

<b>Zeitschrift:</b>	Eclogae Geologicae Helvetiae
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Geologische Gesellschaft
<b>Band:</b>	57 (1964)
<b>Heft:</b>	2
<b>Artikel:</b>	Vulkanogene Lagen aus der Grenzbitumenzone (Mittlere Trias) des Monte San Giorgio in den Tessiner Kalkalpen
<b>Autor:</b>	Müller, Werner / Schmid, Rolf / Vogt, Peter
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-163144">https://doi.org/10.5169/seals-163144</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Vulkanogene Lagen aus der Grenzbitumenzone (Mittlere Trias) des Monte San Giorgio in den Tessiner Kalkalpen

Von Werner Müller<sup>1)</sup> (Basel), Rolf Schmid<sup>2)</sup> (Basel), und Peter Vogt (Tremona)

Mit 5 Textfiguren und 4 Tabellen

## ZUSAMMENFASSUNG

Am Monte San Giorgio (Kt. Tessin, Schweiz) wurden zwischen den bituminösen Schiefern und Dolomiten der «Grenzbitumenzone» im Grenzbereich Anisien-Ladinien eine Anzahl vulkanogener Einlagerungen gefunden. Es handelt sich um mm- bis cm-mächtige, saure Tuffe, z. T. um Tuffite mit dolomitischen Zuschüssen. Die Grundmasse enthält kleine Mengen von mikrolithischem Quarz und Feldspat, ist aber hauptsächlich metabentonitisch. Der Metabentonit-Anteil besteht aus dem «mixed-layer mineral» Illit-Montmorillonit. Als Grosskörner intratellurischen Ursprungs finden sich in variierendem Mengenverhältnis Sanidin, Quarz und Biotit. In einem porphyrtartigen Tuff tritt Sanidin in zwei verschiedenen Typen auf, die eingehender charakterisiert werden.

Petrographische Merkmale sowie sedimentologische Evidenzen weisen darauf hin, dass die Tuffe der «Grenzbitumenzone» äolisch transportiert und unter marinen Bedingungen in sehr ruhigem Milieu abgelagert wurden. Sie zeigen weitgehende Ähnlichkeiten mit den zahlreichen Tufflagen in den übrigen Teilen der mittleren Trias des gleichen Gebietes. Namentlich zeichnen sie sich mit diesen zusammen dadurch aus, dass sie als Feldspat-Grosskörner nur Sanidin, nie aber Plagioklas führen. Damit stehen diese Vorkommen unter den gleichaltrigen Vulkaniten des Süd-alpins als Gruppe für sich da. Ihre heutige Verbreitung ist auf das Gebiet des Lagonersees beschränkt. Ihre Herkunft ist unbestimmt; für lokale Förderung liegen keine Anzeichen vor.

## ABSTRACT

At Monte San Giorgio (Ticino, Switzerland), Southern Alps, a number of acid tuff layers of mm- and cm-thickness have been recognized which are intercalated in between the bituminous shales and dolomites of the «Grenzbitumenzone» at the boundary of the Anisian-Ladinian stages. The matrix of the tuffs contains microlites of quartz and feldspar but is essentially metabentonitic. The metabentonitic part consists of the mixed-layer mineral illite-montmorillonite. The crystals of intratelluric origin are sanidine, quartz and biotite. A porphyric tuff contains two types of sanidine which are discussed in more detail.

The petrographic characters of the tuffs and sedimentological evidences point to an eolian transport of the volcanogenic material with consecutive deposition under submarine conditions in a very quiet environment. Numerous tuffaceous deposits of great similarity with those of the «Grenzbitumenzone» occur in the rest of the Middle Triassic of the same region. They all are mainly characterized by containing sanidine but never plagioclase as feldspar crystal of intratelluric origin. Among the volcanogenic deposits of the same age in the Southern Alps they seem to be without equivalents. Their actual area of distribution is restricted to the region of the Lake of Lugano; but their origin is most probably not a local one.

<sup>1)</sup> Geologisch-paläontologisches Institut, Bernoullianum, Basel (Schweiz).

<sup>2)</sup> Mineralogisch-petrographisches Institut, Bernoullianum, Basel (Schweiz).

## RIASSUNTO

Nella cosiddetta «Grenzbitumenzone» del Monte San Giorgio (Ticino, Svizzera) al limite Anisico-Ladinico sono stati ritrovati alcuni strati vulcanogenici intercalati fra gli scisti e le dolomie bituminose. Si tratta di tufi acidi e di tufiti con dolomite. La massa di fondo vulcanica contiene grani finissimi di quarzo e di feldispato, però è essenzialmente metabentonitica. La parte metabentonitica è costituita del «mixed-layered-mineral» illite-montmorillonite. I cristalli grossolani di origine intratellurica sono sanidino, quarzo e biotite. In un tufo porfirico sono stati riscontrati due tipi di sanidino che entrambi vengono studiati in dettaglio.

Dai loro caratteri petrografici e dalle evidenze sedimentologiche risulta che i prodotti tufacei della «Grenzbitumenzone» sono stati apportati nell'aria e depositati sotto condizioni marine in un ambiente tranquillissimo. Essi presentano una grande rassomiglianza con i numerosi altri tufi del Trias medio della stessa regione. Con questi hanno in comune soprattutto la caratteristica di contenere come feldispato grossolano di origine intratellurica esclusivamente sanidino. Per questa particolarità i depositi tufacei del Luganese sono unici nel Trias medio sudalpino. La loro area di distribuzione attuale è ridotta al solo Luganese. La loro provenienza rimane ignota; un'origine locale tuttavia dovrebbe essere esclusa.

## Einleitung

In den Tessiner Kalkalpen sind bislang aus zwei stratigraphischen Niveaus der marin ausgebildeten Mitteltrias vulkanogene Einlagerungen bekannt geworden. A. FRAUENFELDER (1916, p. 278-279) beschreibt aus den ladinischen Meridekalken des Monte San Giorgio Arkose-Sandsteinbänke, die lokal viel Biotit und Feldspat führen. L. VONDERSCHMITT (mündl. Mittlg.) erkennt ihre vulkanische Natur und weist auf weitere entsprechende Lagen hin. Eine eingehende Untersuchung findet sich in der Arbeit über das Ladinien des Monte San Giorgio (vgl. Fig. 1, Fundpunkt F) von A. WIRZ (1945, p. 12, 25, 62-66).

