Sitzungsberichte

der

mathematisch-physikalischen Classe

der

k. b. Akademie der Wissenschaften

zu München.

Band XXVI. Jahrgang 1896.

München.
Verlag der K. Akademie.
1897.

In Commission des G. Franz'schen Verlags (J. Roth).

Sitzungsberichte

der

königl. bayer. Akademie der Wissenschaften.

Ueber die Grünerde vom Monte Baldo.

(Grünerde von Verona, Terra verde di Brentonico, Seladonit Glockers z. Th.)

Von **C. W. v. Gümbel.**

Mit Beiträgen von Dr. Reis, Ad. Schwager und Dr. Pfaff.

(*Eingelaufen 12. Dezember.*)

Die unter dem Namen „Grünerde vom Monte Baldo“ oder „von Verona“ allgemein bekannte Mineralsubstanz, welche als Rohmaterial zur Herstellung der sehr geschätzten Malerfarbe, des sog. Veroneser Grüns, dient, findet sich am Ostgehänge des Monte Baldo bei dem Dorfe Brentonico in Südtirol, dicht an der italienischen Grenze, in so beträchtlicher Menge, dass dieselbe schon von Alters her in namhaften Mengen in Gruben gewonnen wurde und auch jetzt noch gegraben wird. Da das, was bisher über die Beschaffenheit und das Vorkommen dieser Art Grünerde bekannt geworden ist, noch manche Ergänzungen wünschenswerth erscheinen lässt, so erachte ich es für nicht unangezeigt, in Folgendem meine Beobachtungen und Untersuchungen über diesen Gegenstand mitzutheilen. In diesen Bemerkungen beabsichtige ich im Einzelnen die mineralogischen, geologischen und technisch-montanistischen Verhältnisse zu erörtern.

I. Mineralogische Verhältnisse.

Schon im Alterthume kannte man als Malerfarbe neben der hellgrünen Chrysocolla,[1]) welche der Hauptsache nach auf Malachit bezogen werden darf, eine dunkelgrüne Farbe, welche von Vitruv als Creda viridis oder Prasena,[2]) von Plinius als Viride Appianum[3]) bezeichnet wird. Diese zwei grünen Hauptfarben lassen sich noch in den Wandmalereien der ausgegrabenen Gebäude von Pompeji bestimmt nachweisen, die hellgrüne, kupferhaltige und die dunkelgrüne, welche dem Viride Appianum entspricht und jetzt noch durch die unveränderte Frische des Farbentons sich besonders auszeichnet. In dem blossgelegten Hause eines Farbenhändlers daselbst fanden sich nach Hoffmann (Handb. der Min. II, S. 200) sogar noch wohlerhaltene Stücke dieser Grünerde in Vorrath.[4])

Ob das Viride Appianum des Plinius mit dem Vorkommen der Grünerde am Monte Baldo in Beziehung stehe, war bisher zweifelhaft. Ueber diese Bezeichnung herrscht nämlich bei den Interpretatoren des Plinius vollständige Unsicherheit, ob diese Benennung etwa von Appius, dem Namen des Besitzers der Fundstätte, an welcher die Erde zuerst gegraben wurde, oder von Apium, dem Namen für Sellerie (*Apium graveolens*), wegen der Farbenähnlichkeit herzuleiten sei, wie Harduinus und mit ihm die meisten Späteren annehmen. (Harduinus, Plinii sec. histor. natur. Ed. II, T. II, p. 688, 1741.)

Keiner dieser beiden Herleitungsversuche scheint jedoch das Richtige zu treffen. Ich finde nämlich, dass der Wildbach, der vom Monte Baldo herabstürzend sich in die Etsch ergiesst und an dessen Thalgehängen hoch oben die Grünerdegräbereien liegen, als Torrento aviana[5]) bezeichnet wird und dass das

---

[1]) Gegenwärtig ist diese Bezeichnung für Kieselmalachit gebräuchlich.

[2]) Vitruvius „De Architectura, Lib. VII."

[3]) Plinii sec. hist. natur., Lib. XXXV, cap. 29.

[4]) Chaptal in Annales d. chimie; 1809, Avril.

[5]) Auf den Karten heisst das Thal Val Aviana oder mit Weglassung des Buchstabens A Val Viana.

Dorf, in dessen Nähe dieser Bach in die Etsch mündet, jetzt noch Avio heisst. Setzt man statt v — pp, was bei der Lautähnlichkeit doch wohl zulässig ist, so erhalten wir die Bezeichnungsweise des Plinius und ich hege keinen Zweifel, dass diese Ableitung die richtige ist und dass das Viride Appianum des Plinius auf das Vorkommen und die Gewinnung der Grünerde am Monte Baldo sich bezieht. Wir dürfen mithin annehmen, dass die Grünerde als Material für Malerfarbe schon im Alterthum hier gewonnen wurde.

Die Berichte der späteren Schriftsteller über die grüne Malerfarbe gehen nicht über das hinaus, was Plinius angegeben hat, und selbst bei den Mineralogen der neueren Zeit, wenn wir diese mit Agricola beginnen lassen, ist es meist sehr zweifelhaft, welche Mineralsubstanz — abgesehen von dem ächten Chlorit — sie als Grünerde bezeichnet haben, so bei Agricola selbst die creta viridis[1]) (De natura fossilium lib. II, p. 193 und 196, Ed. Basileae 1558), bei Linné bolus viridis (Sytem. natur. Ed. XII, T. III, p. 1205), bei Gmelin argila viridis (Linné, System. natur. Ed. XIII, t. X, p. 140), bei Wallerius argila mineralis viridis[2]) (System. mineral. t. I, p. 59, 1772), bei Cronstedt, bolus viridis (Försöktil Minerologie S. 86, p. 102, 1758), bei Hauy, Talc chlorite zographique (Trait. min. t. III, 183, 1804) und bei vielen anderen Mineralogen. Werner bezeichnete in seinem Verzeichnisse des Mineralienkabinets des etc. v. Ohain (Bd. I, S. 294, 1791) das seladongrüne Mineral von Monte Baldo bei Brentonico in Tirol als Grünerde in erster Linie und erhob dadurch das Mineral dieses Fundortes zum Typus der Substanz, welche man als Grünerde zu betrachten hat. Auch in seinem Mineralsystem vom Jahre 1789 bediente er sich für die Bezeichnung dieser Mineralgruppe des Namens

[1]) Creta viridis pluribus locis nascitur, sed optima Smirnae — longe, quoad colorem et vires pertinet, infra chrysocollam (nach Plinius).

[2]) Es wird ausdrücklich hervorgehoben, dass sie von Säuren nicht angegriffen wird (movetur) und kein Kupfer enthalte, von dem Graphium viride dagegen giebt Wallerius an, dass es mit Säuren braust, und dürfte sonach wohl auf den oft mit Kalk verwachsenen Glaukonit zu deuten sein.

Grünerde, welche ebenso in dem 1816 bekannt gegebenen Verzeichnisse unter der Sippschaft des Steinmarks eingereiht wurde. Bei den nachfolgenden Mineralogen blieb diese Bezeichnung lange Zeit hindurch für verschiedene erdige, grün gefärbte Mineralien in Gebrauch, bis Keferstein (Deutschl. geogr. geol. dargestellt 1828, V. 3, S. 510) für die im sog. Grünsand als färbende Beimengung vorkommende Mineralsubstanz den Namen Glaukonit einführte und Glocker (Genera et Species mineralium 1847, S. 193) sich der Bezeichnung Seladonites pictorum für die als Malerfarbe benützte Grünerde bediente, wobei er es als noch zweifelhaft hingestellt sein liess, ob der Glaukonit dazu zu rechnen sei oder nicht. In neuester Zeit hat man ziemlich allgemein eine Scheidung in Glaukonit und Seladonit in der Weise angenommen, dass man unter ersterer Bezeichnungsweise die Grünerde, welche in Sedimentgesteinen meist in runden Kügelchen beigemengt vorkommt, unter Seladonit dagegen die in vulkanischen Mandelsteinen und Tuffen, auch in Pseudomorphosen sich vorfindende Mineralsubstanz verstanden wissen will (Hintze, Handb. d. Min. 849 u. f.). Dana nennt dieses Mineral Celadonite (The System of Mineralogy 6, Ed. 1892, 683), ebenso Des Cloizeaux (Manuel de Mineralogie I, p. 65). Zu letzterem ist auch die Grünerde vom Monte Baldo zu rechnen.

Speziell genannt wird dieser Fundpunkt von Mercati 1574, welcher eine Mineraliensammlung im Vatikan anlegte und hierüber einen Katalog verfasste, Metallotheca Vaticana, welcher freilich erst 1717 durch Lancisi zur Veröffentlichung gelangte. Auch der schon erwähnte Pliniusinterpretator Harduinus führt 1741 (l. c.) an „In agro Veronensi terra viridis effoditur, pictoribus enpedita", und der Schwede Bromel erwähnt gleichfalls (Bergarter, 1730) eine Grünerde von Verona. Es geht daraus hervor, dass um diese Zeit das Vorkommen am Mt. Baldo bei den Mineralogen schon allgemein bekannt war. Romé d'Isle spricht sich (Crystallographie II, Ed. II, p. 522, 1783) dahin aus, dass „L'argèle ou terre verte de Verona" aus einer Zersetzung der von ihm als Pierres argileuses angeführten

Mineralien abstamme. Estner (Versuch e. Mineralogie II. Bd., S. 755, 1797) bezeichnet die Substanz als il verde di Brentonico und gibt an, dass sie in ziemlich grossen Stücken am Mt. Baldo einbreche. H. B. de Saussure erwähnt gelegentlich einer Reise in der Umgegend von Nizza ein grünes Mineral, das er für Werner's Grünerde oder die „terre verde du monte Baldo" hält, die er desshalb ohne Weiteres „Baldogée" benennt (Voyage dans les Alpes, t. V, § 1432; 1797). Später will Delamétherie (Leçons élem. d. Minér. 1811—1812, t. II, p. 78) dasselbe Mineral vom Mt. Baldo als „Veronit" bezeichnet wissen. Ausführlicher hat dann noch Giov. de Brignoli de Brunnhoff über die Grünerde dieses Fundortes (Journ. d. Physic, d. Chimie e. d. hist. nat., t. 90, 1820, p. 355), aber was die mineralogischen Angaben betrifft, in ganz ungenügender Weise Bericht erstattet.

Von den zahlreichen späteren Mineralogen, welche den Mt. Baldo als Fundort der Grünerde anführen, mag noch Hoffmann (Lehrb. d. Min. II, 195) und ganz insbesondere Liebener, der ortskundige Tiroler Mineraloge (Die Miner. Tirols 1852, S. 124) wegen der ausführlichen Angabe angeführt werden. Neuestens erwähnen Nicolis und Negri (Atti del Ist. Veneto Ser. VII. I a 1889/90 p. 470) das Vorkommen der terra verde am Mt. Tretto, das ist ein Vorberg am Mt. Baldo.

Ein neuer Abschnitt in der Kenntniss der Grünerde beginnt erst mit den chemischen Analysen der Grünerde vom Mt. Baldo durch Vauquelin (Ann. du Muséum d'histoire naturelle, Vol. IX, 1807, p. 81) und Klaproth (Beitrag z. chem. Kenntn. d. Mineralkörper, Bd. IV, 1807, S. 241), denen dann später die von Delesse (Annal. d. mines 1848, 14, p. 74, i. N. Jahrb. 1848, S. 545) nachfolgten. Auch Grünerden von anderen Fundorten und Glaukonite wurden in der Folge vielfach chemisch untersucht (Hintze, Handb. d. Mineral. S. 851), woraus hervorgeht, dass trotz der nicht geringen Verschiedenheit in den einzelnen Analysen dieser Gruppe von Mineralsubstanzen etwas Gemeinsames und Charakteristisches zu Grunde liegt, welches sie von anderen Mineralgruppen trennt und unter-

scheiden lässt. Die abweichende Zusammensetzung, welche die chemischen Analysen im Allgemeinen ergeben haben, ist mit Ausnahme der Oxydationsstufe des Eisenbestandtheiles doch wohl auf verunreinigende, mit dem Mineral innigst verwachsene, verschiedenartige Beimengungen und auf die verschiedene Art der Vornahme der Analyse zurückzuführen, wie sich in ersterer Beziehung auch in Dünnschliffen u. d. M. deutlich wahrnehmen lässt.

Die Nichtübereinstimmung in den Angaben über die Grünerde des unzweifelhaft gleichen Fundortes am Mt. Baldo von Klaproth und Delesse und die Beobachtung v. Kobells, dass diese Grünerde in Uebereinstimmung mit der Angabe von Klaproth durch Säure nicht zersetzt werde, während Delesse angiebt, dass die Substanz gepulvert und etwa 12 Stunden lang mit kochender Salzsäure behandelt, vollständig zersetzt werde, führten den so erfahrenen Münchener Mineralogen zu der Annahme (Geschichte d. Mineral. S. 663), dass die von Beiden analysirte Grünerde von Verona nicht derselben Art gewesen sein könne. Dieser Umstand allein schon wäre genügender Grund zur erneuerten Untersuchung dieser Substanz, von der ich bei einem Besuche des Mt. Baldo in diesem Frühjahr aus den geförderten Vorräthen und von dem in dem Stollen vor Ort anstehenden Mineral ein reiches Material gesammelt habe.

Ueberblickt man die Reihe der bisher bekannt gegebenen Analysen der Mineralien dieser Gruppe, so lässt sich leicht das Gemeinsame und Charakteristische darin erkennen, dass diese sog. Grünerden wasserhaltige Silikate sind, welche bei einem hohen Gehalt an Kieselsäure und Eisenoxyden und einem relativ sehr geringen an Thon-, Kalk- und Bittererde dagegen eine namhafte Menge von Alkalien insbesondere an Kalium besitzen, wie kein Mineral der Chlorit-, Talk- und Serpentin-Gruppe, mit welchen häufig dieses Mineral zusammengestellt wird. Dasselbe ist als eine selbständige sog. Art aufzufassen. Welche Beziehungen zu der Glimmergruppe sich herausstellen, darauf wird später zurückzukommen sein.

Um aber die abweichenden Angaben Vauquelins, Klaproths und von Delesse in Bezug auf die Oxydationsstufe des Eisenbestandtheils Anhaltspunkte zu gewinnen, schien es wünschenswerth, eine neue Analyse zu veranlassen.

Die chemische Analyse wurde von Herrn Assistenten Ad. Schwager im Laboratorium des kgl. Oberbergamtes mit aller Bedachtnahme auf die Bestimmung von Eisenoxyd und -oxydul am Material, welches ich selbst am Ort des Vorkommens gesammelt habe, vorgenommen. Die Ergebnisse sind im Folgenden zugleich mit den Angaben von Vauquelin, Klaproth und Delesse zusammengestellt:

Bestandtheile	Vauquelin[1]	Klaproth	Delesse	Adolf Schwager		
				I[2]	II[3]	III[4]
Kieselsäure . .	52	53	51,25	54,80	55,80	54,84
Titanoxyd . . .	—	—	—	0,22	0,24	0,10
Thonerde . . .	7	—	7,25	7,38	3,20	1,22
Eisenoxyd . . .	23	28	—	13,12	16,85	19,16
Eisenoxydul . .	—	—	20,72	7,09	3,88	4,39
Manganoxydul .	—	—	—	0,18	0,12	0,28
Kalkerde . . .	—	—	—	0,20	0,16	0,24
Bittererde . . .	6	2	5,98	3,18	5,32	5,34
Kali	7,5	10	6,21	8,48	9,04	9,75
Natron	—	—	1,92	0,62	1,12	0,82
Phosphorsäure .	—	—	—	0,10	0,07	—
Wasser	4	6	6,67	4,99	4,67	3,77
Organisches . .	—	—	—	Spur	Spur	Spur
Summe	99,5	99	100,00	100,36	100,47	99,91

Während die Angaben der verschiedenen Analysen in Bezug auf die Menge der Kieselsäure, Thonerde, Kalk- und Bittererde, der Alkalien und des Wassers kaum grössere Unter-

[1] Mit von M. Faujas an Ort und Stelle gesammeltem Material.
[2] Mit dichten, homogenen, ausgelesen reinen Stücken.
[3] Mit von den reinsten Stücken abschlemmbarem Material.
[4] Mit Grünerde von stenglich fasriger Beschaffenheit.

schiede zeigen, als es bei nicht krystallisirten, mehr oder weniger verunreinigten Mineralsubstanzen vorzukommen pflegt, ist die Verschiedenheit in der Angabe bezüglich der Oxydationsstufe des Eisenbestandtheils — auch abgesehen von der Analyse Vauquelin's — sehr auffallend. Delesse giebt nur Eisenoxydul (20,72%) und kein Eisenoxyd an, wie auch C. Hauer bei der Grünerde von Kaaden und Sartorius v. Waltershausen bei jener von Island, welche denn doch keine wesentlich andere Mineralsubstanzen sind, während bei den mit aller Vorsicht angestellten Analysen Schwager's eine überwiegende Menge von Eisenoxyd gefunden wurde in Uebereinstimmung mit den Analysen Lemberg's[1]) (Uralit am Bufaure) und Heddle's[2]) (Grünerde von Scuir Mohr und Giants Causeway).

