

## 5. Beiträge zur Geologie der Veroneser Alpen.

Von Herrn K. BODEN.

Hierzu Tafel XIV und XV und 1 Textfigur.

Die im folgenden niedergelegten Ausführungen sollen eine Ergänzung zu den Aufnahmen in den Veroneser Alpen östlich der Etsch bilden, welche in den Jahren 1905 und 1906 ausgeführt wurden<sup>1)</sup>. Die Gelegenheit, in dem Gebiete neue Beobachtungen anzustellen und alte zu revidieren, wurde durch eine mehrtägige, im Anschluß an meine Wintervorlesung im März 1914 unternommene Exkursion sowie durch eine sich daran anschließende allerdings nur kurze Begehung gegeben.

### Zur Tektonik.

Schon in der Morphologie der Berge tritt die plateauförmige Lagerung der Schichten aufs deutlichste in Erscheinung. Im allgemeinen senkt sich das Plateau südlich gegen die Ebene zu ganz allmählich. Teilweise fallen die Schichten jedoch auch flach gegen Südosten zu ein. Mehrere breite, flache Sättel und Mulden machen sich bemerkbar mit nordsüdlich und ostwestlich gerichteten Achsen, die jedoch den Plateaucharakter in keiner Weise beeinflussen.

Die Gesamttektonik der die Plateauberge aufbauenden Schichten wird vor allem von der Tendenz beherrscht, an im wesentlichen nordsüdlich oder nordnordöstlich gerichteten Störungslinien gegen Osten oder Ostsudosten mehr und mehr abzusinken.

Am deutlichsten tritt dies bei den Flexuren am Monte Pastello und Monte Pastelletto in Erscheinung, die bereits vor Jahren von BITTNER<sup>2)</sup> eingehend beschrieben wurden. Eine ganz ähnliche Abbiegung, die bei Mazurega schwach gegen OSO

<sup>1)</sup> Die geologischen Verh. d. Veroneser Alpen zwischen der Etsch und dem Tale von Negrar. Beitr. z. Paläont. u. Geologie Österreich-Ungarns u. d. Orients. **21**, 1908.

<sup>2)</sup> Verh. d. Reichsanst. 1878, S. 63.

überkippt ist, zeigt sich weiter im Süden. Dieselbe wurde ebenfalls schon von BITTNER erwähnt<sup>1)</sup>). Dieser parallel verläuft eine etwas schwächere Abbiegung weiter im Westen zwischen Selva und Zengio östlich der Marmorbrüche im oberen Jura. Einen etwas anderen Bau zeigt die Flexur, welche bei Manone durchstreicht. Dieselbe geht nach Norden zu in einen nord-südlich streichenden Bruch über, der möglicherweise aus einer Flexur hervorgegangen ist, und verläuft im Süden in die Verwerfung, welche durch das Fumanetal hindurchzieht, dessen linke Talseite abgebrochen ist. — Die schon von BITTNER<sup>2)</sup> ausgesprochene Annahme, „daß die eigentümlichen nahezu fächerförmige Anordnung der Hauptflußtäler des Gebietes wohl durch die nachweisbaren Hauptrichtungen der Brüche und Störungen beeinflusst sein muß“ — d. h. der Iudicarienstörungen im Westen und der Bruchlinie Schio-Vicenza im Osten —, ist also für das Fumanetal bewiesen, wenigstens für den von Fumane etwa bis Manone reichenden Teil, während sein Oberlauf ein reines Erosionstal bildet.

Neben diesen bedeutenderen Flexuren oder in Brüche übergehenden Flexuren finden sich nun in den flach gelagerten Schichten noch eine Menge kleinerer Abbiegungen, die sich besonders in den steilen Tälern gut beobachten lassen, und die ebenfalls die allgemeinen Senkungserscheinungen gegen Ost-süd-ost andeuten.

Begeben wir uns in die Gebiete westlich der Etsch, welche ebenfalls vom Iudicarienstreichen beherrscht werden, so finden wir hier ähnliche Störungsformen, die jedoch in gewisser Beziehung von den unsrigen etwas abweichen. Bei den Flexuren im Osten der Iudicarienlinie tritt als besonders charakteristisches Merkmal in Erscheinung, daß dieselben fast überall nach Osten überkippt und auch überschoben sind<sup>3)</sup>). Außerdem ist der abgesunkene Schenkel stets muldenförmig emporgebogen, so daß eine schiefe Falte entsteht. Die Erklärung dieser Kniefalten ist wohl zuerst von SUESS in das rechte Licht gestellt, der dieselben aus einer Kombination von tangentialem Schub, der gegen das Senkungsfeld gerichtet ist, verbunden mit einer gleichzeitigen Absinkung erklärte (SUESS I,

<sup>1)</sup> Verh. d. Reichsanst. 1878, S. 63.

<sup>2)</sup> Verh. d. Reichsanst. 1878, S. 63.

<sup>3)</sup> BITTNER: Über die geologischen Aufnahmen in Iudicarien und Val Sabbia. Jahrbuch der Reichsanst. 1881, **31**, S. 219, u. A. COSSAGLIO: Osservazioni geologiche sulla riviera bresciana del Lago di Garda. Bull. d. l. soc. geol. Ital. 1891, **10**, S. 247.

S. 331 und a. a. O.). Solche Kniefalten kehren auch im Bauplan der gegen Süden abgesunkenen und von Nordengeschobenen Lombardischen Alpen häufig wieder<sup>1)</sup> und finden sich ebenso auch in den östlichen Teilen des Etschbuchtgebirges, bei den der Val-Sugana-Linie parallel verlaufenden Störungen bei Recoaro<sup>2)</sup>, in den Sette

<sup>1)</sup> Zu dieser Auffassung von *Stuess* gelangten auch *Schmidt* (Umgeb. v. Lugano: *Eclogae geol. Helv.* 1890, S. 42), *Tilmann* (Tekt. Studien im Triasgeb. d. Val Trompia. Diss. Bonn 1907, Stratigr. u. Tekt. d. Trias d. M. Guglielmo. Z. D. G. G. 1909, Monatsber. 4). *R. Wilkens*: (Z. D. G. G. 1911, Monatsber. S. 540.) u. a., während von mehreren Autoren, insbesondere neuerdings von *Rassmuss* (Geolog. u. paläont. Abh. 1912, 14, S. 102, Z. D. G. G. 1912, S. 334, u. 1913, Monatsber. S. 86), und *Cacciamaali* (Lit. s. *Tilmann*, Z. D. G. G. 1914, S. 302) die Theorie vertreten wurde, daß die Störungsformen der Lombardischen Alpen lediglich auf einen tangentialen, nach Süden gerichteten Schub zurückzuführen seien. Dieser Ansicht ist *Tilmann* nochmals entgegengetreten. (Zeitschr. d. D. G. G. 1914, S. 302.)

Auch *Bittnner* hat früher den Bau des Außenrandes der südlichen Kalkalpen mit demjenigen der Nordalpen verglichen (Jahrb. d. Reichsanst. 1881, S. 366, u. 1883, S. 434). Ebenso gelangt *Amfferer* zu dem Resultat, daß die Art der Gebirgsbewegungen in den südlichen Kalkalpen denjenigen der nördlichen Kalkalpen Tirols entspreche und nur durch die verschiedene Intensität der nach außen gerichteten Gebirgsbildung voneinander abweiche. (Querschnitt durch die Ostalpen. Jahrb. d. geol. Reichsanst. 1911, S. 661 u. 662.) In dem Kapitel „Tektonische Übersicht“ heißt es jedoch, daß am Südalpenrand die „Bewegungsflächen, an denen schuppenförmige Überschiebungen stattgefunden haben, gleichzeitig Senkungsflächen sind“ (l. c. S. 697), und hierin scheint mir der grundlegende Unterschied zu den durch einen einseitigen Súd Schub entstandenen Faltungen, Überfaltungen und Überschiebungen am Nordrand der Alpen zu bestehen. Für die Deutung der Störungsformen am südlichen Rand der Lombardischen Alpen ist jedoch meines Erachtens noch keine bessere Erklärung gefunden, als daß neben den tangentialen Bewegungen auch Senkungserscheinungen, die gleichzeitig an denselben tektonischen Linien ansetzen, mitgewirkt haben.