An der Basis des Salvatoredolomits vom Monte Caslano wird von S. MAGYAR & A. von Moos (1947) ein glimmerartiger Ton beschrieben (vgl. Fig. 1, Fundpunkte A, B, C). F. HOFMANN (1956c) unterzieht ihn einer näheren Prüfung und diagnostiziert ihn als Metabentonit, hervorgegangen aus windverfrachteter vulkanischer Asche. Ferner sind im Salvatoredolomit am Westufer des Luganersees (Punta della Fava, vgl. Fig. 1, Fundpunkt D) Tuffite bekannt (M. Govi, 1960, p. 32). Dieser Autor charakterisiert die Tuffite folgendermassen: «In sezione sottile la roccia presenta un insieme di cristalli di plagioclasio, di probabile sanidino e di quarzo, insieme a lamine biotitiche e a piccoli frammenti o noduli di carbonati; il tutto è cementato da una massa di piccoli granuli calcarei, in certo grado dolomitizzati.» Er weist auch auf die Schwierigkeit einer genetischen Deutung dieser Tuffite hin und erwägt die Möglichkeit, dass sich unter den vulkanischen Komponenten permischer Detritus findet. Dies scheint uns in erster Linie für die Plagioklase zuzutreffen, kaum jedoch für die Sanidine; denn in den permischen Luganese-Vulkaniten sind Sanidine nicht bekannt (mündl. Mittlg. A. SPICHER). Eigene ergänzende Untersuchungen haben dies bestätigt. Wir haben vier repräsentative Proben des Tuffitvorkommens von Punta della Fava untersucht und im Gegensatz zu M. Govi, was den Feldspatanteil anbetrifft, keine Plagioklase vorgefunden, sondern ausschliesslich Sanidin vom Typ A (vgl. p. 438) mit  $2V_x = 35^\circ$  und optischer Achsenebene parallel (010), manchmal nach dem Karlsbadergesetz verzwillingt. Dieselben Charakteristiken zeigen die Sanidine vom Typ A aus dem Monte San Giorgio.

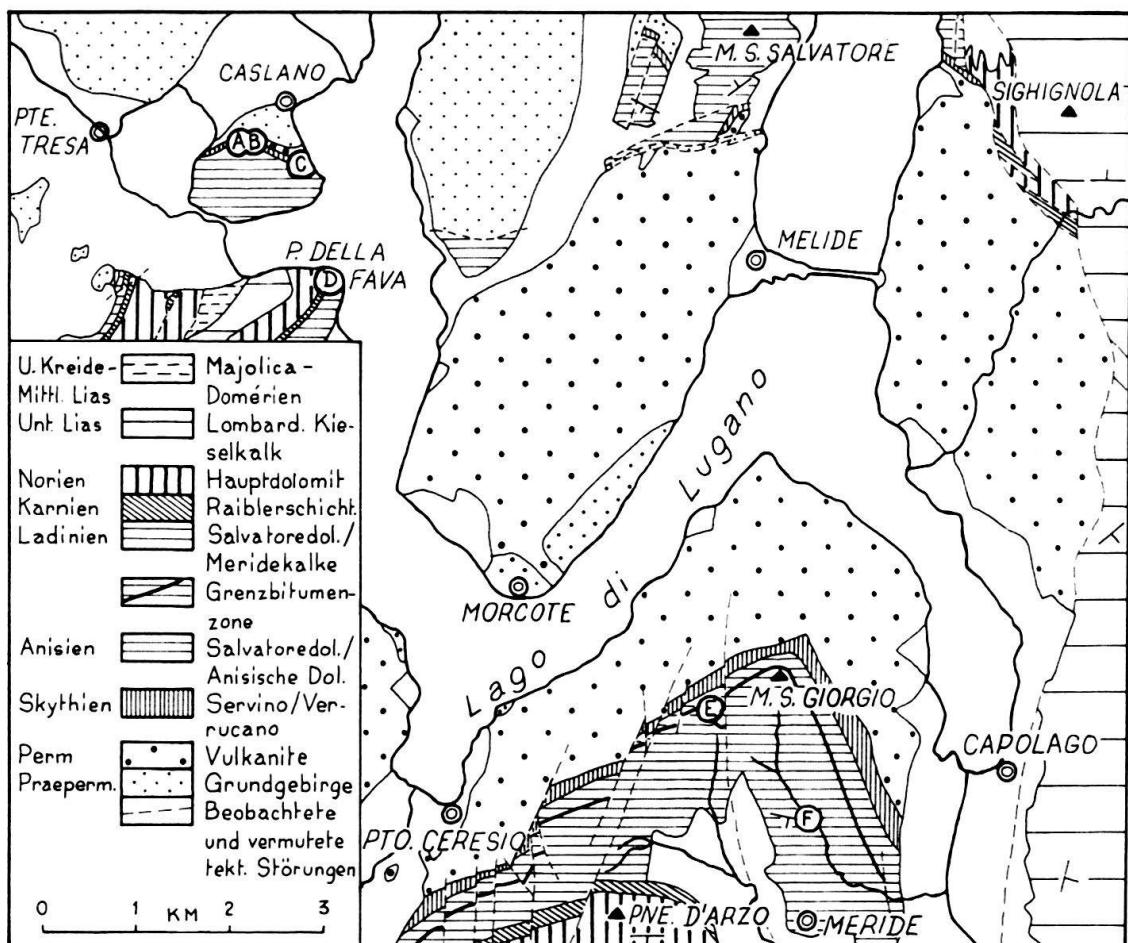


Fig. 1. Geologisch-tektonisches Kärtchen 1:100000 des Gebietes zwischen Ponte Tresa, Monte Sighignola und Poncione d'Arzo (vereinfacht aus D. BERNOULLI, 1964) mit den wichtigsten Fundorten mitteltriadischer Tuffe des Luganese: A-F (eingekreist).

