächte Steinkohlenformation anzeigen. Auch werden aus dem Steinbruche im rothen Sandstein am Fusse des Monte

2) Geolog. Bem. ü. d. n. Vorarlberg und einige angrenzende Gegenden in: Mem. d. l. Soc. helv. d. sc. nat. A. XIII. 1853 p. 104 u. 108.

3) Daselbst. S: 98; 130 u. 131.

4) Flora foss. Helvetiae, p. 41. 42—47 und Urwelt der Schweiz II. Aufl. S. 14.

Salvatore bei Lugano mehrfach Pflanzenreste erwähnt, die alle Beachtung verdienen.

Diese Verhältnisse bestimmten mich, meine bis zu dem Thale des Serio westwärts fortgeführte Untersuchung der Pflanzenreste-führenden älteren Sandsteinbildungen zunächst wieder am Comer- und Luganer See aufzugreifen. Die hierbei gewonnenen Ergebnisse in diesem allerdings schon vielfach und ausführlich geologisch geschilderten Gebiete scheinen mir zu einigen neuen Feststellungen geführt zu haben, welche, wenn sie auch nur kleine Beiträge zur weiteren Kenntniss dieser Gegenden an die Hand geben, doch dazu dienen können, bei der bis jetzt noch keineswegs zum Abschlusse gekommenen geologischen Erforschung dieser höchst interessanten Gebiete benützt zu werden.

Ein Blick auf die zahlreichen, bisher über diese Gegenden publicirten geologischen Karten von einer der ältesten, der Brunner'schen an bis zu der erst jüngst erschienenen Spreafico-Taramelli'schen gerechnet, genügt, um an der Verschiedenartigkeit der Auffassung der Gebirgsverhältnisse und deren Darstellung einen Maassstab zu gewinnen, wie Vielfaches hier noch klar zu stellen sei. Ich beziehe mich beispielsweise nur auf die Porphyre von Lugano, die von Brunner[5]) in rothe und schwarze kartographisch ausgeschieden, von Negri und Spreafico[6]) wie von Catullo[7]) wieder vereinigt, endlich von Taramelli aufs neue geschieden dargestellt worden. Aehnliche Differenzen herrschen in der Darstellung der zahlreichen dolomitischen Gesteine, welche z. B. östlich vom Comer See von Catullo ziemlich richtig in eine untere (Esinokalk und Dolomit) und eine obere (Hauptdolomit) Stufe getrennt, auf der Taramelli'schen

5) Aperçu géol. d. environs du lac de Lugano in der Denkschr. d. Schweizer: Ges. d. Natur: XII. 1852.

6) Mem. dell' l'Istituto Lombardo 1869.

7) Geologia applicata delle prov. Lombarde 1877.

Karte trotz der maassgebenden Arbeit von Benecke[8]) in bedauerlicher Weise wieder zusammen geworfen werden, nachdem selbst in der älteren Stoppani'schen[9]) Darstellung hier längst schon der Versuch einer naturgemässen Ausscheidung verschiedener Formationsglieder gemacht worden war. Völlig unentwirrbar sind endlich die Angaben bezüglich derjenigen Gebilde, welche man der carboninischen, postcarbonischen (permischen) Formation und dem sog. Verrucano zugewiesen hat. Man begegnet hier dem unzweifelhaft krystallinischen Schiefer bis herauf zu dem rothen Sandstein, der mit dem Bergamasker Servino und den Südtiroler Seisser Schichten aufs engste verbunden denn doch wohl unbestritten dem Buntsandstein entspricht. Doch sind dies nur Andeutungen über die Abweichungen in kartistischen Darstellungen. Nimmt man nun noch die verschiedenen Schilderungen in zahlreichen sonstigen Publikationen hinzu, so tritt uns das Chaos sich widersprechender Meinungen nur um so verwirrenderer entgegen und lässt das Bedürfniss einer gründlichen, von einem über weitere und ausgedehntere Gebiete der Alpen blickenden Standpunkte ausgehenden Revision sehr wünschenswerth erscheinen. Vielleicht gelingt es mir im folgenden hierzu einen kleinen Beitrag zu liefern.

I. Val Sassina und das Gebirge zwischen Bellano und Introbbio.

Beginnen wir unsere Untersuchungen in dem östlich vom Comer See liegenden Gebiete, so möchten sich keine Aufschlüsse besser zur Orientirung eignen, als diejenige, welche bereits von Escher und Benecke in so vorzüglicher Weise geschildert worden sind.

Wenn man von Bellano aus dem wahrscheinlich auch von Escher nnd Merian begangenen Weg nach dem

8) Ueber die Umgebungen von Esino 1876.

9) Palaeontologie Lombarde I, Les Petrefications d'Esino 1858—1860.

Bade Regoledo folgt, so stellen sich uns zunächst am Fusse des steilansteigenden Gehänges jene unzweifelhaft den krystallinischen Schiefern zuzuzählenden Gesteine entgegen, welche wegen ihres Glimmer-artigen Schimmers früher als Glimmerschiefer, neuerdings mehrfach als Casanna- oder Sericitschiefer angesprochen wurden. Es sind jene Schiefer, die am Südrande der Alpen eine grossartige Verbreitung gewinnen und längs einer grossen Strecke auch von der Gotthardsbahn selbst bis Lugano aufgeschlossen worden sind. Die Zwischenlagen von quarzitischen und gneissartigen Schichten, welche öfters wiederkehren, scheinen eine gewisse Unsicherheit in der Auffassung dieses Gesteins veranlasst zu haben, so dass sie theils dem ältesten krystallinischen Schiefer zugewiesen, theils aber sogar als Stellvertreter der Carbonformation angesehen wurden. So lässt Catullo auf seiner Karte das Gebiet N. von Val Sassina und den Fuss am Südrande dieses Thals aus Glimmerquarzit bestehen und rechnet den südlich sich anschliessenden Quarzitschiefer zum permischen Conglomerat und Sandstein, während die Spreafico-Taramelli'sche Karte hier nur Glimmerschiefer und Verrucano anzeigt, weiter westwärts aber ganz dasselbe Gestein als Casannaschiefer bezeichnet.

Man kann nun allerdings zwischen der Richtigkeit der Bezeichnung als Glimmerschiefer oder als glimmerigen Phyllit schwanken, aber das scheint denn doch keinem Zweifel zu unterliegen, dass wir es mit einem typischen krystallinischen Schiefer einer jüngeren Formation der archäolithen Periode zu thun haben.

Mit diesem krystallinischen Schiefer steht auf einem beträchtlich langen Strich ostwärts hin am Südgehänge des Val Sassina ein gneissartiger Quarzit in direkter Verbindung, so dass er nur als eine Einlagerung in ersterem anzusehen ist. Die Catullo'sche Karte giebt dieses Gestein bis über Taceno und bis zum Mt. Biandino hinaus als permische

Schichten an. Das Gestein ist aber nach mehreren untersuchten Dünnschliffen sowohl aus den Lagen näher gegen Bellano, wo es noch hoch oben an dem Fusssteig von Ghesazio nach Parlasco in einem mit einem Kreuz bezeichneten Bergkopf ansteht, und in St. 10 mit 40° nach NW. einfällt, als auch aus der Nähe von Parlasco und Taceno unzweifelhaft Quarzit mit nur sehr spärlichen Feldspathbeimengungen und reichlichen Glimmerblättchen. Der weit vorherrschende Quarz besitzt ganz die Art des im Gneiss vorkommenden und bildet theils langgestreckte zackige Streifen von gleichartiger Beschaffenheit mit Blasenhohlräumen und eingewachsenen kleinen Kryställchen meist Glimmerschüppchen, theils körnige Häufchen, welche i. p. L. Aggregatfarben zeigen. Von einer Abrundung der eckigen Umrissen der Quarzsubstanz, wie sich solche in den Sandsteinen, Grauwacken und tuffigen quarzigen Sedimentbildungen finden, ist hier keine Spur zu sehen. Auch die spärlich beigemengten Feldspaththeilchen tragen ganz den Charakter des ursprünglichen Eingewachsenseins in das Gestein, sie bilden eckige Körnchen und ziemlich scharf umgrenzte Krystalle. Mit Ausnahme trüber, zersetzter feldspathiger Substanzen gehören fast alle übrigen Feldspathbeimengungen Plagioklasen an, welche i. p. L. die Streifung auf's deutlichste erkennen lassen; Orthoklas in frischem Zustande wird nur selten wahrgenommen. Diese gneissartigen Quarzite erreichen namentlich bei Taceno-Crandola eine grössere Ausdehnung und bilden fast ununterbrochen von der Strasse bei Bellano bis Introbbio unmittelbar das Liegende der darauf aufgelagerten vorherrschend roth gefärbten Conglomerate, Sandsteine und Lettenschiefer.

Am Ansteig von Bellano nach Regoledo findet sich zunächst am Gebirgsfusse der glimmerig glänzende Schiefer und höher in gleichförmiger Lagerung dieses Quarzitgestein. Hier beginnt nun die Ablagerung der rothen Schichten über

diesem Quarzite nicht mit einer Conglomeratbildung, sondern es sind ziemlich weiche, graue und rothe, sandige Lettenschichten, welche die jüngere Reihe einleiten; erst höher folgen dann reichlich grobe und feinere Conglomeratbänke wechselnd mit buntgefärbten Sandsteinlagen, intensiv rothem Letten und grauem mergeligschiefrigem Gestein, welche die obere Region beherrschen. In den relativ höheren Lagen dieser Schichtenreihe nun ist es, in welchen sich näher gegen Regoledo hin zahlreiche, aber meist undeutliche Pflanzenreste einstellen; es ist dies das Lager, in welchem Escher [10]) und Merian *Voltzia heterophylla* und *Aethophyllum speciosum* auffanden. Obgleich ich hier wegen des Fehlens der so charakteristischen Bellerophonkalklage oder des stellvertretenden blasigen gelben Dolomits einen ganz sicheren Vergleich mit den Pflanzenschichten von Recoaro oder Neumarkt nicht ziehen möchte, so macht doch die ganze Art der Ablagerung und des Vorkommens der Pflanzenreste den Eindruck auf mich, als ob diese Lagen bei Regoledo und Recoaro nahezu auf gleichem geologischem Horizonte lägen und dies umsomehr, als auch auf den Höhen vor Regoledo ein zwar versteinerungsleerer, aber petrographisch doch absolut gleicher grünlich grauer harter Mergel — Seisser Schichten — nahe im Hangenden der Pflanzenschichten sich einstellt, wie im Osten. Wer weiss, wie dürftig der Erhaltungszustand der eingeschlossenen Pflanzenresten ist, wird an dieser Parallele sicher keinen Anstoss desshalb finden, weil Heer aus den Regoledolagen *Voltzia heterophylla* und *Aethophyllum speciosum* bestimmt hat. Denn die Arten aus den Recoaro-Fünfkirchen-Schichten [11]), die *Voltzia hungaria*, *V. hexagona*, *Ullmannia* u. s. w., stehen obigen Formen [12]) so nahe, dass

10) A. A. O. Geol. Bem. ü. d. n. Vorarlberg etc.

11) Ueber die permischen Pflanzen von Fünfkirchen von Heer V. Bd. d. Mitth.: aus d. Jahrb. d. ungar. geol. Anstalt 1876.

12) Taf. VIII der Abhandlung Escher's: Geolog. Bemerk. über das N. Vorarlberg etc. 1853.

bei so dürftigem Erhaltungszustande, welcher eine sichere Bestimmung äusserst schwierig macht, hier wohl leicht gleiche Arten vorliegen könnten.

Greifen wir aber zur Frage zurück, ob aus diesem tiefsten Schichtencomplex eine Reihe grober Conglomerate, die allerdings die grösste Aehnlichkeit mit ausseralpinem Rothliegenden namentlich durch die zahlreichen Einschlüsse von Porphyrrollstücken erkennen lassen, und daher schon seit v. Buch's Besuch dieser Gegenden von diesem und von Anderen wiederholt dem Rothliegenden zugezählt worden sind, wirklich der postcarbonischen Formation zugewiesen werden dürfe, so vermag ich hiefür in Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse, wie wir solche bei Collio und Fiume nero nachgewiesen haben, keinen stichhaltigen Grund zu erkennen. Diese Conglomerate am Rande des Val Sassina haben durchaus nichts zu schaffen mit den Gebilden, welche bei Collio dem Rothliegenden gleichstehen, sondern gleichen genau den Conglomeraten, welche auch im Bergamasker Gebirge oft getrennt von den Collioschichten sich den feinen rothen Sandsteinbänken sehr eng anschliessen und den Grödener Conglomeraten entsprechen. Am Ostrande des Comer See's fehlt jede Spur jener Ablagerungen, welche den Collioschichten gleichgestellt werden könnten. Es darf hiebei daran erinnert werden, dass an vielen Stellen in- und ausserhalb der Alpen, da wo der Buntsandstein unmittelbar auf quarzreichem krystallinischem Gestein aufgelagert ist, seine tiefsten Bänke durch ein grobes Conglomerat ausgezeichnet sind und wo Porphyr die Unterlage ausmacht, wie bei Botzen, die Grödener Schichten mit mächtigen Porphyrconglomeraten beginnen. Allerdings muss es auffallen, dass am Comer See und seine Umgebung die Conglomerate so zahlreiche Porphyrgeschiebe enthalten, wie z. B. bei Introbbio, wo im Eingang der Acqua duro-Schlucht mächtige Conglomerate

fast ausschliesslich aus Porphyrrollstücken bestehen. Es treten zwar am Luganer See und weiter westwärts grosse Porphyrmassen zu Tag, sie gewinnen aber nicht die Ausbreitung, wie jene bei Botzen und scheinen mir durchaus nicht genügend, um alles Porphyrmaterial, welches wir hier in diesem Gebirgszug zur Conglomeratbildung verwendet stehen, liefern zu können. Dies geht noch unzweideutiger aus der Untersuchung zahlreicher Porphyrrollstücke der Conglomerate des Val Sassina hervor, deren Porphyr durchaus verschieden ist von jenen allerdings zahlreichen Varietäten der Luganer Gegend; letztere sind sehr charakteristisch entweder intensiv roth oder schwärzlich gefärbt, während ersterer sich mehr dem mittelfarbigen röthlichen oder graulichen Typus des Botzener Gebiets anschliesst. Es sind, soweit meine Beobachtungen an Dünnschliffen reichen, in diesen Rollstücken durchweg Quarz-führende Felsitporphyre vertreten, mit felsitiger, bald fein krystallinischer, bald noch halb glasiger Grundmasse und Fluidalstreifchen, reich an Orthoklas, arm an Plagioklaseinschlüssen und spärlich mit Glimmerblättchen versehen, deren Substanz wie meist auch der Orthoklas der Zersetzung anheimgefallen ist. Um diese enorme Betheiligung von Porphyrfragmenten an der Zusammensetzung unserer Conglomerate erklären zu können, bleibt nichts Anderes übrig, als anzunehmen, dass, ehe die Ablagerung der Grödener Conglomerate, wie wir unsere Lagen auch am Comer See nennen wollen, stattfand, mächtige Stöcke von Porphyr vor dem Rande der aus krystallinischen Gestein bestehenden Centralalpen ausgebreitet gewesen sein mussten, durch dessen Zerstörung das Rollmaterial für die Bildung der Conglomerate beschafft werden konnte. Vielleicht liegt ein Theil dieses Porphyrs von jüngeren Bildungen bedeckt im Untergrunde der mächtigen jüngeren Vorberge verborgen.

In unserem Profil von Bellano nach Regoledo folgen auf die grünlich grauen harten Mergelbänke, die z. Th. noch

mit rothen und gelben, oft sandig dolomitischen Lagen wechseln, und den Seisser mit Campiler Schichten in Gesteinsbeschaffenheit und relativer Stellung völlig gleich stehen, dunkelgraue bis schwärzliche Dolomite von nicht beträchtlicher Mächtigkeit. Trotz der dem Erkennen organischer Einschlüsse so hinderlichen, krystallinisch körnigen Ausbildung dieses Dolomits sieht man gleich wohl häufig *Crinoideen*, welche den Habitus von *Encrinus liliiformis* besitzen, Durchschnitte von *Brachiopoden*, *Gasteropoden* und selbst von *Cephalopoden*, ohne dass es mir jedoch gelang, aus dem bröcklich zerspringenden Gestein sicher Bestimmbares heraus zu schlagen. Wir werden später den Nachweis liefern, dass wir es hier mit einer dolomitischen Facies des unteren Muschelkalks zu thun haben, welche in dieser Eigenthümlichkeit eine weite Verbreitung westwärts gewinnt. Es dürfte dies in Escher's Profil (a. a. O.) der Schicht Nr. 18 entsprechen, während Nr. 16 dem graugrünen Seisser Mergel sich gleich stellen würde. Dieser graue, zuweilen Hornsteinconcretionen-führende Dolomit geht aufwärts rasch in den intensiv schwarzen plattigen dichten Kalkstein über, der als Marmor von Varenna bekannt uns später noch ausführlicher beschäftigen wird.

Halten wir dieses Höhenprofil mit jenem an der Strasse von Bellano nach Varenna zusammen, welches nach voraus gegangenem Regen staubfrei, mir einen ganz vorzüglichen Aufschluss gab, so gewinnen wir einen ziemlich vollständigen Einblick in die Zusammensetzung dieser älteren Sedimentgebilde über dem krystallinischen Gebirge, wie uns denselben bereits Escher in so klarer Darstellung eröffnet hat. Nach meiner Auffassung der Verhältnisse können wir hier unterscheiden:

A. Im Hangenden: schwarzer Varenna Kalk.

B. Darunter folgt bei einem ziemlich regelmässigen,

nach St. 3—5 in SW. unter 50—60° gerichteten Einfallen der Schichten:

1) grauer und schwärzlich grauer, krystallinisch körniger Muschelkalk-Dolomit mit *Crinoideen* und *Brachiopoden*	120 m	mächtig
2) einige schwache Lagen grauen, welligplattenförmigen kalkigen Dolomits .	2 „	„
3) weiche, leicht auswitternde, gelbliche (ursprünglich grünlich graue) Steinmergel mit gelben drusigen Dolomit und Rauhwacke — stellenweise wahrscheinlich Gyps-haltig	10 „	„
4) intensiv rothen Lettenschiefer, wechselnd mit gelben und grünlichen Lagen	5 „	„
5) graugrüne, harte, spröde, an den Verwitterungsflächen gelbe Mergelschiefer, genau wie die Seisser Schichten bei Schilpario	25 „	„
6) graue, kalkig-mergelige, harte, dünngeschichtete Sandsteine mit eigenthümlichen linsenförmigen Einschlüssen schwarzen Kalks	30 „	„
7) graue, rothe, weissliche, meist dünngeschichtete Sandsteine mit thonigen Zwischenlagen, einzelne Lagen mit kohligen Beimengungen und Pflanzenresten. Auf den Schichtflächen zeigen sich Wülste, Wellenfurchen und wurmförmige Concretionen, wie von Bohrmuscheln — Pflanzenreste-führendes Lager —	80 „	„
	272 m	mächtig

	Uebertrag	272 m mächtig
8)	mächtige, rothe und grauliche Sandsteinlagen mit einzelnen Conglomeratstreifen	100 „ „
9)	intensiv rothe Lettenschiefer . . .	2 „ „
10)	rothe, quarzreiche Conglomerate . .	6 „ „
11)	graue und hellfarbige, intensiv rothe oder blassrothe Sandsteine, Lettenschiefer und Conglomeratbänke mit Porphyrrollstücken	15 „ „
12)	grauliche Sandsteine und grossbrockige Conglomerate ohne Porphyrgeröll den Mannoschichten ähnlich und dieselbe wahrscheinlich vertretend	10 „ „
	zusammen	405 m mächtig.

C. Im Liegenden: gneissartiger Quarzit und darunter glimmeriger Phyllit.

Dieser Complex von Schichten streicht nun nahezu parallel mit dem Val Sassina hoch oben an dessen Südrande von Bellano über C. Panighetto, M. del Portone, Parlasco, Corte nuova nach Introbbio, wo derselbe die Thalung der Pioverna durchschneidend nunmehr der Schlucht der Aequa duro folgend fast senkrecht zu der bisherigen Streichrichtung gegen den Pizzo dei tre Signori sich ins Gebiet der Val Brembana wendet. Es ist aus diesem Zuge, auf welchem die Gesteinsschichten meisten Theils vom Gehängeschutt überdeckt nur stellenweis entblösst sind, noch des Aufschlusses in dem tiefen Tobel zwischen M. del Portone und Parlasco besonders zu gedenken, in welchem wir die graugrünen Seisser Mergelgesteine, die Rauhwacke und die rothen Conglomerate mit constant SW. Einfallen sehr schön aufgeschlossen finden und aus den Geschieben des Baches entnehmen können, dass in regelmässiger Aufeinander-

folge auch hier die schwärzlichen Muschelkalkdolomite und die schwarzen Varenna Kalke höher am Gehänge durchstreichen. Auch mengen sich bereits sehr zahlreiche weisse und grauliche Esinokalkstücke bei, welche von dem höchsten Gebirgskamm dieses Gebiets, dem zum Mt. S. Defendente führenden Felsrücken zu entstammen scheinen. Erst auf der Südabdachung dieses Kalkriffs jedoch legen sich dann nach dem ausführlichen Nachweis Benecke's die Dossena-Raibler Mergel auf den Esinokalk des Sasso Mattolino — S. Defendente an und werden nur in Folge einer Verwerfung, die vom Taceno-Marano her streicht, an dem Passübergange zwischen S. Defendente und Sasso Mattolino auf die Nordabdachung eine kurze Strecke weit hinüber geschleppt.