Zu den Analysen I, II und III bemerkt Schwager: „dass das Material zu I von einer Anzahl derber bis faustgrosser Stücke genommen wurde, von welchen in bis 1 mm grosse Stückchen zerschlagenen Theilen die anscheinend reinsten ausgelesen wurden.

Zur Analyse II dienten die durch kochendes Wasser von den reinsten grösseren Stücken ablösbaren feinsten Theile, während für Analyse III Stückchen von ausgesprochen stänglich-faserigem Gefüge und deutlicher Homogenität verwendet wurden.

„Diese Proben zeigten ein feinerdiges Gefüge, und an den vielfach auftretenden, oft wellig gefurchten Rutsch- und Gleitflächen lebhaften Fettglanz, wie solcher durch künstliche Glättung hervorgebracht werden kann.

Die Härte schwankt zwischen 1—3,5, erstere bei den abschlemmbaren Theilen, die mittlere gilt für die Stücke der Analyse II, und die Härte des Materials zur Analyse III hält sich zwischen der von Kalk- und Flussspath.

Die Farbe des Minerals ist eine dunkelblaugrüne, wechselnd etwas dunkler oder heller; das zerriebene Pulver ist lichter gefärbt.

---

[1]) Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. Bd. 29, S. 495.

[2]) Transact. Roy. Soc. Edingb. 1879. XXIX. S. 102.

Der Strich ist matt, hellgrün, nicht glänzend. Das Mineral fühlt sich etwas fettig an und klebt schwach an der Zunge.

Das spec. Gewicht der Substanz Analyse I und II beträgt 2,850—2,920, das der Analyse III 2,860.

Der Bruch ist flach muschelig, uneben wellig.

Der Schmelzpunkt für Probe I und II wurde annähernd zu 5 (Orthoklas), für III dagegen zu 4, jenem des Amphibols genähert, bestimmt. Die Schmelzperle ist in der Oxydationsflamme erzeugt schwarz, in der Reduktionsflamme lichter gefärbt.

Im Kölbchen giebt das Mineral unter beginnender Rothgluth erhitzt Wasser ab. Die in feinstes Pulver verwandelte Substanz wird durch 25% Salzsäure oder 50% Schwefelsäure in der Kochhitze während ungefähr 10 Stunden vollständig zersetzt. Die Kieselsäure bleibt als pulverige Masse im Rückstande.

Behufs der Eisenoxydulbestimmung wurde jede Probe auf zwei verschiedene Weisen behandelt und aus den nur wenig abweichenden Einzelbestimmungen das Mittel genommen, welches die Zahlen der Analyse I, II und III geliefert hat.

Die Methoden bei diesen Eisenoxydulbestimmungen waren folgende:

1) Die Zersetzung geschah direkt durch 50% Schwefelsäure unter Einleitung eines continuirlichen Kohlensäurestroms, der bereits vor Eintragung des feinstgeriebenen Materials und vor der Erhitzung durch die Schwefelsäure geführt wurde. Diese Einleitung von Kohlensäure in das zur Zersetzung dienende Gefäss vor und nach der Erhitzung geschah in allen angeführten Fällen auf gleiche Weise.

2) Die Proben wurden in einem mit Kohlensäure gefüllten und dann zugeschmolzenen Glasrohr mit 25% oder 50% Schwefelsäure auf 120—130° C. erhitzt, wobei der Aufschluss mit 25%iger Säure rascher erfolgte, als mit 50%iger.

3) Der Aufschluss wurde mit einer zur raschen Zersetzung bei gelinder Erwärmung zureichenden Menge von Flusssäure und Schwefelsäure unter Einleitung von Kohlensäure bewirkt.

4) Das feinst zerriebene Material wurde aufs innigste mit dem fünffachen Gewicht von vorher geschmolzenem und dann fein zerriebenem Borax gemengt und im Platintiegel durch vorsichtig geleitetes rasches Erhitzen geschmolzen. Die Schmelze wurde darauf wieder mit verdünnter Schwefelsäure unter Einleitung von Kohlensäure im Tiegel selbst zerlegt.

In allen durch die verschiedene Methoden gewonnenen Lösungen wurde endlich durch mit aller Vorsicht vorgenommener Titration mittelst Chamäleonlösung der Gehalt an Eisenoxydul bestimmt."

Es wird durch diese Untersuchung ganz unzweifelhaft nachgewiesen, dass der Eisenbestandtheil in der Grünerde weit vorherrschend als Eisenoxyd an deren Zusammensetzung betheiligt ist, entgegen der Annahme von Delesse; dagegen wird dessen Angabe bezüglich der Zersetzbarkeit bestätigt. Diese widersprechenden Angaben beruhen wohl darauf, dass man nicht zureichend feines Pulver angewendet hat und dieses nicht lang genug in der Kochhitze behandelt wurde.

Dünnschliffe, aus derben Stücken des Minerals hergestellt, werden nur in sehr dünnen Schliffen unter dem Mikroskop durchsichtig und lassen eine wolkig-flockige Zusammensetzung aus lichten und dunkelen, grün gefärbten Theilchen erkennen, denen hier und da eisenrostig gefärbte Flecke untermengt sind. Metallig glänzende, kleinste Körnchen gehören, wie dies aus dem feinst zerriebenen Material mit dem Magnet herausgezogenes Pulver beweist, dem Magneteisen an. Solche Beimengungen stellen sich in grösserer Menge an den Rändern ein, an welchen die Grünerde mit Mandelstein verwachsen ist. Nicht selten scheint auch die Kieselsubstanz, welche in Form von Chalcedon mit der Grünerde vergesellschaftet ist, in letztere eingedrungen zu sein.

Sehr hellgefärbte Partien in den Dünnschliffen zeigen keine Spuren von Pleochroismus, während dunkle Stellen eine schwache Farbenänderung vom Lauchgrünen ins Gelblichgrüne wahrnehmen lassen. Im pol. Lichte erweist sich bei gekreuzten

Nikols die Substanz als doppelt brechend und zeigt Aggregatfarben, was ihre Zusammensetzung aus kleinen krystallinischen Theilchen beweist.

Behandelt man die losgelösten, gutgereinigten Dünnschliffe mit 25% Salzsäure, so verschwinden die oben erwähnten rostgelben Flecke und es bleiben an ihrer Stelle helle, krystallinische Partien erhalten; mithin scheint die gelbe Färbung nur von einem zersetzten Eisenmineral herzurühren. Mit Kalilauge behandelt zerfallen die Dünnschliffblättchen in unregelmässige, meist spiesseckige Stückchen, was auf eine zersetzende Einwirkung auf die Grünerde hinweist. Es bestätigt dies auch die Thatsache, dass bei der Behandlung des feinen Pulvers mit Kalilauge bis 3% Kieselsäure ausgezogen werden.

Fast genau ebenso verhält es sich mit der zweiten Gruppe der Grünerdesubstanzen, dem Glaukonit. Auch für diesen gaben viele, namentlich die älteren Analysen[1]) bis auf Sterry Hunt, C. v. Haushofer u. A. den Eisenbestandtheil als Oxydul an, während C. v. Haushofer in 10 den verschiedensten Sedimentärgesteinen entnommenen Proben durchweg weit überwiegend Eisenoxyd fand, in Uebereinstimmung mit den Angaben von Sterry Hunt, Dewalque, v. Bamberger, Heddle und den meinigen. Dieses Ergebniss kann kein zufälliges oder auf einer Verschiedenheit des untersuchten Materials beruhendes sein.

Da auch in den südalpinen Tertiärablagerungen z. Th. sehr reichliche Beimengungen von Glaukonit, namentlich in grösster Menge in einem kalkigen Grünsand am Zollhaus des Mt. Brione bei Riva am Gardasee gefunden wird, unterzog Ad. Schwager auch diesen Glaukonit einer Analyse und übergab mir folgende hierüber von ihm gemachte Beobachtungen:

„Aus dem Grünsand der unteren Schio-Schichten am Zollhaus Mt. Brione, Gardasee.

[1]) Gümbel, Ueb. d. Natur u. Bildungsweise des Glaukonits (Sitz.-Ber. d. bayer. Acad. d. Wiss., math.-phys. Cl. 1886, S. 417). C. Hintze, Handb. d. Mineral. 1892, S. 849.

Der Grünsand vom Mt. Brione.

Der versteinerungsreiche Grün- oder Glaukonitsand der Untersuchungsprobe erweist sich im Mittel (mit Ausschluss der Conchylienschalen) zusammengesetzt aus:

Glaukonit in Körnern . . .	43,87 %
Quarzsand und Thon mit wenig hellen Glimmerschüppchen .	24,51 „
Schwefelkies	3,96 „
Eisencarbonat	7,38 „
Kalkcarbonat	16,00 „
Bittererdecarbonat	3,28 „
Gyps	1,00 „
Summe	100,00

Unter diesen Gemengtheilen bilden Glaukonit, Quarz und, mit seltenen Ausnahmen, auch der Schwefelkies die gröberen Bestandtheile (60,6%), welche im Maximum etwa 0,5 mm Korngrösse erlangen.

Die Carbonate mit 27,76% bilden das Cement für die übrigen Bestandtheile, während der letztangeführte Gyps als das sekundäre Produkt der Einwirkung der Atmosphärilien auf den Schwefelkies und weiters der solchergestalt gebildeten Schwefelsäure auf den benachbarten Kalk anzusehen ist.

Aus diesem Glaukonitsand wurden zuerst (bei Zimmertemperatur) die Carbonate mit verdünnten Säuren möglichst entfernt, dann der lockere Rückstand durch Sieben von den feineren Theilen befreit, um schliesslich in wiederholter Scheidung mit Methylenjodid den Glaukonit in möglichster Reinheit, getrennt von den übrigen Gemengtheilen zu erhalten.

Glaukonit vom Mt. Brione.

Im Korn erscheint derselbe dunkelgrün bis grünlich schwarz, in meist gerundeten, oft nierenförmig

getheilten Formen mit mattem, eben wahrnehmbarem Fettglanz an der Oberfläche.

Die Härte, in den kleinen Aggregaten schwer bestimmbar, mag um 3 herum schwanken.

Als feines Pulver zeigt dieser Glaukonit durch organische Substanz verursachte schmutzigblaugrüne Farbe, welche nach lang anhaltendem Trocknen auf 100—110° C. merklich lichter wird.

Das spez. Gewicht der zur Analyse verwandten Substanz wurde in zwei Fällen bestimmt und ergab die Zahlen 2,955 und 2,952.

Als ursprüngliches Korn ist der Glaukonit ziemlich schwer schmelzbar, und selbst als feines Pulver sinkt seine Schmelzbarkeit kaum unter den Werth 5 (Orthoklas) der Kobell'schen Schmelzskala.

Im Kölbchen erhitzt, scheidet derselbe selbst bei mässiger Hitze leicht Wasser ab, das sich nach längerer Einwirkung von beigemengter organischer Substanz leicht gefärbt zeigt.

Vor der Analyse wurde das Material sorgfältig bei 105° C. getrocknet. Der Aufschluss (in ursprünglicher Körnerform) mit 5%iger Salzsäure am Wasserbad war selbst nach 15 stündigem Erhitzen nicht ganz beendet, während 25%ige Salzsäure in wenigen Stunden die Lösung bis auf die von organischer Substanz bräunlich gefärbte Kieselsäure bewirkte.

Bemerkenswerth ist, dass bei Behandlung der nicht zerkleinerten Glaukonitkörner mit Säuren, nach vollendetem Aufschluss die Kieselsäure in der Form des ursprünglichen Kornes als halbdurchscheinende opalartige compacte Masse zurückbleibt.

Zur Eisenoxydulbestimmung wurde der Glaukonit mit 25%iger Schwefelsäure unter Einleitung von Kohlensäure zur Lösung gebracht und das Eisenoxydul mit Chamäleonlösung titrirt.

Die Analyse des Glaukonits von Mt. Brione ergab:

Kieselsäure	50,36
Titansäure	0,02
Thonerde	7,04
Eisenoxyd	19,13
Eisenoxydul	3,95
Manganoxydul	0,06
Kalkerde	0,91
Bittererde	4,08
Kali	6,62
Natron	1,58
Lithion	0,01
Wasser und Organisches[1])	6,32
Phosphorsäure	0,26
Summe	100,34

In deutlichen Spuren wurden in 1 g Substanz weiter nachgewiesen: Cu, Ni und eben noch nachweisbar Sn.

Die grosse Uebereinstimmung, welche sich in der Zusammensetzung des Glaukonits und jener der Grünerde (trotz sonstig mannigfach hervortretender Verschiedenheit[2]) ergiebt, auf welche schon vor langer Zeit hingewiesen wurde, ebenso die Frage nach der Einheitlichkeit ihrer Zusammensetzung liess es gerathen erscheinen, diese Substanzen einer Theillösung zu unterwerfen und diese in Vergleich zu setzen.

So ergab die achtstündige Einwirkung von 2%iger Salzsäure (100 ccm Säure auf 0,5 g Substanz) am

[1]) Die organische Substanz, nur in geringer Menge vorhanden, reicht aber hin, um den Kieselsäure-Rückstand beim Säure-Aufschluss deutlich zu färben.

[2]) Diese Verschiedenheit soll weiter unten durch tabellarische Gegenüberstellung der namhaftesten Untersuchungsergebnisse an diesen Stoffen übersichtlicher dargestellt werden.

Wasserbad auf die feingeriebenen Substanzen folgende procentische Zusammensetzung der Lösungen.[1])

2%ige Salzsäure löst in 8 Stunden auf 100° erhitzt aus:

Glaukonit von Mt. Brione.		Grünerde von Verona.[2])	
Gesammt: 58,08%		23,86%	
Procentische Zusammensetzung der Lösungen (zum Vergleich stehen nebenan in Klammer die Bauschanalysen der betreffenden Stoffe).			
50,36	50,21 = Kieselsäure	= 50,39	54,80
7,38	5,43 = Thonerde etc.	= 4,28	7,88
23,08[3])	18,93 = Eisenoxyd	= 23,30	20,21[3])
0,91	1,43 = Kalkerde	= 0,44	0,20
4,08	6,64 = Bittererde	= 6,34	3,18
6,62	6,31 = Kali	= 7,81	8,48
1,58	0,93 = Natron	= 0,91	0,62
$H_2O = 6{,}32$	10,07 = Glühverlust	= 6,50	4,99 H_2O
Summe 100,33	99,95	Summe 99,97	100,36

Wie ersichtlich, ist die leichtere Zersetzbarkeit des Glaukonits durch Säuren in den verzeichneten Relativzahlen für die Lösung in 2%iger HCl deutlich ausgedrückt. Während von der Grünerde kaum ein Viertel gelöst wurde, verfiel bei gleich gestalteter Einwirkung von dem Glaukonit mehr als die Hälfte der Lösung.

Ungeachtet dieser Verschiedenheit in den Mengen des Gelösten zeigt dessen procentische Zusammensetzung dennoch in beiden Fällen grosse Uebereinstimmung.

---

[1]) Ein Theil der durch die Säure aus ihrer Verbindung frei gewordenen Kieselsäure ging in die filtrirte Salzsäurelösung über, der Rest derselben wurde mit 5%iger Kalilauge durch mehrstündiges Erhitzen am Wasserbad von dem unzersetzten Rückstand getrennt. Unter Zurechnung dieser noch in KOH löslichen SiO_2 wurde die Gesammtlösungsmenge berechnet. Der Antheil der in die 2%ige Salzsäure übergegangenen SiO_2 an der Gesammtlösung beträgt beim Glaukonit 12,32, bei der Grünerde 11,56%.

[2]) Material der Analyse I der Grünerden.

[3]) Eisen-Oxyd und Oxydul sind als Zahlensumme angesetzt.

Die Gegenüberstellung der beigefügten Bauschanalysen lässt weiter erkennen, dass die Theillösungen mit der Zusammensetzung des Glaukonits die grösste Aehnlichkeit, — ja in ihrem Hauptbestandtheil, der Kieselsäure, fast absolute Gleichheit aufweisen. Auffällige Verschiedenheit (abgesehen von dem schwankenden Eisengehalt) zeigt sich im Wasserantheil.[1]) Die Theillösungen erscheinen an Wasser reicher, als die Substanzen im Ganzen und zwar stellt jene des leichter aufschliessbaren Glaukonits scheinbar das höhere Hydrat dar. Ferner zeigen die Partiallösungen auch höheren Bittererde- und geringeren Thonerdegehalt.

Die grösste Differenz zwischen Theillösung und Bauschanalyse weist aber die Grünerde im Kieselsäuregehalt auf. Die Theillösung führt 50,39, die Bauschanalyse verzeichnet 54,80 und rechnerisch finden sich im Rückstand, nach der Behandlung mit 2%iger Salzsäure, 56,17% Kieselsäure.

Dieser höhere Kieselsäuregehalt im Rückstand deutet möglicher Weise auf eine Beimengung von ungebundener Kieselsäure. Der Aufschluss einer Grünerdeprobe mit Schwefelsäure und die nachfolgende Behandlung der restirenden Kieselsäure mit Kalilauge, welche völlige Lösung bewirkte, schliessen die Gegenwart von Quarz aus.