Es liegt ja auch die Annahme sehr nahe, daß die großen Senkungsphänomene der Lombardischen Alpen, die insbesondere durch das Absinken der Kalkalpenzone gegen die kristallinen Schiefer und durch das Verschwinden der Kalkalpen unter der Poebene am Lago Maggiore sowie durch den deutlich ausgeprägten Val-Trompia-Bruch in die Erscheinung treten, auch in der spezielleren Tektonik zum Ausdruck kommen müssen.

Über einen einheitlichen Bauplan des Außenrandes der südlichen Kalkalpen können wohl auch kaum Zweifel aufkommen. Nur scheinen sich in den Lombardischen Alpen im allgemeinen die tangentialen Bewegungen stärker bemerkbar zu machen wie in Venetien, insbesondere in den Teilen östlich der Etsch, wo die Senkungserscheinungen in den Plateaubergen überall so deutlich nachweisbar sind.

<sup>2)</sup> *Bittnner*: Jahrb. d. geol. Reichsanst. 33, 1883, S. 563. — *Tornquist*: Das vicentinische Triasgebirge. Stuttgart 1901. Insbes. S. 190 u. 192.

Commune<sup>1)</sup> usw., wo dieselben überall die radialen und die gegen Süden gerichteten tangentialen Bewegungen erkennen lassen<sup>2)</sup>.

Derartige Störungsformen treten nun in diesem im Knie der Etsch gelegenen Teile der Veroneser Alpen in ihrer typischen Form nicht mehr in Erscheinung. Die Aufbiegungen der gesenkten Flexurschenkel fehlen häufig ganz (Monte Pastello, Fig. 6, l. c.) oder finden sich nur in sehr schwachem Maße (Monte Pastello Fig. 3 und 4, l. c.). Am besten zeigt sich eine derartige Aufbiegung bei Manone, was zu der falschen Be-

<sup>1)</sup> NEUMAYR: Verh. d. Reichsanst. 1871, S. 165. — VACEK: Verh. d. Reichsanst. 1877, S. 211. — TARAMELLI: Geologia d. Prov. Venete. Con carta geol. e profili. Atti d. R. Acc. d. Lincei Mem. d. cl. fisiche, matem. e natur. Ser. IIIa, Vol. XIII, Roma 1882. — ROTHPLETZ: Ein geol. Querschn. d. d. Ostalpen. Stuttgart 1894, S. 179. DIENER: Bau u. Bild d. Ostalpen. Wien 1903, S. 525 u. 530.

<sup>2)</sup> Einen ausgezeichneten Überblick über den zwischen der Brenta und dem Lago di S. Croce gelegenen Teil der Venetianer Alpen erhalten wir durch die eingehende und reich ausgestattete Arbeit von DAL PIAZ (Studi geotettonici sulle Alpi Orientali, Mem. dell' Ist. Geol. d. R. Univ. di Padova, Vol. I, Mem. I, 1912). Insbesondere lassen die zahlreichen Profile den tektonischen Aufbau des Gebietes klar erkennen. In bezug auf die theoretische Deutung der nicht sonderlich komplizierten tektonischen Verhältnisse schließt sich der genannte Forscher nicht der Auffassung von SUSS an, sondern sieht in dem Gebiete ein typisches Beispiel einer Region, die von einer Serie verschiedenartig, aber im allgemeinen einfach gebauter Falten mit z. T. reduzierten Mittelschenkeln durchzogen ist.

Es treten zwar bei den Profilen zuweilen echte Falten in die Erscheinung, aber die Mehrzahl derselben weicht von dem Bau einer normalen Falte dadurch ab, daß sie einen steilen oder überkippten Nordflügel und einen schwach oder gar nicht geneigten Südschenkel besitzen. Dieselben können daher ebensowohl als z. T. nach Süden überkippte Flexuren, deren abgesunkener Schenkel mehr oder weniger muldenförmig emporgebogen wurde, aufgefaßt werden. Am klarsten zeigt sich eine normale Abbiegung am Südrande der Alpen, wo sich die steil gestellten Tertiärschichten an die ebenso steil gestellte Kreide anschließen, um weiter südlich in eine horizontale Lage überzugehen. (Wird doch auch schon dadurch, daß gegen das Innere des Gebirges zu immer ältere Schichten auftreten, der stufenförmige Bau, der insbesondere auch in den Sette Commune so deutlich hervortritt, angezeigt. Gerade hierin liegt auch ein wesentlicher Unterschied zu dem Bau des Nordrandes der Kalkalpen.)

Der tangentielle Nordsüdschub macht sich zwar in dem von DAL PIAZ genau untersuchten Gebiete deutlich bemerkbar, aber die Senkungserscheinungen gegen die Venetianer Ebene können ebensowohl bei der Deutung der tektonischen Verhältnisse nicht ausgeschaltet werden.

Das Fehlen von Brüchen und Verwerfungen wurde bereits in einer früheren Arbeit von DAL PIAZ betont (Le Alpi Feltrine. Estr. d. Mem. del R. Ist. Veneto di Scienze, Lett. ed. Arti, Vol. XXVII, N. 9, Venezia 1907). Auch bei den in dieser Arbeit enthaltenen Profilen lassen sich die normal gebauten Flexuren deutlich erkennen.

zeichnung „Mulde“ führte (l. c. S. 200). Gänzlich fehlen dagegen die durch den tangentialen Westnordwestschub hervorgerufenen Überkippungs- und Überschiebungserscheinungen der weiter westlich im näheren Bereich der Iudicarielinie gelegenen Flexuren. Vielmehr stehen die Mittelschenkel entweder steil oder fallen, was wohl als die Regel zu bezeichnen ist, mit  $45^{\circ}$  gegen Ost-südost ein.

In diesem am weitesten östlich gelegenen Bezirk, der noch vom Iudicarienstreichen beherrscht wird, machen sich also nur die Senkungen gegen Ost-südost, nicht aber auch die westnordwestlichen Schübe bemerkbar. Die Flexuren sind gleichsam in einem Entwicklungsstadium, welches auch die weiter westlich gelegenen Kniefalten durchgemacht haben, stehen geblieben.

Etwas unklar bei der Deutung der Kniefalten ist die Entstehung der Aufbiegung des gesenkten Schenkels. Wenn man zur Erklärung hierfür eine tangential wirkende Kraft annehmen will, so müßte im Osten der Etsch der westnordwestliche Schub noch in ganz schwachem Maße gewirkt haben.

Von dem Bau der Flexuren und den in Verwerfungen übergehenden Flexuren weicht die große Verwerfung am linken Etsch-ufer, die auch schon von BITTNER beschrieben wurde, wesentlich ab. Diese Störung bildet zweifellos in ihrer ersten Anlage einen echten Bruch, ohne jede Schleppungserscheinung, an dem das östlich angrenzende Tafelland eine tiefe Absenkung erfahren hat. Gegen Süden nimmt die Sprunghöhe der Verwerfung ganz erheblich ab. Die letztere gleicht sich jedoch nicht, wie BITTNER annimmt, aus<sup>1)</sup>, sondern durchschneidet die Pastelloflexur und biegt am Monte Incisa nach Südsüdost um. Die Sprunghöhe hat hier nur ein sehr geringes Ausmaß, und merkwürdigerweise erfolgte eine schwache Senkung der westlichen Scholle. Im südlichen Teil des Monte Incisa ändert die Störung überhaupt ihren Charakter. Sie gabelt sich in zwei Arme, zwischen denen die Schichten eingesunken sind, so daß eine streifenförmige Scholle jüngerer Schichten eingekeilt zwischen den Juraschichten liegt, zu beiden Seiten begrenzt von offenbar senkrecht stehenden Verwerfungen. Es handelt sich hier um einen grabenförmigen Einbruch, der durch Auslösung von Zerrungserscheinungen in der Plateaudecke entstand. Darauf deuten auch die lockeren Breccien an den Verwerfungen hin

<sup>1)</sup> Verhandl. d. Reichsanst. 1878, S. 402.

und die äußerst unregelmäßige Lagerung der eingesunkenen Schichten. Geringe Verschiebungen in horizontaler Richtung, die durch einen nördlichen Schub veranlaßt wurden, mögen ebenfalls an dieser Hauptstörung stattgefunden haben (vgl. BODEN: Veroneser Alpen, l. c. S. 199). Dagegen scheint mir das steil westlich gerichtete Einfallen, welches an der Grenze von Dolomit und grauen Kalken westlich von Rovinal beobachtet werden kann (l. c. Profil VI und VIII), nicht unbedingt für eine tangentialen Bewegung aus Westnordwest zu sprechen.