Aus diesem liegenden Zuge sei noch des eigenthümlichen granitischen Gesteins gedacht, welchem man in überaus zahlreichen abgerollten Blöcken und Stücken in Val Sassina begegnet und welches mächtig entwickelt in dem Gebirge N. von Introbbio sich ausbreitet. Ein grosser Steinbruch zwischen Bindo und Controbbio gestattet einen tiefern Einblick in seine Verhältnisse. Catullo bezeichnet es auf seiner verdienstvollen Karte als Sd. d. h. Sienite dioritica.[13])

Dieses Gestein ist nach meiner Untersuchung der Dünnschliffe als ein feinkörniger, an braunem Glimmer reichen Granit zu bezeichnen, der neben Quarz, stark veränderten Orthoklas nur wenig Plagioklas und keinen weissen Glimmer enthält. Hornblende konnte ich in den von mir gesammelten Stücken nicht finden. Es kommt allerdings äusserst spärlich eine gräuliche nicht oder höchst schwach dichroistische Beimengung in kleinen, nicht scharf umgrenzten Einsprengungen vor, die wahrscheinlicher einem Augit als Amphibol angehören möchten. Spärliches Magnet- und etwas

13) Catullo erwähnt das Gestein kurz S. 416 f. Geologia della prov. Lombarde I. Bd.

Titaneisen nebst einzelne Apatitnädelchen gehören zur Reihe der accessorischen Beimengungen. Eigenthümlich ist, dass, trotz das Gestein äusserst frisch sich ansieht, seine feldspathigen und glimmerigen Theile eine bedeutende Umbildung erlitten haben. Dies geht daraus hervor, dass i. p. L. die Feldspathe nur auf feine Körnchen vertheilte Aggregatfarben zeigen, zwischen denen hie und da die Streifen des Plagioklas, als sei derselbe erst aus der Umbildung des Orthoklases hervorgegangen, sichtbar werden. Ebenso treten häufig zwischen den einzelnen Blättern des Glimmers weisse, offenbar sekundäre Ansiedelungen auf, die feldspathiger und quarziger Natur zu sein scheinen.

2. Die Fischschiefer von Perledo und der schwarze Kalk von Varenna.

Es ist bereits in den im Vorausgehenden geschilderten Profilen von Bellano nach Regoledo und an der Strasse von Bellano nach Varenna nachgewiesen, dass auf den dunklen Muschelkalkdolomit unmittelbar die Reihe der dünnbankigen, dichten, intensiv schwarzen Kalke aufliegt, welche unter dem Namen des schwarzen Marmors von Varenna in der Technik bekannt, häufig von weissen Kalkspathadern durchzogen sind, und desshalb zur Herstellung von Monumenten sich besonders eignen. Sie begleiten uns auf der Hauptstrasse bis Varenna und reichen an den Gehängen, welche östlich von dem Ufer des Comer See's gegen Regoledo, Bologna und Perledo sehr steil aufsteigen, auf beträchtliche Höhe empor, so dass man diese Bildung als eine sehr mächtige anzunehmen versucht werden könnte. Dem ist jedoch nicht so. Die meist in dünnen Bänken, oft sogar in schieferartige Platten ausgebildete Kalke, mit zahlreichen mergeligen Zwischenlagen wechsellagernd und auf den Schichtflächen stets von einer oft glänzenden thonigen Rinde gleichsam überzogen sind hier am Rande des Sees in einer

erstaunlichen Weise stark zusammengefaltet, in mächtigen Bögen gewölbt, zickzackförmig gewunden und überschoben, so dass dieselbe Schichtenlage in Folge der enormen Faltung öfters an die Oberfläche tritt und es dadurch den Schein gewinnt, als habe diese Bildung eine beträchtliche Mächtigkeit, die ich freilich nur schätzweise im Ganzen zu etwa 120 m veranschlage. Das Gestein ist ausserordentlich arm an Versteinerungen und es haben sich ausser den berühmten Posidonomya Moussoni Mer. bis jetzt kaum mehr als dürftige Spuren anderer organischer Ueberreste darin entdecken lassen. Ueber das Vorkommen dieser Muschel hat Benecke sehr ausführlich berichtet; sie scheint übrigens ausserordentlich verbreitet zu sein, indem ich sie bei meiner nur flüchtigen Begehung des Gebiets ausserdem noch an zwei Orten antraf. Mag dieselbe nun mit der Form identisch sein, welche im mitteldeutschen Muschelkalk vorkommt, wie Sandberger annimmt, oder derselben nur sehr nahestehen, wie v. Mojsisovics zu zeigen sucht, so viel ist im Zusammenhange mit der Lagerung aus ihrem Vorkommen jedenfalls zu folgern, dass diese Kalksteinbildung unmittelbar dem Muschelkalk sich anreiht. Nimmt man hinzu, dass die ihm gleichförmig auflagernden, petrographisch sehr ähnlichen mehr schiefrigen, dünnschichtigen und thonigen Fischschiefer von Perledo abgesehen von ihren Einschlüssen an Resten höherer Thiere Posidonomya Wengensis (oberhalb Regoledo) und Bactryllien wie in den Partnachschichten enthalten, also den Wengener Schichten zuzuzählen sind, so scheint die Zuziehung der schwarzen Kalke von Varenna zur Muschelkalkformation wohl gerechtfertigt. Es verdient dabei bemerkt zu werden, dass in den oberen Grenzlagen gegen die Perledoschiefer oft Hornsteinknollen vorkommen, wodurch diese Lagen eine gewisse Analogie mit dem Buchenstein-Kalke gewinnen. Stellenweis nimmt der schwarze Kalk des

Comer See's ganz das Aussehen jenes Gesteins in den Bergamasker Alpen, im Gebirgsstocke des Ortler und in Bündten an, welche ich unter der Bezeichnung Ortlerkalk als dem Muschelkalk angehörig in der vorangehenden Mittheilung nachgewiesen habe. Beide sind Faciesbildungen derselben geologischen Stufe der Muschelkalkformation.

Die überaus grossartigen Biegungen und Zusammenfaltungen dieser Kalkschichten oft in Krümmungen von nur wenigen Meter Radius bieten neben der tiefschwarzen Farbe der Hauptmasse des Gesteins und der grell abstechenden Durchäderung von weissen Kalkspath an der so leicht zugänglichen Hauptstrasse von Varenna nach Bellano eine eben so bequeme wie lehrreiche Gelegenheit, um über die Folgen und Wirkungen dieser engsten Zusammenpressungen bereits festgewordener mächtiger Kalksteinlagen die ergiebigsten Studien zu machen. Diese Aufschlüsse verdienen vor Allem die Beachtung Jener, welche über diese Verhältnisse thatsächliche Nachweise suchen. Ich werde desshalb später noch einmal darauf zurückkommen, glaube aber vorerst die weitere Schichtenfolge darlegen zu sollen.

Die sorgfältige Begehung des ganzen Gebiets von Varenna, Perledo, Bologna, Ghesazio, Regoledo, Gittana und Parlasco hat mich überzeugt, dass trotz der grossartigen Biegungen der schwarzen Kalke dieselben doch constant von gleichförmig dünnbankigen, allerdings ähnlich aussehenden, aber doch constant schiefrigen Kalkmergel- und Kalkschichten bedeckt werden. Es sind dies die oft in grossen dünnen Platten gewinnbaren Schiefer von Perledo, welche wegen ihres relativen Reichthums an Saurier- und Fischresten grosse Berühmtheit erlangt haben und unter dem Namen Fischschiefer von Perledo bekannt sind. Ich fand sie in dem vom Esinothal nahe unterhalb der Mühle aufsteigenden Wasserriss oberhalb Per-

ledo direkt auf dem schwarzen Kalk auflagernd, beide gleichförmig in St. 6 mit 43° nach W. einfallend. An diesem Wasserriss liegt auch ein Plattenbruch, in dem ich einige Fragmente von Fischversteinerungen fand. Indem man dann den Weg nach Esino weiter verfolgt, gelangt man, wie dies Benecke bereits anführt, bald zu der Grenze gegen einen unmittelbar gleichförmig auflagernden Dolomit, der allerdings einige petrographische Aehnlichkeit mit Hauptdolomit hat, aber im Ganzen doch deutlicher dolomitisch (d. h. fein krystallinisch) sich darstellt, als der letztere. Bei aufmerksamer Beobachtung findet man ausserdem, dass diese Dolomite an Verwitterungsflächen eine charakteristische Eigenthümlichkeit erkennen lassen, die dem Hauptdolomit fehlt; es zeigen sich nämlich parallel mit den Schichtungsflächen wechselnd pulverigstaubige, gelbe Auswitterungsstreifen und fast nicht verwitterte festere Lagen von mehr kalkiger Beschaffenheit. Die mehlartig pulverigen Verwitterungstheile bilden dabei oft nicht fortlaufende geschlossene Lagen, sondern sind zuweilen unterbrochen, treten nur putzenförmig hervor und verlieren sich allmählig in die festeren Lagen. Dies nimmt in dem Maasse ab, als das Gestein kalkiger und dichter wird und in den typischen Esinokalk übergeht, wie es sich sehr deutlich bei weiterem Verfolgen des Ansteigens gegen Esino beobachten lässt. Für mich ist es gar nicht zweifelhaft, dass dieser Dolomit, der wohl öfter mit Hauptdolomit verwechselt worden sein mag, eine untere Region des Esinokalks ausmacht und diesem ebenso zugezählt werden muss, wie in den Südtiroler Alpen der Schlerndolomit, in den Nordalpen der Zugspitzdolomit dem Wettersteinkalk, welchem ja der Esinokalk auf's genaueste seiner Lager und seinem Alter nach entspricht. Dieses Zusammenfassen des Dolomits, den wir kurz Esino-Dolomit nennen wollen, mit dem in der Regel die höheren Lagen einnehmenden Esinokalk findet eine Bestätigung in

dem Umstande, dass ich in dem Dolomit so gut, wie im Kalke die charakteristische *Gyroporella annulata* in dem oben genannten Profile aufgefunden haben. Auch lässt sich der allmählige Uebergang der dolomitischen tiefen Schichten in die oberen kalkigen an mehreren Punkten deutlich beobachten.

Diese Fischschiefer von Perledo liegen also unzweifelhaft über dem schwarzen Varenna-Kalk und unter dem weissen Dolomit des Esinokalks. Wie schon erwähnt wurde, fanden sich nun an mehren Stellen *Bactryllien* und oberhalb des Dorfes Regoledo sehr zahlreich *Posidonomya Wengensis*, welche für eine Parallelstellung dieser Schiefer mit den Wengener Schichten sprechen. Damit stimmten auch die Lagerungsverhältnisse vollkommen überein.

Es ist allerdings schwierig, bei dieser Schichtenreihe eine strenge Grenze zwischen dem Varennakalk und den Perledo-Schiefer zu ziehen. Doch besteht zwischen beiden auch nach ihrer Zusammensetzung ein nicht unbeträchtlicher Unterschied, wenigstens zwischen den Kalklagen mit *Posidonomya Moussoni* und den Fischreste-führendem Schiefer von Perledo, wie nachfolgende Analyse erkennen lässt.

Mit schwachen Chlorwasserstoff behandelt liefern

die schwarzen Varennerkalke		die Fischschiefer von Perledo	
kohlensauere Kalkerde . . .	83,87	. . . .	50,26
„ Bitterde . . .	5,68	. . . .	26,49
„ Eisenoxydul . .	2,53	. . . .	1,62
Spuren v. Thonerde u. Kieselerde		. . . .	
Schwefelsäure u. Phosphorsäure	—	. . . .	—
Ungelöst bleibt			
Thon	7,21	. . . .	21,35
Kohlige Theile . .	0,71	. . . .	0,28
	100,00		100,00

Der in verdünnter Chlorwasserstoffsäure unlösliche Rückstand besteht aus

bei dem Varennakalk		bei den Fischschiefern
Kieselsäure . . .	48,37	 73,00
Thonerde	24,60	. . . . . } 17,15
Eisenoxydul . . .	8,93	. . . . . }
Manganoxydul . .	Spur	. . . . . Spur
Kalkerde	0,20	 0,18
Bittererde	0,35	 0,14
Phosphorsäure . .	Spur	. . . . . Spur
Kali	4,30	 2,50
Natron	3,60	 1,51
Bitumen u. Wasser	9,43	 5,25
	99,78	99,73

Daraus geht hervor, dass der Varennakalk nur geringe Beimengungen von Bittererdecarbonat enthält, während der Fischschiefer von Perledo, wenn man den thonigen Rückstand in Abzug bringt, nahezu die Zusammensetzung eines normalen Dolomits besitzt; jener ist demnach ein ziemlich normaler Kalkstein, dieser ein Dolomitschiefer und zwar jener mit nur geringen Beimengungen von Thon, dieser dagegen besteht fast zu einem Viertheil aus thoniger kieseliger Substanz. Bemerkenswerth ist ausserdem der Unterschied in der Zusammensetzung des in verdünnter Salzsäure unlöslichen Rückstandes beider Gesteine. Der hohe Gehalt des Fischschiefers an Kieselsäure spricht für das Vorhandensein freien Quarzes, der im Varennakalk nicht angenommen werden kann und bei beiden scheint überdies die beträchtliche Menge von Kalium die Fruchtbarkeit der aus der Zersetzung dieser Gesteine hervorgehenden Vegetationserde wesentlich zu bedingen.

Was den weiteren Aufbau des Gebirgs bei Esino anbelangt, so theile ich ganz die Ansicht Benecke's. Es ist

nicht fraglich, dass über dem Esinokalk zunächst die weicheren Schichten von Dossena mit *Gervillia bipartita* als Stellvertreter der Raibeler Schichten aufruhen und auf diese erst der eigentliche Hauptdolomit folgt. In welcher Weise sich diese verschiedenen Gebilde an der Zusammensetzung des hohen Gebirgsstocks von Esino betheiligen, ist gleichwohl trotz des anscheinend einfachen Aufbaus noch nicht zureichend klar gelegt, da nicht blos mehrfache grossartige Schichtenbiegungen hier vorkommen, sondern auch beträchtliche Dislokationen sich bemerkbar machen. Daher kommt es auch, dass weiter südlich von Varenna die schwarzen Kalke nicht einfach untertauchen, um den Esinoschichten Platz zu machen, sondern dass sie auf eine grosse Strecke hin noch einmal zur Herrschaft gelangen und namentlich zwischen Alcio und Grumo-Lierna mit in St. 3 unter 45° nach NO gerichtetem Einfallen anstehen und die Basis bilden, auf welche höher am Gehänge der mächtige Stock von Esinoschichten aus dem Meriathal[14]) über Cima di Pelaggia und den prallen Gebirgskamm am Ostufer des Comer See's bis zur Capelleta bei Vezio sich aufbaut. Den zum Seeufer gewendeten Esinokalk fand ich anstehend dem von der Hauptstrasse abzweigenden Weg nach Mandello gegenüber, wo in demselben ein Versuchsbau behufs Gewinnung von Bleierzen und Blende angelegt ist, unter Verhältnissen, welche dem Bleierzvorkommen im Wettersteinkalk der Nordalpen und bei Bleiberg, Raibl etc. in Kärnthen vollständig entsprechen. Auch die Dossena-Raibler Schichten mit *Gervillia bipartita* fehlen hier am Seerande nicht. Indem sich nämlich der Esinokalk mit östlichem Einfallen zum Seeufer wendet, kommen die auflagernden weichen Mergellagen, die schon Escher[15]) oben

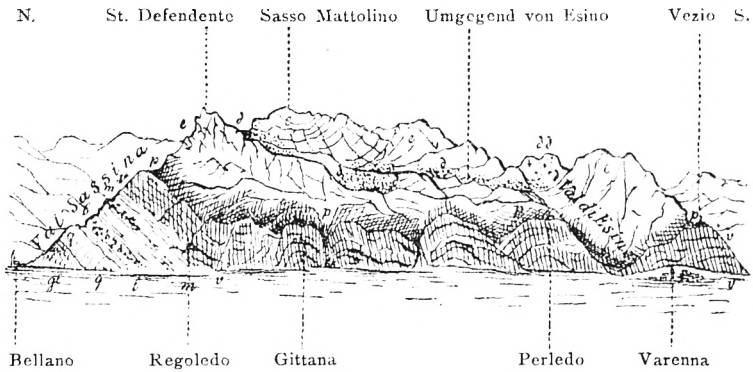
14) Ich bemerke, dass die Bewohner nicht Neria das Thal nennen, wie alle Karten es bezeichnen, sondern Meria, wie auch eine Strassentafel den Namen schreibt.

15) Geol. Bem. S. 97.

im Meriathale zwischen A. Calirazzo und A. Era (freilich als Muschelkalk) angiebt, nach und nach durch das Meriathal streichend gleichfalls dem Seeufer näher. Ich fand sie hier zwischen Linzanico und Borbino in der engen Schlucht der Val Gerona mächtig entwickelt und in hohen Wänden sehr gut entblösst. Sie bestehen hier aus sandigen, grün, roth und braun gefärbten Mergeln mit kalkigen Zwischenlagen und ihre Schichten fallen in St. 3 mit 4° nach NO ein, indem sie sich deutlich auf Esinokalk auflegen, welche weiter S. gegen Lecco zu wieder am Ufer des Sees zum Vorschein kommen. Spätere Bemerkungen werden an dieses Vorkommen wieder anknüpfen.

Zur orientirenden Uebersicht mag hier eine von West aufgenommene Gebirgsansicht beigegeben werden.

Ansicht des Gebirgs bei Esino.



gl = glimmeriger Phyllit; q = Quarzit; b = Grödener Schichten (Buntsandstein); m = unt: Muschelkalk; v = Varennakalk; p = Perledo Schichten; e = Esino Schichten; d = Dossena-Raibler Schichten; dd = Hauptdolomit.

3. Das Gebiet von Introbbio bis Lecco.

Es ist bereits erwähnt worden, dass bei Introbbio im Eingange des Acquaduro-Thals zuerst eigenthümlicher dunkelfarbiger Phyllit und quarzitische Schichten zu Tage traten,

welche in St. 7 mit 70° nach SO. einfallen, während die grossbankigen, groben Porphyrconglomerate, welche unmittelbar auflagern, abweichend in St. 12 mit 45° nach S. einschliessen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der schwarze Dolomit, welcher in der Nähe der Ponte Chiuse auf der Strasse nach Lecco ansteht und seiner petrographischen Beschaffenheit nach, sowie wegen der nicht seltenen Einschlüsse von Eucriniten dem Muschelkalkdolomit von Regoledo entspricht, auch hier der Reihe der Conglomerate und rothen Sandsteinbänke folgt. Die hangenden Schichten an der Wegabzweigung gegen Barzio in der Nähe der genannten Ponte Chiuse sind ausgezeichnet plattig und zeigen nahezu gleichförmige Lagerung mit den Conglomeraten, indem sie in St. 12 steil mit 80° S. einfallen, während in den dunklen, allerdings undeutlich geschichteten Dolomit die Neigung mehr in St. 3 nach SW gerichtet zu sein scheint. Ueber diesen Platten zeigt sich ziemlich mächtig Rauhwacke. Das ganze Profil macht jedoch nicht den Eindruck, als ob diese Complexe sich hier in ihrer ursprünglichen Aufeinanderfolge fänden, sondern es scheint, als ob zwischen dunklem Dolomit und den Platten, sowie zwischen diesen und der Rauhwacke Verwerfungen stattgefunden hätten. Leider verhindert massenhafter Gehängeschutt die nähere Beobachtung dieser Verhältnisse, so dass man auf der Strasse nach Barzio nur vereinzelt noch ein merkwürdiges Auftauchen einer aus weichen mergeligen Schichten bestehenden Gesteinsreihe nahe über der Rauhwacke zu Gesicht zu bekommt. Die Mergel sind grünlich grau, röthlich und gelblich gefärbt, von tuffiger Beschaffenheit, enthalten kleine, rundliche, grüne Knöllchen und dürften wohl als Dossena-Raibler Schichten anzusprechen sein.