Für das Alter der Vorkommen vom Monte Caslano und bei Punta della Fava im mitteltriadischen Salvatoredolomit bestehen keine biostratigraphischen Evidenzen. Der Metabentonit vom Monte Caslano liegt ca. 3 m über den Sandsteinen und Konglomeraten der unteren Trias (F. HOFMANN, op. cit., p. 489), die Tuffite von Punta della Fava im oberen Teil des Salvatoredolomits; letzteres Vorkommen dürfte dem Anisien, letzteres dem Ladinien angehören. Diese stratigraphische Zuordnung ist aber mit Vorbehalt hinzunehmen; eine klare Gliederung der mittleren Trias ist nur im lithologisch differenzierten und fossilreichen Bereich des Monte San Giorgio möglich. Im nördlich und westlich anschliessenden Gebiet, wo die massive, gleichförmige und fossilarme Fazies des Salvatoredolomits vorliegt, ist eine Trennung von Anisien und Ladinien nicht so eindeutig (A. SENN, 1924, p. 561) oder überhaupt nicht durchführbar (P. LEUZINGER, 1926, p. 98; J. VAN HOUTEN, 1929, p. 8). Zudem muss berücksichtigt werden, dass das mitteltriadische Meer die weiter westlich liegenden Gebiete immer später überflutete; östlich des Langensees transgrediert die mittlere Trias mit einem Basalkonglomerat lokal über Perm und Kristallin (J. VAN HOUTEN, op. cit., p. 8-10).

Es lag der Verdacht nahe, dass im Luganese die mitteltriadische vulkanische Tätigkeit sich kontinuierlicher manifestiert habe. Im Laufe der von einem von uns (W. M.) als Dissertationsarbeit unternommenen sedimentologischen Bearbeitung der Grenzbitumenzone am Monte San Giorgio (vgl. Fig. 1, Fundpunkt E) untersuchten wir daher einige Lagen besonderen Charakters, die schon makroskopisch viele Anklänge an die bereits beschriebenen vulkanogenen Sedimente aus dem Luganese aufwiesen.

### Alter der vulkanischen Lagen aus der Grenzbitumenzone

Die Grenzbitumenzone stellt eine Serie von bituminösen Dolomiten, bituminösen Tonschiefern und untergeordnet vulkanogenen Lagen, vorwiegend im cm- und dm-Bereich dar, die in ausserordentlich ruhigem, marinem Milieu abgelagert wurden. Die Mächtigkeit der Zone beträgt etwa 10 m. A. FRAUENFELDER (op. cit., p. 268) stellte die ganze Serie in die Trinodosuszone, oberstes Anisien. A. SENN (op. cit. p. 560) legte auf Grund der Doanellenfauna die Grenze Anisien-Ladinien etwas tiefer und zog sie mitten durch die Grenzbitumenzone selbst.

Die Wirbellosen der Grenzbitumenzone werden im Augenblick durch H. RIEBER, die Diploporen durch E. GASCHE untersucht. Die Neubearbeitung der Fossilien und biostratigraphische Vergleiche werden die stratigraphische Wertigkeit der Ceratiten und Diploporen sowie die Frage des Alters der Grenzbitumenzone genauer klären. Es sei hier auf folgendes aufmerksam gemacht (vgl. auch D. BERNOLLI, 1964, p. 9): seit der Arbeit FRAUENFELDERS wurde die Bitumenzone nördlich Campione im Steinbruch Fornace als Äquivalent, d. h. als Fortsetzung der Grenzbitumenzone vom Monte San Giorgio betrachtet (A. FRAUENFELDER, op. cit., p. 274). Funde von *Diplopora annulata* SCHAFHÄUTL var. *debilis* (GÜMBEL) PIA (vorläufige Bestimmung von E. GASCHE) in der Bitumenzone von Campione und in ihrem unmittelbar Liegenden (Salvatoredolomit) weisen diese ins Ladinien. Eine mögliche Parallelisation mit der Grenzbitumenzone vom Monte San Giorgio ist aber einstweilen nicht zu belegen.

### Untersuchte Proben aus der Grenzbitumenzone

Die uns hier interessierenden Proben aus Lagen vulkanischer Herkunft haben wir im Aufschluss Mirigioli der Grenzbitumenzone am Monte San Giorgio gesammelt (716.512/085.537, Blatt 1373 der Landeskarte der Schweiz 1:25000). Es handelt sich um Proben aus folgenden Schichten<sup>4)</sup>:

Schicht 227 35 mm mächtiger Kristalltuff.

Schicht 160 linsiges, 5 mm mächtiges, metabentonitisches Tonbändchen in einem bituminösen Tonschiefer von 35 mm Mächtigkeit.

Schicht 79 20 mm mächtiger porphykartiger Tuff.

Schicht 78 10 mm mächtige metabentonitische Tufflage in einem ca. 90 mm mächtigen bituminösen Tonschiefer.

Schicht 72 feine metabentonitische Tonlagen im mm-Bereich in einem bituminösen Tonschiefer von 37 mm Mächtigkeit.

<sup>4)</sup> Die Schichtnummern beziehen sich auf das in der Dissertationsarbeit (W. MÜLLER) zu publizierende Standardprofil der Grenzbitumenzone.

Schicht 71 oberer, 60 mm mächtiger, metabentonitischer Schichtanteil der im gesamten 140 mm mächtigen Schicht.

Schicht 66 10 mm mächtiger Kristalltuff, bituminösen Tonschiefer überlagernd, aus der Mitte der im gesamten ca. 75 mm mächtigen Schicht 66.

Die Schicht 227 liegt im oberen, Schicht 160 im mittleren und die anderen Schichten im unteren Bereich des Profils der Grenzbitumenzone.