Während also die tangentialen gegen Ost-südost gerichteten Bewegungen des Iudicariensystems so gut wie ganz fehlen, findet sich am Monte Solane eine flache Überschiebung, die im Sinne der Val-Sugana-Überschiebung gegen Süden gerichtet ist (l. c. S. 199). Der Stirnrand der überschobenen und zugleich eingesunkenen Eocänplatte ist stark zerknittert und ganz flach gegen Nordnordost geneigt. Diese Überschiebung bildet das südlichste Ausklingen des Val-Sugana-Senkungs- und -Überschiebungssystems, welches von Schüben aus Norden und Absinkungen gegen Süden bedingt wird, und welches weiter im Norden am Corno d'Acquilio und Corno Mozzo den Bau der Störungen bereits beherrscht.

Auch im Norden des Monte Pastello findet sich bei Dolce noch eine im Sinne der Val-Sugana Linie verlaufende Flexur. Hierdurch entsteht die Absinkung des Monte Pastello an der Westseite der Etschtalverwerfung. Eine ebenso ostwestlich gerichtete Abbiegung, die allerdings ein viel größeres Ausmaß erreicht und nach Süden überkippt ist, wurde auch von BITTNER am Südrand des Monte Baldo beschrieben (Verh. d. Reichsanst. 1878, S. 400). Hier biegt das ostwestliche Streichen in das nordsüdliche Streichen des Hauptkammes vom Monte Baldo um, während die Flexur bei Dolce an der Etschtalverwerfung ihr Ende findet. Es machen sich also innerhalb der rein iudicarisch gerichteten Störungszonen schwache Einflüsse des Val-Sugana-Systems, die sich sowohl in Überschiebungen wie auch in Absinkungen äußern, bemerkbar.

Noch eine weitere Art von Störungsformen tritt in dem Gebiete auf, die zwar für den tektonischen Aufbau des Gebirges keine so große Bedeutung besitzt, aber doch insbesondere auch wegen ihrer Eigenart eine gewisse Beachtung verdient. Es sind das isolierte Schollen von geringer Ausdehnung, die rings von normal gelagerten jüngeren oder auch älteren Schichten umschlossen werden.

Ein derartiges Vorkommen findet sich im Norden vom Monte Rumala im Val di Resentera (auf der geologischen Karte

von NICOLIS<sup>1)</sup> ist dieses Tal mit Val Dossara bezeichnet). Die merkwürdigen Lagerungsverhältnisse verdienen indessen etwas mehr Beachtung, als ihnen bei der früheren Aufnahme zugewandt wurde. Allerdings konnten auch die neuerdings unternommenen Untersuchungen infolge schlechten Wetters und Mangels an Zeit nicht ganz zu Ende geführt werden.

Es handelt sich um eine im oberen Teile des Tales gelegene eingesenkte Scholle. Dieselbe besteht aus weicheren Gesteinen wie die umgebenden grauen Kalke und ist daher durch eine ovale Depression deutlich gekennzeichnet.

Vor allem hebt sie sich auch dadurch, daß sie dicht mit Wein bepflanzt ist, von ihrer kahlen oder mit rauhem Buschwerk bewachsenen Umrandung scharf ab. Direkt unterhalb der Scholle liegt viel Schutt, darunter stehen normal gelagerte, graue Kalke z. T. NW fallend an. Nirgends lassen sich hier Anzeichen von gestörten Lagerungsverhältnissen erkennen, außer den überall in den grauen Kalken auftretenden durch kleine Flexuren hervorgerufenen Ruschelzonen. Auch oberhalb der Scholle streichen die normal horizontal gelagerten Bänke ohne Störung von einer zur anderen Talseite hinüber. Es handelt sich also nicht, wie früher angenommen wurde, um ein Einsinken an zwei parallelen Verwerfungen, sondern um einen zwar nur kleinen, aber wohl ausgeprägten kesselförmigen Einbruch.

Die eingesunkenen Schichten sind außerordentlich stark verquetscht und durcheinandergeschoben und nehmen häufig einen vollkommen brecciösen Habitus an. Vorherrschend setzen sich dieselben aus Kreide, und zwar zumeist aus Biancone, in der sandige Einlagerungen vorkommen, und oberem Jura zusammen. In größerer Verbreitung finden sich außerdem wohl geschichtete und schiefrige dunkle Tuffe, ferner Sandsteine, die häufig ein Gemisch von tuffigem und sedimentärem Material bilden. Das Auftreten der Tuffe gerade in dem Einbruch ist merkwürdig, da das Vorkommen derselben am westlichen Fumaneufer südlich vom Monte Creta zu großen Seltenheiten gehört.

Auch die grauen Kalke, welche die gesenkte Scholle einrahmen, sind häufig sehr brecciös. Sie bestehen zumeist aus gelb oder rot gefärbten Oolithen, aus bunten Kalken oder stark zersetzten und von Eisenlösungen infiltrierten zuckerkörnigen dolomitischen Kalken.

Am besten ausgeprägt ist der nördliche Rand des Einbruches, welcher steil gegen die Senke zu geneigt ist und infolge mehr-

<sup>1)</sup> Carta geologica della Provinzia di Verona. Memorie dell' Accademia d'Agricoltura d'Arti e Commercio di Verona 1882.

facher Querstörungen etwas unregelmäßig verläuft. Überall ist das scharfe Abschneiden der hier und da etwas geschleppten Biancone und der Tuffbänke zu beobachten.

Über die Sprunghöhe dieses eigentümlichen Kesselbruches, der vielleicht etwas über 1000 m Länge und 500 m Breite besitzt, können infolge der mangelhaften topographischen Unterlage keine ganz sicheren Angaben gemacht werden. Schätzungsweise mag die Einsenkung etwa 200 m betragen.

Die Aufschlüsse innerhalb des Einbruches sind nicht übermäßig günstig, in den oberen Teilen desselben, der nach den Aufschlüssen am Nordrande zu urteilen offenbar im wesentlichen vom vulkanischen Tuff eingenommen wird, fehlen sie fast ganz. Infolgedessen gelang es bei der früheren Aufnahme nicht, über gewisse kieselige Gesteine, die in großer Menge in den Weingärten verstreut liegen, nähere Feststellungen zu machen (l. c. S. 194). Dieselben bestehen aus amorphem, stark eisenhaltigem, zumeist braun, seltener auch rot gefärbtem Quarz, der häufig Kalkbrocken enthält, die z. T. oder auch ganz silifiziert sind, so daß die Gesteine das Aussehen von bunten, verkieselten Breccien erhalten. Bei der letzten Begehung fanden sich nun mehrere Stücke, die den Kontakt dieser Eisenkiesel mit oolithischen und krystallinen grauen Kalken zeigen und außerdem fanden sich Kontaktstücke von grauem Kalk mit Braunstein. Derartige Manganerze, welche z. T. auch mehr oder weniger starke Verkieselungserscheinungen und Drusen mit Quarzkrystallen erkennen lassen, liegen hier in großer Menge auf den Feldern. (Eisenerze sind seltener.) Solche vererzte und verkieselte Breccien ließen sich anstehend am Nordrande des Einbruches nachweisen, und zwar als Spaltenfüllungen zwischen dem Tuff und den grauen Kalken. Der nördliche Verwerfungsrand der letzteren ist auf ganze Strecken hin mit einer dicken Braunsteinkruste bekleidet. Derartige Bildungen stellen also lediglich Absätze von mangan- und kieselsäurehaltigen Lösungen dar, die auf den Spalten zirkulierten. Von den Spalten aus fanden auch Silifizierungen der Kalke statt, wie sich an Handstücken mehrfach beobachten läßt.