Eine weitere Paralleluntersuchung von Glaukonit und Grünerde bestand in der Behandlung der feinstzerriebenen Substanzen mit Kalilauge.

5%ige Kalilauge hatte in 12 Stunden bei Kochhitze vom Glaukonit von Mt. Brione 14,28% zersetzt.

---

[1]) Die angesetzten Glühverluste (Differenz der Glühverluste des Ganzen und der Reste) geben nicht den vollen Wassergehalt an. Die beim Glühen mitverbrannte, wenn auch geringe Menge organischer Substanz erhöht den Glühverlust über den Betrag des ausgetriebenen Wassers, während die gleichzeitige Oxydirung von vorhandenem Eisenoxydul zu Oxyd den Glühverlust geringer erscheinen lässt. Jedenfalls stellen sich hier die Glühverluste um Weniges niedriger als der eigentliche Wassergehalt.

In Procenten der zersetzten Menge waren 52,00 % Kieselsäure von der Lauge in Lösung genommen und aus dem durch Filtration von der Lösung getrennten Rückstande mit kalter verdünnter Salzsäure weitere 26,00 % Eisenoxyd etc. ausziehbar.

Von der Grünerde von Verona waren mit 10 % Kalilauge in zwei Stunden bei Kochhitze 15,28 % aufgeschlossen mit 54,66 % Kieselsäure und 24,60 % Eisenoxyd etc.

20 %ige Kalilauge hatten in 30 Stunden bei Kochhitze 25,6 % zersetzt. Hievon waren 55,46 % Kieselsäure von der Lauge direkt gelöst und in dem durch Filtration gewonnenen Rückstand dann durch kalte, verdünnte Salzsäure 22,22 % Eisenoxyd etc. löslich geworden.

Die eben angeführten Untersuchungsergebnisse gestatten folgende Schlüsse (deren Giltigkeit selbstredend vorläufig nur auf das hier untersuchte Material beschränkt gedacht wird):

In Erwägung, dass Theillösungen eines Minerals, welches wiederum meist durch Verunreinigung, fremde Einschlüsse, nachgefolgte Zer- oder Umsetzungen kein einheitliches Ganze darstellt, in den seltensten Fällen mit diesem selbst genau gleiche procentische Zusammensetzung der chemischen Bestandtheile aufweisen werden, dass Theillösung und Gesammtbestand des Glaukonits von Mt. Brione in ihren chemischen Constituenten im Wesentlichen nahezu übereinstimmen, ist letzterer nicht als ein Gemenge, sondern als einfacher Mineralkörper anzusehen.

Anderseits spricht die oben hervorgehobene, sich dennoch ergebende Verschiedenheit dafür, dass kein einfaches, aus der procentischen Zusammensetzung des Glaukonits kurzer Hand abzuleitendes chemisches Molekül vorliegt.

Für die Grünerde ergaben sich schon in der Zusammensetzung von Theil- und Gesammtlösung erheblichere Unterschiede, und es ist fraglich, ob diese durch Annahme einer complicirteren chemischen Constitution genügend begründet

erscheinen würden, oder ob wir die Grünerde nicht dennoch als ein Gemenge von, wenn auch sehr ähnlich zusammengesetzten Mineralcomplexen zu betrachten haben.

Um kurz einschaltend das Ergebniss der Einwirkung von Kalilauge auf Glaukonit und Grünerde zu berühren, so beweisen diese Versuche, dass in genannten Körpern die Gegenwart irgend erheblicherer Mengen hydratischer Kieselsäure ausgeschlossen erscheint, aus deren Anwesenheit allenfalls z. B. die wechselnde Härte der angeführten Grünerdeproben erklärt werden könnte.

Die angefügte Uebersicht des Verhaltens von Glaukonit und Grünerde in physikalischer und chemischer Hinsicht spricht deutlich für ihre nahe Verwandtschaft, die sich unter anderm in der grossen Uebereinstimmung ihrer Theillösungen ausspricht, und selbst in den angefügten Nebenbestandtheilen auffällige Uebereinstimmung aufweist. Aber ebenso bestimmt spricht diese Zusammenstellung gegen ihre Identität. Der eine Schluss aus genannter Uebereinstimmung wird nicht abzuweisen sein, dass ihre genetischen Beziehungen sehr nahe sind.

Vergleichende Uebersicht des Verhaltens des Glaukonits von Mt. Brione und der Grünerde von Verona in physikalischer und chemischer Hinsicht.

	Glaukonit	Grünerde
Aeussere Kennzeichen, Gestalt, Farbe, Glanz	Schiesspulver ähnlich gerundete Körner von dunkelgrüner bis grünschwarzer Farbe, oberflächlich mattem Fettglanz	Dichte, feinerdige, uneben brechende, selten stängligfaserige Massen. Dunkelblaugrün. Fettglanz an den Stauchflächen
Strich	schmutzig hellblaugrün	hellblaugrün
Härte	nahe 3	1—3
Spec. Gewicht	2,953	2,850—2,920

	Glaukonit	Grünerde
Schmelzbarkeit	5 (Orthoklas)	4—5 (Amphibol-Orthoklas)
Löslichkeit in Säuren	25%ige Salz- oder Schwefelsäure lösen den unzerkleinerten Glaukonit bei Kochhitze in wenigen Stunden bis auf die compakt zurückbleibende Kieselsäure. 2% HCl löst in 8 Stunden bei 100° C. 58,08%.	25% Salz- oder Schwefelsäure lösen die Grünerde nur als feines Pulver oft erst nach zehn- und mehrstündigem Erhitzen zum wallenden Sieden, unter Zurücklassung des grössten Theils der Kieselsäure als lockeres Pulver. 2% HCl löst in 8 Stunden bei 100° C. 23,86%
Einwirkung von Kalilauge auf die feinst zerriebenen Substanzen	5% KOH hatte in 12 Stunden bei Kochhitze gelöst und aufgeschlossen: Im Ganzen 14,28%. In Lösung waren 52,0% Kieselsäure und weiter in verdünnter, kalter Salzsäure 26,00 Eisenoxyd etc. ausziehbar.	10% KOH schloss in zwei Stunden bei Kochhitze im Ganzen 15,28% auf. Hievon waren 54,66% Kieselsäure direkt gelöst. Kalte, verdünnte Säure löste nachfolgend noch 24,6% Eisenoxyd etc. 20% KOH 30 Stunden auf Kochhitze gebracht: Aufschluss: 25,6%. Hievon 55,46% Kieselsäure direkt gelöst — nachfolgend in kalter, verdünnter Salzsäure löslich: 22,22 Eisenoxyd etc.
Nebenbestandtheile, welche in 1 g Substanz noch spurenweise nachweisbar waren	Neben dem auch quant. angeführten Lithium noch Kupfer, Nickel und eben noch nachweisbar Zinn.	Spektroskopisch eben sichtbar: Lithium, ferner Kupfer und Nickel.

Aber auch mit den neueren Analysen der Grünerden (Seladonit) von mehreren Fundorten stimmt die des Glaukonits so nahe überein, dass an einer mineralogischen Verschiedenheit beider Mineralsubstanzen nicht wohl festgehalten werden kann.

Dies wird auch durch das physikalische Verhalten des Glaukonits bestätigt,[1]) welches, wie Dünnschliffe u. d. M. lehren,

[1]) Gümbel, a. a. O. S. 130.

eine merkwürdige Uebereinstimmung mit jenem des Seladonits erkennen lässt. Erneuerte Untersuchungen an dem analysirten Glaukonit vom Mt. Brione stimmen gleichfalls damit überein. Die meist rundlichen, ziemlich gleich grossen Glaukonitkörnchen zeigen einen schwachen Pleochroismus und bei gekreuzten Nikols eine Aggregatfärbung, wie der Seladonit. Ebenso setzt sich die Substanz aus wechselnd heller und dunkler grün gefärbten, wolkenartig verbundenen Partien zusammen, in welchen einzelne rostfarbige Flecke sich bemerkbar machen.

Nach alledem ist ein wesentlicher mineralogischer Unterschied zwischen Glaukonit und der Grünerde vom Mt. Baldo nicht festzuhalten, es sei denn durch das Vorkommen des einen Körpers in den Sedimentgesteinen meist in kugeligen Körnchen, des anderen in Eruptivgesteinen als derbe Massen. Von einer Herkunft des Glaukonits aus zersetzten Seladonit-haltigen Eruptivgesteinen kann wohl keine Rede sein.

Was die Stellung dieser Mineralsubstanz nach dem Typus der Grünerde vom Mt. Baldo und der meisten Glaukonite der Sedimentgesteine, die ich, auch wenn die gefundenen Zahlen ihrer Zusammensetzung sich nicht auf eine chemisch-mineralogische Formel berechnen lassen, für eine selbstständige erachte, im Mineralsystem anbelangt, so herrschen auch hierüber sehr verschiedene Angaben. Werner führt diese Grünerde unter seinem Thongeschlecht zwischen Bimsstein und Chlorit auf; Naumann-Zirkel setzt sie in die Gruppe Talk-Serpentin in die Nähe von Stilpnomelan, Rammelsberg erwähnt die Substanz bei Gelegenheit der Beschreibung von Augit, Bauer sowie Tschermak reiht sie der Glimmergruppe, Groth der Kaolin-Pyrophyllit-Gruppe, Hintze den Kaolinmineralien an. Delesse bezeichnet als terre verte die Substanz, welche Hauy als talc zoographique beschrieben hat. Sonst ist bei den französischen Mineralogen die Bezeichnung talc chlorite verbreitet und in neueren Beschreibungen der in den basaltigen Gebilden des Vicentinischen[1]) vorkommenden Grünerde-Substanzen werden

[1]) Munier, Étude du tithonique etc. du Vicentin.

diese als Produits chloriteux und serpentineux und Delessite angeführt, obwohl auch diese Ausscheidungen im Vicentinischen, wie ich mich überzeugt habe, nichts anderes sind, als Grünerde wie jene in den Mandelsteinen am Mt. Baldo und mit Chlorit oder Serpentin in keiner Beziehung stehen.

Am naturgemässesten scheint es mir nach der chemischen Zusammensetzung und der physikalischen Eigenschaften Seladonit mit Glaukonit der Glimmergruppe anzureihen, nicht aber der Thon-, noch weniger der Chloritgruppe zuzuweisen.

Besonders bemerkenswerth sind die Erscheinungen, welche man an Dünnschliffen u. d. M. wahrnimmt, wenn in letzteren mit der Grünerde verwachsene Theile des Nebengesteins angeschnitten sind. Die Grünerde greift mit einem, meist dunkelgrün gefärbten, scharf abgegrenzten Saum in welligen Schlingen in den benachbarten Mandelstein ein und dringt auch in isolirten unregelmässig umgrenzten Partien in denselben vor. Der Mandelstein zeigt sich in dieser Grenzregion stark zersetzt; die Hauptmasse bildet eine wasserhelle amorphe Masse, in welcher einzelne noch ziemlich frisch erhaltene, bei gekreuzten Nikols farbenstreifige Plagioklasnädelchen und sehr zahlreiche, undurchsichtige, schwarze, an Magneteisenpulver reiche, unregelmässig umgrenzte Flecke eingeschlossen sind. Von Augit- und Olivinbeimengungen ist nichts mehr zu sehen. Es scheint mithin, dass diese letzteren Gemengtheile und die glasige Zwischenmasse der Zersetzung anheimgefallen sind.

In Stückchen, in welchen die Grünerde mit Chalcedon verwachsen ist, zeigt sich keine scharfe Abgrenzung zwischen beiden Substanzen und der Chalcedon wird durch in seiner Masse fein vertheilte Grünerde grünlich gefärbt, während der gelblich gefärbte Chalcedon durch eine auf einzelne körnige Häufchen vereinigte, in der Masse zerstreut eingebettete rostgelbe Substanz seinen Farbenton erhält. Solche gelbliche Chalcedone bestehen nach einer Analyse von Ad. Schwager aus:

Kieselsäure	96,06
Titansäure	Spur
Thonerde	0,20
Eisenoxyd	2,24
Manganoxydul	Spur
Kalkerde	0,04
Bittererde	0,16
Kali	0,09
Natron	0,01
Wasser	1,20
	100,00

Härte = 7.
Spec. Gewicht = 2,62.
5%ige Kalilauge löst von dem feingepulverten Chalcedon in der Kochhitze in 5 Stunden 37,52% Kieselsäure.

Entfernter von den Grünerdegruben besteht nach den Untersuchungen von Dr. Pfaff[1]) in Dünnschliffen der Mandelstein dieses Zugs, obwohl auch stark zersetzt, aus doch noch deutlich erkennbaren Gemengtheilen, nämlich aus sehr reichlich vorhandenem, nadelförmigem Plagioklas, Augit, Magneteisen, Olivin und einer glasartigen, stark zersetzten Zwischenmasse. Der Olivin besitzt deutliche Spaltbarkeit und die braune Färbung der Hyalosiderits. Das Gestein braust mit Säuren behandelt nicht. Die Wände der Blasenräume sind häufig mit kleinen Kryställchen von Zeolithen oder einer weichen bolartigen Substanz bedeckt, die durch die rissige Zerklüftung ihren wässrigen Ursprung verräth. Kleine Rhomboëder gehören Chabasit, fasrige Ausscheidungen wohl dem Pektolith an.

Dieser basaltigen Einlagerung zwischen den Nummulitenschichten gehört auch der Basalt an, der in der Nähe der Grünerdegruben bei S. Valentino ansteht und in losen Blöcken auf dem Sattel gegen die Skalette über die Oberfläche zerstreut liegt.[2]) Das aus dem Innern eines solchen Blocks herausgeschlagene Gestein ist anscheinend vollkommen frisch und besitzt eine deutlich krystallinische Struktur, wie diese dem Dolerit

[1]) Bei der mikroskopischen Untersuchung der Gesteine hat Herr Dr. Pfaff wesentliche Beihilfe geleistet.

[2]) Es ist dies wahrscheinlich dasselbe Gestein, auf welches die Beschreibung Artini's (Atti d. R. Ist. Veneto, t. LIII, p. 253) vom Val Dritta (wohl Treto der Karten) sich bezieht.

eigen zu sein pflegt. Die Dünnschliffe lassen u. d. M. als Gemengtheile Plagioklas, Augit, Magneteisen, Titaneisen, Olivin, Amphibol, Glimmer, Apatit, Glaszwischenmasse und eine grüne Substanz erkennen. Der Plagioklas macht die Hauptmasse aus und ist in Form schmaler leistenförmiger, wasserheller Nädelchen in gleichförmiger Grösse durch die ganze Masse vertheilt. Der Augit ist hellbraun gefärbt, durchsichtig mit kaum wahrnehmbarem Pleochroismus und von ziemlich wechselnder Grösse. Er nimmt keinen grossen Antheil an der Zusammensetzung des Gesteins und lässt zuweilen eine theilweise Umwandlung in eine grüne, Aggregatpolarisation zeigende Substanz erkennen. Der nicht seltene Olivin ist fast farblos, an den Rändern und an den durchziehenden Rissen meist stark zersetzt und umschliesst kleine Magneteisenkryställchen neben Picotit. Hellgrüner Amphibol und dunkle Glimmerschüppchen sind sehr selten beigemengt. Ein hervorragender Gemengtheil ist Titaneisen in der charakteristischen leistenförmigen Ausbildung. Dieser Basalt ist daher ein typischer Dolerit, wie er auch an noch mehreren anderen Stellen im Mt. Baldo-Gardasee-Gebiet, z. B. zwischen Tierno und Besagno unfern Mori, und bei Nago angetroffen wurde.

Der Dolerit von S. Valentino besteht aus: im Ganzen (I), der Plagioklas in demselben (II) und der dichte Basalt von Fontechel bei Brentonico (III):

	I	II[1])	III[1])
Kieselsäure	50,00	53,93	42,58
Titanoxyd	1,25	—	2,24
Thonerde	10,50	27,50	13,36
Eisenoxyd u. -Oxydul .	26,00	4,68	18,16
Manganoxydul . . .	Spuren	—	0,24
Kalkerde	4,30	5,33	12,72
Bittererde	0,50	0,88	4,76
Kali	1,93	2,00	2,04
Natron	3,20	5,58	2,48
Phosphorsäure . . .	Spuren	—	Spuren
Glühverlust	1,75	0,10	2,16
Summe	99,43	100,00	100,74

[1]) Analyse II und III von A. Schwager.

Alle untersuchte Basalte am Mt. Baldo[1]) und Gardasee gehören den Feldspathbasalten, wie auch fast ausnahmslos jene des benachbarten Veroneser und vicentinischen Tertiärgebiets,[2]) an und theilen sich in die zwei Gruppen der deutlich krystallinisch-körnigen Dolerite und der für das unbewaffnete Auge scheinbar dichten Feldspathbasalte, welche die grösste Anzahl der Vorkommnisse auszumachen scheinen.