Erst wo die Strassenabzweigung nach Barzio wieder mit der Hauptstrasse Introbbio-Lecco sich vereinigt, beginnt auf's neue eine fortlaufend ansstehende Zone von Felsmassen,

welche aus graulichem, dünnbankigem, unendlich zerklüftetem Dolomit bestehen. Das Gestein macht gleich von vornherein den Eindruck von Hauptdolomit. In der That glückte es auch in den Felsen dem Dorfe Ballabio superiore gegenüber bei einander alle die charakteristischen Einschlüsse zu finden, welche den Hauptdolomit charakterisiren. Besonders häufig ist *Gyroporella vesiculifera* und *Trochus solitarius*, mehr vereinzelt *Avicula exilis* und jener flache *Megalodon*, dem die italienischen Geologen die Bezeichnung *Guembeli* beigelegt haben. Auch glückte es sogar *Dicerocardium*-Fragmente zu entdecken

Nach diesem bedeutungsvollen Funde ist es nunmehr nicht mehr zweifelhaft, dass auch bei Esino der typische Hauptdolomit wesentlich an der Zusammensetzung dieser colossalen Gebirge betheiligt ist. Was die Lagerung dieses Hauptdolomits anbelangt, so beobachtete ich zuerst ein Einfallen etwa nach SW. bis gegen Casa del Pradella Chiesa. Von hier dagegen scheint die Strasseneintiefung einem Gewölbaufbruch zu folgen, indem westlich der Strasse die Schichten fortfahren, nach SW. einzufallen, im Osten dagegen nach SO. sich einsenken. Leider beginnt auch hier von der Wasserscheide abwärts Gehängeschicht das anstehende Gestein grossen Theils zu bedecken. Wählt man statt der Strasse den an hohem Gehänge hinführenden Fussweg, welcher in der Nähe unterhalb Ballabio inferiore von der Strasse abzweigt, so stösst man etwa Laorca gegenüber auf sehr beachtenswerthe Verhältnisse.

Die Gesteine sind leider nur hier und da dürftig entblösst und lassen einen klotzigen schwarzen Kalk beobachten, der im Ganzen rhätischen Charakter zu tragen schien. An dieser Stelle fand sich nun in der zur Befestigung des Fusssteigs hergestellten Mauer eine Platte schwarzen Kalks erfüllt von den typischen Versteinerungen des Muschelkalks,

wie er etwa im Val Trompia bekannt ist. *Retzia trigonella* war in Menge vorhanden, ebenso *Terebratula vulgaris*, *angusta* u. s. w. Leider liess sich das Gestein bei den dürftigen Aufschlüssen anstehend nicht entdecken. Es ist aber nicht denkbar, dass diese Platte von einer weit entfernten Stelle sollte hierher geschafft worden sein. Also auch im Gebiete Esino-Lecco kommt versteinerungsreicher Muschelkalk vor von Typus, wie in Val Trompia und den östlichen Südalpen im Gegensatz zu der dolomitischen Entwicklung, wie wir diese bis jetzt bei Varenna-Bellano kennen gelernt haben. Vielleicht gelingt es in dem nahen, tiefen Thale der Galdone, durch welches ein Weg nach Mortcrone führt, diesen Muschelkalk anstehend zu entdecken. An den Gehängen abwärts gegen Lecco ist Schutt und Anschwemmung so angehäuft, dass hier nicht leicht etwas davon zu finden sein dürfte.

Das Gebirge westwärts von der Thalstrasse bei Laorca und Rancio, welches sich sehr steil erhebt, sitzt auf einer felsigen Terrasse auf, deren Gestein gegen Sasso Stefano streicht. Ich vermuthe, dass dies noch eine Fortsetzung des Hauptdolomits sei, der in einer darüber hinziehenden Einbuchtung des Terrains vielleicht die Dosseno-Schichten und über diesen den weissen Esinokalk — in überstürzter Lagerung — trägt. Wenigstens beginnt der Esinokalk auf der Strasse von Lecco nordwärts gegen Varenna schon bei dem ersten Haus jenseits Sasso Stefano und unter S. Martino mit sehr deutlich gekennzeichnetem Esinodolomit, der *Gyroporella annulata* führt. Alle Schichten fallen bis hoch an die auf der Karte namenlosen Berge und bis zur Wasserfurche der Bella farina, durch welche eine Schichtungwendung angezeigt wird, in St. 10—10½ unter 65° nach NW. Damit haben wir nahezu wieder den Fundpunkt der Dossena-Raibler Schichten im Gerona-Thal bei Abbadia erreicht, der im Vorausgehenden schon beschrieben wurde.

4. Die Schichtenfolge am Berggehänge zwischen Lecco und Calolzio.

Wendet man sich vom Lecco südöstlich an das rasch aufsteigende Berggehänge gegen Germanedo und Belledo, so stösst man hier sofort wieder auf typischen Hauptdolomit, der die Fortsetzung des Zugs von Ballabio zu sein scheint. Seine Schichten fallen constant in St. 9—10 mit 45° NW. Sobald man eine Schlucht etwas S. von Belledo erreicht hat, treten unter diesem Hauptdolomit die rhätischen *Avicula contorta*-Schichten zu Tag. Es sind graue klotzige Mergelkalke mit Mergelzwischenlagen, welche durch zwar nicht häufige, aber charakteristische Versteinerungen die rhätischen Azzorola-Lagen unzweifelhaft kennzeichnen. Ihre Mächtigkeit mag 400 m betragen. Die Schichten senken sich conform in St. 10 mit 45° NW unter jene des Hauptdolomits ein.

Unter ihnen lagert ein dichter, z. Th. dolomitischer, gelber und weisslich gefleckter Kalk, der als Stellvertreter des oberen Dachsteinkalkes gelten dürfte. Einfallen wie oben. Nun beginnt südwärts unmittelbar darunter jenes ungemein mächtige System schwarzer, dünnschichtiger, mit Mergel wechselnder oft überaus Hornstein-reicher Kalke, welche in der Gegend sehr häufig wegen ihres lagerigen Bruchs als Mauersteine Verwendung finden Trotz der grossen Mächtigkeit ist das Gestein trostlos versteinerungsarm. Ausser einzelnen *Pentacrinus* fanden sich an der Schwefelquelle bei Maggianico spärlich Algen von der Form des *Chondrites latus* Guemb. und Fischschuppen. Das Gestein ist das nämliche, wie es auch weiter westwärts z. B. am Mt. Generoso ansteht und dort grossartige Gebirgstheile fast ausschliesslich zusammensetzt; es gleicht in auffallender Weise den sog. Algäuschichten der Nordalpen und besitzt auch, wie diese, die Neigung in kieselreiches

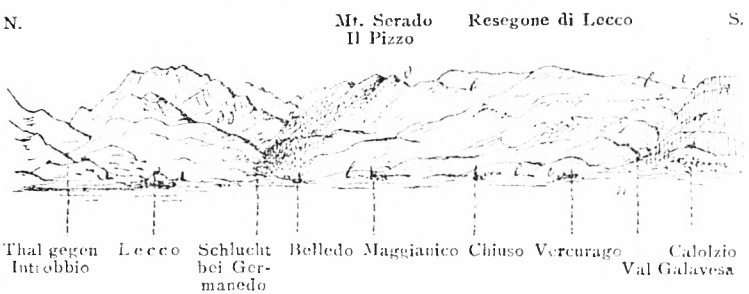
Gestein überzugehen, sowie in vielfache Windungen sich zu falten. Südlich von Lecco ist im grossen Ganzen jedoch das Einfallen conform mit jenen der genannten älteren Schichten nach NW., also unter diese untertauchend. Man sieht vom Thal aus, dass dieses widersinnige Einfallen bis zunächst auf die benachbarte Bergköpfe gegen Il Pizzo unverändert anhält. Bei Chiuso bildet ein Zwischenlager von leichtgefärbtem dolomitischem, dünnbankigem Kalk eine vorspringende Gebirgsrippe. Es ist möglich, dass darin bereits eine jüngere Schichtenlage angedeutet ist. Indess beginnt gerade von hier an Gehängeschutt den Zusammenhang der Gesteinsreihe zu unterbrechen. Es ragen nur höher am Berggehänge vereinzelte Schichtenköpfe über den Boden vor. Erst bei Vercurago begegnen wir wieder grösseren zu Tag ausstreichenden Gesteinsmassen und zwar jenem petrographisch so bestimmt gekennzeichneten, dichten, weissen, grünlichen und rothen Kalksteinschiefer, der durch den Einschluss von *Aptychus alpinus* auch paläontologisch als tithonisch-oberjurassisch sich verräth. Auch in diesen Schichten tritt uns eine bis zum Verwechseln gehende Aehnlichkeit mit den Nordalpen entgegen, insbesondere ist es das massenhafte Vorkommen von rothem Hornstein, durch welches diese Bildungen sich einander so sehr nähern. Diese Schichten fallen gleichfalls constant NW. d. h. unter der Lias ein.

Es fehlt nun freilich zwischen den letzten als Lias bestimmt zu bezeichneten Lagen und diesen Juraaptychenschichten eine Reihe von Zwischengliedern, wie sie etwa bei Roveredo und am Gardasee entwickelt sind. Es mangelt aber an dieser Stelle bei Vercurago an guten Aufschlüssen, welche geeignet wären, zur Entscheidung zu bringen, ob solche etwa dem obersten Lias dem Doggen und den Juraschichten mit *Ammonites acanthicus* entsprechende Bildungen in diese Gegend vorhanden sind oder nicht.

Die zunächst darunter lagernden Gesteine bestehen

nach den Aufschlüssen in der engen Schlucht der Galavesa an den Mühlen und in mehreren Steinbrüchen bei Calolzio aus grauen, erdigen, gelbverwitternden Sandkalk- und Mergellagen von der Beschaffenheit der tieferen Neocombildungen, ähnlich den Rossfeldschichten. Nur hier und da finden sich auch in diesen Reihen noch röthliche Färbungen. Fast so weit das Auge reicht, zeigt sich überall noch NW. Einfallen; nur in den äussersten Bergen in SO. wenden sich die Schichten gewölbeartig und senken sich dann flach nach S. ein.

Das Gebirge von Lecco bis Calolzio.



dd = Hauptdolomit; r = rhaetische Schichten; d = oberer Dachstein; e = Lias-Schichten; i = Jurataphichenschichten; n = Neocombildung.

Diese nur flüchtige Skizze der Gesteinsaufeinanderfolge und ihrer Lagerungsverhältnisse ist desshalb von so grosser Bedeutung, weil sie uns ein Beispiel einer über beträchtliche Gebirgstheile weggreifenden, in den westlichen Südalpen so seltenen überkippten Lagerung kennen lehrt, welche uns genau ein Ebenbild der Verhältnisse am Nordrande der Alpen vorführt. Ich bin, wie bisher, auch jetzt noch der Ansicht, dass wir es in der That am Südrande der Alpen mit einer jüngeren angelagerten Kalknebenzone zu thun haben, nach Analogie jener am Nordrande und es ist für mich auch desshalb schon unfasslich, die Alpenerhebung von einer einseitigen Lateralpressung abzuleiten. Angesichts

der eminenten Fächerfaltung der Schichten des Gotthardtunnels bin ich jetzt mehr als je überzeugt, dass die Bewegung der Alpenaufrichtung von Innen her aus der Centralkette nach Aussen drückend gewirkt hat, indem sie in den mittleren Gebirgstheilen vorherrschend emporschiebend, nach dem Rande hin aber vorschiebend und überschiebend thätig war, nicht etwa in Folge des Aufdrängens innerer Feuerfluthmassen oder vulkanischer Hebungen, sondern in Folge der Contraction gewisser tiefer Krustentheile, wodurch die oberen Gesteinsmassen auf kleinen Raum zusammengezogen, in Falten gelegt und emporgestaut wurden.

5. Das Gebirge von Lugano.

Wir verlassen das engere Gebiet des Comer See's, um noch einen Blick auf die höchst merkwürdige Umgebung von Lugano zu werfen, welche, seit die Geologie zur Wissenschaft geworden ist, nicht aufgehört hat, der Zielpunkt geologischer Forschungen zu sein. Und doch bieten sich hier noch dunkle Punkte genug, welche einer weiteren Aufhellung bedürfen. Es wird dies am deutlichsten, wenn man einen vergleichenden Blick auf die geologischen Karten dieser Gegend wirft, wie es schon früher angedeutet worden ist. Es sind hier nicht bloss die in grossen Massen hervorgebrochenen Porphyre, sondern selbst das herrschende Grundgebirge, das Conglomerat von Manno und die Dolomite von St. Salvatore, welche zu sehr verschiedenartiger Auffassung Veranlassung gegeben haben.

Was zunächst das Grundgebirge anbelangt, welches allerdings zunächst bei Lugano durch mächtigen Glacialschutt häufig dem Auge entgegen ist, so herrscht in demselben der Schiefer vor, welcher früher Glimmerschiefer genannt, neuerlich als Glimmmerquarzit, auch als Sericit- und Casannaschiefer aufgeführt wird. Im grossen Ganzen finde ich das vorherrschende Gestein übereinstimmend mit dem Phyllyt

ausseralpiner Gebirge mit den diesem meist begleitenden und ihm eingebetteten quarzitischen, chloritistischen, selbst gneissartigen Zwischenlagen. Dabei kommen allerdings häufig auch hellfarbige, stark glimmerglänzende Schiefer vor, bei welcher in der That sogar sich wie bei dem typischen Glimmerschiefer, einzelne Glimmerschüppchen loslösen und sich biegen lassen, ohne zu brechen. In der Regel ist jedoch dieser Glimmerglanz nur von der sericitartigen Beimengung erborgt, welche nicht selten die Oberhand über die chloritischen Bestandtheile erlangt. Der vorherrschende Charakter des glimmerigen Schiefers bei Lugano besteht jedoch darin, dass eigentliche Glimmerblättchen sich nicht abspalten lassen, sondern dass man dünne Spaltstückchen erhält, die sich nicht elastisch biegen, und bei dem Versuche, sie zu biegen, leicht zerbrechen.

Auch erleiden diese Schiefer unter Luftabschluss mit Chlorwasserstoffsäure längere Zeit behandelt eine theilweise Zersetzung und man erhält eine an Eisenoxydul reiche Lösung, welche sich wie die bei der Zersetzung ausseralpiner Phyllite durch Salzsäure erhaltene Lösung eines chloritartigen Bestandtheils verhält.

Es ergibt sich als theilweises Zersetzungsprodukt durch kochende Chlorwasserstoffsäure 24% der Substanz, welche nach dieser Behandlung weiss, perlenartig schimmert. Die zersetzte Substanz enthält in Procent:

Kieselsäure	25,00
Thonerde	16,66
Eisenoxyd	25,41
Eisenoxydul	12,80
Manganoxydul . . .	Spur
Kalkerde	2,09
Bittererde	4,44
Alkalien	2,50
Wasser	10,44
	99,34

Daraus geht die Aehnlichkeit der Substanz mit dem Phyllochlorit der Phyllite hervor, während der zurückbleibende Rest eine Menge von Quarz und eine glimmerig sericitische Masse darstellt.

Auch in Bezug auf die linsen-, streifen- und flaserförmige Ausscheidung von Quarz verhalten sich die Schiefer bei Lugano dem Phyllite ganz gleich. In Querdünnschliffen bemerkt man die charakteristische, streifig flaserig linsenförmige Art der Zusammenlagerung der Gemengtheile. Während der Quarz kleine linsen- oder streifenförmige Lagen ausmacht, bildet der glimmerig sericitische Gemengtheil wellig flasrige Streifen, die wie ein aufgedrehtes Seil fein gefasert erscheinen. Die chloritische Beimengung endlich findet sich in kleineren und grösseren Schuppen, welche theils in besonderen Zwischenlagen, theils verwachsen mit den übrigen Gemengtheilen an der Zusammensetzung des Gesteins sich betheiligen. Die sonst charakteristischen Bellonite der krystallinischen Schiefer konnte ich nicht wahrnehmen. Auch stimmen sie darin mit diesen überein, dass sie mit chloritischen und hornblendischen Zwischenschichten wechsellagern. Selbst graphitische Einlagerungen kommen vor z. B. am Fusse des Mt. S. Salvatore. Wenn vollständig glimmerschieferartige Schichten gleichfalls nicht fehlen, so nehmen sie doch gegenüber dem mehr zum Phyllit sich hinneigenden vorherrschenden Gestein eine untergeordnete Stellung ein. Doch muss zugegeben werden, dass eine strenge Grenze zwischen glimmerigem Phyllit und Glimmerschiefer in der Natur nicht besteht, um so weniger, da beide Bildungen in einander übergehen. Es ist daher vom geologischem Standpunkte weniger Gewicht darauf zu legen, solche verwandte krystallinische Schiefer dem Glimmerschiefer oder dem Phyllit zuzuweisen.

Von Bellinzona herkommend sehen wir am Aufsteig zum Monte Cenere vorwaltend ächten Glimmerschiefer, durch

welchen auch grösstentheils der Tunnel getrieben wird. Die Schichten fallen mit bemerkenswerther Beständigkeit in St. 9—10 nach SO. ein. In diesem Schichtencomplexe liegen nun häufig Bänke gneissartigen und quarzitischen Gesteins. Sie werden vorzugsweise aufgesucht, um aus ihnen brauchbares Material für die Ausmauerung gewisser Theile des Monte Cenere-Tunnels zu gewinnen. Man bemerkt hier selbst granulitähnliche, durch Granaten gekennzeichnete, hellfarbige Abänderungen. Oben auf der Wasserscheide gegen den Luganer See zeigen sich Gletscherschliffe in grossartigem Maassstabe, wie denn rings alle Berge bis zu einer bestimmten Höhe in Form von Rundbuckeln vom Gletscher bearbeitet und abgeschliffen erscheinen. Hier vollzieht sich auch nach und nach der Uebergang in quarzitische Lagen und in Phyllit, wobei sich zugleich eine Schichtenwendung ergiebt. Quarzreicher Glimmerphyllit in der Nähe des Bahnhofs Lugano fällt in St. 3 mit 55° nach N. Ebenso ist das vorherrschende Einfallen in dem tiefen Bahneinschnitte, in welchem ausgezeichnete chloritische Lagen sich einstellen, ein nördliches bis Lamone, wo der quarzige Phyllit in St. 4 streichend wellig gebogen sowohl nach NW. wie SO. sich neigt.

Doch ist diese Lagerung nicht constant. An dem Seeufer bei Cassarago O. von Lugano beobachtete ich an dem glimmerreichen Phyllit mit Quarzlinsen ein Einfallen in St. 7 unter 25° nach SO. Bemerkenswerth ist, dass hier dieses Gestein rasch in einen ausgezeichneten dioritischen Hornblendeschiefer verläuft, dessen Einfallen in St. 6 unter 35° nach O. nahezu mit jenem des Phyllits übereinstimmt. Ihm folgt dann bei der Villa Tynemouth wieder glimmeriger, granatführender Phyllit. Am Fusse des Mt. S. Salvatore bei Paradiso steht glimmeriger Phyllit mit schwärzlichen, graphitischen Zwischenlagen an, der erst in St. 5 mit 75° nach SW. einschiesst, dann etwas höher aber nach NO. sich umbiegt.

Als das zunächst auf dieser Schieferunterlage abgesetzte Gebilde muss das grobe graulichweisse Conglomerat von Manno NW. von Lugano am Agnothalrande bei Lamone gelten. Nach den von Heer[16]) vorgenommenen Bestimmungen der in dem rohen Material nur dürftig erhaltenen Pflanzenreste nämlich:

Sigillaria testulata Brgn.
„ *elongata* Brgn. und
Calamites Cisti Brgn

wäre dieses Gebilde als mittelcarbonisch anzusehen.