Eine Erklärung dieser Erscheinungen erfordert die Annahme von aus der Tiefe aufsteigenden mineralhaltigen Lösungen, die ihren Mangan- und Kieselsäuregehalt in den mit Breccien erfüllten tektonischen Spalten niederschlugen.

Eine weitere aus Scaglia und Biancone zusammengesetzte, wenig umfangreiche eingesenkte Scholle, die von senkrechten Verwerfungen begrenzt wird, liegt an der Querstörung im Westen von Fumane,

Eines der merkwürdigsten tektonischen Phänomene bildet wohl zweifellos das Auftreten einer aus oberem Jura und etwas grauem Kalk bestehenden isolierten Scholle im Westen von Cavallo. Dieselbe ist rings von steilen Flächen umgrenzt und hebt sich auch schon von weitem als massiger Block von den umlagernden Kreide- und Eocänschichten scharf ab. Vielleicht kann man dieselbe als Pfeiler deuten, der bei dem Absinken der angrenzenden Schichten stehen blieb.

### Stratigraphische Bemerkungen.

Mehrere Jahre nach dem Erscheinen meiner Arbeit wurde von DAL PIAZ eine sehr interessante Fauna des mittleren Dogger von der Lokalität Resentera bei Verago an der Nordseite des Monte Rumala beschrieben<sup>1)</sup> und damit ein wichtiger Beitrag zur Kenntnis der grauen Kalke geliefert. Da nun durch diese Arbeit die schon früher oft umstrittene Altersfrage der grauen Kalke wieder angeschnitten und insbesondere das Alter der grauen Kalke des Fumanetales anders als wie in meiner früheren Arbeit gedeutet wird, so mögen einige Bemerkungen über diese Verhältnisse folgen.

DAL PIAZ gibt durch die gesamte Schichtserie am Nordrand des Monte Rumala etwa von Verago durch das Val di Resentera bis zum Progno di Fumane folgendes Profil, das, um Irrtümer zu vermeiden, in etwas abgekürzter Form hier wiedergegeben sein mag.

1. Scaglia.
2. Biancone.
3. Weiße kompakte Kalke mit roten und gelben Adern (wahrscheinlich Tithon).
4. Rote und gelbe mehr oder weniger kompakte Kalke mit Belemniten.
5. Weiße und gelbliche, schwach krystalline dolomitische Kalke, fast ganz fossilleer.
6. Sandiger Dolomit von gelbgrauer oder zum Teil mehr oder weniger intensiver roter und gelber Farbe.

<sup>1)</sup> Sulla Fauna bathoniana del Monte Pastello nel Veronese: Mem. dell' Istituto geol. d. R. Univ. d. Padova 1912. Mem. III. Entdeckt wurden diese fossilführenden Schichten bereits von PELLEGRINI und PIZZOLARI im Jahre 1847 (Gazetta ufficiale di Verona n. 43). Diese Arbeit ist mir jedoch leider nicht zugänglich. Außerdem liegt eine Arbeit über dieselbe Lokalität von MENECHINI vor (Fossili di Monte Pastello n. Pr. d. Verona. Att. Soc. Tosc. Sc. nat. Vol. IV. 1880) und eine Bearbeitung der Korallen von A. D'ACHIARDI (Atti della Società Toscana di Scienze Naturali. Vol. IV. fasc. 2. Pisa 1880).

Mächtigkeit etwa 50 m. Fossilhorizont mit Krinoiden, Korallen, Gastropoden und Zweischalern.

7. Weiße und rote, schlecht geschichtete, zuckerkörnige Dolomite von beträchtlicher Mächtigkeit und einer Lage mit zahlreichen Exemplaren der *Rhynchonella Clesiana*.
8. Kompakte Kalke mit Fossildurchschnitten.
9. Die Zone der grauen Kalke mehr oder weniger mergelig und unregelmäßig geschichtet.

In den beiden letzten Abteilungen 8 und 9 dieser Schichtenfolge sind unschwer die eigentlichen „grauen Kalke“ zu erkennen. Diese dichten, dunklen, zum Teil auch rötlich gefärbten Kalke stehen, wie ich mich auch bei meinen letzten Begehungen überzeugen konnte, in den untersten Teilen des Val di Resentera an und ziehen sich an der Straße, die im Fumanetal hinaufführt, bis 2 km oberhalb von Fumane hin. Im Vaglio di Bolpe, dem Taleinschnitt zwischen Monte Incisa und Monte Rumala, wurden in denselben die *Terebratula Rotzoana* und *Renieri* nachgewiesen (l. c. S. 184). Es ist dieses derselbe Horizont, welchen VACEK bei Rovereto als „graue Kalke von Noriglio“ bezeichnet. Auch die petrographische Beschaffenheit stimmt vollkommen mit den bekannten fossilreichen Vorkommnissen von Noriglio bei Rovereto<sup>1)</sup> überein. Die Zugehörigkeit dieser Schichten zum Lias kann wohl kaum noch in Zweifel gezogen werden, während die „Schichten mit *Gervillia Buchi*“ von VACEK neuerdings zum Rhät gerechnet werden<sup>2)</sup>. Die Abteilungen 7, 6 und 5 des Profiles von Piazz, welche von den grauen Kalken mit der *Terebratula Rotzoana* und *Renieri* unterlagert und vom oberen Jura (Abt. 4) überlagert werden, gehören also dem oberen Niveau der grauen Kalke, den „Schichten mit der *Rhynchonella bilobata*“, oder den „gelben Kalken“ BITTNERs an, die VACEK nach der bekanntesten Lokalität Oolithe vom Cap San Vigilio nennt. In den Veroneser Alpen hat BOEHM<sup>3)</sup> für diesen Horizont den Ausdruck „Gelbe Krinoideenkalke von Erbezzo“ vorgeschlagen. Aus früher bereits angeführten Gründen (l. c. S. 185) wurde diese Bezeichnung übernommen. Die petrographische Zusammensetzung dieser Schichten aus krystallinen, dolomitischen Kalken, aus Oolithen und untergeordnet aus reinen Krinoideengesteinen

<sup>1)</sup> TAUSCH: Zur Kenntnis der Fauna der „grauen Kalke“ der Südalpen. Abh. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 15, Heft 2, Wien 1890.

<sup>2)</sup> Erläuterungen zu Blatt Rovereto-Riva, Wien 1911, S. 29.

<sup>3)</sup> Beitr. z. Kenntn. d. grauen Kalke in Venetien. Z. d. D. G. G. 36, S. 737.

und deren Verbreitung ist in der älteren Arbeit schon ausführlich besprochen (l. c. S. 184 und 185).

Die Abteilung 6 des Profiles, für welche eine Mächtigkeit von etwa 50 m angenommen wird, enthält nun die interessante Fauna, welche PIAZ in das obere Bathonien stellt<sup>1)</sup>.

Zwischen diesem fossilführenden Horizont und dem oberen Jura lagern noch fossilfreie, dolomitische Kalke (Abt. 5), deren Mächtigkeit nicht angegeben ist. Ebenso fehlen genauere Mächtigkeitsangaben über den Horizont N. 7. Derselbe wird nur als „beträchtlich mächtig“ bezeichnet.