Mit diesem Dolerit von S. Valentino zunächst ähnlich ist der Basalt in der grabenartigen Vertiefung zwischen Torbole und Nago, welcher zwischen dem Hauptnummulitenkalk und dem oberen mitteleocänen Nummulitenkalk des Burgbergs von Nago liegt. In demselben machen die leistenförmigen Plagioklasnädelchen gegen $^3/_4$ der ganzen Gesteinsmasse aus. Nach der Analyse (II), in welcher die Kieselsäure durch Differenz bestimmt wurde, gehört dieselbe einem kalkarmen Labradorit an (A. Schwager). Daneben ist sehr reichlich leistenförmiges Titaneisen vorhanden, ebenso eine braungelblich gefärbte, unregelmässig begrenzte, polarisirende Substanz, welche die Stelle der Mesostasis vertritt. Grüner Augit und stark zersetzter Olivin ist spärlicher, sehr vereinzelt Apatit vorhanden. Vereinzelt vorkommende Blasenräume sind mit Kalkspath ausgefüllt.

Fast genau von derselben Beschaffenheit ist der Dolerit, welcher unterhalb Besagno bei Visna unfern Mori zu Tag ausgeht; bei demselben tritt die braungelbe Zwischenmasse mehr zurück und Olivin ist häufiger vorhanden. Ausser Apatitnädelchen zeigt sich spurweise eine violettblaue Beimengung, welche als Hauyn zu deuten ist, welcher reichlich in dem Anamesitartigen Basalt von Sacco bei Roveredo vorkommt. Dieser Basalt von Roveredo zeichnet sich überhaupt durch gewisse Eigenthümlichkeiten aus. Er gehört in die Gruppe der Feldspathbasalte; der nadelförmige Plagioklas ist besonders reichlich

[1]) E. Nicolis e Negri in Atti d. R. Ist. Veneto VII. 1890. 469.

[2]) Munier Ch., Thèses per Étude du tithonique, du crétacée du tertiaire du Vicentin 1891; Artini, Appunti petrographici sop. alc. Rocce del Veneto in Atti d. R. Ist. Veneto etc., t. LIII, p. 253.

vorhanden, ausserdem Augit in kleinen Kryställchen in der Hauptmasse und in grösseren Krystallen eingestreut, stark zersetzter Olivin ist in rundlichen Ausscheidungen beigemengt, die Zwischenmasse bildet ein helles, z. Th. bräunlich gefärbtes Glas. Als besondere Eigenthümlichkeit ist die reichliche Beimengung von violettblauem Hauyn, der fast in gleicher Menge, wie das Glas an der Zusammensetzung sich betheiligt. Neben spärlich vorkommendem Apatit und noch seltener kleinen, stark pleochroitischen braunen Glimmerschüppchen finden sich sporadisch eingestreut grössere Ausscheidungen, die dem Enstatit angehören. In den zahlreichen Blasenräumen sind Feldspath und Zeolithe anzufinden.

Von der zweiten Gruppe der Feldspathbasalten von dichter Struktur wurden die Vorkommnisse von Fontechel bei Brentonico, Besagno unterhalb Brentonico und der Halbinsel Gigerini bei Malcesine am Gardasee untersucht.

Der Basalt von Fontechel (Analyse II) ist sehr dicht, besteht fast zu gleichen Theilen aus leistenförmigem Plagioklas und meist gut ausgebildeten, röthlichen Augitkryställchen, dann aus kleinen z. Th. auskrystallisirten Magneteisenkörnchen und wenig glasiger, stellenweise gelblicher Mesostasis. Olivin ist hauptsächlich eingesprengt, an den Rändern und Rissen zu einer grünlichen Masse zersetzt. In kleinen Blasenräumen zeigen sich Neuansiedelungen von Kalkspath und Zeolithen.

Der Basalt von Besagno in der Nähe des oben beschriebenen Dolerits und demselben Zug basaltiger Gesteine angehörig verhält sich ganz ähnlich wie der von Fontechel. Die Bestandtheile, namentlich die Augite sind etwas grösser, letztere auch etwas häufiger; der Olivin erscheint in Einsprenglingen und in der Grundmasse vertheilt in z. Th. gut auskrystallisirten Körnern; Magneteisen findet sich in meist auskrystallisirten Körnchen und in staubartigen Mikrolithen. Bemerkenswerth sind äusserst feine, lange Nädelchen, die hauptsächlich neben dem Plagioklas auftreten. Sie geben bei gekreuzten Nikols keine Farbenreaktion und scheinen dem Apatit anzugehören.

Der Anamesit-artige feinkrystallinische (nicht dicht aussehende) Basalt von der S. Rochuskapelle bei Pannone NO. von Nago ist ein Feldspathbasalt mit ziemlich grossen Plagioklasnädelchen, unbestimmt umgrenztem Augit in der Hauptmasse, einzelnen grösseren, gut auskrystallisirten Augit-Individuen, seltener mit basaltischer Hornblende, Olivinbutzen, einer grünen Zersetzungssubstanz, Apatit und Körnchen von Magneteisen ohne leistenförmiges Titaneisen.

Ein nahezu dichter, höchst feinkrystallinischer Feldspath-Basalt bei der S. Thommaso-Kapelle am Aufstieg von Nago nach Pannone enthält als Hauptmasse ein undeutlich geschiedenes Gemenge von Plagioklas und Augit mit in denselben reichlich eingestreuten, gut umgrenzten nadelförmigen Plagioklas- und Augitkrystallen. Das reichlich eingestreute Magneteisen erscheint in krystallisirten Körnchen, wie bei dem vorher beschriebenen Basalt; Olivin bildet theils rundliche, theils krystallinische Einsprengungen.

Basalt von der weit in den Gardasee hineinreichenden Landzunge von Casa Gigerini S. von Malcesine ist sehr dicht, tief schwarz gefärbt. Er besteht aus fast vorherrschender röthlich-brauner Glasmasse, in welcher leistenförmige Nädelchen von Plagioklas, kurze Kryställchen von Augit und Krystallkörnchen von Magneteisen eingebettet sind. Olivin zeigt sich theils gut auskrystallisirt der Mesostasis beigemengt, theils in kleinen unregelmässigen Butzen, in beiden Fällen tritt häufig vom Rande her und an Rissen fortschreitende Zersetzung ein. Apatit ist selten. Eigenthümlich sind kugelige (in Dünnschliffen kreisförmige) Ausscheidungen von Kalkspath, überzogen von einer in Säuren unlöslichen Rinde, als Ausfüllungen von Blasenräumen.

Der Feldspathbasalt am Burgberg von Malcesine ist ausgezeichnet durch die reichliche Beimengung von Olivin, oft mit eingestreutem Magneteisenpulver, oft Hyalosiderit-artig gefärbt. Die Plagioklasnädelchen sind verhältnissmässig gross, die Magneteisenbeimengungen reichlich in krystallisirten Körnchen eingestreut.

Die Basalte erscheinen mit ihren Begleitern den Mandelsteinen und Tuffen in deckenförmiger Ausbreitung; nur selten gelingt es, einen gangartigen Durchbruch wahrzunehmen, wie z. B. im Olivenhain oberhalb Arco. Es ist von sich selbstverständlich, dass diese Tertiärbasalte das unterliegende ältere Gestein gangartig durchsetzen müssen, wie man dies so schön an den Basaltgängen, welche die Scaglia durchbrechen, an der Strasse von Valdagno nach Mt. Novale und am Weg nach Casa Migliora alta bei Valdagno beobachten kann.

Die Mandelsteine besitzen durchweg die petrographische Zusammensetzung der Basalte, mit denen sie verbunden sind. Nur die Häufigkeit der Blasenräume, die in diesen angesiedelten zahlreichen Zersetzungsprodukte und eine fortgeschrittene Umbildung mancher Bestandtheile zeichnen sie vor den dichten Basalten aus. Selten sind darin die Plagioklas verändert und zersetzt; auch die Augite und Magneteisengemengtheile zeigen selten eine erlittene Umbildung; dagegen erweist sich der Olivin mehr oder weniger zersetzt und ebenso die Zwischenmasse vielfach in Grünerde umgewandelt. Die Mineralansiedelungen in den Blasenräumen sind meist Rindenüberzüge über die Blasenwandungen, selten volle Ausfüllungen. Am häufigsten kommen Grünerde, Chalcedon, eine Bolus-artige Substanz, Zeolithe vor, auffallend weniger häufig Kalkspath. Bezüglich der bolartigen Substanz ist zu bemerken, dass sie nicht selten grüngefärbt sich zeigt, dabei aus zahlreichen radialfaserigen Kügelchen besteht, die in p. L. bei gekreuzten Nikols das schwarze Kreuz wahrnehmen lassen.

Sehr wechselnd ist die Beschaffenheit der Tuffe. Ihre mehr oder weniger deutliche Schichtung, der Einschluss von organischen Ueberresten, der Mangel an Blasenräumen und ein meist sehr beträchtlicher Kalkgehalt lassen sie von dem stark verwitterten erdigen Basalt und Mandelstein unterscheiden. Es ist jedoch die Trennung dieser Gesteine nicht immer eine leichte, wenn nur oberflächliche und auf kleinen Raum beschränkte Aufschlüsse geboten sind. Ein lebhaftes Aufbrausen beim Betupfen des Tuffs mit einer Säure dürfte ziemlich sicher seine

Natur verrathen. Die Beschaffenheit und Zusammensetzung sind wohl örtlich verschieden. Ein der Grünerdelagerstätte benachbarter versteinerungsreicher Tuff von Sorne mag als Beispiel dienen. An dessen Zusammensetzung sind, wie die schwierig herzustellenden Dünnschliffe u. d. M. erkennen lassen, ausser den meist aus dem organischen Reich stammenden Kalkeinschlüssen als Reste der ursprünglichen Basaltgemengtheile zu erkennen, eine röthlichbraune, durchscheinend amorphe Masse, der Glasmesostasis entsprechend, sehr selten ähnlich gefärbte lebhaft polarisirende Augittheilchen und Magneteisenkörnchen. Unzersetzt gebliebene Plagioklasnädelchen konnten nicht bestimmt erkannt werden. Als Neubildungen, welche aus Zersetzungen hervorgegangen sind, treten in grosser Menge durch eingestreutes feinstes dunkelfarbiges Pulver getrübte amorphe Flecken, dann in rundlichen Partien ausgeschiedene typische Grünerde, eine fasrig grüngefärbte Substanz, welche aus der Zersetzung von Olivin und Augit hervorgegangen zu sein scheint und eine zeolithische Beimengung auf, welch' letztere deutlich dadurch erkennbar ist, dass das feine Pulver mit 10%iger Salzsäure behandelt, gelatinirt. Ob diese Zeolithneubildung bei allen diesen Tuffen vorkommt, wäre weiter zu untersuchen. Als durch Beischwemmung eingeführt sind Quarzkörnchen zu bezeichnen, welche spärlich sich vorfinden. Weder Chlorit, noch Pennin, noch Delessit, welche Munier[1]) in den sog. Breccioles des Vicentischen als Gemengtheile angiebt, konnten hier nachgewiesen werden.

II. Geologische Verhältnisse.

Ueber die geologischen Verhältnisse des Vorkommens der Grünerde am Mt. Baldo ist in auffallender Weise bisher kaum mehr bekannt geworden, als dass dieses Mineral in einem tuffigen Gestein in Begleitung von Basalt angetroffen wird. Der Fundort ist zwar auf der für ihre Zeit vortrefflichen geognostischen Karte des montanistischen Vereins für Tirol und Vor-

[1]) Munier a. a. O. S. 134 u. ff.

arlberg angegeben, aber nur bei den ausgezeichneten Kennern der Mineralien Tirols Liebener und Vorhauser finden wir die nähere, aber kurze Angabe, dass das Mineral auf Gängen von einigen Zoll Mächtigkeit im Basalttuff in steter Begleitung von bräunlich gelbem Hornstein, welcher mit der Grünerde verwachsen ist, und von Drusen mit Quarz, Chalcedon und Bergkrystall vorkommt.

Es frägt sich nun, in welcher geologischen Beziehung diese basaltischen Gesteine zu den im Mt. Baldogebirge entwickelten Bildungen, insbesondere zu den ihnen zunächst benachbarten Ablagerungen stehen. Um diese Verhältnisse zu erläutern, erweist es sich als nothwendig, einen wenn auch nur ganz flüchtigen Blick auf den geologischen Aufbau dieses grossartigen Gebirgsstocks zu werfen, wie derselbe durch die neueren Untersuchungen und Schilderungen von Oppel, Benecke, Bittner, Vacek, Nicolis, Taramelli, Vinassa de Regny u. A. bekannt geworden ist.

Die Betrachtung der äusseren Form des hohen Gebirgstheils zwischen Gardasee und Etschthal, zwischen dem norditalienischen Flachland und der Einbuchtung, die von Riva nach Mori verlauft, lässt deutlich erkennen, dass der Stock des Mt. Baldo von Richtungslinien beherrscht wird, welche von SSW. nach NNO. ziehend in der sog. Judicarienspalte auf die deutlichste Weise ausgeprägt ist. Bezeichnet man diese Richtung, in welcher das Mt. Baldogebirge kammartig weithin ausgestreckt ist, als die der Länge, so lässt sich die fast rechtwinkelig zu ihr verlaufende Richtungslinie, welche im Süden und Norden den Gebirgsstock abgrenzt, als die der Quere bezeichnen. Wir können also sagen, das Mt. Baldogebirge wird seiner äusseren Form nach von zwei nahezu parallelen Längsfurchen, Gardasee —Etschthal, und von zwei Querabbrüchen am Süd- und Nordabfall von den benachbarten Gebieten als selbstständiges Glied der Südalpen losgelöst. Dieser Ausgestaltung entspricht auch die innere geologische Struktur des Gebirgs.

Verhältnissmässig schmal, nur gegen 10 km breit, dagegen über 40 km lang erhebt sich der Mt. Baldostock, aus fast

ausschliesslich einseitig nach NW. geneigtem Schichtgestein aufgebaut, kamm- oder riffartig 2150 m über die Wasserfläche des Gardasee's und der südwärts angeschlossenen Ebene.

Es lässt sich die Herrschaft dieser Längsrichtungen als bedingt durch das Vorhandensein eines alten, aus krystallinischen Felsmassen bestehenden Gebirgsrandes analog dem von der Dora Riparia NW. von Turin über Ivrea nach Arona abgebrochenen Urgebirge auffassen, an welchem die jüngeren Sedimentschichten dem Westrande der Poebene entlang in die Tiefe der letzteren spurlos sich abgesenkt haben. Die Schichtenbildungen im Herrschaftsbereich des Judicarienlandes haben sich erhalten bis zur norditalienischen Ebene, wurden aber gleichlaufend mit der Längsrichtung durch die geotektonischen Bewegungen innerhalb der alten Gebirgsmassen durch Seitendruck zusammengepresst, gefaltet, neben- und übereinander geschoben, zugleich auch durch Querbrüche zerstückelt und stellenweise verschoben.

Als Folge hiervon traten Senkungen und Emporpressungen einzelner zerstückelter Gebirgstheile an den entstandenen Brüchen und Rissen ein, durch welche an dem anfänglich einfachen Bau, namentlich wenn, wie vorauszusetzen ist, Gebirgsstörungen nachträglich sich wiederholten, in vielfacher Weise weitere Aenderungen bewirkt wurden. Nach dieser Auffassung lässt es sich verstehen, dass die Hauptbrüche und Verrückungsspalten in der Längenrichtung sich erstrecken und dementsprechend, dass die Gebirgszüge zonenweise von SSW. nach NNO. verlaufen, sowie dass verhältnissmässig weniger bedeutende Störungen mit den Querbrüchen verknüpft sich zeigen.

Solchen Längspressungen in Verbindung mit in gleicher Richtung erfolgten zonenweisen Absenkungen verdankt auch der Gebirgsstock des Mt. Baldo seine Hauptform, die dann durch nachträgliche verschiedenartige geologische Eingriffe noch mannigfache Abänderungen erlitten hat. Eine Hauptlängsspaltenzone und ein grossartiges Absenkungsfeld ist durch die Eintiefung des Gardasee's gekennzeichnet. Ihr ungefähr parallel verlaufend begrenzt östlich vom Etschthal den Gebirgstock eine Bruchlinie, welche durch weitere Ausnagungen dem Etschthal

seine Richtung gab. Zwischen dem Hauptgebirgskamm, von dem die Schichten ziemlich gleichmässig zum Gardasee einfallen, und dem Steilabbruch am Westrand des Etschthales zeigt sich eine weitere mittlere Abbruchs- und Senkungszone, die von Caprino bis Mori und noch weiter nordwärts sich fortsetzt. In ihr sind reichlich jüngere, tertiäre Ablagerungen mit *Nummuliten* und vulkanische Bildungen von gleicher Art wie im benachbarten vicentinischen und Veroneser Gebiet (wie sich auch stellenweise Ueberreste am Rande des Gardasee-Niederbruchs erhalten haben) übrig geblieben. Auf diese Weise gliedert sich das Baldogebirge der Breite nach in den lang gestreckten Hauptkamm mit den höchsten Gipfelpunkten, einem verflacht zum Gardasee geneigten Abhang und steilen Abbruchrand gegen die mittlere Bruch- und Senkungszone, welche als eine verhältnissmässig mehr oder weniger unebene, schmale Terrassenfläche, zwischen dem Hauptkamm und einem mit letzterem parallel ziehenden, wieder höher aufragenden und steil zum Etschthal abfallenden Gebirgsrücken (Etschthalrandgebirge) eingeklemmt, sich der Länge nach erstreckt.