Was die Lagerungsverhältnisse betrifft, so bieten diese wenig Bemerkenswerthes. Kommt man von Lugano über Biaggio, so findet man hier allseitig glimmerigen Phyllit mit quarzitischen und selbst gneissartigen Einlagerungen als Grundgebirge mit nach N. einfallenden Schichten. Auch der ganze Vorberg zwischen Biaggio und Manno, welchen die Spreafico-Taramelli'sche Karte als V = Verrucano angiebt, besteht nur aus diesem älteren Schiefer. Zwischen Manno und dem ausgedehnten Steinbruche, in welchem gegenwärtig in grossartigem Maassstabe für die Zwecke der Eisenbahn Steine gebrochen werden, steht in dem Wasserriss als unmittelbar Liegendes glimmeriger Phyllit in St. 9 mit 53° NW. einfallend an. Die mächtigen Bänke des groben grauen Conglomerats besitzen nahezu gleiches Einfallen in St. 9—10 mit 35° nach NW., oben auf der Höhe in St. 10 mit 45° nach NW. Die groben Rollstücke der Conglomeratbänke bestehen vorherrschend aus Quarz und verschiedenen Urgebirgsfelsarten, soviel ich beobachten konnte mit Ausschluss von Porphyr. Einzelne Zwischenlagen sind mehr sandig, von feinerem Korn, gleichfalls vorherrschend grau, zuweilen jedoch aber auch röthlich gefärbt. Eigent-

16) Flora foss. Helvetiae p. 41, 42 und 47; dann Urweld der Schweiz II. Aufl. S. 14.

liche thonige Zwischenlagen, die zum Auffinden besser erhaltener Pflanzenreste würden Hoffnung geben, fehlen durchaus. Auch das Wenige von Pflanzenresten, welches im feinern Sandstein sich findet, ist undeutlich, und nur in dem groben Conglomerate bemerkt man Stämme mit Kohlenrinde, die zu der oben erwähnten Bestimmung von Heer gedient haben werden. Ich durchsuchte den ganzen Abhang gegen eine alte Kapelle oberhalb Manno und Ruve, ohne auf andere jüngere Ablagerungen zu stossen, welche mit dem Conglomerat von Manno in Verbindung stehen würden. Erst in dem tiefen Wasserriss gegen Gravesano zeigten sich rothe, sandige Schiefer, rothe und grüngraue Sandsteine voll von Wülsten, ähnlich den von Bohrmuscheln erzeugten Eingrabungen, dann intensiv rothe Lettenschiefer, dem Servino entsprechend und grünliche, gelbverwitternde Sandmergel. Diese Gebilde entsprechen unzweifelhaft dem Complex der Schichten, welche wir in den Bergamasker Alpen über den Collio-Schichten als Grödener Sandstein und Seisser Schichten angesprochen und dem Buntsandstein gleichgestellt haben. Es ist sehr bemerkenswerth, dass also auch bei Lugano die tiefen oder älteren vorherrschend grauen carboni'schen Gesteine getrennt von den jüngeren der vorherrschend rothgefärbten Reihe aufzutreten pflegen. Wenn mit irgend einer Bildung, so lässt sich das Manno-Conglomerat nur mit dem tiefsten der Collio-Schichten in Parallele setzen.

Mit dem rothen Sandstein steht übrigens auch noch das Vorkommen eines rothen, bläulichrothen und gelblichen pechsteinartig ausgebildeten Porphyrs in Verbindung, von dem zahlreiche eckige Bruchstücke in dem Wasserrisse liegen; anstehend mag sich der Porphyr am Ausgang des Grabens finden, wo die Karte von Taramelli einen solchen anzeigt.

Weder das Mannoconglomerat noch der rothe Sandstein streicht hier in NO. Richtung über das Thal. Der

kleine Hügel bei Grumo und der hohe Berg bei Lamone von S. Zenone besteht nicht aus diesen Schichten, wie die eben erwähnte Karte fälschlich anzeigt, sondern aus quarzigem und glimmerigem Phyllit.

Wenden wir uns von Lugano südwärts, so stehen wir zunächst vor dem in hohem Grade interessanten Berg St. Salvatore. An seinem Fusse treten, wie schon erwähnt wurde, zwischen Paradiso und S. Martino glimmerige Phyllite mit wellig gewundenen Schichten nach St. 5 mit 75° S. und mit St. 5 nach N. fallend zu Tag. Eine Lage zeichnet sich durch schwärzliche Farbe und graphitische Beimengung aus. Dieses Gestein ist plötzlich scharf abgeschnitten und es erscheint nun daran angelehnt ein mächtiges System rother Gesteine und zwar zunächst rothes Conglomerat, dann wechsellagernd rother, buntgefärbter Sandstein und rother Lettenschiefer. Ein grosser Steinbruch legt diese Schichten in ausgiebiger Weise bloss. Die Schichten fallen erst in St. 1 mit 80° steil nach N. ein, setzen an einen Bruch ab und fallen nun in St. 2 mit 85° südlich ein; legen sich aber in südlicher Richtung sehr rasch flacher und neigen sich dann unter 55° in St. 3 nach SW.

Die theils intensiv rothen, theils grauen Sandsteinschiefer enthalten dieselben Wülste, wie sie bei Manno-Gravesano oben erwähnt wurden, Wellenfurchen und Austrocknungsrisse, welche sie als Strandbildung kennzeichnen. Eine zwischenlagernde weisse Sandsteinbank erinnert an die Neumarkter pflanzenführende Schicht, wie denn einzelne, aber sehr undeutliche Pflanzenreste, darunter kenntlich nur *Equisetum* spec. in mehreren Streifen sich zeigen. Man glaubt sich ganz in eine ausseralpine Buntsandsteingegend versetzt, so ähnlich sind diese Gesteine den mitteldeutschen Bildungen.

Noch muss bemerkt werden, dass die tiefsten Conglomeratbänke Phorphyrrollstücke enthalten und durchaus

dem Mannoconglomerat nicht gleichen, das hier wahrscheinlich fehlt.

Verfolgt man nun die Sandsteinbildung weiter nach dem Hangenden zu, so gehen diese nach und nach, aber sehr deutlich über erst in ungleichförmig aufruhende dolomitisch sandige Schichten von graulicher und röthlicher Färbung (Stellvertreter der Seisser-Schichten) und endlich in mehr oder weniger rein schwärzlich grauen und lichteren, stark zerklüfteten Dolomit. Dieser enthält in der Nähe eines Bahnwärterhäuschens zahlreiche *Crinoideen* und jene organische Einschlüsse, welche schon von früherer Zeit her [17]) bekannt, das Gestein unzweideutig als Muschelkalk kennzeichnet.

Es genügt unter diesen von Lavizzari [18]) und Stabile [19]) gesammelten Muschelkalkversteinerungen als beweisgültig nach Merian's Bestimmungen anzuführen:

Terebratula vulgaris
„ *angusta.*
Spririfer fragilis
Pecten inaequistriatus
Myophoria curvirostris (auch durch Hauer bestätigt)
Encrinus liliiformis.

Dieselbe *Crinoideen*-reiche Bank fand ich auch als eine der ersten unter dem Gehängeschutt frei zu Tag tretenden Schichten auf dem Weg zum Mt. S. Salvatore oberhalb Pazzollo.

Gegen die Richtigkeit dieser Annahme erhoben sich aber bald grosse Bedenken, als durch das fleissige Sammlen

17) F. P. Merian, Verhandl. d. naturf. Ges. in Basel I für 1855 S. 84 und II für 1855 S. 314 u. 319; Fz. v. Hauer Sitz. d. Ak. d. Wiss. in Wien 1855 XV Nr. 7.

18) Atti d. soc. elvet. d. sc. natur. riunita in Lugano 1860. (1861) p. 13.

19) Daselbst p. 139 u. Verh. d. naturf. Ges. in Basel, 1. Heft S. 84.

von Versteigerungen am Mt. S Salvatore neben den Muschelkalkarten auch zahlreiche Formen von Esino gefunden wurden. Soll man annehmen, dass am Mt Salvatore Muschelkalk und Esinoversteinerungen vereinigt miteinander vorkommen?

Sehen wir uns zunächst das Profil an der Strasse S. von St. Martino weiter an, so beginnt nahe über dem noch regelmässig gleichförmig mit dem rothen Sandstein in St. 3 mit 55° SW. einfallenden *Crinoideen*-reichen Dolomit leider sogleich mächtigen Gehängeschutt das anstehende Gestein längs der Strasse zu verdecken. Nur hoch am Gehänge sieht man die weissen Felswände sich steil erheben. In diesem von den oberen Theilen des Mt. Salvatore herabgebrochenen Schutt nun kommen in der That zahlreiche Versteinerungen von Esino vor, z. B. *Chemnitzia Escheri; Ch. gradata; Ch. obliqua; Ch. exilis*; *Ch. concava*; *Natica Meriani* u. s. w. neben manchen eigenthümlichen Formen und nicht hieher gehörigen Arten wie z. B. *Halobia-Lommeli*; *Avicula exilis* u. s. w. Ich fand nicht selten auch *Gyroporella annulata*. Es ist demnach doch wohl nicht zweifelhaft, dass die Hauptmasse des Bergs aus Esino-Dolomit zusammengesetzt sei. Beobachtet man nun die Gesteinsmassen, welche die höheren Felsen zusammensetzen, aufmerksamer, so erkennt man deutlich einen plötzlichen Wechsel in der Gesteinslagerung, der sich nahe oberhalb des Crinoideendolomits vollzieht. Dies bestätigen auch direkte Beobachtungen an dem Weg zum Berggipfel, an welchem die höheren Dolomitschichten in St. 7 mit 45° nach W. einfallen.

Ich bin daher zur Annahme gelangt, dass trotz der petrographischen Aehnlichkeit zwischen dem *Crinoideen*-reichen Muschelkalkdolomit am nördlichen Gebirgsfusse und dem Esinodolomit des höheren Bergtheils dennoch eine strenge Scheidung zwischen beiden stattfinde und dass nur in

Folge einer Dislokation an einer grossartigen Verwerfungsspalte, welche etwa von St. Martino beginnend in SW. Richtung über Carabbia und Ficino-Brusim piano fortzieht, die beiden Dolomite unmittelbar zusammenstossen, während der sonst dem Muschelkalk auflagernde schwarze Varennakalk und die Perledoschichten, wenn diese hier überhaupt noch entwickelt sind, überschoben und bedeckt an der Oberfläche nicht mehr zu Tage treten. Wenn man daher nur längs der Strasse von Lugano nach Melide und in den Schutthalden sammelt, ist es leicht erklärlich, dass Muschelkalk- und Esinoversteinerungen vermengt gefunden werden. Diese Schuttüberdeckung hält gegen Melide bis nahe zum Bahnwärterhäuschen Nr. 6 an. Hier taucht ein Zwickel schwärzlicher Lettenschiefer und grauer Sandsteine in wirrer Lagerung empor, bedeckt einerseits von einer Reibungsbreccie, andererseits durchbrochen von dem nun sich mächtig hervordrängenden Porphyrgestein. Zunächst an der Gesteinsscheide zeigt sich eine hellfarbige thonsteinartige Masse, welche zahlreiche schwärzliche Bröckchen breccenartig einschliesst. Dann folgt das schwarze Gestein, welches unter der Bezeichnung schwarzer Porphyr von Lugano bekannt ist. Etwa dem Bahnwärterhäuschen Nr. 6 gegenüber ist darin ein Steinbruch angelegt, durch welchen zwischen dem schwarzen Gestein eingeschlossene Lagen von Sandstein und Conglomerate entblösst werden. Diese deutlich geschichteten Bänke sind dunkelfarbig, mit einem Stich in's Röthliche, stark verändert und offenbar von der aufsteigenden eruptiven Masse eingeschlossen und verändert worden. Sie dürften vielleicht der Reihe des Mannoconglomerats angehören.

Das schwarze Gestein hält nun über Melide hinaus gegen Morcote auf eine weite Strecke aus und nur spärlich zeigt sich endlich der typische rothe Porphyr, welcher deutlich gangartig aufsteigt. Etwa halbwegs gegen

Morcote beginnt wieder glimmeriger Phyllit, der hier am ganzen Rande des See's bis gegen Ficino anhält. Durch diesen krystallinischen Schiefer setzen nun vor Morcote zahlreiche nicht sehr mächtige Porphyrgänge in prachtvoll entblössten Profilen hindurch. Bald sind es quer durch die Schichten des krystallinischen Schiefers aufsteigende schmale Gänge, von denen aus nur kurze Ausläufer seitlich ins Nebengestein, meist sich zwischen die Schichtenblättchen vordrängend abzweigen, bald kuppenförmig abschliessende Enden breiterer Gänge, an deren Rande die Schiefer in gleichsam gekräuselten Falten zusammengeknickt erscheinen. Die mechanische Pressung, welche hier das Eruptivmaterial auf das Nebengestein ausgeübt hat, lässt sich nicht verkennen. Welcher materielle Einfluss dabei gleichzeitig stattgefunden habe, ist desshalb schwieriger zu beurtheilen, weil der Schiefer längs der Berührung mit der Gangmasse offenbar secundär durch das an der Gesteinsscheide circulirende Wasser starke Veränderung erlitten hat und oft zu einem leicht zerreiblichen, thonigen Material zersetzt sich zeigt, welches keine Beurtheilung der primären, durch das Eruptivgestein etwa verursachten Einwirkung mehr gestattet. Bei Ficino in der tiefen Thaleinbuchtung, welche von dem See sich abzweigend gegen Pambio und Lugano zieht, begegnen wir wieder einem röthlichen Eruptivgestein, ähnlich dem allgemeiner verbreiteten rothen Porphyr, doch so eigenthümlich ausgebildet, dass es wohl Veranlassung zu der auf älteren Karten zum Ausdruck gebrachten Auffassung gegeben hat, dieses Gestein sei Granit. Sehr ähnlich ist diesem auch das rothe Gestein, welches auf der gegenüberliegenden Seeseite bei Brusim piano ansteht und mit Unterbrechungen bei Valgana und bei Brinzio vorkommt, während das schwarze Eruptivgestein mehr in SO. und O. sich ausbreitet und hier namentlich bei Maroggia und Rovio ganz unzweideutig in demselben g a n g a r t i g eingedrungenen

rothen Porphyr einschliesst, wie das Studer schon 1833 richtig beobachtet hat.

Diese für das beobachtende Auge an der rothen und dunklen Färbung leicht zu unterscheidende zwei Porphyr-Arten zogen schon in früherer Zeit die Aufmerksamkeit auf sich und gaben zu verschiedenen Deutungen Veranlassung. Von den älteren Ansichten mögen als die historischen interessantesten jene L. v. Buch's [20]) hier eine Erwähnung finden, welcher zwischen rothen quarzführenden Porphyr und jüngeren schwarzen Porphyr, ähnlich dem Melaphyr in Südtirol, unterschied. Neuerlich haben sich Negri und Spreafico [21]) mit der näheren Untersuchung dieser Eruptivmassen beschäftigt und gelangten zu der Annahme, dass beide Gesteine selbst mit Einschluss des granitartigen Gesteins von Figino nahezu gleichalterig seien, so dass beide Gesteine auf der die Abhandlung begleitenden Karte mit einer Farbe angedeutet sind. Abgesehen von den vielen werthvollen Detailangaben, welche die Verfasser in dieser Abhandlung niederlegen, vermisst man in ihrer Darstellung der petrographischen Verhältnisse dieser Gesteine die Berücksichtigung der durch die Wissenschaft neuerlich gebotenen Unterscheidungsmittel. Es hat sich daher ganz mit Recht jüngst Studer [22]) gegen dieses Zusammenfassen der schon durch das blosse Auge leicht unterscheidbaren beiden Gesteinsarten in der Umgegend des Luganer See's ausgesprochen und eine mikroskopische, sowie chemische Untersuchung derselben veranlasst. Nach der Untersuchung Prof. Fischer's zeigt die Grundmasse des rothen Porphyrs

---

20) In Leonhard's Zeitschr. 1827 S. 289; dann in Leonh. u. Bronn's Jahrb. 1830 S. 320 und Abhandl. d. k. Ak. d. Wiss in Berlin 1827. S. 205.

21) Mem. d. Istituto Lombardo d. Sc. e Lettre t. XI 1869.

22) Zeitsch d. d. geol. Gesellsch. Bd. 27. 1875. V. 417 u. fl.

keine Spur von Zwillingsstreifung und dürfte demnach als Orthoklas zu betrachten sein, während ölgrüne Stellen vielleicht einem Pinitoid angehören könnten. Auch in der Grundmasse des schwarzen Porphyrs und in den eingesprengten kleinen Kryställchen soll sich nur Orthoklas zu erkennen geben. Lauchgrüne, langgezogene Krystalle scheinen Hornblende zu sein, schwarze Körnchen erwiesen sich als Magnetit.

H. v. Fellenberg's chemische Analysen sehr frischen Gesteins, welches Studer aus dem Innern des Tunnels bei Maroggia entnommen hatte, ergaben folgende Zusammensetzung:

	I. Rother Porphyr aus dem Eisenbahntunnel bei Maroggia.	II. schwarzer Porphyr aus dem Eisenbahntunnel bei Maroggia.
Kieselsäure	71,74	61,67
Thonerde	12,60	16,38
Eisenoxyd	2,45	6,31
Kalkerde	2,30	2,57
Bittererde	1,24	3,02
Manganoxydul	0,84	0,30
Kali	4,14	4,22
Natron	3,41	3,65
Glühverlust	3,50	3,51
	102,22	101,43

P. v. Fellenberg berechnet demnach die Mineralzusammensetzung beider Gesteine und zwar

	I. des rothen Porphyrs aus	II. des schwarzen Porphyrs aus
Orthoklas	33,78	59,21
Oligoklas	27,01	30,35
Quarz	30,76	—
Eisenoxyd	2,40	Magneteisen 6,22
Wasser	0,93	1,23
Erdcarbonate	5,31	4,44
	100,19	101,45

Es ist wahrscheinlich diesem Nachweise zuzuschreiben, dass auf der erst jüngst erschienenen geologischen Karte der Schweiz Blatt Tessin, deren Publikation nach Spreafico's Tode Prof. Taramelli besorgte, beide Porphyre wieder getrennt als rothe Quarzporphyre und als schwarzer Porphyr dargestellt sind.

Am eingehendsten und gründlichsten hat sich in neuester Zeit Michel-Lèvy in einer besonderen Abhandlung mit diesen Eruptivgesteinen des Luganer See's befasst, nachdem derselbe Gelehrte früher gelegentlich schon mehrfach dieselben erwähnt hatte. Er unterscheidet bei diesen Eruptivgesteinen des Luganer See's 3 wesentlich verschiedene Gruppen, nämlich

I. die schwarzen Porphyre, identisch mit den schwarzen Porphyren der Anthracitschichten der Loire, des Puy de Dome, von Morvan und der Vogesen.

II. Die rothen Porphyre, ganz ähnlich den Porphyren des Kohlengebirgs der Loire und von Morvan und endlich

III. die braunen Porphyre und Pechsteine, analog den permischen Porphyren von Esterel, Morvan, der Vogesen und Sachsens.

Die schwarzen Porphyre besitzen nach Michel-Lèvy eine fluidale oder mikrolithische Grundmasse mit eingestreuten Krystallen von Magneteisen, Amphibol und meist nicht frischen, oft triklinen Feldspäthen, sind weder sauer noch basisch und zeigen weder eine sphärolithische Struktur, noch jene des Petrosilex. Manche enthalten auch als Zersetzungsprodukte des Amphibols Serpentin.

Die rothen Porphyre, welche theils eine compacte, theils durchaus krystallinische Grundmasse besitzen, enthalten Orthoklas und Plagioklas, dann chloritische oder Steatit-Beimengungen, schwarzen Glimmer und Quarz. Nach ihrer Struktur kann man 4 Varietäten unterscheiden, näm-

lich mikrogranulitische, mikropegmatische, sphärolithische und fein variolithische, wie sie bei den Porphyren von Alter der Steinkohlenformation in allen Ländern vorzukommen pflegen.

Die braunen Porphyre haben nur geringe Verbreitung (Cogliate, Grantola) und schliessen sich dem bekannten Pechstein innig an.

Die mir vorliegenden von mir selbst und von meinem Begleiter Hrn. Dr. v. Ammon gesammelten zahlreichen Proben von sehr verschiedenen Stellen des Luganer Porphyrgebietes ergaben bei näherer Untersuchung namentlich bezüglich der sog. schwarzen Porphyre von den bisherigen Schilderungen ziemlich abweichende Resultate, die ich kurz hervorzuheben für nöthig finde.

Bezüglich der rothen Porphyre stimmen meine Beobachtungen ziemlich mit jenen von Michel-Lévy überein. Unter allen mir vorliegenden Proben aus verschiedenen Fundstellen erscheint ein Gestein von Bissone für das unbewaffnete Auge am wenigsten angegriffen und verändert. Es besteht aus einer anscheinend bräunlich-rothen dichten Grundmasse mit reichlich eingestreuten mehr oder weniger rundlichen und eckigen Quarztheilchen, zahlreichen, meist ziegelrothen, zuweilen auch hellergefleckten, kleineren Feldspathprismen und fleischfarbigen bis weisslichen grösseren Feldspathausscheidungen und endlich mit ziemlich vielen schwärzlichen Glimmerputzen. Sehr viele der ziegelrothen Feldspathe zeigen deutlich die Parallelstreifung der Plagioklase, gehören also sehr wahrscheinlich dem Oligoklas an, der demgemäss sehr häufig beigemengt ist, während die hellfarbigen Feldspathe sowohl jene in grösseren Ausscheidungen, als auch die mit dem ziegelrothen Plagioklas verwachsenen zum Orthoklas gehören. Bei näherer Besichtigung erweist sich das Gestein trotz des äusseren Aussehen doch als ziemlich angegriffen, was schon durch viele ockerige Stellen (viel-

leicht zersetzter Schwefelkies) sich bemerkbar macht. Auch erweisen sich hellere Stellen, namentlich bei dem Plagioklas als Umwandlungen in eine weiche Steinmarksubstanz. Die Dünnschliffe bestätigen im Allgemeinen die gemachten Wahrnehmungen, geben aber bezüglich der Beschaffenheit der Grundmasse unerwartete Aufschlüsse. Diese ist nämlich nicht einfach kryptokrystallinisch, sondern mit zahllosen kleinen, radialfasrigen Kügelchen nach Art der Sphärolithe erfüllt, zwischen welchen nun zahlreiche kleinste Nädelchen von Feldspath, Schüppchen von Glimmer und feine dunkle Pünktchen durch eine kaum bemerkbare amorphe Metastasis verbunden sich zeigen. Bei den sphärolithischen Ausscheidungen ist i. p. L. das dunkle Kreuz meist undeutlich und fragmentär sichtbar; dafür treten facettenartige radicale Streifungen auf. Auch die meisten grossen wasserhellen Quarzausscheidungen sind von einer schmalen, radial streifigen Zone umgeben, enthalten viele Bläschen, feine Nädelchen (? Apatit) und rundliche Putzen der Grundmasse, welche meist noch mittelst eines Stiels mit der äusseren Umgebung zusammenhängen.