Leider konnte ich bei meinen letzten Begehungen aus Mangel an Zeit die Fundstellen der Fossilien nicht mehr aufsuchen. Dieselben liegen jedoch, wie ich bei meinen früheren Aufnahmen festgestellt habe, sehr hoch oben am Talrande. (Die Hauptstellen habe ich offenbar damals nicht entdeckt, da ich nur Korallen<sup>2)</sup> und wenige sehr schlecht erhaltene Zweischaler fand (l. c. S. 185).) Daraus ergibt sich, daß der Horizont N. 5 des Profiles nicht sehr mächtig sein kann, daß vielmehr die Abteilung N. 7 die Hauptmächtigkeit der gelben Krinoideenkalke am Nordabhang des Monte Rumala ausmacht.

Nachdem nun durch die Untersuchungen von PIAZ das Bathonienalter des obersten Teiles der gelben Krinoideenkalke festgestellt ist (Abt. 6) und außerdem das liassische Alter der grauen Kalke mit der *Terebratula Rotzoana* sichersteht, drängt sich noch die Frage nach dem Alter der Abteilung 7 des Profiles von PIAZ auf, d. h. nach dem Alter des bei weitem mächtigsten Teiles der gelben Krinoideenkalke, deren Mächtigkeit am Nordabhang des Monte Rumala mindestens 300 m beträgt.

PIAZ fand in dieser Abteilung eine Bank mit der *Rhynchonella Clesiana*. Dieses Vorkommen entspricht meinem Funde derselben Form am Südabhang des Monte Rumala, wo die gelben Krinoideenkalke sich im wesentlichen aus Oolithen aufbauen (l. c. S. 184). Außerdem zeigen sich am südlichen

<sup>1)</sup> PIAZ: Sulla Fauna bath. del Monte Pastello (l. c. S. 224 u. 225). Eine andere Bathonienfauna beschrieb DAL PIAZ vor mehreren Jahren vom Monte Zovo bei Mori (Centralbl. f. Min. 1908, Bd. IX, S. 104. Atti della R. Acc. d. Lincei 1908. 5. Ser. Rendiconti Vol. XVII.), deren Altersbestimmung von VACEK jedoch angezweifelt wird. (Erl. z. Bl. Rovereto-Riva S. 81, 82.)

<sup>2)</sup> Herr Dr. C. SPEYER hatte die Freundlichkeit, die früher von mir gesammelten Formen als *Diplocoenia profunda* D'ACH., *Stylina* sp., *Isastrea explanata* GOLDF., *Isastrea* cfr. *Montispastelli* D'ACH., *Isastrea* sp., *Latimacandra Taramellii* D'ACH., *Latimacandra* cfr. *brevivallis* BECKER, *Latimacandra* sp., *Thecosmilia* sp. zu bestimmen.

Monte Incisa in den gelben Krinoideenkalken, die hier vorwiegend als krystalliner dolomitischer Kalk entwickelt sind, in mehreren verschiedenartigen Lagen neben unwesentlichen Resten gut erkennbare Exemplare der *Rhynchonella Vigilii*.

Zur Altersbestimmung der Hauptmasse der gelben Krinoideenkalke (Abt. 7 in dem Profil von PIAZ) können also lediglich die *Rhynchonella Vigilii* und *Clesiana* dienen.

Auf Grund des Fundes der *Rhynchonella Clesiana* schließt PIAZ auf untersten Dogger (l. c. S. 221). Die *Rhynchonella Vigilii* und *Clesiana* sind zwar sowohl in alpinen wie auch außeralpinen Vorkommnissen häufig im unteren Dogger vertreten, aber dieselben können keineswegs als leitende Formen angesehen werden, da sie sich ebenso häufig in liassischen Ablagerungen vorfinden, wie besonders BITTNER mehrfach bewiesen hat. Eine eingehende Darstellung dieser Verhältnisse zu geben, wäre überflüssig. Es mag hier nur auf die Ausführungen von FINKELSTEIN<sup>1)</sup> verwiesen werden.

PIAZ vergleicht seine Formen mit der *Rhynchonella Clesiana* von Cles. Aber gerade an dieser Lokalität hat FINKELSTEIN (l. c. S. 51) gezeigt, daß die Rhynchonellenschichten, in denen die beiden Formen auftreten, von der Opalinus- bzw. Murchisonae-Zone überlagert werden und dem Lias angehören.

Daß der Horizont N. 7 zwischen sicherem Lias und mittlerem Dogger liegt, braucht nicht als Beweis für seine Zugehörigkeit zum unteren Dogger angesehen zu werden. Außerdem will PIAZ, wenn ich ihn recht verstehe, seine Stufe 5 zum oberen Dogger stellen, offenbar um ein möglichst vollständiges Profil zu bekommen (l. c. S. 221). Diese Annahme liegt wohl im Bereiche der Möglichkeit, ist jedoch durchaus nicht notwendig, solange keine Fossilien nachgewiesen werden, da das unvermittelte Fehlen von Horizonten in Jura und Kreide am Südalpenrand als besonders charakteristisch angesehen werden muß.

Die vorhandenen Fossilien genügen also nicht, um das Alter der Stufe N. 7, d. h. der Hauptmasse der gelben Krinoideenkalke des Fumanetales sicher zu bestimmen. Die Untersuchungen von PIAZ haben lediglich gezeigt, daß in den obersten Teilen derselben eine Fauna des mittleren Dogger (Bathonien) vorkommt, während es bisher nur gelungen war, im Gebiete des Fumanetales am Westabhang des Monte Incisa den oberen Dogger als Posidonomya-alpina-Gestein nachzuweisen (l. c. S. 186).

<sup>1)</sup> Über ein Vorkommen der Opalinus- (und Murchisonae-?)Zone im westlichen Süd-Tirol (Z. D. G. G. 1889, S. 49).

Indessen lassen an anderen Orten gemachte Funde auch Schlüsse über das Alter der Krinoideenkalke des Fumanetales zu.

Es ist wohl kaum notwendig, hier auf den Streit um die Altersfrage der grauen Kalke, mit der sich eine große Anzahl italienischer und deutscher Forscher eingehend beschäftigt haben, nochmals näher einzugehen. Während von italienischer Seite stets das mitteljurasische Alter der grauen Kalke betont wurde<sup>1)</sup>, haben die deutschen Geologen das liassische Alter dieser Ablagerungen zu beweisen gesucht<sup>2)</sup>. Von ausschlaggebender Bedeutung waren wohl die Funde von BITTNER bei Tenno<sup>3)</sup>, wo sich in den obersten Teilen der grauen Kalke liassische Ammoniten, *Harpoceras bifrons* und *Harpoceras subplanatum*, fanden. Hierdurch wurde BITTNER zu dem Schlusse veranlaßt, nicht nur die eigentlichen grauen Kalke von Rotzo, sondern auch die Hauptmasse der darüber folgenden Oolithe und gelben Kalke als liassisch zu betrachten.

VACEK<sup>4)</sup> hat später den Fund BITTNERs bestätigt und in enger Verknüpfung mit dem Lias an derselben Lokalität die *Opalinus*- und *Murchisonae*-Stufe festgestellt. Weitere Funde desselben Forschers bestätigten das liassische Alter der gelben Oolithe.

Die zahlreichen Vorkommnisse von Dogger, welche verschiedenen Stufen dieser Formation angehören können, finden sich stets lediglich in den höchsten Lagen der obersten Abteilung der grauen Kalke<sup>5)</sup>. Alle anderen leitenden Fossilien, die bisher sonst in diesen Schichten nachgewiesen wurden, sind liassisch und werden bei Tenno direkt von der *Murchisonae*- bzw. *Opalinus*-Stufe überlagert. Auch im Fumanetale bei Verago findet sich die von PIAZ beschriebene Doggerfauna in dem obersten Niveau der gelben Krinoideenkalke, und wir

<sup>1)</sup> TARAMELLI: Monogr. stratigr. e palaeontolog. del Lias nelle Provinzie venete. Premiata d. R. Istituto veneto di scienze, lettere ed arti nel concorso dell' anno 1879. Venezia 1880. (Atti dell' Istituto Veneto. Ser. V, Vol. V, Appendice.) — CANAVARI und PARONA: Brachiopodi oolitici di alcune localita dell' Italia settentrionale (Atti d. Soc. Toscana Pisa. 5, 1883).