Makroskopisch treten die vulkanogenen Lagen meistens sehr deutlich hervor: die Kristalltuffe bilden harte Lagen, sind grobkörniger als die Dolomite und zeichnen sich im frischen Anschlag durch ihre mattweisse (66) oder braun-violette (227) Farbe aus. Die tonreicheren Lagen sind in unverwittertem Zustand weisslich (79) oder graublau, in verwittertem bunt gelblich, bräunlich oder orange und fallen dadurch innerhalb des Profils auch bei geringer Mächtigkeit noch auf. Die grosskornarmen Metabentonite lassen sich, solange sie frisch sind, auch an ihrer guten Knetbarkeit erkennen. Die Verwitterung ist allerdings oft sehr tiefgreifend.

Die Probe aus der Schicht 160 sowie zwei weitere nicht näher horizontiert aufgesammelte Muster aus der Grenzbitumenzone wurden freundlicherweise von F. HOFMANN einer ersten vorläufigen Untersuchung unterzogen<sup>5)</sup>: die DTA-Kurven der Tonfraktionen zeigen typische Montmorillonitreaktionen; die Schwermineral-(Apatit, Zirkon, Leukoxen, authigener Pyrit) und Leichtmineralanteile (Quarz, Sanidin) sind kennzeichnend für vulkanogene Lagen. Es handelt sich bei diesen Tonen um Metabentonite, d. h. um gealterte Bentonite (R. E. GRIM, 1953, p. 361).

Wir geben im folgenden die von uns ermittelten petrographischen und röntgenographischen Daten für die Proben der Schichten 227 (Kristalltuff), 79 (porphyrtiger Tuff) und 78 (Tuffit). Die tonmineralogischen Untersuchungen (DT- und Röntgenanalysen) für die Proben aus den Schichten 79, 72 und 71 wurden von T. PETERS<sup>6)</sup> durchgeführt, wofür wir ihm an dieser Stelle unseren besten Dank aussprechen.

### Optisch und röntgenographisch ermittelte Daten für die Proben aus den Schichten 227, 79 und 78

#### 1. Die mineralogische Zusammensetzung

Die Tuffe und Tuffite setzen sich aus einer mikro- bis kryptokristallinen Grundmasse und Grosskörnern zusammen. Die Grundmasse besteht hauptsächlich aus Montmorillonit, etwas Quarz und Kalifeldspat. Mit deutlicher Korngrößenabstufung liegen in dieser Matrix in wechselndem Mengenverhältnis Quarz, Sanidin, Dolomit, Erz, polykristalline plattige Aggregate und als Nebenkomponenten stets etwas Glimmer, seltener Zirkon und Apatit und stellenweise organische Reste. Plagioklase lassen sich nicht nachweisen und sind nach den Beobachtungen von A. WIRZ (op. cit.) und F. HOFMANN (op. cit.) auch aus den Tuffen des Ladinien und dem Metabentonit von Caslano nicht bekannt.

Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht über den Mineralbestand der Einsprenglinge in den 3 untersuchten Proben.

<sup>5)</sup> Briefliche Mitteilung (1957).

<sup>6)</sup> Mineralogisch-petrographisches Institut, Sahlistrasse 6, Bern (Schweiz).

Tabelle 1. Leicht- und Schwerminerale dreier vulkanogener Lagen aus der «Grenzbitumenzone» am Monte San Giorgio. Der angegebene Anteil ist auf ihre Gesamtmenge im Gestein bezogen.

Schicht	Komponenten (100%)	
	Anteil > 5%	Anteil 1-5%
227	Sanidin A	Erz
	Quarz	Biotit
	± Dolomit	Chlorit
78	Dolomit	organisches Material
	Quarz	Sanidin A
	polykristalline plattige Aggregate	Muskowit
	Erz	
79	Sanidin B	polykristalline plattige Aggregate
	Sanidin A	
	Erz	

Mikroskopisch kann man Kristalltuffe, porphyrartige Tuffe und Tuffite unterscheiden. Im Gegensatz zum Tuffit 78 besitzen der porphyrartige Tuff und der Kristalltuff keine beziehungsweise geringe Anteile an mikroskopisch erkennbarem Dolomit.

## 2. Die Grundmasse

In der Grundmasse sind die Tonmineralblättchen manchmal zu strahligen Aggregaten gruppiert. Die Grundmasse des Kristalltuffs 227 besitzt einen mittleren Brechungsindex von  $n_m = 1,5240 \pm 0,0005$ .

## 3. Die Grosskörner

### a) Quarz

Röntgenographisch konnten wir keinen alpha-Cristobalit in nachweisbaren Mengen ermitteln. Der Quarz tritt in bis zu 1,0 mm, vorwiegend aber um 0,5 mm grossen, xenomorphen, splittrigen Körnern auf. Er ist klar und weist deutliche Korrosionsbuchten auf (vgl. Fig. 2). Zu seltenen Einschlüssen gehören Gasblasen. Neben diesen einschlussarmen Körnern treten im Tuffit 78 untergeordnet deutlich grössere, diffus-wolkig einschlussreiche auf.

Im weiteren wird im sonst quarzfreien, porphyrartigen Tuff 79 der Sanidin A innerhalb seiner Korngrenzen von einem traubigen Aggregat von Quarz verdrängt (vgl. Fig. 3). Der mittlere Brechungsindex von  $n_m = 1,548$  schliesst die mögliche Verwechslung mit Chalcedon aus.



Fig. 2. Kristalltuff 227 aus der «Grenzbitumenzone» des Monte San Giorgio (Schnitt  $\parallel$  s; 24fache Vergr.; + Nicols). Quarz (weiss) mit Korrosionsumrisse und Sanidin-Typ A (grau, stark zersetzt).

*b) Sanidin*

In allen drei Proben tritt ein vorwiegend hypidiomorpher, selten idiomorpher Sanidin-Typ A auf. Sein Habitus: sowohl tafelig nach (010) als auch prismatisch nach (100). Er ist manchmal nach dem Karlsbadergesetz verzwillingt; andere Gesetze sind rar. Der Sanidin weist wie der Quarz Korrosionsbuchteln auf.