In diesem von tertiären Nummulitenschichten überdeckten Zwischenfelde scheint die Ablagerung ursprünglich eine muldenförmige in Mitten des Hauptkammes und des Etschthalrandgebirges gewesen zu sein. In der jetzigen Lagerung der Schichten ist dieselbe fast völlig verwischt und nur stellenweise wie zwischen dem Mt. Cerbiol und Acque negre noch zu erkennen. Denn dieses Tertiärfeld ist nicht einfach abgebrochen und gesenkt, sondern vielfach von Längsspalten durchzogen, an welchen Rippen und Schollen der älteren, den Untergrund bildenden Gesteinsschichten mitten zwischen den Nummulitablagerungen bis zu Tag aufragen.

Am Südende des Gebirgsstockes wendet sich dieses Bruchfeld zwischen Caprino und Garda fast rechtwinkelig, wie auch die älteren Schichten hier ihre Streichrichtung in eine ostwestliche umsetzen. Damit wird eine anfängliche Verbindung mit den Nummulitenschichten des Gardaseegebietes vermittelt. An diesem Südfusse des Gebirges (Mt. Belpo) sind die Tertiär-

schichten ostwärts von Caprino bei Rubiano, Pesina und Castione stark verstürzt und sogar überkippt gelagert.

Diesem äusseren Bau des Gebirgsstockes entspricht auch die Zusammensetzung aus verschiedenen Schichtensystemen und Gesteinsmassen. Den Hauptantheil gewinnt jene eigenartige Entwicklungsform des Liassystems, welche aus den Bergen ostwärts von Roveredo als pflanzenrestereiche Rotzo- und marine Versteinerungen beherbergende Noriglio-Schichten in Verbindung mit hellfarbigen z. Th. gelblichen und oolithischen Kalken bekannt wurden. Es sind vorherrschend dunkelgraue, mergelige, theils dünn-, theils dickbankige Kalke, die nach oben mit zunehmender, mehr krystallinischer Beschaffenheit eine lichtere, ins Weissliche übergehende Färbung annehmen, wie sie hauptsächlich den Gipfelkamm krönen. Die Pflanzeneinschlüsse sind auch am Mt. Baldo, wenigstens im NO. Theil des Gebiets, z. B. am Sornethalgehänge, sehr häufig, so dass sie hier sogar an der Bildung von früher abgebauten Pechkohlenflötzchen wesentlich Theil nehmen.

Es ist auffallend, dass über dieses merkwürdige Kohlenvorkommen in neuerer Zeit nichts Näheres weiter bekannt wurde, obwohl dasselbe in einer älteren Schrift „Dei combustibili fossili esistenti nella provincia veronese del conte Ign. Bevilacqua Lazise 1816“ beschrieben wird und die Lagerstätte auch in der montanistisch-geognostischen Karte eingezeichnet sich findet. Es mögen desshalb einige Bemerkungen in dieser Beziehung hier eine Stelle finden.

Wenn man von Corne bei Brentonico den Weg nach Chizzola im Etschthal verfolgt, so sieht man nahe vor dem Austritt des Sornethals aus dem Gebirge oberhalb Chizzola auf beiden Seiten des Thals eine Anzahl alter Halden von Stollen, welche behufs Gewinnung der Kohle getrieben wurden. Auf diesen Halden liegen da oder dort noch Stücke der Kohle, welche eine den alten Steinkohlen ähnliche Beschaffenheit besitzt, jedoch einer Pechkohle angehört und wie sich leicht ermitteln lässt, auf Flötzen der liasischen Rotzoschichten einbricht. Die an Pflanzenresten reichen, mergeligen Kalkplatten, zwischen welchen die Kohle lagert, fallen mit

6—8° nach NW. ein und schliessen das 20—25 cm. mächtige Kohlenflötzchen ein. Auf der Südseite des Thales waren drei Stollen, auf der Nordseite ein Stollen angelegt. Einer derselben ist noch auf 7 m. Länge offen und lässt das Anstehende des Flötzes erkennen. Dasselbe ist hier sehr unrein, schwefelkieshaltig und unbedingt unbauwürdig. Ueber diesem Hauptflötzchen sieht man noch mehrere schwarze Streifchen zwischen den Kalkbänken am Gehänge gegen die St. Antonio-Kapelle ausstreichen, die gleichfalls kohligen Einlagerungen entsprechen. Nach der Angabe von Bevilacqua sollen diese Kohlengruben mit 9 Mann belegt gewesen sein und die gewonnene Kohle theils zum Ziegelbrennen verwendet, theils versuchsweise bei der militärischen Eisengiesserei benützt worden sein.

Von thierischen Resten ist die oft ganze Schichten zusammensetzende austerartige *Lithiotis* als leicht wahrnehmbares Kennzeichen neben *Megalodon pumilus* und *Terebrateln* (*T. Rotzoana*, *T. Renieri* u. A.) besonders hervorzuheben. Dieser Schichtencomplex bildet das Felsenriff des Gebirgskamms, dessen Längserstreckung die Schichten im Streichen folgen und von dem weg sie in fast gleicher Neigung mit dem Gehänge nach NW. bis zum Gardaseeufer sich niederziehen. In Folge dieser Lagerungsweise finden stellenweise grosse Abrutschungen über die nur etwa 30° geneigten Schichtenflächen statt, so dass am Ostufer des Sees mehrfach kolossale Blöcke zu Felsenmeeren, wie in den Lavini di Marco bei Mori, aufgehäuft sind.

Auch im Etschthalrandkamm tauchen dieselben Schichten über einer als Hauptdolomit angesprochenen Unterlage wieder auf und lassen das gleiche Streichen und die gleiche Fallrichtung nach NW. erkennen, wie im Hauptkamm.

Die Seltenheit solcher organischer Einschlüsse (namentlich *Ammoniten*), welche auch in ausseralpinen oder in anderen alpinen Liasgebieten vorkommen und eine weitere Gliederung dieses Systems erleichtern, macht es bis jetzt unthunlich, diese grauen Kalke in bestimmte Stufen abzutheilen und mit Gliedern anderer Verbreitungsgebiete in genaue Parallele zu stellen. Wir müssen daher diese grauen Kalke im Ganzen als einen Facies-

stellvertreter des Gesammtliassystems, ähnlich wie die Allgäuschichten in den Nordalpen, auffassen.

Dabei muss auch auf die merkwürdige Thatsache aufmerksam gemacht werden, dass westwärts vom Gardasee sofort eine völlig abweichende Liasausbildung Platz greift. Gleich am Westufer des See's bei Gargnano am Weg nach Piovere und weiter in diesem Gebirge, z. B. am Pizzocolo, im Sarcothal bei Volano, im Ledrothal bei Bezzecco und selbst an der Ponalestrasse nahe bei Riva besitzen die Liasschichten auf kaum 3 km Entfernung vom Gebirgsstocke des Mt. Baldo eine vollständig abweichende Beschaffenheit. Es sind hier vorherrschend graue, hornsteinreiche Fleckenmergel mit ziemlich zahlreichen Versteinerungen, namentlich von *Ammoniten* (Mt. Pizzocolo), im Allgemeinen vom Typus der Gesteine des Brescianer Gebiets, welche uns der beste Kenner dieser Gegend, Raggazoni, so vortrefflich beschrieben und in ihren verschiedenen Abstufungen kennen gelehrt hat. Wir werden sehen, wie diese Verschiedenheit in der Schichtenausbildung ost- und westwärts vom Gardasee in älteren und jüngeren Ablagerungen sich wiederholt, ein Verhalten, welches unzweideutig auf heteropische Entwicklungsgebiete hinweist.

Die Liasschichten des Mt. Baldogebirgs haben am Ostfuss des Hauptkamms, wie am Etschthalrande auf eine grosse Strecke ein System hellfarbiger, oft ins Röthliche spielender, kleinklüftiger dolomitischer Gesteine, welche man dem Hauptdolomit gleichzustellen pflegt, zu ihrer Unterlage. Die Grenzschichten gegen den auflagernden Lias, in welchen man den Charakter der rhätischen Ablagerungen zu finden erwarten sollte, fehlen hier in ihrer typischen Entwicklung, werden vielleicht durch lichter gefärbte Kalkplatten mit *Brachiopoden*-Einschlüssen vertreten, ähnlich wie es östlich von Roveredo bei den Kalklagen mit *Gervillia Buchi*, St. Colombono gegenüber, der Fall zu sein scheint. Im Gegensatz zu diesen Verhältnissen finden wir, sobald wir die Gebirge im Westen des Gardasee's beschreiten, über dem Hauptdolomit die rhätischen Mergel erfüllt von zahlreichen charakteristischen Versteinerungen in

ganz typischer Entwicklung, bedeckt von einem dichten, weissen dem oberen Dachsteinkalk entsprechenden Schichtencomplex (Cornea), der dann die typischen Liasschichten über sich trägt. Also auch in Bezug auf die rhätische Trias herrscht zwischen Ost- und Westgardaseegebiet eine entschiedene Heteropie.

Ueber die Abgrenzung der Liaslagen gegen oben besteht im Baldogebirge eine Unsicherheit, ob die oberen hellen z. Th. oolithischen Kalkbänke noch dem Lias oder schon dem Dogger zuzurechnen sind. Erst mit dem versteinerungsreichen Gardakalk am Cap St. Vigilio beginnt unzweideutig eine neue Stufe, welche durch das Vorkommen allgemein verbreiteter *Ammoniten* wie *A. opalinus, A. Murchisonae* die tiefsten Abtheilungen des ausseralpinen Doggers vertreten. Eine Reihe rother, grauer, gelber oder weisser, z. Th. krystallinischer Kalke führt uns über dem Gardakalk zu einer weiteren, versteinerungsreichen Doggerstufe, welche durch den Einschluss von *Posidonomya alpina*, *Ammonites tripartitus* u. A. als den Klausschichten der Ostalpen gleichalterige Bildung sich zu erkennen giebt.

Am Nordostrande des Mt. Baldo-Stockes bei Mori hatte Oppel an einem wahrscheinlich von der Höhe bei Brentonico abgestürzten Gebirgsstück zuerst diese Schichten entdeckt und damit für die Altersbestimmung der hier am Aufbau des Gebirgs betheiligten Ablagerungen den Grund gelegt. Auch diese durch ihre Versteinerungen so sehr in die Augen fallenden Kalke sind westlich von Gardasee weithin bisher nicht aufgefunden worden.

Nicht anders verhält es sich bezüglich der verschiedenartigen Schichtenentwicklung ost- und westwärts vom Gardasee bei den Bildungen des oberen Jurasystems. Im Baldogebirge treten abgesehen von der bis jetzt nur an einer Stelle erkannten ältesten sog. Transversariuskalkbank,[1]) im Mt. Baldo-Gebirge die rothen, knolligen, in mässig dicken Bänken wohlgeschichteten Ammoniten-reichen sog. Acanthicus-Kalke (Ammonitico rosso) genau in derselben Beschaffenheit auf, wie

[1]) Uhlig, in Verh. d. k. k. geol. Reichsanst. 1880, 275.

solche bei Trient, bei Volano unfern Roveredo und an benachbarten Orten in zahlreichen Steinbrüchen als sehr gesuchtes Baumaterial gewonnen werden. Auch bei Malcesine am Ostufer des Gardasee sind Steinbrüche auf dem gleichen Gestein in Betrieb. Westwärts vom See dagegen finden sich weit verbreitet und sehr mächtig rothe und buntgefärbte, an Hornstein mit Radiolarien-Einschlüssen reiche, mergelige Schichten, die dem Alter nach den Acanthicus-Kalken entsprechen, aber mit Ausnahme einzelner *Aptychen* und *Belemniten* keine grösseren organischen Ueberreste, namentlich, soviel bekannt ist, keine *Ammoniten* umschliessen; ausserdem bilden sie so wenig feste, zu Bauzwecken brauchbare Bänke, dass man dem ganzen Westufer des See's entlang die Kalkplatten vom jenseitigen Ufer als Baumaterial bezieht. Auch in dieser oberjurassischen Region besteht demnach noch die Verschiedenartigkeit der Schichtenbildung auf beiden Seiten des See's fort. Erst mit den noch jüngeren Ablagerungen, dem oberjurassischen sog. Diphyenkalk, einem weissen, dickbankigen, porzellanartig dichten Kalk mit grünlichen Thonflasern und mit der sog. Biancone der ältesten Neocomstufe der Südalpen in Form gleichfalls weisser, dem Diphyenkalk ähnlicher, mehr mergeliger und dünngeschichteter Kalksteinlagen beginnt nach und nach eine mehr oder weniger gleiche Entwicklungsweise der Schichten sich einzustellen, bis endlich in der jüngsten cretacischen Stufe der grellrothen sog. Scaglia mit *Stenonia tuberculata* und meist zerstückelten *Inoceramen*-Schalen diese Ungleichartigkeit beider Gebiete verschwunden zu sein scheint.

Diese durch ihre Farbe, mergelige Beschaffenheit und die relative Häufigkeit der Einschlüsse von *Inoceramen*-Schalenbruchstücken in die Augen fallende Scaglia gewinnt eine besonders wichtige geologische Bedeutung dadurch, dass sie in unserem Gebiete weitaus vorherrschend den in Folge von Abnagungen und Auswaschungen vielfach unebenen Boden bildet, auf welchem sich in sonst gleichförmiger Lagerung die ältesten in diesem Gebiete vorkommenden Tertiärbildungen — die Nummulitenschichten — abgesetzt haben.

Wir erkennen deutlich zwei Hauptzüge dieser Tertiärablagerungen im Gebiete des Mt. Baldogebirgs. Der eine westlich von letzterem taucht am Westufer des Gardasee's aus der grossartigen quartären Ueberdeckung zwischen Desenzano und Salo in der hohen Felskuppe Mt. Manerba auf und setzt im See fortstreichend eine Reihe kleiner Inselchen und die grössere Insel Garda zusammen. Die weitere Fortsetzung dieses Schichtencomplexes nach Norden hin ist grösstentheils in den See versenkt; nur kleine Schollen auf beiden Seeseiten bei Malcesine und Novazzo-Ariaso unfern Gargnano haben sich erhalten und erst zwischen Riva und Torbole in der Felskuppe des Mt. Brione heben sich wieder mächtige Schichtenmassen empor, um weiter zwischen Arco und Torbole eine geschlossene Schichtenreihe zu bilden.

Der zweite nahezu parallel verlaufende Zug östlich vom Hauptkamm des Mt. Baldo füllt das langgestreckte Bruch- und Senkungsfeld zwischen diesem und dem Etschthalrandgebirge von Mori über Brentonico, Ferrara di Mt. B. bis Caprino an der Südostecke des Gebirgs aus, von wo an, wie schon erwähnt wurde, die Schichten umbiegend sich westwärts gegen Garda wenden. Reste dieses Zweigs sind die durch mächtige erratische Ueberlagerungen getrennten weiter im Süden aufragenden Felskuppen des Schlossbergs von Garda und des Mt. Moscali bei Affi.

Beide Züge der theils der eocänen, theils der oligocänen und miocänen Gruppe angehörigen Tertiärschichten werden von Basalt, dessen Mandelsteine und Tuffe begleitet, welche, decken- und lagerförmig zwischen die kalkigen und sandig mergeligen Tertiärflötze eingeschaltet, dadurch zu der uns beschäftigenden Frage in engste Beziehung treten, dass sie, an vielen Stellen Grünerde führend, auch das Muttergestein der reichen Grünerdevorkommnissen am Mt. Baldo bei Brentonico ausmachen. Wir werden uns daher etwas näher mit diesen Tertiärbildungen und ihren vulkanischen Begleitern zu befassen haben.

Diese Tertiärablagerungen im Mt. Baldogebiet erweisen sich als eine westliche Abzweigung der grossartigen Entwick-

lung und Ausbreitung der ganz gleich gearteten Schichtenreihe in den Vorbergen von Verona und Vicenza, mit denen sie auch die Begleitung der basaltischen Zwischenlagerungen gemeinschaftlich haben.

Schon längst durch ihren Reichthum an gut erhaltenen organischen Ueberresten bekannt und berühmt wurden diese norditalienischen Tertiärgebilde hauptsächlich durch die klassische Beschreibung derselben von E. Suess (Ueber die Gliederung des vicentinischen Tertiärgebirges, Sitz. d. k. Acad. d. Wiss. I. Abth. in Wien. 1868) genau und im Grossen und Ganzen endgültig gegliedert. Zahlreiche neuere Untersuchungen haben diese grundlegende Arbeit im Einzelnen weiter geführt und vervollständigt. Für den Zug der Tertiärablagerungen im Osten des Mt. Baldo-Hauptkamms sind es die vortrefflichen Beobachtungen und Schilderungen E. v. Nicolis, welche auf die Suess'sche Arbeit gestützt, uns mit den hier herrschenden Verhältnissen des italienischen Gebietsantheils bekannt gemacht haben. In dem zu Tirol gehörigen Gebiete des Zuges haben Bittner und Vacek (Verh. d. k. k. geol. Reichs. 1878, 396) wichtige Beobachtungen angestellt und die Ergebnisse derselben veröffentlicht.