<sup>2)</sup> Von den zahlreichen Arbeiten mögen hier nur einige genannt sein, in denen die Literatur ausführlich besprochen wird: NEUMAYR: Über den Lias im südöstl. Tirol und in Venetien. Neues Jahrb. f. Min. 1881, Bd. I, S. 207. — HAAS: Beitr. z. Kenntn. d. liassischen Brachiopodenfauna von Südtirol und Venetien. Kiel 1884. — Ders. Neues Jahrb. f. Min. 1885, Bd. I, S. 168.

<sup>3)</sup> Verhandlungen der Reichsanst. 1881, S. 52–56.

<sup>4)</sup> Verhandl. d. Reichsanst. 1899, S. 189.

<sup>5)</sup> Erläuterungen zu Blatt Rovereto-Riva, S. 37 und 79.

müssen daher die übrige Hauptmasse der gelben Krinoideenkalke (Abteil. 7 des Profiles) nach unseren bisherigen Kenntnissen dem Lias zuweisen.

Da die älteren Tertiärschichten zumeist eine gleichförmige petrographische Zusammensetzung — teils als nummulitenführende Kalkmergel, teils als echte Nummulitenkalke — besitzen, sind früher keine weiteren Gliederungsversuche vorgenommen worden. Lediglich im Norden von Cavalo treten andere Tertiärfacies auf. Es wurde bereits ein hier vorkommender lockerer, glaukonitischer Sandstein erwähnt (l. c. S. 194), dessen Fossilinhalt jedoch so schlecht erhalten war, daß er keine nähere Bestimmung erlaubte. Ebenfalls nördlich von Cavalo, direkt oberhalb der Straße, findet sich eine etwas mergelige Nummulitenkalkbank, die ganz erfüllt ist von einem stark gewölbten *Pecten*. An einigen leidlich erhaltenen Exemplaren ließ sich die Form mit der *Janira arcuata* BROCCHI<sup>1)</sup> identifizieren. Da dieselbe ihr Hauptlager im Unteroligocän hat, so ist wohl der Schluß berechtigt, daß in den älteren Tertiärschichten hier nicht nur das Eocän, sondern auch die oligocänen unteren Nummulitenkalke der Sangonini-Stufe mit enthalten sind (zum mindesten aber das jüngste Eocän [Priabona-Schichten] vorliegt).

Zu einem ganz ähnlichen Resultat gelangte auch BITTNER bei seinen Untersuchungen im Gebiet des Monte Baldo. Bei Pannone oberhalb Loppio westlich von Rovereto fand der erwähnte Autor<sup>2)</sup> in den obersten Partien des Eocäns neben Clypeastriden aus den Gomberto-Schichten auch *Pecten arcuatus* und schloß daraus auf eine Vertretung einer höheren oder oligocänen Gruppe des vicentinischen Alttertiärs. Nach der Beschreibung BITTNERs werden die eocänen festen Nummulitenkalke mit den charakteristischen großen Nummulitenformen in der Mulde an der Ostseite des Monte Baldo nach oben zu mergeliger und gehen in mergelige Kalke, die mit blauen und braunen Mergeln wechsellagern, über. Eine ganz ähnliche Entwicklung dieser Schichten finden wir nordwestlich von Cavalo an der Straße nach dem Forte Masua und Breonio (l. c. S. 194).

<sup>1)</sup> BROCCHI: Conchiologia fossile subappennina. Mailand 1814, S. 578, Taf. 14, Fig. 11. — FUCHS: Beitr. zur Kenntn. der Conchylienfauna des Vicentinischen Tertiärgeb. Denkschr. d. math.-nat. Klasse d. K. Ak. d. Wiss. Wien 1870, S. 203, Taf. X, Fig. 38—40. — OPPENHEIM: Z. D. G. G. 1900, S. 263. — KRANZ: Neues Jahrbuch. Beil.-Bd. 29, 1910, S. 209.

<sup>2)</sup> Verhandl. der Reichsanst. 1878, S. 396—398.

Die bei S. Ambrogio vorkommenden Konglomerate und Sande, welche von mir als altes Diluvium gedeutet wurden, sind — worauf mich Herr Dr. LEVY aufmerksam machte — bereits auf der Karte von SACCO als Pliocän eingezeichnet<sup>1)</sup>. Auch PENCK hat sich dieser Auffassung angeschlossen (Alpen im Eiszeitalter, III. Bd., S. 889). Es fehlen diesen Ablagerungen die eigentlichen krystallinen Gesteine, dagegen finden sich neben den aus der näheren Umgebung stammenden Geröllen zuweilen kleine Quarzgerölle beigemengt.

### Die alttertiären vulkanischen Bildungen.

Ogleich die tertiären vulkanischen Bildungen in den Veroneser Alpen eine so große Mächtigkeit und Entfaltung erlangten, hat man bisher nur wenig den Eruptionsmechanismus, durch den diese Gesteine zutage gefördert wurden, untersucht. Das Studium der fossilen Einschlüsse und die stratigraphischen Fragen standen vielmehr im Vordergrund des Interesses. — Auch in meiner oben genannten Arbeit wurden bei der Besprechung der dem Eocän angehörigen vulkanischen Tuffvorkommnisse nur wenige den Vulkanismus betreffende Fragen berührt. Hauptsächlich gelangten damals die interessanten und gut aufgeschlossenen Lagerungsverhältnisse am Monte Castellone im Süden von Minerbe zur Darstellung (l. c. S. 192 und 193), wo sich zweifellos ein eigenes Eruptionszentrum befand.

Die vulkanischen Bildungen bestehen hier lediglich aus ziemlich grobkörnigen, zersetzten basischen Tuffen, die fast überall deutlich geschichtet sind, das verschiedenartigste Einfallen zeigen, und außerdem eine völlige hydrochemische Umwandlung erfahren haben. Hier und da finden sich kleine blasige Basaltbomben, deren Hohlräume mit Zeolithen und Kalkspat ausgefüllt sind, jedoch gehören dieselben keineswegs zu häufigen Vorkommnissen. — Die Eruptionen am Monte Castellone zerfallen in mehrere Phasen. In den Zwischenpausen, während denen keine Eruptionen stattfanden, wurden foraminiferenreiche Eocänsedimente abgesetzt, so daß Wechsellagerungen von Tuffen und eocänen Kalken entstanden, die keilförmig ineinandergreifen. Außerdem bildeten sich Mischgesteine, die zum Teil aus eocänem kalkigen Material und zum Teil aus vulkanischem Tuff bestehen und vor allem viel Nummuliten, aber auch Seeigel und Zweischaler führen. Ähn-

<sup>1)</sup> L'anfiteatro morenico del lago di Garda. Annali R. Academia d'Agricoltura di Torino, 38.

liche Mischgesteine finden sich auch an der Grenze von Tuff und der unterlagernden Scaglia, deren bei Ausbruch der Eruptionen noch nicht verfestigter Schlamm aufgewirbelt wurde, und sich so mit dem im Meerwasser niedersinkenden Tuff mischen konnte.

Fossilien wurden in den Tuffen bisher nicht nachgewiesen, indessen machen sowohl die Wechsellagerungen mit den eocänen Kalken wie auch besonders das Auftreten der fossilführenden Mischgesteine und die starke chemische Zersetzung die submarine Natur der Tuffe unzweifelhaft.

Hiervon etwas abweichend liegen die Verhältnisse bei den vulkanischen Bildungen weiter im Norden am Monte Noroni, in dessen Gebiet wir ein weiteres Eruptionszentrum zu suchen haben.