Die Körner, in ähnlicher Grösse wie Quarz, sind selten zonar und enthalten Glaseinschlüsse. Man erkennt sie leicht am schummerigen Auslöschen unter gekreuzten Nicols und an ihrem Reichtum an diffus verteilten oder in Nestern konzentrierten Umwandlungsprodukten, namentlich Tonmineralien und Serizitschüppchen.

Daneben ist auch die Verdrängung durch mikrokristallinen traubigen Quarz, streng innerhalb der Korngrenzen, und durch Karbonat charakteristisch. Die Verdrängung durch Quarz nimmt im porphykartigen Tuff 79 ein solches Ausmass an, dass zumindest die Hälfte des gesamten Feldspatvolumens A der Probe von dem traubigen Aggregat eingenommen wird (vgl. Fig. 3).

Nur im porphykartigen Tuff 79 wurde noch ein zweiter Feldspat gefunden, der Sanidin-Typ B. Mengenmässig stehen A:B etwa im Verhältnis 1:1. Die mittlere Korngrösse des Typs B überragt diejenige des Typs A um wenig. Seine Einkristalle sind scharfkantig und xenomorph. Gegenüber A zeigen sie eine stärkere Tendenz zu isometrischer Ausbildung. Selten kommt Verzwillingung nach dem Bavenoergesetz vor; viel spärlicher noch treten das Karlsbad- und andere Gesetze auf.

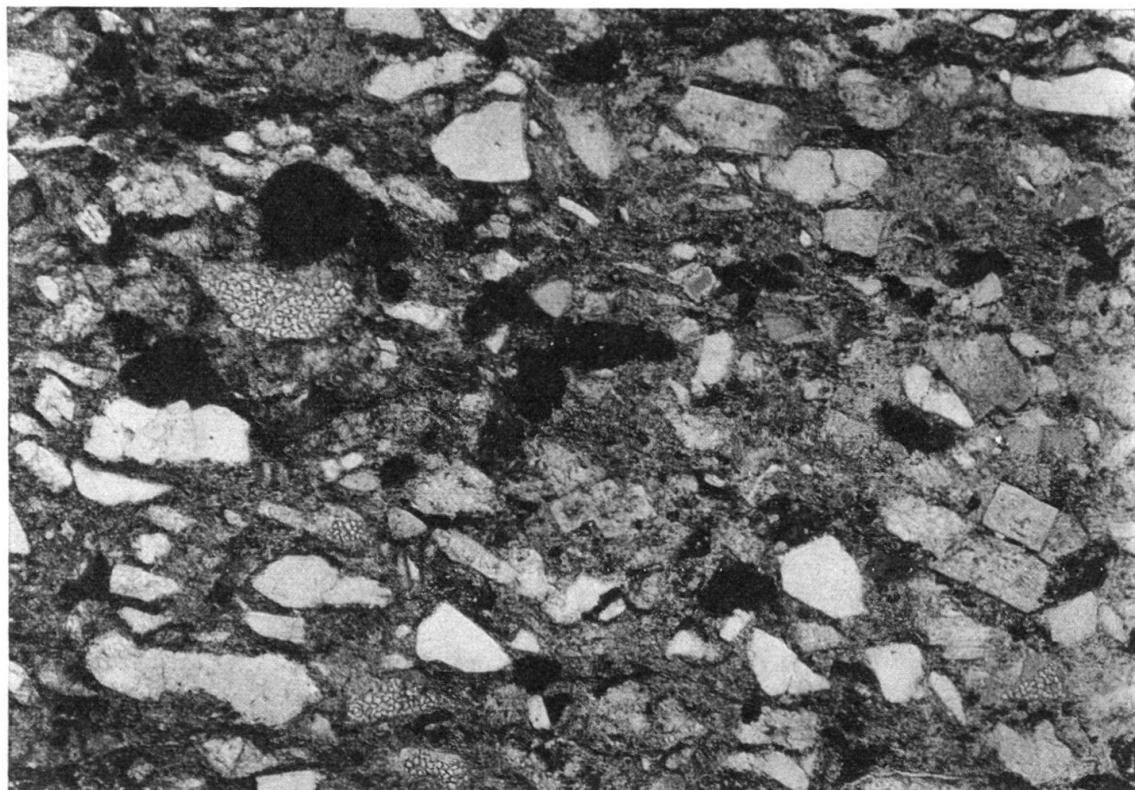


Fig. 3. Porphyroartiger Tuff 79 aus der «Grenzbitumenzone» des Monte San Giorgio (Schnitt  $\perp$  s; 24fache Vergr.; leicht + Nicols). Man erkennt die Sanidin-Typen B (weiss, einschlusselfrei) und A (grau,  $\pm$  zersetzt). In der linken Bildhälfte und rechts unten sind verschiedene Stadien der Verdrängung von Sanidin-Typ A durch traubige Quarzaggregate zu beobachten. Rechts aussen, im unteren Teil, ein Sanidinkorn Typ A in idiomorpher Ausbildung.

Im Unterschied zum Typ A liegt B auffallend frisch vor. Er ist arm an Einschlüssen, frei von Verdrängungerscheinungen und löscht im polarisierten Licht homogen aus. Schärfer noch als durch ihre morphologischen Eigenschaften unter-

Tabelle 2. Zusammenstellung der Kennzeichen der beiden Sanidin-Typen A und B aus vulkanogenen Lagen der «Grenzbitumenzone» am Monte San Giorgio.

scheiden sich die beiden Feldspäte in optischer Hinsicht: sämtliche Körner des Typs A weisen Hochsanidinoptik auf mit der optischen Achsenebene parallel (010) während der Typ B ebenso deutlich Orthoklas-Optik zeigt mit der optischen Achsenebene senkrecht (010). Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über die morphologischen und optischen Kennzeichen der beiden Typen. Für den Sanidin B stimmen die eingemessenen Pole von (001), (021) und (010) gut mit den von NIKITIN (1936) für Sanidin beziehungsweise normalen Orthoklas angegebenen Werten überein, doch zeigt sich ein einheitlicher, aber sehr schwacher trikliner Einschlag ( $\propto b/n_z \sim 1,5^\circ$ ).