Durch Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure wird wenig an dem Gestein verändert, nur dass der schwarze Glimmer sich völlig entfärbt.

Aehnlich verhält sich das in der Nähe bei Maroggia in unzweifelhaften Gängen den schwarzen Porphyr durchsetzende, durchaus ziegelrothe Gestein. Die Grundmasse zeigt sich bröcklich, dicht mit noch wenigen intensiv roth gefärbten Plagioklaskryställchen, zahlreichen, blass ölgrünen Steinmark-artigen Putzen und unrein bräunlichen Flecken und grossen wasserhellen Quarzkörnchen. Makroscopisch lässt sich weder Orthoklas, noch Glimmer erkennen. Die weiche Steinmarksubstanz scheint aus der Zersetzung des ersteren, die schmutzigbraune aus der Umwandlung des letzteren hervorgegangen zu sein. Auf den Klüften hat

sich Kalkspath angesiedelt, daher das Gestein mit Säure befeuchtet, schwach braust.

Auch die Dünnschliffe lassen u. d. M. eine sehr analoge Zusammensetzung wahrnehmen, nur dass die amorphe Metastasis fast ganz verschwunden ist und die schönstrahligen Sphärolithe, welche häufig Quarztheilchen umranden, deutlich das dunkle Kreuz zeigen; die sphärolithisch strahlige Struktur dringt selbst bis in die kleinen Perlchen vor, welche in den wasserhellen Quarzausscheidungen liegen. Unzersetzter Orthoklas lässt sich wenig auffinden; die wahrscheinlich früher von ihm eingenommenen Stellen besitzen im p. L. nur Aggregatfarben.

Am gegenüberliegenden Seeufer bei Ciona unfern Melide steht ein sehr hellfarbig fleischrother, quarzreicher, leider sehr zersetzter Porphyr an, in dessen Grundmasse nur einzelne grössere, gleichfalls hellfarbige Orthoklase und grosse wasserhelle Quarze mit krystallartigen Umrissen und ockrige oder schwarze Flecken, welche die Stelle des zersetzten Glimmers einzunehmen scheinen, liegen. Ziegelrother Oligoklas fehlt. In den Dünnschliffen löst sich die scheinbar dichte Grundmasse in eine mikrokrystallinische Masse mit wenig Nädelchen, aber viel unregelmässigen Körnchen von Quarz fast ohne Metastasis auf. Zeichen einer Bewegungsstreifung und einer sphärolithischen Ausbildung sind nur spurweise vorhanden. Die schwärzlichen, wolkenartig gruppirten drusigen Theilchen lassen sich (ausser Eisenocker und vielleicht Magneteisen) kaum einem bestimmten Mineral zuweisen. In einzelnen Fällen verhalten sich die schön grünen Häufchen wie Pistacit. Die zahlreichen Bläschen der Quarze enthalten hier Flüssigkeitseinschlüsse.

Diese Varietät verbindet mithin die verschiedenen Gruppen mit sphärolithischer und mikrolithischer Grundmasse.

Eine sehr bemerkenswerthe Varietät ist jene von Val-

gana N. von Varese. Es ist ein sehr lichtfarbiges, anscheinend dichtes Gestein mit kaum in die Augen fallenden Ausscheidungen von Quarz und Orthoklas. In den Dünnschliffen beobachtet man, dass die feinkrystallinische Grundmasse eine Menge von dunklen, staubähnlichen Theilchen umschliesst, welche häufig in eine sphärolithische Gruppirung sich vereinigen, hier und da selbst deutliche Sphärolithe bilden. Ausserdem ist der ausgeschiedene Quarz vielfach gradlinig umgrenzt, und meist in schmale, säulenförmige Leistchen entwickelt, die oft sternförmig sich gegen einander stellen. Wir haben es in diesem Gestein offenbar mit einer Zwischenform zwischen der sphärolithischen und jener merkwürdigsten aller Varietäten dieser Gegend zu thun, die Michel-Lévy die mikropegmatitsche nennt. Es ist dieselbe Struktur, welche Veranlassung gegeben hat, dass ein Theil dieser Porphyre früher als Granite angesprochen worden ist.

Es liegen mir von dieser Granit-ähnlichen Entwicklung von 2 Fundstellen Gesteinsstücke vor von dem vielgenannten Figino am Westarm des Luganer See's und von Brinzio N. von Varese.

Das drusige, rothe, schwarzfleckige Gestein von Figino kann als Typus dieser Varietät gelten, welche durch Uebergänge ganz unzweifelhaft mit den übrigen Varietäten des rothen Porphyrs von Lugano untrennbar verbunden ist.

Das Gestein ist makroskopisch zusammengesetzt aus ziemlich grossen hellfarbig röthlichen Orthoklaskrystallen, die stellenweis durch wahrscheinlich aus deren Zersetzung hervorgegangene Putzen von grünlich-weissem Steinmark ersetzt werden, aus tiefrothem Oligoklas, dann aus wasserhellem Quarz und nur spärlich eingestreutem schwarzem Glimmer. Diese grösseren Krystallausscheidungen liegen in einer Grundmasse, die deutlich aus gleichen Mineraltheilchen zusammengesetzt ist. Gleichzeitig finden sich oft grosse Putzen von Brauneisenocker und schwarzer, Wad-

artiger Substanz eingestreut und das Gestein reichlich von zackigen Hohlräumchen unterbrochen, in welchen die Enden schön auskrystallisirter Feldspäthe und Quarze zum Vorschein kommen. Betrachtet man die Dünnschliffe, so tritt sofort die eigenthümliche, an den Schriftgranit erinnernde Ausbildung der kleinen Quarzkrystalle zwischen den meist undurchsichtigen Feldspaththeilchen deutlich hervor, welche in der That diese Varietät als eine Pegmatit-artige Entwicklung des rothen Porphyrs bezeichnen lässt. Bemerkenswerth ist bei dieser Art der Verwachsung, dass zuweilen die Feldspathsubstanz büschelförmig in die Quarzmasse hineinragt, was für eine nahezu gleichzeitige Verfestigung beider Mineralien zu sprechen scheint.

Das Gestein von Brinzio ist durchweg feinkörnig krystallinisch zusammengesetzt, ohne Hohlräume und besonders auffallende Krystallausscheidungen, jedoch mit ziemlich zahlreichen Putzen weisslicher, weicher Steinmark-ähnlicher Substanz versehen. Mit blossem Auge gewahrt man als Gemengtheile insensiv fleischrothen Feldspath, Quarz, grünlich schwarzen Glimmer und Schwefelkies. Nach den Dünnschliffen verbindet sich die bei dem Porphyr von Figino beschriebene, an Schriftgranit erinnernde Ausbildung der Gemengtheile mit einer oft sternförmigen Anordnung der Quarzlamellen und einer bis in das Kleinste oder in's Zellenförmige gehenden Verwachsung, wobei der feldspathige Gemengtheil weniger individualisirt und in einzelnen Krystalltheilchen abgegrenzt erscheint, zugleich eine Menge feiner dunkler Staubtheilchen umschliesst, die oft sphärolithisch gruppirt erscheinen. Diese Dünnschliffe bieten daher ein prachtvolles wechselndes Bild dar.

Diesen mehr oder wenig deutlich krystallinisch entwickelten rothen Porphyren stehen nun die theils intensiv rothen, theils dunkelblau-grauen und röthlichen Porphyre von pechsteinähnlicher Beschaffenheit gegenüber,

wie jene von Cugliate, Cunardo, Grantola [23]) und Gravesano, welche aber nicht, wie die Schweizer Karte angibt, zur Gruppe der schwarzen, sondern zu jener der rothen gehören. Denn ihre glasartige dichte Grundmasse besteht nicht bloss aus amorpher, meist mit Fluidalstreifen versehener Substanz, sondern enthält auch grössere Ausscheidungen von Quarzkörnchen, trübem Orthoklas und hellem Sanidin-artigem Feldspath nebst einer schmutzig dunklen, Pinit-ähnlichen Substanz, ausserdem sehr viele krystallinische kleinste Einsprengungen und, was wenigstens das Gestein von Gravesano anbelangt, zugleich auch zahlreiche Ausscheidungen von Quarz und Feldspath. Auch zeigt das Gestein oft Neigung zu einem Uebergang in eine sphärolithische Ausbildung. Alles dies weist auch dieser Varietät eine Stelle unter den rothen quarzreichen Porphyren an.

In Bezug auf die chemische Gesammtzusammensetzung glaubte ich neben der durch v. Fellenberg, wie vorhin erwähnt, vorgenommenen Analyse noch eine Reihe weiterer Gesteinsproben untersuchen [24]) zu sollen, um eine grössere Sicherheit in dem Ergebniss zu gewinnen und zwar von folgenden Proben, welche bereits im Vorausgehenden näher beschrieben worden sind:

I Aus einem deutlichen Gesteinsgang bei Maroggia (nicht aus dem Tunnel, wie das der v. Fellenbergischen Analyse) von sphärolithischer Textur (vorn beschrieben).

II. Von einem Gesteinsgange bei Bissone am Uebergang der Eisenbahn über den Luganer See von klein sphärolithischer Textur.

---

23) Vergl. Michel-Lévy: Bull. d. soc. geol. III Ser. 2 t. 1873—74 S. 195.

24) Die Analysen sind im chemischen Laboratorium des geogn. Bureaus, grösstentheils vom Hrn. Ass. Ad. Schwager gemacht worden.

III. aus einer Kuppe N. von Brinzio bei Varese von feinkörniger und Mikropegmatit-artiger Textur.

IV. aus einem Steinbruche bei Figino auf der Ostseite des Westarms des Luganer See's von Mikropegmatit-Textur.

V. aus einer Kuppe W. von Gravesano und Manno von Pechstein-ähnlicher Textur.

	I	II	III	IV	V
Kieselerde	74,64	71,84	75,04	74,56	76,40
Thonerde	14,64	16,32	13,12	13,52	12,00
Eisenoxyd	1,12	3,32	2,12	2,04	1,25
Kalkerde	1,01	0,36	0,40	0,32	0,25
Bittererde	0,72	0,52	0,34	0,44	0,75
Kali	4,01	4,32	6,32	4,94	4,00
Natron	2,36	2,13	2,44	3,48	2,00
Wasser- u. Glühverlust	2,12	1,48	0,76	0,64	2,25
	100,62	100,29	100,54	99,94	98,90

Es erweist sich demnach der hohe Kieselsäuregehalt als ein constanter Charakter dieser rothen Porphyre während die sehr geringe Menge Bittererde eine schwache Betheiligung von schwarzem Glimmer verräth. Das Verhältniss von Kali zu Natron entspricht ungefähr auch dem Verhalten der Feldspathe in den Dünnschliffen, wobei jedoch das Uebergewicht der Orthoklasbestandtheile wohl hauptsächlich der Grundmasse zufällt. Ein Theil der Kalkerde dürfte gleichfalls als zur Oligoklas-Zusammensetzung gehörig zu betrachten sein. Das Eisenoxyd ist als Farbe gebendes Princip anzusehen und wechselt so ziemlich nach dem Grad der Intensität der rothen Färbung. Das

Wasser endlich scheint der Hauptsache nach an die Substanz gebunden zu sein, die fast bei keiner Form unserer rothen Luganer Porphyre fehlt und als ein Zersetzungsprodukt von Feldspath sich vor dem Löthrohr genau wie jenes weiche Mineral aus der Gruppe des Steinmarks verhält, welches, weil es sich fettig anfühlt, so häufig mit Speckstein verwechselt wird.

Viel gleichartiger in Bezug auf ihre Zusammensetzung und ihre Struktur verhalten sich scheinbar die schwarzen Porphyr-artigen Gesteine aus der Umgegend des Luganersee's. Es sind durchweg grünliche oder röthlich graue, kaum typisch porphyrisch aussehende Gesteine mit anscheinend dichter Grundmasse und wenig gegen die Grundmasse abstechenden Einsprenglingen von helleren Feldspath-, dunkelgrünen, Hornblende-ähnlichen Kryställchen, meist auch von einzelnen Glimmerblättchen, selten deutlichen Quarzkörnchen und kleinen, dem unbewaffneten Auge kaum unterscheidbaren Magneteisentheilchen. Auf dem Bruch sieht das Gestein z. B. aus dem Eisenbahntunnel ungemein frisch und unzersetzt aus. Und doch ist die erlittene Umänderung eine sehr bedeutende.

Sehen wir zunächst die weit vorherrschende Grundmasse in Dünnschliffen näher an, so finden wir dieselbe fast durchweg fein krystallinisch zusammengesetzt, uud nur selten, wie in den Proben von Brinzio, mit spärlicher amorpher Metastasis versehen. Die mikro-krystallinischen Gemengtheilchen bestehen aus kleinen Nädelchen, von welchen einzelne so gross werden, dass sie in p. L. die Parallelstreifung der Plagioklase erkennen lassen, dann aus unbestimmt begrenzten, i. p. L. nur in blauen und gelblichen Tönen gefärbten Theilchen, wie Orthoklasmassen es zeigen, weiter aus kleinen grünen Fleckchen oder Blättchen (nicht Nädelchen) von einer, wie es scheint, chloritischen Substanz, ferner aus mehr oder weniger deutlichen, scharf um-

grenzten Blättchen braunen Glimmers und endlich aus schwarzen pulverigen Körnchen von Magneteisen. In dieser Grundmasse liegen nun zahlreiche, erst in den Dünnschliffen durch ihre helle Farbe und Durchsichtigkeit grell hervortretende Kryställchen von scharf ausgeprägten Umrissen, die jenen der Feldspathe entsprechen. Viele der kleineren dieser Einsprenglinge sind wasserklar und erweisen sich i. p. L. sehr deutlich als Plagioklas; andere und zwar die meisten grösseren sind durchaus verändert und zwar, was für die Gesteinsart sehr charakteristisch ist, in der Art umgewandelt, dass das Innere der Kryställchen häufig i. p. L. eine bunte Aggragatfärbung zeigt und nach aussen am Rande von einer hellen durchsichtigen Substanz breit umsäumt ist Dieser Saum ist zuweilen parallelstreifig und zeigt i. p. L. die Farbenstreifung von Plagioklas, zuweilen ist er aber auch concentrisch gestreift und dann i. p. L. so buntfarbig, wie Quarz Bei schief auffallendem Lichte bemerkt man an nicht bedeckten Dünnschliffen stark glasglänzende Streifchen, wie sie der Quarz besitzt und ich glaube mich nicht zu irren, wenn ich diese randlichen Ausscheidungen für secundärgebildeten Quarz anspreche. Nur selten haben einzelne Feldspathe die Natur von Orthoklas beibehalten. Es scheint mithin, dass in diesem schwarzen Gestein die häufig vorhandenen reicheren Orthoklaseinschlüsse zersetzt und aus dieser Zersetzung eine Neuansiedelung von Plagioklas und Quarz hervorgegangen sei, obwohl auch schon ursprünglich Plagioklas und zwar in reichlicher Menge vorhanden war.

Eine weitere porphyrartige Einsprengung besteht aus streifigen grünen Mineralmassen mit dem Charakter und Umrisse von Amphibolkrystallen. Auch zeigt sich die grüne fasrig längsgestreifige Substanz ziemlich stark dichroitisch, ohne aber ganz die Natur der Hornblende zu besitzen. Merkwürdigerweise wird diese grüne Substanz,

sobald man die Dünnschliffe mit Salzsäure behandelt, vollständig zersetzt, man erhält eine Eisenoxydul-reiche Partiallösung und einen amorphen weissen opaken Rückstand. Dergleichen grüne, ebenso leicht zersetzbare Einmengungen, aber von unregelmässigen, mehr rundlich abgegrenzten Formen finden sich ausserdem sehr häufig noch überdies in der Grundmasse und diese sind es, welche neben dem Magneteisen dem Gestein die dunkle Färbung verleihen. Diese grüne Substanz verhält sich genau wie der Chloropit (Viridit)[25] z. B. der Diabase und muss unbedenklich als ein Zersetzungsprodukt angesehen werden, theils von Hornblende, welche nach der Einwirkung der Salzsäure hier und da noch spurweise erhalten ist und ausserdem durch die Krystallumrisse und die längsfasrige Beschaffenheit der aus ihr entstandenen Chloropitsubstanz ziemlich sicher als solche erkannt werden kann, theils vielleicht durch Umbildung von Glimmer und Zwischensubstanz entstanden ist. Bei diesen Theilchen bemerkt man zuweilen eine radialfasrige Struktur. Häufig sind die hieher gehörigen Krystalle rings am Rande von einer schwarzen körnigen Masse umsäumt, die nur theilweise aus Magneteisen besteht, weil sie durch kochende Salzsäure nicht völlig gelöst wird. Es ist bemerkenswerth, dass die kleinsten grünen Theilchen, die oben als Gemengtheile der Grundmasse angegeben wurden, bei Behandeln mit Salzsäure auch nicht vollständig zersetzt werden, ebensowenig, wie viele der schwarzen Eisentheilchen, vermuthlich, weil sie trotz der Dünne der Blättchen doch noch allseitig von feldspathiger Substanz dicht umschlossen werden, welche sie vor der Einwirkung der Säure schützt. Die meist spärlichen grösseren Blättchen stark dichroitischen, braunen Glimmers werden von Säuren ebenfalls entfärbt, so dass die

25) Michel-Lévy scheint diese Substanz für Chlorit und Serpentin anzusehen.

Dünnschliffe und das feine Pulver nach Behandeln mit kochender Salzsäure ganz hellfarbig, schwach röthlich-weiss erscheint. Der Gehalt an Magneteisen wird an den Metallglanz auf den Schliffflächen und durch das Ausziehen mittelst der Magnetnadel erkannt. Ebenso wurde auf das bestimmteste das, wenn auch spärliche Vorhandensein von Quarzkörnchen constatirt. Auch feinste Nädelchen von Apatit kommen vor und in dem Gestein von Brinzio auch Streifen von Epidot. Dass wir es hier mit keinem eigentlichen Porphyre zu thun haben, fällt uns schon an der Aeusserlichkeit des Gesteins in die Augen. Die mikroskopische Untersuchung lehrt aber noch bestimmter, dasselbe vom typschen Porphyre unterscheiden und weist es der Gruppe der Porphyrite zu, unter welchen es wegen seines namhaften Orthoklasgehaltes zunächst dem von mir aus dem Fichtelgebirge beschriebenen Palaeophyr [26]) sich anreiht und als solcher bezeichnet werden kann.

Von diesem Porphyrite wurden bereits mehrere Analysen ausgeführt, unter welchen namentlich die durch H. v. Fellenberg vorgenommene und von Studer mitgetheilte uns den Charakter des Gesteins kennen lehrt. Immerhin erschien es mir wünschenswerth, um Vergleiche anstellen zu können, noch mehreren Proben von verschiedenen Fundstellen einer chemischen Analyse zu unterziehen.

Es wurden hierzu die im Vorausgehenden bereits näher beschriebenen Gesteine von folgenden Fundstellen gewählt:

I. aus dem mächtigen Stock bei Maroggia.

II. aus dem benachbarten Vorkommen bei Bissone.

III. aus der Nähe von Brinzio, Aufsteig gegen Maria del Monte.

---

26) Geognost. Beschreibung von Bayern III. Bd. Das Fichtelgebirge S. 188 Tafel 14.

IV. aus der Gegend von Rovio.
V. nahe bei Melite an der Eisenbahn.

Bestandtheile	I	II	III	IV	V
Kieselsäure	61,52	64,08	50,28	59,52	61,84
Thonerde	19,96	19,52	19,24	13,02	14,60
Eisenoxyd	1,78	4,24	7,92	11,08	6,68
Eisenoxydul	3,16		1,98		
Kalkerde	3,36	3,40	4,21	1,90	4,48
Bittererde	2,72	1,84	6,09	4,60	2,75
Kali	3,24	3,16	3,24	3,86	2,92
Natron	3,28	2,52	2,81	3,02	5,52
Kohlensäure	0,56	—	0,40	1,16	0,36
Wasser- und Glühverlust	1,86	1,76	3,56	2,16	1,76
	100,60	100,52	99,73	100,32	100,91

Die bemerkenswerthesten Verschiedenheiten treten im Kieselsäuregehalt hervor. Dies rührt z. Th. von der mehr oder weniger grossen Seltenheit an Quarzkörnchen her, die fast nur zufällig zu sein scheint. Weiter ist auch Eisenoxyd in verschiedenen Verhältnissen vorhanden. Abgesehen von der Verschiedenheit des Gehaltes an Magneteisen hängt der Mehrgehalt auch von einem grösseren Grade der Zersetzung ab und steht daher im Zusammenhang mit dem höheren Gehalt an Wasser, wie dies die Analyse III erkennen lässt.