Die Basis der Tuffe bildet hier überall die Scaglia. Dieselbe stellt nun keineswegs eine einheitliche Decke dar, sondern die oberen 10—15 m sind an den Eruptionsstellen völlig zerfetzt und in einzelne mehr oder weniger umfangreiche Schollen aufgelöst, die zum Teil im Tuff schwimmen, zum Teil aber auch noch in Zusammenhang stehen. (Besonders gut können diese Verhältnisse in dem steilen Taleinschnitt nordöstlich der Casa Termini beobachtet werden.)

Dieses völlige Zerbersten und Zerreißen der Scagliaplatte, bei der ziemlich erhebliche vulkanische Kräfte gewirkt haben müssen, erklärt sich am besten durch die Annahme von Gasexplosionen, die mit den Tufferuptionen Hand in Hand gingen, und besonders zu Beginn der vulkanischen Tätigkeit am heftigsten wirkten.

Oft findet man 1—2 m starke unregelmäßig geformte Tufflagen in den Bänken der Scaglia eingeschaltet, die leicht den Anschein erwecken könnten, als handle es sich um während der Ablagerung der Scaglia entstandene Tuffe. Indessen wurden die letzteren lediglich in die zum Teil noch weichen Schichten der Scaglia gleichsam injiziert, was bei den durch die Gasexplosionen völlig zerschmetterten und aufgelockerten Schichten leicht erklärbar ist. (Taf. XIV, Fig. 1 u. 2.) Am Nordabhang des Monte Noroni westlich von Prun findet sich an der Straße ein seitlich austretender mit Basalt erfüllter Eruptionsschlot. (Taf. XV, Fig. 1.) (Der Aufschluß hat sich seit der ersten Aufnahme etwas verändert.) Solche Eruptionsröhren gehören jedoch offenbar zu großen Seltenheiten, insbesondere in den oberen Teilen der Scagliadecke, da dieselbe durch die Gaseruptionen an den Ausbruchszentren völlig zertrümmert wurde.

Das Magma, welches am M. Noroni gefördert wurde, besitzt dieselbe basische Beschaffenheit wie am Monte Castellone.

In bezug auf den Aufbau und die Entstehungsweise machen sich jedoch zwischen beiden Vorkommnissen gewisse Unterschiede bemerkbar.

Die fast überall in den Tuffen am Castellone zu beobachtende Schichtung fehlt am M. Noroni so gut wie ganz. In geringem Umfang haben auch Ausflüsse von Lava stattgefunden, wie das Vorkommen von stark blasigen vulkanischen Schlacken zeigt, die an verschiedenen Stellen am Ost- und Westabhang des letzterwähnten Berges gefunden wurden. Außerdem fällt hier das massenhafte Auftreten von Basaltbomben im Tuff auf, die manchmal Durchmesser von mehreren Metern erreichen. Zuweilen nehmen derartige Bildungen jedoch eine Ausdehnung an, daß sie nicht mehr als Bomben, sondern als stockförmige basaltische Nachschübe gedeutet werden müssen.

Der Basalt ist meist sehr blasig ausgebildet, führt überall Zeolithe und Kalkspat, und ist stets untermischt mit Tuff- und Scagliabrocken, welche die schon öfter erwähnten Eindrücke an der Oberfläche und Eiseninfiltrationen, jedoch keinerlei Frittungserscheinungen zeigen. In etwas anderer Form treten noch basaltische Vorkommnisse im Osten der Casa Torressan in Erscheinung. Es finden sich hier im Tuff mehrere ziemlich senkrecht stehende NS streichende Gänge von 1—2 m Mächtigkeit, die zum Teil aus porenfreiem Basalt bestehen.

Bei dem Eruptionsmechanismus im Gebiet des Monte Noroni fanden also zuerst im wesentlichen Gasexplosionen statt, darauf folgte die Aufhäufung der Tuffe, hier und da in Verbindung mit Schlackenströmen, und den Schluß bildeten Nachschübe von Basalt, die zum Teil als unregelmäßig stockförmige, zum Teil als schmale gangförmige Gebilde im Tuff auftreten, am Gesamtaufbau der Eruptionsmassen jedoch nur einen ganz geringen Anteil nehmen.

Die eruptiven Ablagerungen im Gebiet des Monte Noroni, welche im Norden ihre größte Mächtigkeit erlangen, bilden im Süden bei der Casa Termini und bei Minerbe, wo sie sich mit den vulkanischen Produkten des Monte Castellone berühren, nur noch eine dünne Lage. Entsprechend der submarinen Natur dieses Vulkanberges war der Böschungswinkel also recht flach.

Die isolierten Tuffvorkommnisse im Norden von Minerbe scheinen nicht im Eocän eingeschaltet zu sein, sondern der Tuffdecke anzugehören, die sich gleichförmig über der Scagliaplatte ausbreitet, da lediglich Scagliagesteine im Tuff vorkommen, also kein Eocän durchschlagen wurde. Auch die Annahme von

Eruptionen kann hier ausgeschaltet werden, da die eocänen Kalke über dem Tuff ein gleichförmiges Gewölbe bilden.

Es fehlen also am Monte Noroni die am Monte Castellone beobachteten Einschaltungen von Eocänbänken im Tuff. Die Eruptivgebilde stellen hier vielmehr eine gleichförmige nicht durch sedimentäre Schichten unterbrochene Gesteinsmasse dar, die von einer sich allmählich südlich senkenden Eocänplatte überlagert wird.

Was die Frage nach der submarinen Natur der Eruptionen am Monte Noroni anbetrifft, so war zu Beginn der vulkanischen Tätigkeit sicherlich Meeresbedeckung vorhanden, da sich in großer Menge Mischgesteine von Scaglia und Tuff vorfinden. Ebenso war das Gebiet, nachdem die vulkanische Tätigkeit aufgehört hatte, vom Eocänmeer überflutet, das auf dem breiten, sanft geneigten Vulkanberge seine Sedimente absetzte. Die Tuffe sind also zwischen rein marinen Sedimenten eingeschaltet, und es liegen auch keinerlei Anzeichen vor, daß während der vulkanischen Ausbrüche Verlandungen eingetreten wären. Die eocänen Tuffmassen am Monte Noroni bildeten sich vielmehr gerade wie diejenigen des Monte Castellone unter Meeresbedeckung, worauf auch die starke Zersetzung der Tuffe und die überall auftretenden Zeolith- und Kalkspatbildungen hindeuten, und zwar fanden die Eruptionen offenbar in einer Meerestiefe statt, in der die Ablagerung der Tuffe durch die Brandungswege nicht wesentlich beeinflußt wurde.

Vielfach treten in den Tuffen Ausscheidungen von Brauneisenerz und auch von Hämatit in Knollen und traubenförmigen Bildungen auf. Besonders an der Überlagerungsfläche der Tuffe über der Scagliaplatte bilden derartige Eisenkonzentrationen oft mehrere Zentimeter mächtige wulstige Krusten, die auch hier und da von Pyritkrystallen begleitet sind. Derartige Vorkommnisse finden naturgemäß ihre Erklärung teilweise durch Absätze aus den atmosphärischen Wässern, die ihren Mineralgehalt beim Niederrieseln durch die zersetzten Tuffe aufnehmen. Andererseits müssen dieselben als Ausscheidungen aus eisenhaltigen Lösungen aufgefaßt werden, die im Gefolge der Eruptionen auf Klüften und Spalten im Gestein aufdrangen und ihren Metallgehalt vorwiegend auf den die Unterlage der Tuffe bildenden Scagliabänken niederschlugen. Auch mehr oder weniger intensive Infiltrationen von Eisenlösungen in die Scaglia- und Eocänkalke und deren gänzliche Umwandlung in Eisenerz gehören zu häufigen Erscheinungen.