Erwähnenswert ist der Achsenwinkel im Sanidin A. Er streut über einen grossen Bereich (Kristalltuff 227), zeigt aber in der Mehrzahl grosse Werte zwischen  $30^\circ$  und  $40^\circ$ , die in natürlichen Sanidinen mit Hochsanidinoptik selten auftreten. Gut übereinstimmend mit diesem grossen Achsenwinkel in (010) ist der kleine Brechungsindex; beide Daten weisen auf einen hohen Or-Gehalt von mehr als 80% hin. Kleinere Felder in den Körnern zeigen oft einen bedeutend geringeren Achsenwinkel, zusammen mit den stets beobachteten verwaschenen Isogyren ein deutlicher Hinweis auf inhomogenen Aufbau. Röntgenographische Pulveraufnahmen der Kalifeldspäte mit der Guinier-de Wolff-Kamera lieferten die auf der Tabelle 3 angeführten ( $d_{\bar{2}01}$ )-Werte.

Tabelle 3.  $d_{\bar{2}01}$ -Werte für die Sanidin-Typen A und B.

Sanidin	Schicht	$d_{\bar{2}01}$
A	227	4.225
	79	4.225
B	79	4.172

Sie ergeben nach TUTTLE and BOWEN (1950, p. 493) für A bzw. B Albit-Gehalte von etwa 0 bzw. 30%. Die optischen Daten der beiden Sanidine geben mit diesen Werten gut übereinstimmende Na-Gehalte an, wenn man sie in die Kurven von TUTTLE (1952) für 2  $V_x$ , die Brechungsindices sowie die Auslöschungswinkel auf (010) von «Sanidin-Anorthoklas-Hochalbit» einsetzt.

Anzeichen von Entmischung konnten röntgenographisch nirgends festgestellt werden.

Die (130)- und (131)-Linien erscheinen, relativ zu anderen Linien, nur bei Typ A leicht diffus, ohne aber aufgespalten zu sein. Der Sanidin A scheint partiell oder gesamthaft Triklinität innerhalb enger Grenzen aufzuweisen.

Wir verglichen die Pulveraufnahmen der Sanidin-Typen A und B mit solchen anderer Kalifeldspäte, unter anderem denjenigen, welche von J. F. OSTEN (1951) beschrieben vorliegen. Es zeigte sich, dass die Intensitätsverteilung und die Positionen der Reflexe unseres Sanidin-Typs B weitgehend mit denen typischer Sanidine (z. B. vom «Drachenfels», Siebengebirge) übereinstimmen. Beim Typ A ist demgegenüber eine auffallende Ähnlichkeit der  $d$ -Werte und der zugehörigen Intensitäten mit solchen alpiner Kluftadulare festzustellen. Insbesondere stimmen sie mit denjenigen eines Adulars vom Lukmanier überein, der als Vergleichsprobe verwendet wurde. Unterschiede zeigen sich nur in den schwach diffusen Reflexen (130)

und (131) sowie in einer einheitlichen leichten Versetzung der d-Werte zu höheren Beträgen hin.

Der Sanidin-Typ A mit eindeutiger Hochsanidinoptik scheint demnach eine Struktur aufzuweisen, wie sie ähnlich in Adularen vorliegen kann.

Im Rahmen unserer Arbeit konnten wir dieser interessanten Erscheinung nicht weiter nachgehen. Aus den eindeutig interpretierbaren petrographischen und sedimentologischen Kennzeichen der untersuchten Tuffe dürfte immerhin deutlich hervorgehen, dass ein anderer als vulkanischer Ursprung, sowohl für den Sanidin-Typ A als auch für den Sanidin-Typ B, höchst unwahrscheinlich ist.

Durch ihre morphologischen, optischen und röntgenographischen Eigenschaften sind die beiden im porphyrtartigen Tuff nebeneinander vorkommenden Typen deutlich voneinander unterschieden. Es finden sich keine Anhaltspunkte dafür, dass der eine Typ aus dem anderen entstanden wäre, oder dass strukturelle Übergänge zwischen ihnen beständen. Zwischen dem minimalen Winkel  $2 V_x = 15^\circ$  in (010) von A und  $2 V_x = 17^\circ$  senkrecht (010) besteht ein klarer Hiatus; alles deutet darauf hin, dass A und B genetisch selbständige Phasen darstellen. Wir können nicht entscheiden, ob sie nebeneinander gebildet wurden oder verschiedener Abstammung sind.

### *c) Polykristalline plättchenförmige Aggregate*

Im Tuffit 78 und im porphyrtartigen Tuff 79 treten häufig plättchenförmige Gebilde vom Ausmass der Grosskörner auf, meist von etwas Erz umsäumt. Sie erscheinen im reflektierten Licht grau- oder dunkelbraun, im durchfallenden Licht gelbbraun. Unter gekreuzten Nicols, bei mittlerer Vergrösserung, ist ihr polykristalliner Aufbau bei ungeordneter bis sphärolitischer Anordnung der Kristallite ersichtlich. Es handelt sich hier um ein niedrig doppelbrechendes, plättchenförmiges Mineral, vermutlich aus der Chloritgruppe mit einem mittleren Brechungsindex  $n_m = 1,585 \pm 0,002$ . Eingelagert in dieses Aggregat finden sich vereinzelt (nach c) radialstrahlige Kugeln vom Durchmesser bis 0,02 mm aus Karbonat mit einem Kern. Zweifellos handelt es sich bei diesen Aggregaten um sekundäre Umwandlungsprodukte.

Als Ausgangsmaterial kämen Mafite, Glasfetzen oder (mitgerissene) pelitische Xenolithe in Betracht. Angesichts der charakteristischen Plattenform, des monomineralischen Bestandes und der eingeschlossenen, kugeligen Karbonatgebilde kann aber keine dieser Möglichkeiten recht befriedigen.