Am bemerkenswerthesten ist das Verhalten der grünen Zwischensubstanz, welche wenigstens theilweise als Zersetzungsprodukt von Hornblende zu deuten ist. Dieselbe

ist in Chlorwasserstoffsäure zerlegbar. Obwohl auch noch andere Gemengtheile z. B. Magneteisen von dieser Säure aufgelöst, andere mehr oder weniger angegriffen werden, so gibt doch die theilweise durch Chlorwasserstoff bewirkte Zersetzung einen annähernd richtigen Aufschluss über die Natur dieser Beimengung. Es wurde das Gestein von Maroggia (I) und jenes von Brinzio (III) mit Chlorwasserstoffsäure unter Abschluss der Luft behandelt und erhalten:

	Maroggia 21,6%	Brinzio 29,1%
Kieselsäure . . .	34,54	30,90
Thonerde . . .	18,72	16,08
Eisenoxyd . . .	8,09	19,90
Eisenoxydul . .	14,36	6,80
Kalkerde . . .	2,01	2,13
Bittererde . . .	9,91	15,25
Kali	1,72	1,03
Natron	1,77	0,62
Wasser	7,82	7,15
	98,94	99,86

Diese grüne, durch Chlorwasserstoff leicht zersetzbare an Eisenoxydul und Bittererde reiche chloritartige Substanz erinnert zunächst an die unter verschiedenen Bezeichnungen (Chloropit, Viridit etc. etc.) beschriebene Beimengung in den Diabasgesteinen. Letztere besteht in dem Diabas von Weidesgrün im Fichtelgebirge aus:

Kieselsäure . .	30,56
Thonerde . . .	16,57
Eisenoxyd . . .	13,02
Eisenoxydul . .	15,51
Kalkerde . . .	4,14
Bittererde . . .	8,97
Kali	0,36
Natron	1,18
Wasser	9,08
	99,39

Daraus erhellt eine so nahe Uebereinstimmung, wie es nur bei solchen aus Zersetzungen hervorgegangenen und stets noch in der Umbildung begriffenen Mineralien erwartet werden darf. Dadurch schliesst sich der schwarze Porphyrit auf das Innigste an die älteren Gesteine an. Es dürfte daher wohl nicht gefehlt sein, wenn wir den grünen, hauptsächlich die dunkle Farbe veranlassende Mineralbeimengung als Chloropit bezeichnen.

Zweiter Abschnitt.

Das Verhalten der Schichtgesteine in gebogenen Lagen.

Die ungemein grossartigen und meist auch sehr starken Biegungen, welche die schwarzen Kalke von Varenna längs der Strasse S. von Bellano aufweisen, bieten eine äusserst günstige Gelegenheit zu näherem Studium der Erscheinungen, welche sich an stark gebogenen starren Gesteinslagen vorfinden, eines Theils weil solche gekrümmte Gesteinslagen hier sehr leicht der Beobachtung zugänglich sind, auch die Krümmungen sich leicht messen lassen und anderen Theils weil die tiefdunkle Färbung des Gesteins zur Wahrnehmung feiner Risse und deren Ausfüllung mit weissem Kalkspath sehr geeignet ist. Es mögen daher hier vorläufig einige Ergebnisse über das Verhalten starrer Gesteine in gebogenen Lagen eine Stelle finden.

Es ist eine fast durchgreifende Erscheinung in unseren Alpen, wie fast in jedem älteren Gebirge, dass die verschiedenartigsten Gesteinslagen stellenweise oft in erstaunenerregender Weise gebogen, zusammengefaltet und gewunden vorkommen; selbst mächtige, sehr feste Kalksteinbänken Quarzitlagen und Sandsteinschichten zeigen Gewölbe- oder Kuppel-ähnliche Biegungen, die sich erst gebildet haben

können, nachdem die Gesteinsmasse vollständig fest und starr geworden war.

In vielen Fällen erkennt man an solchen gebogenen Schichten unzweideutige Spalten und Risse — z. Th. offen oder mit thoniger Erde erfüllt, z. Th. aber durch infiltrirte Mineralsubstanz wieder vollständig verdichtet — längs welcher nach Art der Fugen an Gewölbmauerwerken die Gesteinsmassen bei dem auf sie einwirkenden Seitendruck zerbrachen und sich sodann verschoben haben, um die der Krümmung der Wölbung entsprechende Lage einzunehmen. In vielen Fällen aber glaubt man bei oberflächlicher Besichtigung weder Risse noch Spalten an solchen gebogenen Gesteinslagen selbst in denjenigen Gewölbstücken wahrnehmen zu können, in welchem die Wölbung oder Krümmung am stärksten ist. Es scheint das starre Gestein gebogen ohne Bruch.

Während die Wölbungen starrer Gesteinsmassen, bei welchen fugenartige, wenn auch minder vernarbte Risse und Spalten sich bemerkbar machen, leicht ihre Erklärung finden, scheint eine solche bei Biegungen ohne sichtbaren Bruch auf Schwierigkeiten zu stossen, indem man bis jetzt nicht gewohnt war anzunehmen, dass der Mehrzahl der starren Körper die physikalische Eigenschaft zukomme, über ihre Elasticitätsgrenze hinaus gebogen sich wie duktile oder plastische Körper zu verhalten.

Bis vor Kurzem betrachtete man diese Gesteinsbiegungen einfach als Folge unendlich feiner Zerklüftung, welche für das unbewaffnete Auge nicht sichtbar, aber zureichend erscheint, um eine der Krümmung der starren Masse entsprechende Bewegung oder Verrückung in den kleinsten Theilchen bewirken zu können. Wer sich mit mikroskopischer Untersuchung von alpinen Schichtgesteinen befasst, findet in den unendlich feinen, durch Kalkspath wieder ausgefüllten Aederchen, welche unter dem Mikroskop hervor-

treten, eine sehr beruhigende Bestätigung dieser Annahme. Das Gestein scheint nur für das unbewaffnete Auge ohne Bruch gebogen, ist in Wirklichkeit aber von zahlreichen Klüftchen in kleinste Theilchen zersprengt. Mit dieser Thatsache glaubte man sich beruhigen zu dürfen bis in neuerer Zeit eine neue Theorie der Biegung starrer Gesteine ohne Bruch in Folge der sog. latenten Platisticät bei grossem Druck von Prof. Heim[27]) aufgestellt wurde, welche sich rasch der Zustimmung in weitesten Kreisen zu erfreuen hatte. Ich vermag mich jedoch derselben nicht anzuschliessen, um so weniger als, wenn man auch ganz absieht von den Bedenken, welche vom rein theoretisch wissenschaftlichen Standpunkte dagegen bei ganz gleichartigen Massen erhoben werden können, bei der Heterogenität der meisten Schichtgesteine, um deren Biegung es sich ja in erster Linie handelt, eine Duktilität oder Plasticität völlig unannehmbar erscheint, auch faktisch durch Experimente nicht erwiesen ist, nach den Erfahrungen und Beobachtungen in der Natur aber auch als unnöthig und überflüssig sich darstellt.

Es ist hier nicht der Ort von theoretischem Standpunkte diese Annahme ausführlich zu erörtern, wie dies neuerlich Dr. Stapf[28]) in seiner vortrefflichen Abhandlung z. Th. versucht hat; es soll nur daran erinnert werden, dass bis jetzt durch kein physikalisches Experiment nachgewiesen ist, es könne jeder feste, wenn auch aus homogenen Molekülen bestehende Körper durch grossen, über die Elasticitätsgrenze gesteigerten Druck in beweglichen Zustand versetzt und bei Nachlassen des Druckes wieder steif und starr werden mit Ausnahme der wenigen sog duktilen[29]) und der

27) Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung 1878.

28) N. Jahrb. v. Leonh. u. Geinitz 1879 S. 798—814.

29) Wenn Rothpletz (Z. d. d. g. Ges. XXXI 1879 S. 367) ohne weiteres anführt: „Wir wissen, dass allen Gesteinen ein gewisser

durch Wärme geschmolzenen Stoffe. Dies erscheint aber um so weniger annehmbar in solchen Gesteinen, um deren sog. Duktilität oder Plasticität es sich bei den Gebirgsbiegungen handelt, welche nicht etwa aus gleichartigen Molekülen zusammengesetzt sind, bei deren Verschiebung die Cohäsionskraft wirksam ist, sondern aus heterogenen Fragmenten, aus ursprünglich getrennten Körperchen, Kryställchen oder selbst organischen Substanzen bestehen, welche erst durch Adhäsion oder durch ein Bindemittel von Kalkspath, Quarz, Thon, Eisenoxyd etc. verkittet oder verfestigt worden sind, wie z. B. der (nicht krystallinische) Kalkstein, der Mergel, der Sandstein, der Quarzit, der Gneiss, der Glimmerschiefer, der Thonschiefer. Hier könnte es sich um keine andere Art der Plasticität handeln, als um jene, wie sie im Thon durch Beimischung von Wasser entsteht. Wie ist es aber bei dem Gneiss und Glimmerschiefer, die ja oft in der bizarrsten Weise zickzackförmig gefalten sind, denkbar, dass die heterogenen Gemengtheile Quarz, Feldspath und Glimmer durch Druck gleichmässig latent plastisch würden, und wenn nicht, würde dann nicht der zuerst bei hohem Druck plastisch gewordene Gemengtheil ausgequetscht und ausgeschieden werden müssen, wie gewisse Oele aus dem Fett?

Ist es denkbar, dass ein Material, wie es gewöhnlich die Sedimentkalke zusammensetzt, im plastischen Zustande

---

Grad von Duktilität eigen ist", so möchte es ihm schwer halten, den Beweis für diese Behauptung beizubringen. Ich wenigstens und mit mir vielleicht mancher Andere möchten uns von diesen „Wissenden" ausgeschlossen wissen, es müsste nur R. darunter jene Umformung — er nennt sie eine plastische — verstehen, von der er selbst an anderen Orten (Verstein. der Töde S. 21) sagt, dass durch winzige Sprünge und Verschiebungen, von denen das unbewaffnete Auge nichts wahrnehmen kann, Schichten ohne Verlust ihrer Continuität gewunden sind.

versetzt, einfach sich nur biegen würde, ohne die Form der Schichtung zu verlieren, ohne so zu sagen eruptiv zu werden, wie es bei Thonmassen wirklich vorkommt? Man hat als Beweis der Wirksamkeit der latenten Plasticität sich auf alte Bergwerke berufen, welche mit der Zeit wieder zusammengehen. In der That kommt es bei dem Kohlenbergbau, auch im Salzgebirge und bei unterirdischen Gräbereien auf Kalk, Gyps u. s. w. häufig vor, dass die Oeffnungen von Stollen, Strecken und Oerter sich wieder zusammenthun. Es geschieht dies meist durch das sog. Blähen von Thonlagen. Das ist sehr bemerkenswerth. Beim ersten Betrieb solcher Strecken im thonigen Gestein, wenn man die Thonlagen trocken antrifft, halten sie so fest, wie jede andere Gesteinmasse. Erst mit dem Moment, wo sie feucht und von Wasser durchtränkt werden, beginnt ihre Bewegung, indem der Druck der zunächst aufliegenden Gesteinsmassen, die ja an stets vorhandenen Klüften und Sprüngen sich nach und nach losziehen und sich zu senken beginnen, auf sie wirkt. In Folge dieser Druckkraft werden sie aus ihrer ursprünglichen Lage gepresst, sie blähen sich, werden gleichsam eruptiv und nur die Durchfeuchtung ist hier die Ursache, wesshalb alte Baue, selbst ohne dass Niederbrüche erfolgen, sich wieder schliessen können.

Solche Verhältnisse sind bei thonigem Gesteine auch in ganzen Gebirgslagen, wenn es durchfeuchtet ist, gewiss denkbar und ich zweifle nicht, dass es Fälle gibt, bei welchen solche durchfeuchtete thonige Schichten ohne Bruch sich gebogen haben, aber es sind dies keine festen starren Massen, wie die meisten Kalksteine, die gewiss nicht hieher gerechnet werden können.

Auch ist es denkbar, dass ein z. B. glimmerreiches Gestein unter der Grenze der Elasticität gebogen, in diesem Zustande längere Zeit verharrend durch nachträglich infiltrirte und festgewordene Substanzen in eine bleibend ge-

bogene Lage versetzt werden könne. Das sind aber sicher seltene Fälle, um die es sich hier nicht handelt.

Doch beschreiten wir anstatt aller theoretischen Betrachtungen zunächst praktisch den exakten Weg der Untersuchung und Beobachtung, so möchte ich in dieser Richtung jetzt nur vorläufig einige Resultate und Wahrnehmungen mittheilen, welche, so weit meine Erfahrungen bis jetzt reichen, lehren, dass ich Biegungen ohne Bruch wirklich noch nicht bei starrem Gestein wahrzunehmen vermochte, dass es desshalb mir z. Z. nicht nöthig scheint, neue physikalische Gesetze à priori zu construiren, welche dazu dienen sollen, diese Biegung ohne Bruch zu erklären namentlich bei heterogen zusammengesetztem, starrem, nicht thonigem Gestein.

Wenn irgend ein Material zu Beobachtungen in dieser Richtung günstig sich erweist, so ist es, wie schon bemerkt, das tief schwarze Gestein bei Varenna mit seinen tausendfachen engsten Faltungen und weissen Kalkspathadern. Man beobachtet hier sehr häufig, dass an scharfen Wölbungen der Kalkschichten die Masse von sehr zahlreichen breiten Rissen durchzogen sind, welche von weissen Kalkspath wieder ausgefüllt wurden und desshalb für das Auge auf dem schwarzen Grunde sehr deutlich bemerkbar sich machen. Vielfach laufen diese Risse nach der Längenrichtung der Falten und gehen mehr oder weniger radial nach dem Krümmungscentrum zu. Derartige Fälle beweisen wenigstens das Vorhandensein selbst grosser Berstungen in Folge der Schichtenfaltung. Indess giebt es auch Stellen genug, wo solche dem unbewaffneten Auge sichtbare Zerklüftungen in grösserer Anzahl nicht sofort zu bemerken sind und die Wölbung des Steins ohne Bruch erfolgt zu sein scheint. Ich habe grade von solchen Stellen zahlreiches Material bei Varenna gesammelt und dieses in Dünnschliffen unter dem Mikroscop näher untersucht. Ich muss nun sagen, dass hierbei eine gradezu er-

staunliche Fülle von Klüftchen, Rissen und unendlich feinen Aederchen — alle wieder durch weissen Kalkspath vernarbt, aber trotzdem aufs deutlichste sichtbar — sich ergab, welche mir vollständig genügend erscheint, um eine Verschiebung der Kalkmasse möglich zu machen, wie es die Wölbung der Kalkbank erfordert. So fand ich gebogene Kalklagen, welche auf den Kubikcentimeter berechnet durch Risse, in einem Fall in 640000 kleinste Stückchen, in andern Fällen in 160000 und 90000 zerspalten sind, bei Biegungen, deren Krümmungs-Radius je 0,15; 0,30 und 1 m betrug. Diese kleinsten, meist ungleich grosse Stückchen waren v o r ihrer Wiederbefestigung durch in die Risse infiltrirte Kalkspathsubstanz gewiss sehr leicht verschiebbar. Dass sie sich wirklich vielfach verschoben haben, lässt sich nicht selten u. d. M. daran erkennen, dass in Nachbarstückchen kleine Streifchen von beigemengten kohligen Substanzen nicht mehr genau in entsprechender Lage sich befinden. Wie gering jedoch eine solche Bewegung oder Verschiebung der kleinsten Stückchen selbst bei einer sehr starken Krümmung einer Kalkbank erforderlich war, lässt sich nach der Grösse des Krümmungsradius leicht bemessen. Annäherungsweise ist z. B. die zur Bogenwölbung erforderliche Verrückung eines beiläufig viereckigen Stückchens von 0,001 m in Länge, Breite und Dicke wie solche ungemein häufig beobachtet wurden, bei einem Krümmungsradius von nur 0,25 m. ungefähr ein Millionstel Meter. Dass solche minimale Verrückungen kleinster Bruchstückchen für das unbewaffnete Auge nicht mehr sichtbar sind, ist selbstverständlich und daher rührt es in den meisten Fällen, dass bei festen Gesteinsbänken die Krümmung s c h e i n b a r o h n e Bruch erfolgt ist und das Material gleichwohl so fest erscheint, wie nicht zertrümmertes, weil die feinsten Risse durch Kalkspath, Eisenoxyd, Quarz und andere Mineralsubstanzen wieder ausgefüllt worden sind, sohin das zerbrochene Gestein gleichsam wieder ausgeheilt ist.

Ist der Krümmungsradius sehr gross, so bedarf es keiner Zerklüftung in kleinste Theilchen, um eine für das unbewaffnete Auge unbemerkbare Verschiebung zu einer Krümmung im Gestein zu erzeugen; es genügt z. B. beiläufig bei einem Krümmungsradius von 50 m. eine Zerklüftung, bei welcher die Kluftflächen oder Risse selbst 0,1 auseinander liegen können. Wir sehen daraus, dass es in vielen Fällen nur einer geringen Zerklüftung des Gesteins bedarf, wie solche in stark geneigten Gebirgsschichten wohl nirgend fehlen wird.

Bei dem schwarzen Kalk von Varenna ist es desshalb wohl nicht nothwendig, selbst bei der stärksten Zusammenfaltung seiner Schichten anzunehmen, dass hier die Biegung ohne Bruch in Folge einer latenten Plasticität des Kalksteinmaterials erfolgt sei. Ich füge ausdrücklich hinzu, dass bei allen den zahlreichen untersuchten Proben mir keine in die Hände gekommen ist, welche nicht eine solche Zertrümmerung in kleinste Gesteinsstückchen unzweideutig gezeigt hätte.

Dieser Nachweis beschränkt sich aber nicht bloss auf auf die schwarzen Kalke von Varenna, ich glaube sagen zu können, dass die Zertrümmerung stark gebogenen festen Gesteins eine ganz allgemeine und durchwegs vollständig reichlich genug sei, um die Biegung der Schichten durch Verrückung dieser kleinen Bruchstücke und nachträgliche Wiederverkittung der verschobenen Fragmente in befriedigendster Weise zu erklären.

Einige weitere Beispiele können dafür als Beleg angeführt werden. So zeigt der Hauptdolomit zwischen Introbbio und Lecco gleichfalls eine ungemein starke Biegung der Schichten. Ein aus dem am stärksten gebogenen Theil einer Bank genommenes Stück lässt im Dünnschliff eine Zertrümmerung in 120 Stückchen auf 1 Quadratcentimeter bei einem Krümmungsradius von 0,25 m. erkennen.

Zu den am meisten gewundenen und gebrochenen Bild-

ungen in den Alpen gehört der Flysch.[30]) Ich habe eine grosse Anzahl von mergeligem und kieseligem Flyschgestein mit selbst an Handstücken noch erkennbarer Biegung in Dünnschliffen untersucht und auch an diesen ausnahmslos eine erstaunliche Zertrümmerung wahrgenommen. An einem Flyschmergel aus der Bolgenach fanden sich 1000 Stückchen auf den Quadratcentimeter des Dünnschliffs, aus dem Murnauer Köchel 800 u. s. f., an allen untersuchten Proben in verschiedenen Graden bis herab zu 9—10 Trümmerstückchen, deren geringe Zahl immer noch vollständig genügt, um bei selbst kleinem Krümmungsradius eine für das unbewaffnete Auge nicht mehr unterscheidbare Verrückung gegen die frühere Lage der Krümmung entsprechend einzugehen.

Unter den alpinen Schichtgesteinen besitzen gewisse Gebilde der Lias- und Juraformation eine grosse petrographische Aehnlichkeit mit dem Flysch. Ich meine in erster Linie die kieselreichen, Hornstein-führenden und auch Algen einschliessenden Algäuschiefer[31]), deren viel ver-

---

30) Ich will die bei dieser Untersuchung gemachte Entdeckung hier wenigstens im Vorübergehen berühren, dass alle die mergeligen Varietäten und auch viele der sandigen Abänderungen (sog. Kalkhornsteine) sich als ein Haufwerk von Spongiennadeln erweisen. Viele dieser Gesteine bestehen vorzugsweise aus Schwammnadeln, die durch ein mergeliges Bindemittel verkittet sind. Diese ganz unerwartete, neue Thatsache ist sehr geeignet, ein helleres Licht auf die Bildung des Flyschgesteins um so mehr zu werfen, als diese Anhäufung von Schwammnadeln dem alpinen oligocänen Flysche eben so eigen ist, wie dem gleichalterigen Wiener- oder Karpathensandsteine und dem italienischen Macigno des Apennins. Merkwürdig ist dabei, dass es meist einfache Stabnadeln sind, nur selten ankerförmige und Hexaktinilidennadeln.