Nach übereinstimmenden Untersuchungsergebnissen nehmen die Tertiärablagerungen am Südrande der Alpen, namentlich im Vicentinischen, mit einer nicht mächtigen, aber sehr charakteristischen, theils tuffigen, theils kalkig-trümmerigen Schichtenbildung ihren Anfang, welche die Unebenheiten des meist aus Scaglia bestehenden Untergrundes ausfüllend sonst in gleichförmiger Ueberdeckung über die obercretacischen Schichten sich ausbreiten. Es sind dies die durch das häufige Vorkommen der *Rhynchonella polymorpha* gekennzeichneten sog. Spileccoschichten. Dieses älteste Glied der vicentinischen Tertiärschichten findet sich in ganz gleicher Weise auch im Gardaseegebiet über der Scaglia zwischen Torbole und Nago in der Nähe der Wasserleitung von Fontana und ebenso SO. von Nago in einem kleinen Steinbruche. Im Ostzug des Mt. Baldo haben Bittner und Vacek (Verh. d. geol. Reichs. 1878. S. 397) am

Steig auf den Mt. Altissimo diese tiefeocäne Ablagerung aufgefunden. Die stellenweise tuffige Beschaffenheit dieser Schichtenabtheilung beweist die mit dieser Bildung gleichzeitig eingetretene Begleiterscheinung vulkanischer Eruptionen.

In einem zweiten ziemlich mächtigen Schichtencomplex vereinigt Suess die darüber liegende, aus Kalkbänken, Basaltdecken und Tufflagen zusammengesetzte Reihe der als vortreffliches Baumaterial benützten sog. Membro, verschiedene höherliegende Süsswasser- und Nummulitenkalke mit dazwischen eingebetteten Braunkohlenflötzen und vulkanischen Gesteinen nebst dem durch seine zahlreichen Versteinerungen berühmten Tuff von Ronca. In neuerer Zeit hat man vielfach für diese Stufe die Bezeichnung „Mitteleocän“ [1]) in Anwendung gebracht, weil sie wenigstens theilweise dem Grobkalk des Pariser Beckens im Alter entsprechen.

Den gleichen Ablagerungen begegnen wir auch in den Tertiärgebilden im Mt. Baldogebiete sowohl zwischen Torbole und Nago, wie in dem östlichen Senkungsfelde bei Brentonico-Crosana, bei Sorne, Ferrara und Caprino-Castione in einer nur wenig abweichenden Entwicklungsform, wie dies später näher nachgewiesen werden wird.

Im Vicentinischen ist nach Suess der nun folgende höhere Schichtencomplex, die Gruppe von Priabona, über der darunter entwickelten grossartigen Ausbreitung vulkanischer Bildungen — dem sog. Faldostrom — durch kalkigen Mergel vertreten. Es sind dies die Hauptlagen, in denen sich neben zahlreichen Conchylienresten in grosser Häufigkeit *Serpula spirulaea*, *Operculina ammonea*, *Orbitoiden* und an *Nummuliten: N. Fichteli*, *N. intermedius*, *N. vascus* u. A. einstellen. Eng schliesst sich dieser Region eine Stufe grauer, sandig-mergeliger Schichten an, die sich durch den Reichthum an *Bryozoën* ganz besonders auszeichnen; doch gehen die oben genannten *Nummuliten* auch auf diese Schichten über in Begleitung von *Pecten*

[1]) In diesem Sinne ist diese Bezeichnung im Nachfolgenden beibehalten worden.

armatus und *Terebratulin tenuistriata*. Oertliche Abänderungen dieser Abtheilung scheinen auf das Gebiet der Marostica beschränkt zu sein. Im Mt. Baldogebiet sind die Schichten über dem Mitteleocän, welche den Priabona-Kalken und Bryozoënmergeln als gleichalterig entsprechen, ungemein mächtig entwickelt, ohne dass sich in der Schichtenaufeinanderfolge gegen das Mitteleocän eine stratigraphische Lücke bemerkbar macht, die in der Reihung der organischen Einschlüsse sich herausstellen soll. Am Gardasee baut sich die hohe Felsenwand von Rocca Manerba, die Landzungen C. Belvedere und St. Felice mit den daran gereihten kleinen Inselchen und der Insel Garda aus den entsprechenden Schichten auf. An der Ostabdachung des Mt. Baldo-Gebirgs ziehen sich die gleichen Ablagerungen dem ganzen Tertiärrand entlang von Besagno über Brentonico, von hier dann dem Saumwege nach Ferrara folgend bis gegen letzteren Ort hin und zeigen sich besonders reichlich blossgelegt in den Gräben von Acque nere, an der Alpe Mezzon und am Westabhang von Mt. Cerbiol gegen Val Novezina.

In der nächst höheren Stufe, der Gruppe von Castel Gomberto, hat man schon frühzeitig mit dem Mitteloligocän gleichalterige Ablagerungen erkannt. Im Vicentinischen enthalten sie stellenweise *Korallen* in grosser Menge neben zahlreichen Conchylienresten (z. B. *Natica crassatina*) und Echinodermen. Auch Braunkohlenflötze (Mt. Viale) mit *Anthracotherium magnum* gehören dieser Schichtenreihe an.

In dem Tertiärgebiete auf beiden Seiten des Mt. Baldo vermissen wir in der auf dem Bryozoën-Mergel folgenden Schichtenreihe eine deutlich abweichende Gesteinsbeschaffenheit, sowie auch reichliche Korallen- und Conchylieneinschlüsse. Nur einzelne Korallen scheinen eine beiläufige Abgrenzung anzudeuten. Auch dürfte eine weiche Mergellage am NO.-Fuss des Mt. Brione und oberhalb Vignole bei Arco mit der Foraminiferenfauna des Ofener Mergels (*Clavulina Szabói*-Schichten) diese Scheidung bezeichnen, so dass die höher auflagernden fast ganz aus *Lithothamnienresten* bestehenden grauen und weisslichen, sehr mächtigen Kalke als Vertreter der Castel Gomberto-Region anzusehen sind.

Das tertiäre Schlussglied im Vicentinischen wie am Mt. Baldo besteht aus den grauen sandigen Mergeln und lichten Kalken mit *Pecten deletus (Pasini)* und mit vielen andern bereits miocänen Arten angehörigen Ueberresten-(Schioschichten). Eingeleitet wird diese mächtige Schichtengruppe am Mt. Brione bei Riva durch eine an Glaukonitkörnchen ungemein reiche Grünsandsteinlage voll von organischen Ueberresten: *Pecten deletus*[1]) *(Pasini)* sehr häufig; *P. Haueri, Pholadomya Puschi, Cytherea incrassata, Scutella subrotundata, Clypeaster placenta, Echinolampas conicus, Spatangus euglyphus, Carcharodon* spec.

Dieser allgemeinen Uebersicht lassen wir nun einige nähere Angaben über die Ausbildungsweise der Tertiärgebilde auf beiden Seiten des Mt. Baldo folgen.

In der Gardaseevertiefung kann man ein nahezu ununterbrochenes Profil durch die Tertiärablagerung von Torbole über Nago, dann der Strasse nach Arco abwärts bis zum Gegenflügel oberhalb Vignole bei Arco und westwärts bis über den Mt. Brione verfolgen. Es gehört in stratographischer Beziehung zu den weitaus besten und vollständigsten des südalpinen Tertiärs.

Von Torbole aus erhebt sich neben dem Fussweg über Fontana nach Nago aus dem Felsschutt eine Gesteinsrippe der rothen Scaglia in St. 3 streichend und mit 35° nach NW. einfallend. Die obersten Lagen sind selten ebenflächig, vielmehr vielfach ausgefurcht und mit kesselförmigen Vertiefungen versehen. Darauf legt sich eine schwache, meist eine 0,3—0,5 m mächtige Trümmerlage aus Gesteinsbrocken des aufgewühlten Untergrundes, die durch kalkige Zwischenmasse glaukonitischen Anflugs und Brauneisenstein verkittet sind, bestehend, ein. Auf ebenflächigen Untergrund breitet sich diese Brockenschicht gleichförmig über die Scaglia aus, füllt deren Unebenheiten aus und umschliesst hier stellenweise die für das Untereocän (Spileccostufe) charakteristische *Rhynchonella polymorpha* und

[1]) Diese Bezeichnung soll vorläufig als die allgemein gebräuchliche beibehalten werden, ohne für deren Richtigkeit einstehen zu wollen.

Fischzähnchen *(Lamna Bolcensis)* u. A. Basaltischer Tuff wurde hier nicht beobachtet. Dasselbe Gebilde wiederholt sich in einem kleinen Steinbruch SO. von Nago und unter der steilen Felswand NW. vom Bahnhof dieses Orts.

Ohne scharfe Abgrenzung geht die unterste meist blassröthlich gefärbte Eocänbank in einen dichten, unrein weissen Kalk über, der mit 25—30 m hohen abgebrochenen Schichten sich zu einem fortlaufenden Felsriff erhebt. Dieser Kalk umschliesst in grosser Anzahl *Nummuliten: N. complanatus, N. perforatus,* seltener *N. Tschihatscheffi, Alveolinen, Lithothamnien, Orbitoiden* u. A. Es ist dies die Stufe der unteren mitteleocänen Nummulitenkalke, welche dem Membro im Vicentinischen entsprechen. Dieses Kalkriff lässt sich über Nago bis hoch hinauf zu dem Felsen Perlone verfolgen.

Eine starke Vertiefung trennt diese als Felsrücken fortlaufende Kalkbänke von einem damit parallel streichenden, gleichfalls als Felsriff steil sich erhebenden Bergrücken aus ähnlichen hellen Nummulitenkalkschichten. Die dazwischen liegende Einbuchtung rührt von der Auswitterung weicher, stark zersetzter basaltischer Gesteine — Basalt, Mandelstein und Tuff — her, welche gleichförmig dem unteren Nummulitenkalk auf-, dem oberen unterlagernd, mit beiden Felsrippen fortstreichen. Wir sehen diese 5—10 m mächtige basaltische Zwischenlage an dem schon erwähnten Fusssteig von Torbole nach Nago, in diesem Dorfe selbst unter der Steilwand, auf deren Höhe die Burgruine Cast. Penedol steht und ebenso am Fusse der Felswand NW. über dem Bahnhof Nago. Organische Einschlüsse wurden nicht gefunden. Dagegen liegen zahlreiche ausgewitterte rundliche Brocken eines später näher zu beschreibenden Feldspathbasaltes reichlich über die Oberfläche zerstreut.

Die darüber liegende zweite Reihe von Nummulitenkalken zeigt in den unteren Lagen eine bröckliche Beschaffenheit und erhält reichlich *Nummuliten: N. perforatus, N. Lucasanus, N. Brongniarti* (in Blöcken gefunden), *Echiniden, Crinoiden*-Stiele und nach Durchschnitten auch Conchylien, die aus dem harten, spröden Kalk in bestimmbaren Exemplaren sich nicht heraus-

schlagen lassen. Die obersten Bänke bestehen aus einem weissen dichten Kalk, der *Nummulites Tschihatscheffi* in grösserer Häufigkeit enthält.

Indem man über die mit dem Bergabhang gleichförmig abfallenden Kalkschichten von der Burgruine bei Nago hinabsteigt, gelangt man in eine zweite parallel laufende Einbuchtung, in welcher sofort zu Tag ausstreichende, leicht verwitternde graue dünngeschichtete sandige Mergel anstehen; sie geben sich durch das massenhafte Auftreten von *Nummulites Fichteli*, *N. intermedius*, von *Orbitoiden* und *Operculinen* sich als zugehörig zu der Reihe der Priabonaschichten zu erkennen. Gleich ihre untersten Lagen folgen ohne Unterbrechung der Schichtenfolge in gleichförmiger Lagerung auf die Nummulitenkalkbänke des Burgbergs (Oberes Mitteleocän).

Diese Schichten setzen ohne wesentliche Aenderung den Höhenzug an den neuen Festungswerken von Nago zusammen und ziehen einerseits fast gleichlaufend mit der Fahrstrasse von Nago nach Torbole mit einem unter 35—40° nordwestlichem Einfallen bis zu den oberen Häusern dieses Dorfs, andererseits eine Strecke weit neben der Strasse und Eisenbahn von Nago nach Arco hin, wo ziemlich nahe der Wegkreuzung in sonst der Gesteinsbeschaffenheit nach sehr ähnlichen Lagen sich reichlich *Bryozoën* neben ungemein zahlreichen *Orbitoiden* (*O. papyraceus, O. stella* u. A.) *Operculinen, Nummulites Fichteli, N. vascus, N. intermedius* (seltener) einstellen. Diese Schichten dürften den vicentinischen Bryozoënmergeln gleich zu stellen sein.

In den auflagernden Schichten, in denen sich nach und nach eine Schichtenwendung mit einem Einfallen in St. $5^1/_2$ mit 50° nach W. bemerkbar macht, wurden von Dr. Reis neben *Nummulites vascus*, grossen *Austern, Pecten* und *Lithothamnien Korallen* vom Typus jener der Castel Gomberto-Schichten beobachtet und es ist sehr wahrscheinlich, dass man in diesen und den nun folgenden in grosser Mächtigkeit entwickelten Lithothamnien-Kalken die Stellvertretung dieser mitteloligocänen Stufe anzunehmen hat. Die Strasse wendet sich von da an abwärts bei etwa 150 m Meereshöhe wieder ins

Liegende und entblösst Lagen grauer, Foraminiferen-reicher Mergel, denen wir am Mt. Brione wieder begegnen werden und die für die Orientirung von Wichtigkeit sind. Dann schneidet die Strasse in dichte weissliche Lithothamnienkalke ein, welche durch grossartige Gletscherschliffe polirt sind. Das Einfallen ist hier mit 35° in St. 6 nach W. gerichtet. In einem Seitengraben oberhalb Bolognano und weiter NO. gegen St. Giacomo tauchen darunter wieder in beträchtlicher Mächtigkeit die Bryozoën-Mergel in St. 11 mit 35° nach NW. einfallend auf. In weiterem Verfolgen der tieferen Schichten im Bergkessel bei Mga. Creano und Castill hat Dr. Reis genau die Reihe Priabonaschichten, oberen mitteleocänen Nummulitenkalk, Basaltische Zwischenlagerung, Hauptnummulitenkalk, Scaglia beobachtet, wie solche bei Torbole beschrieben wurde, während in den Gräben zunächst östlich von Bolognano die grauen Foraminiferen-Mergel mit *Pentacrinus didactylus*, wie am Mt. Brione ausstreichen. An einer W.—O. Verwerfungskluft brechen hier die Tertiärbildungen ab und wenden sich nun über das Sarco-Thal westwärts über Arco nach Varignano, wo sie in einem Seitenthälchen sehr schön entblösst ausstreichen. Ueber diesen sehr interessanten Zug soll an einer anderen Stelle berichtet werden.

Von Arco weiter thalabwärts trennt das breite Sarcothal die Nummulitenschichten des Strassenzuges Nago-Arco von dem westlich aus der Thalverebnung und dem Gardasee wie eine Felseninsel 300 m. hoch über die Seefläche aufragenden Mt. Brione, in dessen festen Kalkbänken die Strasse Riva-Torbole eingesprengt ist. Seine Schichten bilden unzweifelhaft die Fortsetzung der Gesteinsreihe längs der Strasse Arco-Nago, welche in Folge des Durchbruchs des Sarcoflusses getheilt wurde. Die Felsbänke, welche die Strasse von Torbole gegen Riva zuerst anschneidet, bestehen aus demselben Lithothamnienkalk, der an der Strasse Arco-Nago entblösst ist. Er erhebt sich in senkrechter fortlaufender Wand auf der Ostseite des Berges bis zu dessen höchster Kuppe. Gehängeschutt verdeckt hier die zunächst unterlagernden Gesteinsschichten bis an der äussersten Nordost-

ecke, wo im Hangenden zuerst aus dem Trümmerhaufwerk ein Felsenriff von grauem, gelblich verwitterndem Kalk mit *Nummulites Budensis* und *Lithothamnien* sichtbar wird. Eine weniger steile Böschung trennt diese 10—15 m mächtige Bank von dem höher lagernden Hauptlithothamnienkalk, dessen Schichten in St. 6 mit 25° nach W. einfallen. An einer Stelle im äussersten NO. des Berges streicht nun noch die tiefere Schichtenlage, nämlich jener schon im Vorausgehenden an der Arcostrasse und bei Bolognano erwähnte, graue Foraminiferen führende Mergel mit *Pentacrinus didactylus*, kleinen *Carditen*, *Pecten* und der für den Ofener Mergel und die Häringer Schichten charakteristischen *Clavulina Szaboi* (*C. haeringensis* Gbl.), neben einer Anzahl von Herrn Obermedicinalrath Dr. Egger bestimmten Foraminiferen derselben Stufe in Ungarn und in Nordtirol in einem Hohlwege zu Tage aus. Es sind namentlich:

Verzeichniss der am NO. Fuss des Mt. Brione im Mergel gefundenen Foraminiferen-Arten nach Bestimmungen des Herrn Obermedicinalrathes Dr. Egger:

	Namen	Vorkommnisse	
		Ofner Tegel mit Clavulina Szaboi	Sonstige Fundorte
1	Amphistegina nummularia Reuss		Tertiär in Nord- u. Mittel-Deutschland.
2	Anomalina Suessi Karrer		Mariner Tegel im Wiener Becken.
3	Bolivina elongata Hantk.	+	
4	„ reticulata Hantk.	+	
5	Bulimina truncana Gümbel	+	Nordalp. Eocän.
6	Clavulina cylindrica Hantk.	+	
7	„ Szaboi Hantk.	+	
8	Cristellaria ornata Hantk.	+	
9	Gaudryina rugosa d'Orbig.		Obere Kreide, Meudon, Strehlen, Pattenau, Priesen, Lemberg.
10	Globigerina aequilateralis Brady		Challenger. — Lebend.