### *d) Glimmer, Chlorit*

Die Tabelle 4 gibt die optischen Charakteristiken der gefundenen Glimmer und des Chlorits an. In der Grösse variieren die Glimmerblättchen von 0,1 mm bis 0,4 mm. Der Biotit ist manchmal ausgebleicht und vollgespickt mit Erzknöllchen. Da der Chlorit als selbständiges Mineral neben frischem Biotit auftritt, dürfte er ein primärer Gemengteil sein.

Tabelle 4. Zusammenstellung der optischen Merkmale von Glimmermineralen aus vulkanogenen Lagen der «Grenzbitumenzone» am Monte San Giorgio (\* Rock Color Chart, Nat. Res. Council, Washington, 1948).

Schicht	Mineral	Farbe im durchfallenden Licht (Dicke ca. 0.03 mm)		2 V <sub>x</sub>	Disper- sion der O.A.	$\frac{n_y + n_z}{2}$
		Rock Color Chart*	Absorpt.			
227	Chlorit	gelblich- graugrün	10 GY 6/2	x ~ y	2 V klein	1.628
		gelb- olivbraun	5 Y 5/5	y ~ z	18–20°	v > r
	Biotit	rötlich- gelbbraun	10 YR 5/4	y ~ z	5–14°	v > r
		rötlich-braun	5 YR 6/6	y ~ z		
78	Biotit	schmutzig- gelbbraun	10 YR 5/2	y ~ z	ca. 25°	
	Muskowit	farblos			34–36°	r > v
						1.583

#### e) Schwerminerale

Als Erz tritt vorwiegend Hämatit in kleinsten Knollen auf. Diese sind nur zu einem kleinen Teil dispers über die Grundmasse verteilt. Der Grossteil schliesst sich zu bis 1 mm grossen fleckigen Anhäufungen zusammen. Daneben kommen Limonit, teilweise idiomorpher Pyrit und andere Erze vor. Unter den restlichen Schwermineralen wiegt Zirkon vor.

### 4. Dolomitischer und organischer Anteil

#### a) Dolomit

Kalzit fehlt in nachweisbaren Mengen. Die Dolomitkörner stehen ihrer Grösse nach im allgemeinen zwischen den Grosskörnern Quarz und Sanidin und der Matrix. Selten erreicht ein Teil von ihnen grössere Ausmasse.

Die xenomorphen Körner treten regellos im Grundzement verteilt mit mehr oder weniger starker Neigung zum Zusammenschluss zu Gruppen auf.

Ihr Anteil an der Zusammensetzung der Tuffe schwankt stark: so fehlen sie im porphyrtartigen Tuff 79, erscheinen in geringem Ausmass im Kristalltuff 227, treten aber im Tuffit 78 als Hauptkomponente in der Leichtmineralfraktion auf. Im Kristalltuff 227 können im oberen, feldspatärmeren Bereich (vgl. nächsten Abschnitt) kontinuierliche Übergänge im mm-Bereich von dolomitarmen zu dolomitreichen Lagen festgestellt werden.

Der Brechungsindex  $n_o = 1,680$  zeigt einen Fe-freien, reinen Dolomit an.

*b) Organisches Material*

Es zeigen sich verschiedenartige organische Reste, darunter auch Conodonten. W. MÜLLER (1964) geht in einer separaten Arbeit auf diese ein.

5. Die Struktur

Die Grosskörner zeigen im Kristalltuff schwach, im porphyrartigen Tuff deutlicher eine Einregelung ihrer Elongationsachsen in  $s$ .

Die Grundmasse des porphyrartigen Tuffs 79 folgt dieser Tendenz partienweise: Schwärme gleichgerichteter Mineralblättchen umfliessen manchmal die Grosskörner. Im Kristalltuff 227 ist aber mikroskopisch keine Regelung der Grundmasse festzustellen, doch deutet auch hier verbogener Biotit auf schwache mechanische Beanspruchung (Setzung) hin.



Fig. 4. Kristalltuff 227 aus der «Grenzbitumenzone» des Monte San Giorgio (Schnitt  $\perp s$ ; 14fache Vergr.; + Nicols). Gravitative Saigerung der Grosskörner Quarz (einschlusselfrei) und Sanidintyp A (zersetzt) und Übergang von der tonärmeren Partie unten zur tonreichereren oben.

Der Kristalltuff 227 weist eine ausgeprägte gravitative Saigerung der verschiedenen Komponenten nach der Korngrösse auf. An der Basis sind, dicht gelagert, die grössten Körner angehäuft, gegen oben werden sie kleiner, treten in geringerer Menge auf, und die tonige Grundmasse sowie die dolomitische Komponente nehmen überhand. Im Bereich des Schichtdaches ist praktisch nur noch Ton und Dolomit vorhanden. Der Übergang von der unteren, gröberen und reicheren Kristallfraktion zu der feineren und ärmeren oben erfolgt brusk und ist auch im Handstück zu erkennen (vgl. Fig. 4). Auch die Probe der Schicht 66 lässt eine sehr ausgeprägte Saigerung erkennen (vgl. Fig. 5). Eine Kornsortierung im porphyrtartigen Tuff 79 ist im Schliff schwer nachweisbar, da wegen höheren Tongehalts keine Dünnschliffe hergestellt werden können, welche die ganze Schicht erfassen. Aber im Feld lässt sich an der Basis der Schicht eine grosskornreichere Partie erkennen, die oft in der Art eines harten, kristalltuffähnlichen Bändchens ausgebildet ist.

### DT- und Röntgenanalysen der Proben aus den Schichten 79, 72 und 71

Für die tonmineralogischen Untersuchungen wurde die Fraktion  $< 2 \mu$  benutzt; die Proben wurden mit  $\text{Ca}^{++}$  abgesättigt. Die DTA-Kurven zeigen typische Montmorillonitreaktionen: es findet eine stufenweise Abgabe des lockergebundenen Zwischenschichtwassers bei ca.  $150^\circ\text{C}$  und des etwas fester gebundenen bei ca.  $225^\circ\text{C}$ , schliesslich des OH-Wassers bei ca.  $700^\circ\text{C}$  (bei Aufheizung der Proben in Stickstoff) statt. Die Röntgendiffraktionsdaten lassen auf ein «mixed-layer mineral» schliessen, dessen Struktur durch eine regelmässige Wechsellagerung von Montmorillonit- und Illitschichten charakterisiert wird.