31) Dieser Aehnlichkeit mit dem Flysch entspricht nun auch nach meinen neuesten Untersuchungen die Thatsache, dass sehr viele kieselreiche Liasschiefer gleichfalls fast nur aus Schwammnadeln zusammengesetzt sind. Es war mir das Vorkommen von Schwammnadeln schon früher

schlungene Lagen in dem Algäugebirge so prächtig entblösst sind. Auch von dieser stand mir ein reiches Material gekrümmter Schichten für die Untersuchung zur Verfügung. Sie zeigen durchweg eine nicht weniger reiche Zertrümmerung in kleinste, mikroskopische Stückchen, wie die Flyschgesteine oder der Varennakalk. Gleich verhalten sich auch die Hornstein-reichen schwarzen Liasschiefer bei Lecco und in dem Hintergrunde des Chiamuerathals bei Ponté.

Wahrhaft erstaunlich ist vollends die Zertrümmerung der rothen Hornsteinmassen der Juraaptychenschichten, welche oft wie in ein Pulver verwandelt erscheinen, zwischen deren Staubähnliche Theilchen sich wieder Quarzsubstanz, den Bruch heilend, abgelagert hat. Auch die jüngeren Tertiärablagerungen, die mittel- oder oberoligocänen, sind am Fuss unserer Alpen in die grossartigsten und oft engsten Falten zusammengebogen. Die Pechkohlenflötze der letzteren, auf denen ein grossartiger Bergbau bei Miesbach, Pensberg und Peissenberg umgeht, geben nicht nur eine günstige Gelegenheit derartige Biegungen, die durch den Bergbau aufgeschlossen werden, kennen zu lernen, sondern auch mit mathematischer Sicherheit durch markscheiderische Vermessungen deren Krümmungen zu bestimmen. Ich verdanke den Verwaltungen dieser Kohlenwerke sowohl zahlreiche Aufschlüsse, als auch das Untersuchungsmaterial namentlich von solchen Stellen, wo der Bergbau die Krümmungen angefahren und oft auch den Krümmungsmulden nach als tiefste Punkte in langen Strecken verfolgt hat. Es herrscht darüber nur e i n e Erfahrung, dass nämlich an solchen Stellen das Gestein, wenn auch nicht für das Auge sichtbar, so doch beim Betrieb der Baue wahrnehmbar gebrech und unganz, die Kohle aber oft in mulmigen Staub

---

an abgewitterten Stücken z. B. von Goisern bekannt, ich glaubte ihm nur früher keine allgemeinere Bedeutung beilegen zu dürfen, wie sich dieselbe nunmehr herausstellt.

zerrieben, meist durch infiltrirten weissen Kalkspath weissscheckig oder versteinert (Bergmannsdruck) ist. Wo Stinkkalk in Zwischenlagen die Kohlenflötze begleitet, zeigt sich derselbe oft, wie auch der begleitende Cementmergel, gebogen, ohne deutlich sichtbaren Bruch, ohne Spalte oder Kluft. Sobald man aber auch an diesem Material Dünnschliffe mikroskopisch untersucht, findet man die feinsten Zerstückelungen, an denen sich die Verrückungen der einzelnen Theilchen zu gewölbartigen Bogen, oder wannenförmigen Mulden vollzogen haben. In der Grube Pensberg kommen solche Schichtenbiegungen auf Flötzen vor, bei welchen der Krümmungsradius nur 3 1/4 m. beträgt, im Miesbacher Revier öfter solche von 15—20 m. Krümmungsradien; hier lassen sich die Beobachtungen mit aller Schärfe anstellen.

Auch im ausseralpinen Gebiete sind derartige Schichtenbiegungen ohne deutlichen Bruch bekannt genug. Ich habe bereits bei der geognostischen Beschreibung des Fichtelgebirgs Veranlassung genommen, mich über die Art derartiger, selbst kuppelförmiger Wölbungen auszusprechen und ihre Erklärung zu geben versucht, die ich auch jetzt noch als ganz zutreffend aufrecht halten kann. (Geogn. Besch. Bayern. Bd. III S. 632 u. ff.) Ich habe (S. 634) als die Ursache dieser scheinbaren gleichförmigen Biegung eine unendliche Zerspaltung des Gesteinsmaterials angegeben und bin nun nach wiederholtem Besuch solcher Fundstellen in der Lage, selbst nähere Zahlenangaben zu machen. An den Häusern bei Geigen ungefähr 3 km. weit von Hof im Fichtelgebirge ist durch einen grossen Steinbruch eine kuppelförmige Wölbung des oberdevonischen Clymenienkalkes vollständig aufgeschlossen. Die Wölbung geht nach einer Seite hin rasch in eine sattelförmige über. Durch die Steinbrucharbeiten sind gleichsam die einzelnen Schalen, hier die Gesteinschichten, staffelförmig abgebrochen, wodurch ein tiefer Einblick in den Aufbau gewonnen werden kann. Da wo die Kuppel eben frisch erst

aufgedeckt worden ist, erscheint in Folge der die Kalkschichten rindenartig überdeckenden thonigen Kruste das Gewölbe vollständig ganz und ohne sichtbaren Bruch gebogen, an Stellen dagegen, wo in Folge längerer Bloslegung die Atmosphärilien schon das Werk ihrer Abnagung begonnen haben, treten wenigstens grössere Risse und Sprünge deutlich erkennbar hervor. Die aus der Mitte der Kuppel gesammelte Stücke wurden nun, nachdem Dünnschliffe nach verschiedenen Richtungen daraus hergestellt worden waren, einer mikroskopischen Untersuchung unterzogen. Hierbei zeigte sich dieselbe Zerstückelung in kleinste, durch infiltrirten Kalkspath wieder felsenfest verkittete Stückchen, wie in den Alpengesteinsproben. Bei einem Krümmungsradius [32]) von 0,45 m ergaben sich auf ein Quadratcm. die Durchschnitte von 16 Theilchen. Auch hierbei ist die Grösse der Verrückung der einzelnen Theilchen von der ursprünglichen Lage nach der Schichtebene in die nachträgliche der Schichtenwölbung eine so kleine, dass sie für das unbewaffnete Auge völlig unerkennbar ist.

Nicht weniger lehrreich ist ein Steinbruch in gleichen Clymenienkalklagen O. von Hof im sog. Krähenhölzchen. Hier erkennt man an den staffelförmigen Abbruchsstellen der Schichten des gleichfalls kuppelförmigen Gewölbs schon

---

32) Da es sich hier, nicht um mathematisch absolut richtige Zahlen, sondern nur um Annäherungswerthe handelt, suchte ich die Krümmung als eine beiläufig kugelförmige angenommen, dadurch zu bestimmen, dass ich starken, aber doch noch leicht biegsamen Bleidraht auf die Wölbung legte und andrückte. Das Blei nahm genau die Krümmung an, welche sich nun mit Hilfe dieses gekrümmten Bleidrahts auf ein grosses Blatt Papier übertragen liess. Bestimmungen nach mehreren Richtungen lieferten in ihrem Mittelwerth Anhaltspunkte für die Ermittelung des beiläufigen Krümmungsradius durch Halbiren mehrerer gezogener Sehnen und Verlängerung der Normalen auf den halbirten Sehnen bis zu ihrem Schnittpunkte.

ohne Weiteres sehr deutlich eine grossartig radienförmige Zerspaltung des Gesteins. Doch fehlt auch hier die bis in's Kleinste gehende Zerstückelung des sehr dichten Kalks nicht. An den aus den mittleren Theilen des Gewölbs genommenen Lagen kann man auf den Quadratcm. des Dünnschliffs 25—30 Stückchen zählen; der Krümmungsradius beträgt hier ungefähr 3 m. Ein drittes sehr schönes Beispiel bietet der Gewölb-artig gebogene Bergkalk in dem grossen Steinbruche von Regnitzlosau im Fichtelgebirge. Der schwarze Kalk ist hier, wie bei dem Varennagestein, von feinsten weissen Kalkspathäderchen durchzogen, die sich auf's deutlichste in Dünnschliffen wahrnehmen lassen. Eine Wölbung mit 0,60 m Krümmungsradius enthält in den aus der stärksten Biegung genommenen Theilen Gestein, welches eine Zerstückelung von 25 Theilchen auf den Qcm. der Dünnschlifffläche erkennen lässt.

Noch reichlicher zerstückelt zeigt sich der Kieselschiefer dieses Gebirgs, welcher oft in sehr enge Falten zusammengebogen ist. Dieses spröde Material ist aber trotz seiner starken Zertrümmerung durch weisse Quarzmasse, welche auf die früheren Risse sich abgesetzt hat, wieder so fest verbunden, wie es vordem war. Ein Lyditstückchen aus einer stark gekrümmten Lage von nur 0,16 K.-R. aus dem Kieselschieferbruche bei Leimitz, O. v. Hof lässt u. d. M. eine Zerstückelung von 260 Stückchen auf einen Qcm der Dünnschlifffläche zählen.

Es würde ermüden, noch zahlreichere Beispiele auch aus anderen Gebieten z. B. den carbonischen und postcarbonischen Schichten der Rheinpfalz, aus der mir Untersuchungsmaterial zur Verfügung steht, anzuführen. Ich kann nur aus meinen bisherigen Beobachtungen wiederholen, dass mir noch kein Gestein aus stark gebogenen Lagen unter die Hand gekommen ist, welches nicht so reichlich zerstückelt sich erweist, dass dasselbe ohne für das unbewaffnete Auge sichtbare Verrückung eine der Wölbung entsprechende Lage

hätte annehmen können. Existirt aber eine solche Zertrümmerung des festen und starren Materials der meisten unserer heterogen zusammengesetzten Schichtgesteine, welche es möglich macht, ohne sichtbaren Bruch eine Verschiebung zu geröllartigen Biegungen einzugehen, so sehe ich die Nöthigung nicht ein, diesen starren Massen eine besondere Eigenschaft der latenten Plasticität zu oktroiren.

Diese unendliche Zerstückelung der Schichtgesteine ist nicht etwa eine neue Entdeckung, sie will auch hier durchaus nicht als solche besprochen worden sein, sie ist altbekannt und allseitig auch anerkannt. So weit sie mit unbewaffnetem Auge sichtbar ist, gibt das prachtvolle Werk Heim's selbst zahlreiche Belege hiefür. Auch Rothplez spricht bereits von winzigen, für das unbewaffnete Auge nicht wahrnehmbaren Sprüngen und Verschiebungen, durch welche die Schichten ohne Verlust ihrer Continuität gewunden sind und der scharfe Beobachter des Gotthardtunnels Stapf führt (a. a. O.) ins Auge springende Zerklüftungen der Gesteine des Gotthardtunnels bis zu staubartigem Pulver an.

Man hat, diese Zertrümmerung zugegeben, aber trotzdem in Frage ziehen zu müssen geglaubt, ob diese Zerstückelung in genetischem Zusammenhange mit der Erscheinung der Schichtenbiegung stehe, da ja jeder starke Druck, auch wenn er eine gewölbartige Aufbiegung der Schichten nicht bewirkt, eine mehr oder weniger starke Zerstückelung verursacht. Auch in dieser Richtung habe ich einige vergleichende Untersuchungen angestellt und gefunden, dass dieselben Gesteinsmassen an Stellen, wo sie gebogen sind, ungleich reichlicher zerklüftet sind, als an selbst benachbarten Stellen einer nicht gekrümmten Lage bis zum fast völligen Verschwinden dieser Klüfte. Nach allen meinen Erfahrungen steht der Grad der Zerstückelung direkt im Verhältniss zu der Schichtenbiegung und der Sprödigkeit des Gesteinsma-

terials, welches gebogen wurde. Es muss daran erinnert werden, dass es sich hier immer und ausschliesslich um die Biegung an Gesteinsmaterial handelt, welches vor der Biegung bereits verfestigt war. Ich sehe viele zickzackförmige Schichtenknickungen, wie solche hauptsächlich bei den älteren krystallinischen Schieferbildungen, besonders dem Glimmerschiefer und Phyllit vorkommen, nicht als Erscheinungen an, die sich erst nach der völligen Verfestigung des Gesteins vollzogen haben, so wenig wie die Biegung austrocknender Thonkrusten oder die schalige Umhüllung von Kalksteinmaterial um ausgeschiedene Hornsteinknollen. Aehnliche Biegungen und Windungen fanden auch in durchfeuchteten Thon- oder Mergelmassen z. B. in Lagen statt, in welchen sich Anhydrit in Gyps verwandelte oder Gyps, Steinsalz und ähnliche Salze aus einer breiartigen Masse auskrystallisirten. In noch nicht erhärteten oder bei thonig mergeligem Material bei erneuter Durchfeuchtung nach der Verfestigung kann zweifellos eine Verschiebung und ein Ausquetschen der Masse stattfinden. Dahin gehört eine grosse Anzahl der sog. deformirten Versteinerungen, welche man wohl auch z. Th. als Beweis der Umformung bereits festgewordenen Gesteins ohne Bruch angeführt hat.

Die ausgedehnten Sammlungen des hiesigen paläontologischen Museums, wie die der geognostischen Landesaufnahme, lieferten mir auch zur Erörterung dieser Frage, gutes Material in Hülle und Fülle. Ich theile einige Erfahrungen hierüber mit.

Zunächst verdient hervorgehoben zu werden, dass verdrückte oder deformirte Versteinerungen vorherrschend in thonigen oder mergeligen und seltener in mergelig-kalkigen oder thonig-sandigen Gesteinslagen vorzukommen pflegen, welche in feuchtem, noch nicht verfestigtem Zustande bis zu einem gewissen Grade plastisch sind, also eine Verschiebung ihrer Masse gestatten.

Ferner ist hervorzuheben, dass Verunstaltungen der Versteinerungen fast ausschliesslich an Steinkernen wahrgenommen werden, und dass, wenn deformirte beschalte Exemplare gefunden werden, sofort die Brüche und Zertrümmerungen an der Schale leicht nachzuweisen sind, an denen ein Zusammenbrechen oder eine Verschiebung einzelner Theile stattgefunden hat. Am merkwürdigsten und lehrreichsten ist die Thatsache, dass deformirte Steinkerne und nicht deformirte beschalte Exemplare in derselben Schicht durch einander gemengt vorkommen z. B. ganz verschobene Steinkerne von *Ammoniten*, *Gastropoden* und *Dimyarien* unter wohl erhaltenen Echinodermen, Belemniten und Muscheln mit dicker Stabröhrchenschicht, *Ostrea*, *Perna*, *Pecten* etc. etc.

Verunstaltete Versteinerungen kommen ganz unabhängig von Schichtenbiegungen und Zusammenfaltungen in Gebirgen vor, in denen die Schichtgesteine weithin in horizontaler Lagerung sich befinden (schwäbisch-fränkisches Juragebirge, Kreideschichten von Haldem) und in zusammengefalteten Gesteinsschichten beschränken sie sich nicht etwa auf die gebogenen oder gekrümmten Theile der Schichten, sondern sind ganz unabhängig hiervon in dem Gestein vertheilt, in den Krümmungen aber gebrochen, geknickt, verschoben durch Sprünge und Risse, wie das Gestein selbst, welches sie beherbergt. Als Belege hiefür können die durch Steinbrüche weithin aufgeschlossenen, zwar stark geneigten, aber nicht gekrümmten Neocomschichten bei O. Wessen, die Cementsteinbrüche im Lias des Gastätter Grabens, die Brüche im Mergel der Häringer Schichten u. s. w., im Fichtelgebirge die nicht gebogenen Schichten des Clymenienkalks gelten.

Was die Verzerrung der Steinkerne angelangt, so fällt diese Erscheinung im Allgemeinen nach meinen Beobachtungen meist mit der Zeit zusammen, in welcher das um-

hüllende Material noch nicht verfestigt, durch Druck und Seitenschub in eine gewisse Bewegung versetzt werden konnte, wobei das Steinkernmaterial, wie die übrige Gesteinmasse mit verschoben wurde. Wiederdurchfeuchtung bereits fester thoniger Gesteine lässt gleichfalls dieselbe Erscheinung zu. Dies beweist das Zusammenvorkommen deformirter Steinkerne und nicht deformirter Schalenexemplare. In einzelnen Fällen beobachtete ich (*Amm. tenuilobatus*-Schichten vom Würgauer Berg), dass die Wohnkammertheile der *Ammoniten*, die als Steinkerne vorhanden waren, verschoben, die gekammerten und beschalten übrigen Theile dagegen vollkommen wohlerhalten sich vorfanden. Indem ich zahlreiche beschalte Versteinerungen besonders *Belemniten*, *Orthoceras*, *Crinoideen*-Stacheln, auch *Gasteropoden*, bei welchen Deformationen vorkommen, einer näheren Untersuchung unterzog, überzeugte ich mich, ohne auf eine Ausnahme zu stossen, dass solche Verzerrungen immer mit Brüchen verbunden sind, die meist schon mit blossem Auge deutlich wahrnehmbar, in ihrer ganzen Fülle aber erst recht zur Erscheinung kommen, wenn man die Stellen schwach anätzt und nun mit starker Lupe betrachtet. *Orthoceras*-Exemplare aus den böhmischen Silur- und Fichtelgebirgischen Devonschichten sind gerade nicht häufig als Steinkerne ausgebildet in diesem Falle jedoch immer verdrückt. Schalenexemplare sind entweder in der Form erhalten, oder aber etwas platt gedrückt oder gekrümmt. In diesen Fällen konnte ich immer die Längsrisse und die Quersprünge nachweisen, letztere auf der einen convexen Krümmungsseite etwas klaffend, auf der concaven Seite fein und eng zusammenlaufend. Bei den *Belemniten* ist es eine ungemein häufige Erscheinung, dass der ausgehöhlte Alveolentheil zusammengedrückt und gequetscht ist, wobei die Brüche ganz deutlich sichtbar sind. Auch bei dem massiven übrigen Theil der *Belemniten* kommt sehr häufig eine Krümmung vor —

abgesehen von der Zertrümmerung und Zerreissung in einzelne auseinander geschobene Stücke. Es liegt eine Reihe solcher bogenförmig gekrümmter *Belemniten* vor mir aus dem alpinen und ausseralpinen Gebiet, deren Krümmung auf die unzweideutigste Weise erst in Folge von Zerreissung durch ungemein zahlreiche Querrisse in der Weise erfolgt ist, dass auf der convexen Seite die Risse oft ziemlich weit klaffen und von Kalkspath ausgefüllt sind, während sie auf der concavgebogenen Seite äusserst fein erscheinen. An einem doppelt gekrümmten Exemplar des *B. giganteus* aus dem Dogger des Nipfs von Bogfingen wechseln die klaffenden Risse von einer Seite der Krümmung zur anderen.

Auch die von Heim auf Tafel XIV und XV seines berühmten Werkes abgebildeten, äusserst interessanten verzerrten *Belemniten* beweisen meiner Meinung nach das Gegentheil von der latenten Plasticität starrer Felsmassen. Denn wir sehen hier eine unendliche Zertrümmerung der Belemniten und die unzweideutige seitliche Verschiebung an diesen Querrissen. Dass einzelne Stückchen ohne grobe Risse sind, wie bei dem Exemplar Fig. 4 Taf. XIV ist nicht auffällig; die feinsten Risse werden sich aber sicher zeigen, wenn man diese Theile mikroskopisch untersucht. Was den *Belemnit* in Fig. 15 Tafel XIV anbelangt, der ohne Bruch gestreckt sein soll, so möchte schon aus der vortrefflichen Zeichnung die Zertrümmerung dieses Exemplars herauszulesen sein. Die höchst merkwürdige Erscheinung der zerbrochenen und stückweise auseinander gerissenen *Belemniten* (Fig. 3 und 4 Tafel XIV), wobei der nach der Zerreissung und Verschiebung theilweise leer gewordene Raum zwischen den einzelnen Bruchstücken mit Kalkspath und nicht mit Gesteinsmaterial ausgefüllt ist, beweist allerdings, dass die Verschiebung erst nach dem Festwerden des Materials stattgefunden hat, aber nichts für das Plastischwerden desselben, weil dann dasselbe denn doch wohl in die leeren

Zwischenräume eingedrungen wäre. Ich kann natürlich nicht ohne nähere Untersuchung behaupten wollen, dass das Nebengestein ebenso stark zertrümmert wurde, wie der *Belemnit*, doch scheint mir nur unter dieser Annahme allein ein bleibender Hohlraum möglich, der sich später mit Kalkspath ausfüllen konnte. Ich kann nur von ganz analogen Erscheinungen an den gestreckten *Belemniten* aus dem Ries bei Nördlingen angeben, dass hier das Nebengestein fast in Staubtheilchen zermalmt erscheint, welche durch infiltrirten, klaren Kalkspath nachträglich wieder zu festem Fels verkittet worden sind. Es sind ganz kleine, abgesprengte und bei Seite geschobene Stückchen dieser *Belemniten* wirr durcheinander liegend wieder so fest verbunden, wie die unzerbrochenen Theile. Dasselbe gilt von der ganzen umhüllenden Gesteinsmasse. Bei diesen *Belemniten* beobachtet man häufig, dass gewisse Risse nach und nach sich auskeilen, selbst unter dem Mikroskop nicht mehr weiter verfolgt werden können. Ich vermag dies eben so wenig als ein Zeichen anzusehen, dass die Masse an dem sich auskeilenden Spaltenende duktil sei, wie bei der allbekannten Erscheinung, dass Glas oder ein Thongefäss nur einen kurzen Sprung erhält; an dem sich auskeilenden Sprungende war die sich fortpflanzende Erschütterung einfach nicht mehr grösser, als die Elasticität des Materials, erst über die Grenze der Elasticität tritt ja Bruch ein.