Ein besonderes Interesse erfordern ähnliche Vorkommnisse von Neubildungen, die südlich von Minerbe in den eocänen Nummulitenkalken beobachtet wurden.

Die unterste im Tuff eingelagerte Bank von eocäner Kalk am Ostabhang des Monte Castellone, die sich als breites Band schon von weitem zwischen den flachen Tuffhängen abhebt, keilt südlich von Minerbe in den Tuffschichten aus. Südlich dieses Dorfes ist unterhalb der Straße die Eocänbank in ihrer ganzen Mächtigkeit aufgeschlossen und die Überlagerung über dem Tuff

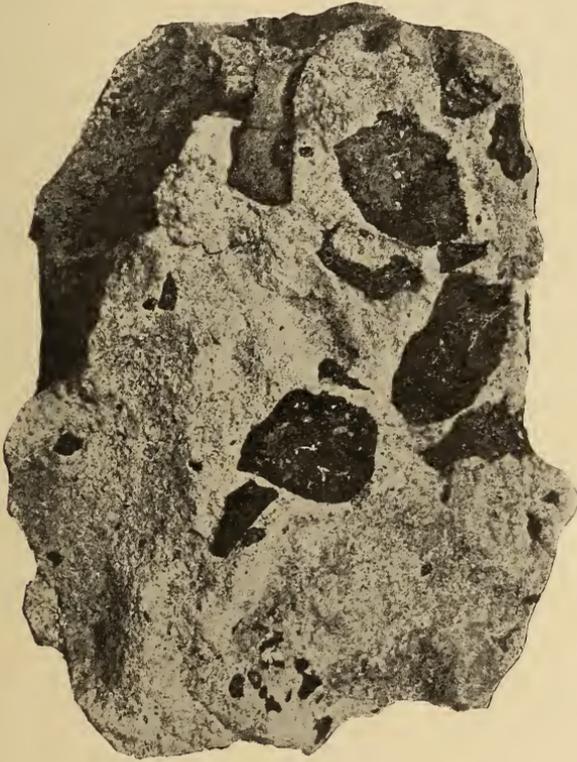


Fig. 1. Eocäner Kalk mit Limonit-Bauxit-Konkretionen. Minerbe.  
(Etwa  $\frac{1}{2}$  d. nat. Gr.)

gut zu sehen. In die Eocänbank ist eine dünne Lage von gelben und grünen Letten mit Kalkbänkchen eingeschaltet. Der über diesen Mergelschichten gelegene Teil besteht aus dickbankigem, normal entwickeltem gelben Nummulitenkalk, während der etwa 1 m mächtige untere Teil des eocänen Kalkes, welcher zwischen den Mergeln und dem unteren Tuff liegt, sehr auffällige Umwandlungen und Neubildungen erkennen läßt. Manche Teile

dieses Kalkes sind oft ganz erfüllt von mehr oder minder großen hell bis dunkelbraun gefärbten Konkretionen, die oft mehrere Zentimeter Durchmesser erreichen (Textfig. 1, S. 103), zuweilen aber auch nur mikroskopisch kleine Gebilde darstellen. Der Kalk, in welchem die Konkretionen liegen, zeigt einen hohen Gehalt an Foraminiferen. Vorwaltend sind merkwürdigerweise ziemlich dickwandige Globigerinenschalen vertreten, außerdem Textularien, während Nummuliten nur vereinzelt vorkommen. Als häufiger Gemengteil findet sich Feldspat und auch Hornblende und Biotit in kleinen Individuen, die sich bei den submarinen Eruptionen mit dem Foraminiferenschlamm mischten. In den Foraminiferenschalen tritt nicht selten Glaukonit auf, der oft teilweise, manchmal aber auch vollständig in Brauneisen umgewandelt ist, so daß vielfach die Schalen ganz von diesem Mineral erfüllt sind. Außerdem gehören kleine Pyritkristalle zu häufigen Bestandteilen des Kalkes. Was die Natur der Konkretionen anbetrifft, so machte mich Herr Professor WEINSCHEK darauf aufmerksam, daß dieselben nicht ausschließlich aus Limonit beständen, sondern daß hier auch ein Gehalt an Bauxit vorläge. Einige Analysen brachten hierfür die Bestätigung<sup>1)</sup>.

Die Konkretionen bestehen also aus einem Gemisch von Bauxit und Limonit (untergeordnet findet sich auch Hämatit), wobei entweder der Bauxit oder der Limonit vorherrscht.

Im Dünnschliff zeigen die Konkretionen eine braune, nur wenig durchscheinende Masse, in der jedoch die Foraminiferenschalen vollständig erhalten geblieben sind, was sich z. T. auch schon makroskopisch erkennen läßt. Die Schalen, welche sich von der dunklen Grundmasse, in der sie eingebettet sind, scharf abheben, sind also nicht umgewandelt und auch der Glaukonit ist stellenweise noch vorhanden.

Zum Teil hat sich das Gemisch von Eisen und Bauxit auch um unregelmäßig verzweigte schlauch- und röhrenförmige Gebilde ausgeschieden. (Taf. XV, Fig. 2.) An den Rändern derselben haben die stärksten Konzentrationen stattgefunden, die sich mit der Entfernung mehr und mehr verlieren.

Die teilweise Umbildung der den Tuff überlagernden eocänen Foraminiferenkalkbank in Aluminium- und Eisenhydroxyde wurde durch zirkulierende mineralhaltige Lösungen bewirkt, mit denen der gesamte Kalk durchtränkt war. Die mehr oder

<sup>1)</sup> Für die freundliche Unterstützung bei der Untersuchung dieser Vorkommnisse möchte ich Herrn Professor WEINSCHEK an dieser Stelle nochmals meinen besten Dank aussprechen, und ebenso auch Herrn Dr. STEINMETZ für die Aufertigung von Analysen.

weniger umfangreichen ganz unregelmäßiggestalteten, oft plattigen, oft gebogenen oder kantigen Bauxit- und Limonitkonkretionen (Textfig. 1, S. 103), deren ursprüngliche Beschaffenheit besonders durch die noch überall erhaltenen Foraminiferenschalen und durch den Glaukonit angedeutet wird, bilden also metasomatische Umformungen des Kalkes. Ebenso auch die unregelmäßigen Anreicherungen an den eigentümlichen Kalkschläuchen und röhrenförmigen Gebilden.

Abgesehen von der stellenweise sehr weitgehenden Umwandlung des Kalkes, wobei große Mengen von zugeführten Lösungen vorausgesetzt werden müssen, schließt schon die über der umgewandelten Kalkbank lagernde undurchlässige Ton- schicht und insbesondere die dann folgende von Neubildungen freie Kalkbank die Annahme deszendierender Lösungen für die Entstehung der Umwandlungserscheinungen völlig aus.

Die metasomatische Umformung des Kalkes in Bauxit und Limonit ist vielmehr durch mineralhaltige Wässer zu erklären, die im Gefolge der Eruptionen aufstiegen. Also durch postvulkanische Thermalwirkungen, die den Kalk wahrscheinlich noch als unverfestigtes Sediment antrafen. Hierdurch ließen sich am besten die eigentümlichen Schläuche und Wülste deuten, die in dem zähen Material festere Zusammenballungen bildeten und der Durchtränkung mit Lösungen widerstanden.

---



Fig. 1.



Fig. 2.

Fig. 1 u. 2. Einschaltungen von Basalttuff in den zerknitterten Kalkmergeln der Scaglia.  
Termini bei Minerbe.

3  
2



Fig. 1.  
Mit Basalt ausgefüllte Eruptionsröhre in der Scaglia. Prun.



Fig. 2.  
Eocäner Kalk, vom Basalttuff unterlagert, mit Konkretionen und Durchtränkungen  
von Limonit und Bauxit. Minerbe.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft](#)

Jahr/Year: 1915

Band/Volume: [67](#)

Autor(en)/Author(s): Boden Karl

Artikel/Article: [5. Beitrage zur Geologie der Veroneser Alpen. 85-105](#)