	Namen	Vorkommnisse	
		Ofner Tegel mit Clavulina Szaboi	Sonstige Fundorte
11	Globigerina asperula Gümb.		Nordalp. Eocän.
12	„ bulloides d'Orbig.		Wiener Tegel. Siena. Lebend. Weisse Kreide.
13	Grammostomum dilatatum Reuss		Tertiär in Oberschlesien.
14	Haplophragmium Humboldti Reuss	+	Septar. Thon. Tegel von Ofen. Brendola.
15	Marginulina indifferens Hantk.	+	
16	Miliolina (Quinqueloculina) ovata Roem.		Sternberger Gestein. Reuss.
17	Nodosaria acuminata Hantk.	+	
18	„ Budensis Hantk.	+	
19	„ simplex Silvestri		Tert. Subappennin.
20	? Polymorphina ovalis Borem.		Septarienthon von Hermsdorf.
21	Pulvinulina Budensis Hantk.	+	
22	Rhinospira abnormis Hantk.	+	
23	Rotulina elegans d'Orb. (Pulvin. Partschi.)	+	Lebend, Subappennin, Bartolomeo.
24	? Rotulina Schroeteriana Park u. Jon.		Lebend.
25	Spiroloculina limbata Bornem.		Septarienthon von Hermsdorf. Lebend.
26	Textularia carinata d'Orb.	+	Wiener Tegel. Lebend. Siena.
27	„ Mariae d'Orb.		cf. Plecanium Mariae Gümb. aus den Numm.-Schicht. von Hammer; sonst Wiener Tegel.
28	Trumatulina lobatula d'Orb.		Wiener Tertiär. Siena. Lebend.
29	Uvigerina farinosa Hantk.	+	
30	? Valvulina conica Park u. Jon.		Challenger. — Recent.

Von diesen 30 Arten findet sich die Hälfte auch in dem sog. Ofener Mergel Ungarns, was wohl genügen dürfte, die Gleichalterigkeit der Ablagerung ausser Zweifel zu setzen.

Wir gewinnen dadurch ein zuverlässiges Mittel des unmittelbaren Vergleichs mit den unteroligocänen Ablagerungen anderer Gebiete und einen Anhaltspunkt für die Zuweisung der darüber liegenden Lithothamnien-Kalke zum Mitteloligocän.

Verfolgt man das klar aufgeschlossene Schichtenprofil an der Seestrasse oder längs den Höhenkanten des Mt. Brione weiter ins Hangende, so stossen wir an einem einzeln stehenden Gebäude, dem sog. Zollhaus, auf der Seeseite unmittelbar über den bis dahin reichenden, in den hangendsten Lagen glaukonitischen Lithothamnienkalken, auf die schon früher erwähnte glaukonitreiche Grünsandsteinbank voll von Versteinerungen, namentlich von *Pecten deletus* (*P. Pasini*). Es bezeichnet dies den Beginn der miocänen Schioschichten des vicentinischen Gebiets, welche dann weiter in einer Mächtigkeit von mindestens 300 m als harte, etwas sandige, tief graue glaukonitische Mergelkalke die ganze Westseite des Berges zusammensetzen. In einem kleinen Steinbruch an der Festung S. Nicolo fallen die an *Pecten deletus* reichen, harten Gesteinsbänke in St. 6 mit 30° nach W. ein. Verfolgt man diese Schichten am Westfuss des Berges an den grossartigen Steinbrüchen in der kalktuffartigen quartären Pietra morte bei der Osteria del Mt. Brione vorbei nach S. Alessandro, so beobachtet man hier eine starke Schichtenumbiegung an einer Verwerfung mit einem Einfallen auf St. 9 mit 50° in SO. Es ziehen sich dann die Lithothamnienkalke wieder bis zum Gebirgsfuss nieder und an den Häusern von Grotta schneidet eine Entblössung graue, weiche sandige Mergel unter dem Kalk an, welche zwar auch *Bryozoën* enthalten, aber nicht den typischen Bryozoënschichten entsprechen, sondern höheren Lagen angehören.

Den Brione-Schichten an Alter gleichstehende Ablagerungen sind im Gardaseegebiet nur am Südende des See's im Burgberg von Garda und im Mt. Moscali erhalten. Was dazwischen an Tertiärgebilden nicht in die Seetiefe versunken ist, beschränkt sich auf verhältnissmässig geringe Reste von Lithothamnienkalk,

Priabona- und Bryozoën-Schichten der Insel Garda und der Felsen am Westseeufer bei Riva-Manerba. Von älteren Tertiärbildungen ist am Ostrande des See's nur eine grössere Scholle in und bei Malcesine von der Zerstörung verschont geblieben. Es finden sich hier der Hauptsache nach mergelige Priabonaschichten und basaltige Einlagerungen und zwar letztere in Vergesellschaftung mit einer sehr eigenthümlichen, grossconglomeratartigen Trümmerbildung, mit welcher der Burgberg von Malcesine in steil ansteigenden Felswänden aus dem See aufsteigt. Die Unterlage bildet von den Wellen bespülte Scaglia. Darauf baut sich ein System von Basalttuff, Mandelstein und Mergellagen, die so zahlreiche Brocken von Basalt, besonders von Spilecco-, *Brongniarti-* und *Tschihatscheffi*-Kalken eingebettet enthalten, dass das Ganze ein Conglomerat-ähnliches Aussehen gewinnt. Diese Einschlüsse beweisen, dass in der Nähe von der Entstehung dieser Trümmerbildung auch die ältesten Nummulitenschichten vorhanden gewesen sein müssen, deren Ausgehendes jetzt nicht mehr zu beobachten ist. Am oberen Eingang zum Schlosshof legen sich über die Burgbergfelsen mergelige Priabonaschichten mit *Serpula spirulaea,* vielen *Orbitoiden* u. A. unter 30° in St. 10 nach NW. einfallend an. Die gleichen Schichten stehen auch an der Strasse S. von der S. Sebastiano-Kapelle an und werden von basaltigen Tuffen unterlagert. Noch etwas weiter südlich bei Casa Gigerini springt ein schmales, aus doleritischem Basalt bestehendes Felsriff weit in den See vor. Gehängeschutt und erratisches Geröll verhindern hier den Zusammenhang der fleckweise aufgeschlossenen Tertiärschichten näher zu erkennen.

In der Abzweigung der Tertiärbildungen von Nago in NO. Richtung führt der Weg nach Pannone über grossartige Trümmerhalden von Scaglia, Biancone, Jura und Liaskalken in der Höhe zu einer sehr mächtigen von Adern dichten Basalts durchzogenen Basalttuff- und Mandelsteinlagerung, in welcher massenhafter Einschluss von Grünerde dem Gestein streifenweise eine grüne Farbe ertheilt; in anderen Streifen treten rothe und graue Farbentöne hervor. Der an der Rocca-Kapelle anstehende Basalt

scheint damit in Verbindung zu stehen. Von da gegen Pannone hin ragen Felsrippen von Lithothamnienkalk auf, unter dem an der Scheide der Wege nach Pannone und nach Varano-Chienis in einer Grube weiche, versteinerungsreiche Priabonaschichten mit *Nummulites Fichteli,* zahlreichen *Orbitoiden, Spondylus cisalpinus, Pecten arcuatus* und zahlreichen *Echiniden* in St. 6 mit 80° nach O. geneigt entblösst sind. Bittner erwähnt (Verh. d. k. k. geol. Reichs. 1878, 398) dieses Vorkommen. Neben der nach Varano aufwärtsführenden Strasse gehen dann wieder einzelne Schichtenköpfe von Lithothamnienkalke, von grossartigem erratischen Schutt mit vielen Rollstücken von Adamellogestein, Porphyr, Diorit, Serpentin u. s. w. überdeckt zu Tag, in Chienis selbst aber lagern darüber kalkige Grünsandsteine mit *Pecten deletus* (auct.), die auch über dem Thal ostwärts fortsetzen und in einem Hohlweg Pannone gegenüber in St. 9 mit 50° nach NW. einfallen, während die Felsen an der Cresta aus Lithothamnienkalken bestehen.

In dem ganzen Zug der Tertiärgebilde im Garda-Seegebiet westlich vom Mt. Baldo scheinen, soweit die bisherigen Untersuchungen reichen, mit zureichender Sicherheit basaltige Zwischenlagerungen nur in zwei Regionen vorzukommen, nämlich zwischen den unteren und oberen mitteleocänen Nummulitenkalken und an der Basis der Priabonaschichten.

Etwas anderen Verhältnissen begegnen wir innerhalb des Tertiärzugs am Ostfuss des Mt. Baldo-Hauptkamms, über dessen geologischen Bau im Folgenden kurz berichtet werden soll.

Die Tertiärbildungen dieses langgestreckten, aber schmalen Zugs sind zuerst südlich von Mori oberhalb Tierno an der Strasse nach Brentonico unter mächtigem Schutt der Beobachtung zugänglich. Es sind tuffige Basaltmandelsteine mit Natrolith-Ausscheidungen[1]) und Tuffe, in welchen unter den

[1]) Liebener und Vorhauser geben dieses Mineralienvorkommen (Die Mineralien Tirols 1852, S. 193) unter der Bezeichnung Mesotyp in Begleitung von Pektolith, Apophyllit und Kalk-

Häusern von Visna ein schwaches Braunkohlenflötzchen und Blätterschiefer eingelagert sind. Diese Bildung setzt in dem Thälchen von Besagno fort und umschliesst hier einzelne Süsswasserconchylien. Die Aufschlüsse unter der Ueberdeckung sind zu spärlich und zusammenhanglos, um über die Stellung dieser Lagen klaren Aufschluss gewinnen zu können. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass sie ungefähr den Bildungen bei Novale unfern Valdagno entsprechen. Die Kirche von Besagno steht noch auf zersetztem Basalt. Erst 1 km oberhalb treten an der Strasse nach Brentonico, wo dieselbe eine starke Krümmung macht, sandige graue Mergel mit zahlreichen *Bryozoën, Orbitoiden* und *Operculinen* in St. 7 um 50° nach SO. einfallend und über einer mächtigen, einen kleinen Wasserfall veranlassenden Priabonakalkbank zu Tag. Diese Priabonaschichten hat Dr. Reis nun weiter aufwärts bis Crosano verfolgt und hier in der Richtung Crosano-Brentonico ein ziemlich lückenloses Profil aufgefunden. Dr. Reis theilt hierüber Folgendes mit: „Am Fusse der Berghöhe 630 m O. von Crosano steht Scaglia an, auf welche ohne Spilecco-Entwicklung unmittelbar das Mitteleocän aufliegt. Dasselbe beginnt mit einer lockeren Trümmerlage von *Alveolinen*-führenden Rollstücken, Scaglia-Brocken und stellenweise sandigen Zwischenmittel (? ob Stellvertreter der Spileccobildung), geht nach oben in Kalke mit *Alveolinen, Nummulites Biarritzensis, N. Pratti* wie im Vicentinischen über und schliesst mit Kalksteinlagen voll von *Nummulites complanatus* und *N. perforatus* im Ganzen 25—30 m mächtig und nach WNW. einfallend. In einer darauf folgenden Ein-

---

spath an. Meine Analyse des Natroliths ergab als Zusammensetzung folgende Zahlen:

Kieselsäure	47,25
Thonerde	25,40
Natron	13,51
Kalkerde	0,15
Bittererde	0,01
Wasser	13,05
	99,36

tiefung stehen tuffige Lagen an, welche durch eine beträchtliche Hügelrippe nach Oben begrenzt wird, Letztere setzt sich zunächst aus gleichmässig plattigen Kalksteinen und einem schmalen in der Mitte eine Kalkentwicklung einschliessenden Basaltzug zusammen. Hier wie in den Complanaten-Kalken zeigen sich Kieselausscheidungen (25 m mächtig). Von zwei weiteren im Hangenden folgenden Kalkrippen, durch Eintiefungen mit weichen deutlich tuffigen Lagen getrennt, umschliessen die obern Bänke organische Einschlüsse nämlich zahlreiche *Pecten*- und *Echiniden*- und riesige *Cyclolites*-Arten. Die Kalke sind ebenplattig, blaugrau, in Folge von Auswitterung gelblich-weiss (Mächtigkeit gegen 25 m). Während in den liegenderen Tuffschichten, besonders in der untersten, der Charakter einer Sedimentbildung vorwiegt, folgt nun nach Oben eine schätzweise 80 m mächtige tuffige Mandelsteinmasse in z. Th. intensiv rother Färbung. Ueberlagert wird dieselbe von einem ächten Priabonakalk, welcher am Fusse des Aufstiegs nach Brentonico zahlreiche charakteristische Versteinerungen umschliesst. Er bildet die Fortsetzung des oben erwähnten Kalks am Wasserfall bei Besagno und wird wie dieser im Hangenden von Bryozoënmergel begleitet. Dieses schöne Profil stösst in Brentonico an eine N-S. verlaufende Verwerfung, längs welcher Jurakalk sich hervorhebt, ab. Brentonico steht z. Th. auf basaltigem Gestein, welches mit Unterbrechungen über S. Giacomo bis zur Scalette fortstreicht und z. B. bei Fontechel, wie an der Kapelle S. Valentino ausgewitterte Basaltblöcke aufweist."

Ein zweiter, mit dem eben beschriebenen Profil nahezu paralleler Schichtendurchschnitt von O. nach W. lässt sich am Abhang des Sornethals verfolgen. Der Steig von Brentonico über Cazzano zur Cornebrücke bei Corne führt an nach W. einfallenden Bänken von Scaglia, Diphyen-, hornsteinreichen Acanthicuskalken und Lias vorüber zu einer Kalkbreccie (in St. 9 mit 30° nach NW. einfallend), über welche der Steig hinauf nach Corne führt. Hier bemerkt man das Ausgehende der Scaglia. „Die auflagernden mitteleocänen Nummulitenkalke sind hier nach Dr. Reis zwar nicht so gut aufge-

schlossen, wie im ersten Profile, lassen sich aber in den hauptsächlichsten Gliedern deutlich wiedererkennen bis zum Complanatus-Kalk. Darüber folgen zunächst gegen 20 m mächtige Tuffe, dann mit geänderter Fallrichtung (in St. 12 mit 40° nach N.) blaugraue, Glaukonit-haltige, schiefrig zerfallende, plattige Kalke mit *Crinoiden*-Resten, ferner aus diesen sich entwickelnde Kalke mit verzweigten Bohrlöchern und endlich eine massige Kalkbank, welche das Gehänge zum Sornethal bildet.

Alle diese Schichten entsprechen der untern Region der mitteleocänen Kalke des Profils bei Crosano. Unmittelbar bei Dorf Sorne bietet sich im Thal ein vorzüglicher Aufschluss im Hangenden der oben beschriebenen Reihe und als Stellvertreter der oberen Lagen des Mitteleocäns bilden Kalkbänke mit Basaltmandelsteindecken und geschichteten Tuffen wechselnd das Liegendste der Entblössung. Auf der durch Auswaschungen sehr unebenen Kalklage breiten sich weiter zunächst Bänkchen dünn plattiger tuffiger Kalke mit vielen Versteinerungen und darüber basaltige Lagen aus, welche Brocken des darunter liegenden Kalks einschliessen und Grünerde neben Kieselausscheidungen enthalten. Nach oben wiederholen sich nun der Reihe nach wechselnd Kalkbänke und tuffige Zwischenlagen, Mandelsteindecken und Basalte mit Kalkbrocken verschiedener, auch älterer Art, wie solche in der Nachbarschaft vorkommen. Dieser Schichtencomplex entspricht im Crosano-Profil dem oberen Mitteleocän und es fehlen bei Sorne sowohl die höheren Tuffe, wie die Priabonakalke, indem eine Längsverwerfung, begleitet von einer schmalen Rippe älterer Gesteinsschichten, die regelmässige Aufeinanderfolge stört. In diesen wechselnd kalkigen und tuffigen Lagen finden sich neben *Serpula spirulaea*, die ja mehrfach bis in ältere Schichten hinabreicht, *Nummulites distans*, *N. Tschihatscheffi*, *N. perforatus*, *Assilina exponens*, viele *Orbitoiden* (Priabonaarten), z. Th. abgerollt und corrodirt. Es scheint eine Ablagerung in der Nähe der Küste zu sein, in welche aus dem aufgewühlten Untergrund Gesteinsbrocken und Versteinerungen eingeschwemmt wurden."