Die Versuche, welche Herr Prof. Bauschinger an Gesteinsplatten vorgenommen hat, lehren, dass das Gesteinsmaterial bis zu einem gewissen Grad elastisch biegsam ist. Ueber die Grenze gebogen bricht das Material, behält aber in vielen Fällen in Folge der mechanischen Verzackung der einzelnen Theilchen auf den Bruchflächen in schön geschwungener Bogenform einen Zusammenhang, der genügen würde, falls sich in die entstandenen Risse z. B. Kalkspath

absetzen würde, wieder feste, nunmehr gekrümmte Gesteinsplatten darzustellen.

Dass harte und spröde Gesteinsmassen unter Umständen plastisch werden können, wurde schon früher bei der Erklärung des Zusammenthuns von alten Bergwerken erwähnt. Ein sehr lehrreiches Beispiel findet sich in den böhmischen Steinkohlenbergwerken, bei Pilsen, hei welchen eine grünliche Thonstein-ähnliche Gesteinslage, der sog. Schleifstein, über dem Kohlenflötz liegt. Bei dem frischen Aufschluss des Gebirgs durch Strecken ist diese Masse ungemein hart und steht vorzüglich. Sobald aber Grubenfeuchtigkeit oder Wasser auf dieselben einwirkt, verwandelt dieselbe sich in ein mehr oder weniger plastisches Material, das nun selbst bei geringem Druck beweglich und ausgepresst wird. In demselben eingeschlossene Pflanzenreste werden dabei zerrissen, auseinander geschoben und ihre einzelne Theile durch dazwischen eindringende Gesteinsmasse getrennt. An solchen Stellen wird dann auch die Grubenzimmerung stark gedrückt, die Kappen zuerst gebogen und gekrümmt, über die Elasticitätsgrenze aber belastet, wenn auch durch einen sehr allmählig zunehmenden Druck endlich geknickt und gebrochen. In dem Bergbau, bei dem denn doch die Wirkungen des Gebirgsdrucks in der ausgedehntesten Weise zu beobachten die allseitigste und beste Gelegenheit sich darbietet, hat man, so weit ich die Literatur kenne und meine eigene Erfahrungen reichen, noch Nichts gefunden, was an eine Biegung fester, spröder Gesteine ohne Bruch erinnern könnte. Dass Stollen oder Strecken in Granit und Urgebirgsfelsarten, in Sandstein, Thonschiefer, Kalkstein, überhaupt nicht thonreichem oder mergeligem Gestein auf andere Weise, als durch Zusammenbruch sich wieder ausfüllten, ist bis jetzt thatsächlich noch nicht beobachtet worden.

In die Reihe der hieher gehörigen Erscheinungen lassen sich auch die sog. verschobenen Steinsalzwürfel von Berch-

tesgaden und von Gössling zählen. Besonders sind erstere bemerkenswerth und mit deformirten Versteinerungen in Parallele zu stellen. Bei ihnen ist häufig der ganze verschobene Würfel wieder mit Steinsalz ausgefüllt — in andern Fällen nur mit einer Gypsrinde überzogen, sonst hohl. Schon Quenstedt [33]) bemerkt, dass dieses Steinsalz in den oft stark verzerrten Würfeln nicht nach den schiefen Winkeln, sondern stets rechtwinkelig spaltet, was ich ausnahmslos bestätigt finde. Man könnte diese im Salzthon vorkommenden verzerrten Krystalle als durch Druck erzeugt ansehen. Das ist nun aber thatsächlich nicht der Fall, vielmehr ist die Erscheinung dadurch zu erklären, dass man annimmt, der durch Wasser leicht feucht werdende und dann etwas plastische Salzthon sei, nachdem er längst verfestigt war, durch irgend eine Veranlassung wieder vom Wasser durchtränkt worden, welches das in Würfelkrystallen eingeschlossene Steinsalz auflöste. In Folge dieser Durchfeuchtung wurde der nunmehr etwas plastische Salzthon durch irgend einen Druck etwas geschoben und dadurch erlitten auch die durch das Auflösen des Steinsalzes leer gewordene Krystallräume mit eine Verschiebung. Bei erfolgtem Austrocknen setzte sich nun zunächst der schwerer lösliche Gyps an den Wandungen dieser Hohlräume ab und später füllte sich z. Th. der übrige Raum mit Steinsalz an, das unbekümmert um die Form des Umfassungsraums regelmässig spaltet. Dass der Salzthon jedoch nur in geringem Grade plastisch war, geht aus dem Umstande hervor, dass bei vielen dieser Krystallräume in die umgebende Thonmasse hineinreichende Risse an den Kanten sich bemerken lassen, die gleichfalls mit infiltrirtem Gyps ausgefüllt sich zeigen. Aehnlich verhält es sich mit den häufig im Röth und auf Schichtflächen des Keupermergels vorkommenden verschobenen Würfeln die

33) Epoche der Natur S. 109.

anstatt mit Gyps oder Steinsalz mit Gesteinssubstanz ausgefüllt sind. Hier muss die Ausfüllung des gleichfalls durch Auflösung der Steinsalzkrystalle entstandenen Hohlraums in einer Zeit vor sich gegangen sein, als bei noch feuchtem und verschiebbarem Zustande der Schichtenmasse der auflastende Druck letztere in den Hohlraum von unten einzupressen vermochte.

Es wäre interessant, bei Pseudomorphosen in festem Gesteinsmaterial die Aufmerksamkeit auf etwa erlittene Formänderung zu richten. Nur im Vorübergehen sei bemerkt, dass ich zahlreiche sog. gekrümmte[34]) Krystalle, namentlich solche, die in langen Säulen und Nadeln ausgebildet vorkommen, untersucht habe, z. B. zahlreiche Turmalien aus den Alpen und aus dem bayerischen Walde, ebenso Beryll, dann Epidot, Quarz (nicht die sog. gewundenen Bergkrystalle aus der Schweiz) deren Biegung deutlich durch gröbere und feinere Risse erfolgt ist, wobei die Risse einseitig auf der convexen Seite weiter klaffen (natürlich durch infiltrirte Mineralsubstanz wieder ausgefüllt) während sie nach der concaven Seite der Krümmung hin verschwindend fein werden.

Ueber das Verhalten starrer Mineralmassen unter hohem Druck habe ich einige Beobachtungen angestellt, welche vielleicht nicht ohne Interessen sind. Ich glaubte zunächst das Verhalten der einzelnen Mineralien, welche häufig als Gesteins-bildende auftreten, prüfen zu sollen. Hierbei hatte ich mich der ausgiebigsten Hilfe des Herrn Prof. Bauschinger zu erfreuen, welcher die Vorrichtungen herstellen und die Druckproben vornehmen liess.

34) Man darf mit dieser Erscheinung nicht jene vermengen, bei der schon im Moment der Entstehung eine Krümmung der Nadeln durch eine Streckung erfolgt, wie beim Glaubersalz und Salpeter, wenn sie aus porösen Stoffen herauskrystallisiren und wenn Eisnadeln im Winter aus feuchtem Boden oder Mauern hervorschiessen und oft haarförmig gekrümmt erscheinen.

Für diese aufopfernde Gefälligkeit glaube ich hier ausdrücklich meinen Dank aussprechen zu sollen.

Diese Versuche wurden durch den grossen Apparat bewerkstelligt, welcher Herrn Prof. Bauschinger zur Vornahme seiner bekannten Versuche dient und zwar zuerst in einer unzerlegbaren Hülse und durch einen in diesen passenden Stempel mit Materialcylinderchen von 1 Qcm. Fläche, und ung. 0,01—0,005 m. Höhe, später mit zerlegbarer Hülse unter Anwendung eines Drucks von 22000 bis 26000 Atmosphären.

Fleischrother Orthoklas aus dem Pegmatit von Bodenmais wurde in einem Cylinderchen senkrecht zur basischen Fläche langsam einem Druck von 22000 Atmosphäre ausgesetzt, wobei sich ein starkes Knirschen hörbar machte. Nach dem Herausnehmen aus der zerlegbaren Hülse war die Mineralmasse in eine feinkörnige und staubartige Masse verwandelt, bei welcher nur einzelne Stückchen noch etwas Zusammenhalt behielten. In eine kleine nabelförmige Vertiefung der Hülse war die Substanz hineingedrückt, aber hier so von feinstaubartiger Beschaffenheit, dass die Masse bei dem Berühren sofort zerfiel. Die grösseren, noch einigen Zusammenhalt besitzenden Stückchen waren gleichfalls in unendlich viele Theilchen zerdrückt, so dass sie Flüssigkeit begierig aufsaugten; doch zeigten sie noch deutlich in der betreffenden Richtung die spiegelnden Spaltungsflächen, jedoch nicht als eine gleichheitlich zusammenspiegelnde, sondern so, als ob dieselbe fein facettirt wäre. Weder an den Druck-, noch Seitenflächen war eine Spur erlittener Schmelzung wahrzunehmen. Dünnschliffe liessen zwar die unendliche Zerklüftung, aber kein abweichendes optisches Verhalten wahrnehmen.

Quarz zeigte in einem in der Richtung der Hauptachse aus einem vollständig reinen, wasserhellen Bergkrystall von St. Gotthard geschnittenen Cylinderchen, demselben Druck ausgesetzt, gleichfalls eine völlige Zertrümmerung in

mehr nadelförmige, meist wasserhelle, nur stellenweis getrübte Splitterchen, die in nur wenigen Stückchen noch einigen Zusammenhalt besassen. Unten in der schon genannten nabelförmigen Vertiefung befand sich völlig pulverige, weisse Quarzmasse. Der Hauptsache nach lagen die langgezogenen Splitter senkrecht zur Wandfläche ungefähr strahlenförmig und zeigten einen muscheligen Bruch.

Aus einem wasserhellen isländischen Kalkspath wurde in der Richtung der Hauptachse ein Cylinderchen von 0,01 m. Länge geschnitten. Dasselbe einem Druck von 22000 Atm. ausgesetzt, verwandelte sich in einen völlig undurchsichtigen, aber noch vollständig ganzen Körper, welcher nach den regelmässigen Spaltungsflächen leicht sich theilen liess, ausserdem aber auch noch unregelmässig mit muscheligem Bruche leicht in splitterige Stückchen zerbröckelte; dabei besassen die Spaltflächen den normalen Spiegel, während auf dem unregelmässig muscheligen Bruche eine Art Glasglanz sich zeigte. Sehr bemerkenswerth ist, dass sowohl in die Vertiefung des Bodens, als auch in die feinen Spalten zwischen den 2 Theilen der Hülsen Kalkspathmasse eingedrungen war. Dieselbe wurde sorgfältig untersucht, wobei sich ergab, dass sie aus kleinsten pulverförmigen Theilchen bestand, welchen hier und da noch spiegelnde Spaltkörnchen des Krystalls sich beimengten. An diesen Stellen war auch das Cylinderchen bis ziemlich tief nach Innen in staubartig kleinste Theilchen zerklüftet und besass die Spaltbarkeit nicht, welche die übrige Masse besass.

Von einer Plasticität des Kalkspaths unter dem bezeichneten Drucke ist also hier nicht das Geringste zu sehen; wo die Kalkspathmasse bei diesem grossen Drucke einen Ausweg fand, wurde sie in Pulver zertrümmert und in dieser Form in den Hohlraum hineingepresst, in welchem die einzelnen Bruchstücke (nicht Moleküle) nur durch Adhäsion locker an einander hängen blieben. Nimmt man

den Fall an, es werde solche vertrümmerte und in irgend eine Oeffnung hineingepresste Kalkspathmasse von kalkhaltigem Wasser durchtränkt, wobei sich kohlensaure Kalkerde in den Zwischenräumchen absetzen könnte, so entstände ein allerdings scheinbar in plastischem [35]) Zustande vollzogenes Eindringen von Kalkmasse beispielsweise in die Spalten des Nebengesteins!

Wenn auch diese immerhin rohen Versuche nicht viel beweisen, so lehren sie doch unzweideutig, dass die hauptsächlich zum Aufbau der festen Erdrinde verwendeten Mineralien bei einem immerhin schon sehr ansehnlichen Druck von 22000 Atm. sich nicht plastisch verhalten.

Um nun auch die Wirkung hohen Drucks auf Gestein, d. h. Mineralgemenge kennen zu lernen, wurde zunächst eine Druckprobe an einem äusserst feinkörnigen Gyps (Alabaster) bis 25000 Atm. vorgenommen. Der Gyps nahm nach diesem Drucke ein erdiges statt seines früher feinkrystallinisches Aussehen an, war mürbe, mit der Hand leicht zerbrechlich geworden und zeigte eigenthümliche unebene Bruchfläche, die wie Rutschfläche aussahen, aber keine Streifchen besassen. Bei diesem Versuche war am Boden der Stempelhülse eine kleine Vertiefung von ungefähr 3 mm. Tiefe und 5 mm. Durchmesser. Dieser Raum war nach dem Drucke vollständig von Gypsmasse ausgefüllt, die gleiche Festigkeit zeigte, wie die im Hauptkörper.

Um nähere Vergleiche zu ziehen, wurden Dünnschliffe von dem ursprünglichen Alabaster und von der Masse nach

---

35) Aehnlich lässt sich auch das oft erwähnte Plastischwerden des Eises bei grossem Druck erklären, wodurch das Eis zunächst zertrümmert und verschoben oder in die Höhlung gepresst wird; gleichzeitig entsteht mit dieser Wirkung des hohen Drucks ein e wenn auch geringe Temperaturerhöhung und die Bildung von etwas Wasser, das genügen dürfte, sobald der Druck nachlässt, wieder in Eis überzugehen und die Eisfragmente wieder zu einem scheinbaren Ganzen zu verkitten.

Einwirkung des Drucks hergestellt. U. d. M. sieht man, dass der ursprüngliche Alabaster deutlich aus krystallinisch körnigen kleinen Theilchen und dazwischen eingelagerten grösseren Kryställchen besteht, welche beide wasserhell von regelmässig streifig geordneten trüben pulverförmigen Körperchen begleitet werden. Nach dem Drucke zeigt das Material nichts mehr von diesem regelmässigen Gefüge, die ganze Masse ist fast undurchsichtig, trübe, durchweg aus staubig pulverigen, selten hellen und durchscheinenden Körperchen zusammengesetzt. Statt der schönen Farben des Alabasters vor dem Druck i. p. L. tritt uns jetzt der schwache Schimmer einer bis ins Kleinste gehenden Aggregatfärbung entgegen. Es ist demnach nicht zweifelhaft, dass der Alabaster eine Zertrümmerung in staubartig kleinste Theilchen durch den Druck erlitten hat und dass diese kleinsten Trümmerchen nur mehr durch Adhäsion an einander haften.

Ferner wurde eine der dichtesten Kalkarten, der lithographische Kalk von Solenhofen, einer gleichen Probe unter Anwendung eines Drucks von 26500 Atmosphären unterzogen. Die zum Druck verwendeten Cylinderchen wurden senkrecht zur Schichtenfläche genommen. Bei einer ursprünglichen Länge von 10,2 mm. und in einer zweiten Probe von 9,8 mm. wurde das Material auf 9,5 mm. und 8,7 mm. zusammengedrückt. Die Ungleichheit dieser Zusammendrückbarkeit rührt wahrscheinlich von dem Umstande her, dass in der von früher erwähnten am Boden der Hülse angebrachten Vertiefung in dem einen Falle etwas mehr, in dem andern Falle etwas weniger Material sich einpresste. Der Kalk zeigt nach dem Druck im Allgemeinen auf dem Bruch eine entschieden noch grössere Dicke und eine hellere Farbe, als im ursprünglichen Material und ist ausserdem sehr geneigt, bei dem geringsten Drucke nach zwei Richtungen sich zu zertheilen, einmal in zu der Druckrichtung normalen dünnsten Platten und dann senkrecht darauf d. h. parallel der Druckrichtung

nach zahlreichen Klüftchen, die z. Th. radial, z. Th. vorwaltend quer verlaufen. Seltener sind ausserdem ungefähr radial gestellte Klüftchen bemerkbar, namentlich gegen den Umfang hin. Welche tief greifende Veränderung die Struktur des Kalksteins durch den enormen Druck erlitten hat, lässt sich am Deutlichsten bei dem Befeuchten mit einer farbigen Flüssigkeit ersehen. Während an dem ursprünglichen Kalkstein der Farbstoff nur ganz oberflächlich sich anhängt, wird derselbe von dem gedrückten Material lebhaft aufgesaugt und an den grösseren Rissen rasch, soweit diese reichen, fortgeführt; an der Zwischenmasse, in der man mit unbewaffnetem Auge keine Risse wahrnimmt, vertheilt sich die Farbe wolkenartig ungleich, aber doch beträchtlich weit von der befeuchteten Stelle weg. Es hat also trotz der Compression eine Zersprengung der Masse in kleinste Theilchen stattgefunden.

Am merkwürdigsten verhält sich der Theil der Cylinderchen am Boden, wo ein Einpressen in die kleine konische Höhlung von 2 ½ mm. Radius und 2 mm. Tiefe stattgefunden hat. Hier ist die Kalksubstanz in der Warzen-förmigen Erhöhung in unendlich dünne Blättchen zersprengt, welche merkwürdiger Weise etwas gebogen schalenförmig mit einer Wölbung nach oben, d. h. nach dem Innern der Hauptmasse und entgegengesetzt nach der Spitze der konischen Form verlaufen. Die Neigung zur schaligen Zerklüftung mit gleicher Wölbungsrichtung macht sich noch auf eine beträchtliche Strecke im Innern des Cylinderchens bemerkbar. Selbst in die feinen Fugen der zusammengesetzten Hülse ist die Kalkmasse vorgedrungen und hier, wie überhaupt an der ganzen Oberfläche hornartig von Aussehen, aber bei nur schwacher Berührung gleichfalls in kleinste Splitterchen theilbar und von Flüssigkeit leicht durchtränkbar. Ich habe diese sehr dichtgepressten, äusserlich hornähnlichen Theilchen besonders sorgfältig unter dem Mikroskop i. p. L. unter-

sucht und gefunden, dass die Substanz ganz so wie die übrige gedrückte Masse feinste Aggregatfarben zeigt, also nicht in amorphen Zustand übergegangen ist.

Dünnschliffe parallel und senkrecht zur Druckrichtung lassen im Vergleiche zu dem ungedrückten Material wenig Verschiedenheiten mit Ausnahme der u. d. M. erkennbaren, zahllosen Risse wahrnehmen. Die Masse erscheint feinkörnig aus rundlichen Körnchen und platten Schüppchen zwischen einzelnen parallelstreifigen Flecken zusammengesetzt. I. p. L. tritt uns eine nicht besonders durch Glanz ausgezeichnete Aggregatfärbung entgegen. Auch an diesem Material, dem Repräsentanten einer der am weitesten verbreiteten Gebirgsbildungen, wurde eine Verschiebung der starren Gesteinstheilchen ohne Bruch und ohne Zertrümmerung bei dem ansehnlichen Druck von 26500 Atm. nicht beobachtet. Mag man nun auch annehmen, dass der Gebirgsdruck, welcher bei der Biegung der Gesteinsbänke wirksam gewesen sei, noch beträchtlich grösser gewesen war, als der bei den oben erwähnten Versuchen, so viel ist doch durch letztere nachgewiesen, dass Mineral- und Gesteinssubstanz verschiedener Art, in andere Form gebracht werden kann, aber nicht ohne eine unendliche Zerstückelung des ursprünglich starren, festen Materials und dass die Verfestigung in der neuen Form nun durch die Aneinanderpressung der Theilchen in Folge von Adhäsion bewirkt wird.

Ich komme zum Schlusse dieser Betrachtung auf die Annahme zurück, dass eine Biegung starrer, fester, nicht durch Wasser erweichbarer Gesteinsmassen ohne Bruch thatsächlich weder durch direkte Beobachtung in der Natur, noch durch Versuche nachgewiesen ist, und dass auch zur Erklärung der bisher beobachteten Gesteinsbiegungen und Deformationen im Allgemeinen eine Plasticität starren, festen Gesteinsmaterials anzunehmen nicht nothwendig erscheint.