Anstehend findet sich in der Nähe der Priabonakalk erst jenseits d. h. westwärts des durch die Verwerfung eingeschobenen älteren Gesteinsriffs am Weg von Brentonico nach Brady als mächtige Kalkscholle, in deren tiefen unregelmässigen Schichten grosse Brocken des unmittelbar unterlagernden Basaltmandelsteins eingeschlossen sind, während erst nach oben wohlgeschichtete Bänke voll von *Echiniden* und mit mehr vereinzelten *Bryozoën* und Korallen entwickelt sind.

„Am Saumwege von Brentonico nach S. Giacomo begleitet uns nach Reis in die Tertiärablagerungen eingeschobene Scaglia und darüber unmittelbar anstehend tiefstes Mitteleocän (Membro), welches ohne sonstige Zwischenlagen sogleich in Complanatus-Perforatus-Kalke mit NW.-Einfallen übergeht. Weiterhin biegt sich die Scaglia mit SW.-Einfallen um und es folgt über ihr ein Kalk, der für Membro zu halten ist und darüber Tuff und tuffiger Kalk mit *Echiniden* und *Nummulites Brongniarti*, der auch in losen Blöcken bei Brentonico sich findet, dann folgen wieder Tuffschichten und basaltiger Mandelstein unter einem der Priabonasstufe zugehörigen Kalkklotz. Könnte hier die Schichtenfolge für ungestört angenommen werden, so fänden die Brongniarti-Kalke ihre Stelle über den Membrokalk. Doch ist diese Lagerungsweise unsicher, weil weiter gegen S. Giacomo hin Tuffe unmittelbar auf Scaglia sich einstellen, welche entweder in Folge von Störungen diese Stelle einnehmen oder den ältesten Tuffen entsprechen, wie solche im Vicentinischen an der Basis des Eocäns auftreten und auch in diesem Zuge bei Ferrara di Mt. Baldo vorkommen. Bei S. Giacomo legt sich ganz zweifellos auf die Complanatus-Kalke mächtiger, geschichteter Tuff an, der hier eingeschwemmte Brocken von Kalk mit *Nummulites complanatus* umschliesst. Auf der Höhe westlich von S. Valentino sieht man deutlich, wie dieser Tuff mit den tuffigen Mandelsteinen und Basalten unter die Kalkwände der Priabona-Stufe der Corona del Bes untertaucht. Diese Kalke dienen dann mächtigen Bryozoënmergeln zur Unterlage, die höher hinauf gegen die Bergkuppe von 1738 m Meereshöhe fortsetzen und in Lithothamnienkalke verlaufen.

Jenseits d. h. südlich des Thales der Scalette nach Ferrara hin führt der Weg fast andauernd über die in gleicher Richtung fortstreichenden Priabonakalke und über die diesen aufgelagerten sandigen Bryozoënmergel mit *Nummulites Fichteli* und *N. vascus* neben *Pecten armatus.* Erst nahe N. von Ferrara di Mt. Baldo tauchen darunter aus dem mächtigen Schutt die älteren Schichten in der Reihenfolge Scaglia, Tuff, Membrokalk wieder auf.“ Noch sei erwähnt, dass, wenn man statt des Saumwegs über S. Giacomo den unteren Steig über S. Valentino einschlägt, nahe nördlich von dieser Kapelle der Fusspfad über eine mächtige Scholle von Liaskalken, strotzend voll von *Lithiotis problematica,* aufwärts führt.

Kehren wir zur näheren Betrachtung der Gebirgsverhältnisse der Fundorte der Grünerde zurück, welche an dem eben beschriebenen Saumweg von Brentonico nach Ferrara an den Gehängen von Val Aviana bei P. Scalette unterhalb der Corona del Bes noch auf österreichischem Gebiet liegen und auf der Tiroler Karte (1 : 75000) Blatt Roveredo und Riva als Miniere delle terre verdi verzeichnet sind; so haben wir zu berichten, dass die Grünerdegruben in dem oben erwähnten Lager von basaltischen Gesteinen sich vorfinden, welches ganz unzweifelhaft die als hohe Felswand anstehende Priabonakalke gleichförmig unterteuft.

Der die Grünerde des Mt. Baldo beherbergende Complex basaltiger Gesteine gehört mithin als Zwischenglied den tertiären Nummulitenschichten an und bildet eine Einlagerung im Hangenden der sog. oberen Mitteleocänkalke und im Liegenden des Priabonakalks.

Ein Reihe alter Halden jetzt auflässiger Gruben zieht sich von dem tiefen, grabenähnlichen Thälchen, von da, wo der Saumweg nach Ferrara dasselbe überschreitet, an dem nördlichen Gehänge in ziemlich regelmässiger Linie in die Höhe, so dass man den Eindruck gewinnt, die verschiedenen Gräbereien seien auf einer dem Hauptstreichen folgenden Mineraleinlagerung angesetzt und betrieben worden. Keiner dieser Baue, die grossentheils als Stollen angelegt waren, standen z. Z. in Betrieb oder

waren fahrbar. Auf den Halden liegen hier zahlreiche Stücke von festeren Basaltmandelsteinen und verfallener Basalttuff, daneben verkieselte Grünerdebrocken, grüne und gelbe Chalcedonknollen, welche im Innern oft krystallisirte Quarzausscheidungen erkennen lassen. Die Entblössungen über Tag sind hier zu gering, um mit Sicherheit über die Art des Vorkommens der Grünerde entscheiden zu können. Die anstehenden basaltigen Gesteinsmassen sind stellenweise Basaltmandelsteine, stellenweise Basalttuffe, an welchen durch die streifig wechselnde Färbung eine Art Schichtung sich verräth. Auch fehlt es nicht an Blöcken massigen Basaltes, die ausgewittert an der Oberfläche, z. B. auf dem Sattel gegen die S. Valentino-Kapelle zerstreut liegen. Basalt, Basaltmandelsteine und Tuffe bilden hier ein Ganzes, welches als Glied zwischen den Schichten der Nummulitenkalke und -Mergel eingeschaltet sind, erstere in deckenförmiger Ausbreitung, letztere in schichtenartiger Ablagerung.

Auf der Südseite des Thales steigen die Stollenhalden in analoger Weise, wie auf der Nordseite an dem Gehänge fast parallel mit dem Saumpfad empor. Auf diesem Südflügel sind z. Th. noch mehrere Stollen in Betrieb, deren aneinander gereihte Ansatzstellen dem schichtenartigen Fortsetzen der Lagerstätte der Grünerde nach Süden hin entspricht. Einer der höchst gelegenen, zur Alpe Treto gehöriger Stollen konnte befahren werden. Ein Arbeiter war hier mit seiner Familie mit der Gewinnung der Grünerde beschäftigt. Vor Ort des mühselig zu befahrenden Stollens konnte ich mich nun von der Art des Vorkommens der Grünerde überzeugen. Die letztere ist als sekundäres Erzeugniss aus der Zersetzung der Bestandtheile der basaltigen Gesteine hervorgegangen und hat sich auf vorhandenen Hohlräumen, Klüften und Rissen, hauptsächlich zwischen Mandelstein und Tuff oder in ersterem in grösseren Massen angesammelt. Sie findet sich daher in grösseren Butzen und unregelmässig umgrenzten Linsen oder Adern, die der Gesteinslagerung nach sich fortziehen. Ueberall ist die Grünerde von Chalcedonausscheidungen begleitet und häufig so innig mit diesen verwachsen oder vermengt, dass sie dem Chalcedon die grüne

prasemähnliche Färbung mittheilt, während sonst das Kieselmineral eine bräunlichgelbe Färbung besitzt. Es ist dieselbe Mineralvergesellschaftung, wie solche sich in den Blasenräumen der Mandelsteine so vieler Massengesteine vorfindet und auch bei den Basaltmandelsteinen des ganzen Gebietes der Nummulitenschichten vom Vicentinischen bis zum Mt. Baldo und Gardasee wiederholt.

Dass dieser Ausscheidungsprocess schon frühzeitig vor der Lagerungsstörung der Tertiärgebilde stattgefunden hat, geht daraus hervor, dass die Grünerdemassen von sehr zahlreichen, wellig gestreiften, spiegelnden Rutschflächen durchzogen sind. Oft ist die Grünerde wie mit dem Chalcedon auch mit dem Nebenstein so innig verwachsen, dass man beide nicht scharf trennen kann. Solche Massen werden daher in den Gruben mitgewonnen und erst über Tag in bessere und minder gute Sorten geschieden. Auffallend ist das Fehlen oder die grosse Seltenheit von Kalkspath-Ausscheidungen, die sonst das Vorkommen von Grünerde zu begleiten pflegt.

Fragen wir nach der Entstehungsweise der Grünerde, so ist es im höchsten Grade wahrscheinlich, dass sie der Zersetzung des augitischen Gemengtheils des sie beherbergenden basaltigen Gesteins ihren Ursprung verdankt; aber schwierig zu erklären ist ihr grosser Gehalt an Kalium. Das wäre verständlich, wenn diese Basalte zu der Gruppe der Leucitbasalte gehören würden, in welchem Falle der etwa zersetzte Leucit das Kalium liefern hätte können. Es ist dieses Mineral jedoch bis jetzt in keinem der Basalte dieser Gegenden, selbst nicht als accessorischer Gemengtheil wahrgenommen worden. Es muss vorläufig unentschieden bleiben, woher dieses Alkali und ob vielleicht aus Zersetzung eines feldspathigen Gemengtheils oder der Glasmasse stammt.

III. Technische Verhältnisse.

Die Gewinnungsart der Grünerde am Mt. Baldo besitzt insofern ein historisches Interesse, als wir in derselben einen Mineralabbau vor uns haben, der von der Römerzeit an — vielleicht mit zeitweise längeren Unterbrechungen — bis in die Gegenwart hereinreicht. Solches zeitweise Erliegen des Bergbaubetriebs scheint daraus gefolgert werden zu dürfen, dass der italienische Naturforscher Cesalpini in seiner Schrift „de metallicis" 1610 dieses Vorkommen der Grünerde am Mt. Baldo nicht erwähnt.

Die Gewinnung der Grünerde auf Tiroler Gebiet war nach älterem österreichischem Bergrecht durch eine kaiserliche Belehnung bedingt, da die Substanz zu den Regalien gehörte. Solche Verleihungen bestanden früher in grösserer Anzahl am Mt. Baldo bei Brentonico, z. B. an der Scalette-Pianetti, bei Castione und Mori. Die Besitzer der hauptsächlichen Belehnungen alla Vina, Gemeinde Brentonico, waren der Graf Eccheli und Ant. Zanoni, der Grube Andrioli daselbst mehrere Einwohner von Brentonico, der Gruben „alla Scalette" die Familie Pietro dai Campi und noch vier andere Gewerke daselbst. Auch im unmittelbar angrenzenden italienischen Gebiete sollen einige Gruben betrieben worden sein.

Nach den neueren bergrechtlichen Bestimmungen in Oesterreich findet seit 1854 eine Belehnung auf Grünerde nicht mehr statt und die Gewinnung ist dem Grundbesitzer freigegeben. Eine bergbehördliche Beaufsichtigung der Betriebe besteht nicht mehr. Zur Zeit meines Besuchs der Gegend war nur eine zur Malga Treto gehörige Grube durch nur einen Arbeiter belegt. Es sollen sonst gegen 10 bis 15 Bergleute bei der Grünerdegewinnung in dieser Gegend beschäftigt sein, sobald die Feldarbeit beendigt ist. An der oben erwähnten Grube hatte ein Arbeiter mit seiner Familie in einer sehr dürftigen Hütte Aufenthalt genommen, daneben bestand noch ein Bretterverschlag

für die Aufbewahrung des gewonnenen und gereinigten Materials. Die Gewinnung findet z. Z. in einem etwa 200—250 m langen Stollen von denkbar schlechtester Beschaffenheit statt. An der Sohle etwa 1,5 m breit ist derselbe nach oben unregelmässig zugeführt und an einzelnen Stellen so eng, dass man nur fast kriechend vorwärts kommen kann. Dabei ist die Stollensohle uneben, oft ansteigend, oft grubenartig vertieft und an solchen sackartigen Vertiefungen mit Wasser und Schlamm erfüllt. Vor Ort fand ich die Grünerde in einem unregelmässig abgegrenzten Butzen und Nesterwerk anstehend zwischen Mandelstein und tuffiger Masse in einer Mächtigkeit bis zu 0,1 m. Das Streichen der Lagerstätte ist von SW. nach NO. und das schwache Einfallen nach NW. gerichtet. Bei dem Abbau bedient sich der Erdgräber einer Art Spitzhaue. Ob vom Stollen aus Seitenstrecken und Abbaue nach oben oder unten getrieben sind, konnte ich nicht ermitteln. Es sollen solche vorhanden sein.

Das in der Grube gewonnene Material wird in Tragkörben durch den Stollen zu Tag gebracht und hier durch die Angehörigen des Arbeiters gereinigt, von den unhaltigen Bergtheilen dem sog. toro (tuffo) und begleitenden Chalcedon, sog. prea (petra) geschieden und sortirt. Sobald die Erde im Lagerraum ausgetrocknet ist, wird dieselbe in Säcke verpackt, mittelst Maulthiere über Brentonico zur Eisenbahnstation Mori gebracht und geht von da in den Handel angeblich hauptsächlich nach Verona und Hamburg zur weiteren Verarbeitung für Farberde. Nach gefälliger Mittheilung des Grubenbesitzers Herrn Zanoni kostete loco Mori ein Kilogramm Grünerde:

I. Qualität 15 Kreuzer öst. W.
II. „ 11 „ „ „

Im Handel kostet die Malerfarbe:

1) Beste dunkele Sorte in Klgr. 2 ℳ 80 ₰.
2) Zweite helle Sorte „ „ 2 ℳ — ₰.
3) Grüne Tüncherfarbe „ „ — ℳ 50 ₰.

Die Sorte 1 dürfte aus reiner Grünerde hergestellt sein, die zweite Sorte braust mit Säuren behandelt lebhaft und scheint eine Vermengung von Grünerde mit Kreide zu sein. Die dritte Sorte ist stark verunreinigt.

Es sei hier bemerkt, dass in Südtirol noch eine andere grüne Erdfarbe unter der Bezeichnung „Klausener Grünerde" in den Handel kommt, für welche wahrscheinlich das Rohmaterial im Fassathal gewonnen wird und welcher die bekannte Umwandlung vom Augit in Grünerde entspricht.

Die Mundlöcher der zahlreichen Stollen im Val. Aviana sind so nahe übereinander angesetzt, dass es scheint, als ob in den streichend auf der Lagerstätte einer über dem anderen getriebenen Stollen die Gewinnung der Grünerde, soweit deren Anstehendes vom Stollen aus sich erreichen lässt, stattfindet. Die jährliche Gewinnung des Rohstoffs beträgt angeblich 15 000 bis 20 000 Klgr.

Einige Stollen an der Scalette sollen soweit in das Gebirge getrieben sein, dass sie bei der Nähe der Landesgrenze bis in das benachbarte italienische Gebiet hineinreichen, was bei einer Länge der Stollen von 250—300 m nicht unwahrscheinlich ist.

Dass die Grünerde vom Mt. Baldo als Material für Herstellung der unter der Bezeichnung Veroneser oder Seladon-Grün bekannten Erdfarbe Verwendung findet und dass die Farbe jetzt noch und schon von den Römern[1]) für Freskomalerei benützt wurde, ist bereits erwähnt worden. Sie wird bei dieser Anwendung besonders wegen ihrer Unveränderlichkeit unter der Einwirkung der Atmosphärilien und wegen ihrer Verwendbarkeit unmittelbar auf Mörtel und Kalkanstrich hochgeschätzt. Weniger geeignet ist die Farbe für Pastell- und Wassermalerei. Als Oelfarbe ist sie so gut wie unbrauchbar. Die geringsten Sorten liefern eine wohlfeile Tüncherfarbe.

In Verona, wo hauptsächlich die Erdfarbe aus dem Rohmaterial vom Mt. Baldo hergestellt wird, reinigt man letzteres

[1]) R. Wiegmann, Die Malerei der Alten, 1836.

behufs der Entfernung von Eisenoxyden mit Salzsäure und stellt dann durch Schlämmen des feingemahlenen Stoffes verschiedene Farbsorten her. Auch gebrannt wird die Substanz zur Herstellung einer braunrothen Farbe verarbeitet. Mit Kreide vermengt kommt die Farbe unter dem Namen „Steingrün“ als Tüncherfarbe in den Handel.[1])

[1]) Bersch, Die Fabrication der Erdfarben, II. Aufl. 1893, 40 u. 190; Mierzinski, Die Erd-, Mineral- und Lackfarben, 1883, 184.