Die Fraktion  $< 2 \mu$  besteht fast ausschliesslich aus dem «mixed-layer mineral»; in ihr fehlen Quarz und Feldspat praktisch gänzlich.

### Ablagerungsbedingungen

Nach der durchwegs unbeschädigten Aussenfläche der Grosskörner zu schliessen, kommt für die Verfrachtung des Tuffmaterials nur äolischer Transport in Frage. Dafür spricht auch die Beobachtung, dass die vulkanogenen Lagen über viele Quadratkilometer, innerhalb des Gesamtprofils der Grenzbitumenzone streng horizontiert, in derselben Ausbildung und in praktisch gleicher Mächtigkeit vorliegen. Bentonitvorkommen bleiben überdies in den meisten Fällen nur erhalten, wenn sie nicht verschwemmt werden (F. HOFMANN, 1956b, p. 857).

Auch sekundäre Aufarbeitung und Verfrachtung sind auszuschliessen. Es fehlen dafür die sedimentologischen Hinweise: liegende und hangende Sedimente zeugen grösstenteils von einer ungestörten Sedimentation in äusserst ruhigem Wasser.

Das Tuffmaterial muss direkt ins Meerwasser gefallen sein und sich darin ungestört sedimentiert haben. Die gravitative Saigerung des Materials der Schichten 227 und 66 (Kristalltuffe) sowie 79 (porphyrtartiger Tuff) mag schon in der Luft eingesetzt haben, wird aber vorwiegend im Wasser vor sich gegangen und akzentuiert worden sein.

An der Basis der Tufflagen sieht man schon von blossem Auge (Kristalltuff 66) oder erst im Dünnschliff (Kristalltuff 227) oft einzelne Körner oder Gruppen von Körnern, die von der Tuffmasse gänzlich oder annähernd isoliert im liegenden Dolomit (227) oder bituminösen Tonschiefer (66) eingebettet sind. Daraus ist abzuleiten, dass sich das liegende Sediment zur Zeit der Tuffablagerung noch im Zustand eines sehr lockeren Schlamms befand, in den die vulkanischen Kristallkörner leicht einsinken konnten (vgl. Fig. 5).

### **Vergleich mit den vulkanogenen Sedimenten aus dem Ladinien des Monte San Giorgio und aus dem basalen Salvatoredolomit vom Monte Caslano**

Im von A. WIRZ (op. cit.) beschriebenen Ladinienprofil des Monte San Giorgio sind über 30 Tuff-, Tuffit- und Aschentufflagen von mm- bis zu 50 cm Mächtigkeit angegeben und zu einem grossen Teil beschrieben. Die markanteste tuffogene Partie des Profils besitzt etwa 7 m Mächtigkeit (A. WIRZ, op. cit., p. 63) und befindet sich etwa 110 m über der Grenzbitumenzone in den sogenannten unteren Meridekalken ladinischen Alters; am besten ist sie in der Val Serrata nördlich Meride aufgeschlossen (W-Ufer, unmittelbar über dem Bachbett, vgl. Fig. 1, Fundpunkt F).

Abgesehen von der weniger stark umgewandelten Grundmasse aus einem feinkörnigen Gemenge von Feldspat, Serizit, Erz und Quarz sowie oft sedimentären Zuschüssen, entsprechen die ladinischen Tuffe weitgehend denen aus der Grenzbitumenzone. Auch sie enthalten als Grosskörner Sanidin, Quarz und Glimmer und als Akzessorien Zirkon, Hämatit, Pyrit sowie Apatit. Hier wie dort herrscht Sanidin vor; Plagioklas wurde nicht ermittelt. Als Besonderheit weisen einige der ladinischen Kristalltuffe Eruptivgesteinseinschlüsse mit pilotaxitischer Struktur auf.

A. WIRZ kann ebenfalls Kristall- und porphyrtartige Tuffe unterscheiden, hat aber zusätzlich auch Aschentuffe vorgefunden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Aschentuffe nur dank des guten Erhaltungszustandes der ursprünglichen Struktur als solche identifiziert werden konnten. Die Ascheneinlagerungen in der Grenzbitumenzone liegen hingegen gänzlich bentonitisiert vor.

Im Liegenden der ladinischen Tuffe kommen Verkieselungen verschiedenster Art vor; oft handelt es sich um markante Hornsteinbildungen (z. B. die sogenannten «Scherzi»-Lagen; A. WIRZ, op. cit., p. 63, 63–70). Als Kieselsäurelieferanten betrachtet A. WIRZ (op. cit., p. 62, 66, 68–71) zum Teil die Tuffe, namentlich ihre ehemals glasige Grundmasse und in gewissen Fällen hat er Anzeichen dafür, dass die Kieselsäure entlang der Schichtfugen vorgedrungen ist; er konnte beobachten, dass die Silifizierung die bituminösen Tonschiefer strikte meidet. Manchmal treten im Liegenden der Tuffe der Grenzbitumenzone ebenfalls silifizierte Lagen auf; ob sie gleich zu deuten sind wie diejenigen aus den unteren Meridekalken, können wir vorderhand nicht entscheiden (vgl. auch E. R. GRIM, op. cit., p. 362).

Die bituminösen Kalkmergel- und Mergelschiefer, die mit den ladinischen Tuffen wechsellsiegern, sind reich an Fossilien, ebenso einzelne Tufflagen (A. WIRZ, op. cit., p. 25, 62). Die Grenzbitumenzone ist vor allem wegen ihres Reichtums an gut erhaltenen marinischen Vertebraten (Fischen und Reptilien) bekannt, die zusammen mit Wirbellosen und Pflanzen sowohl in den Dolomitschichten wie auch in den bituminösen Tonschiefern vorhanden sind. Die tuffogenen Lagen galten bisher als gänzlich fos-

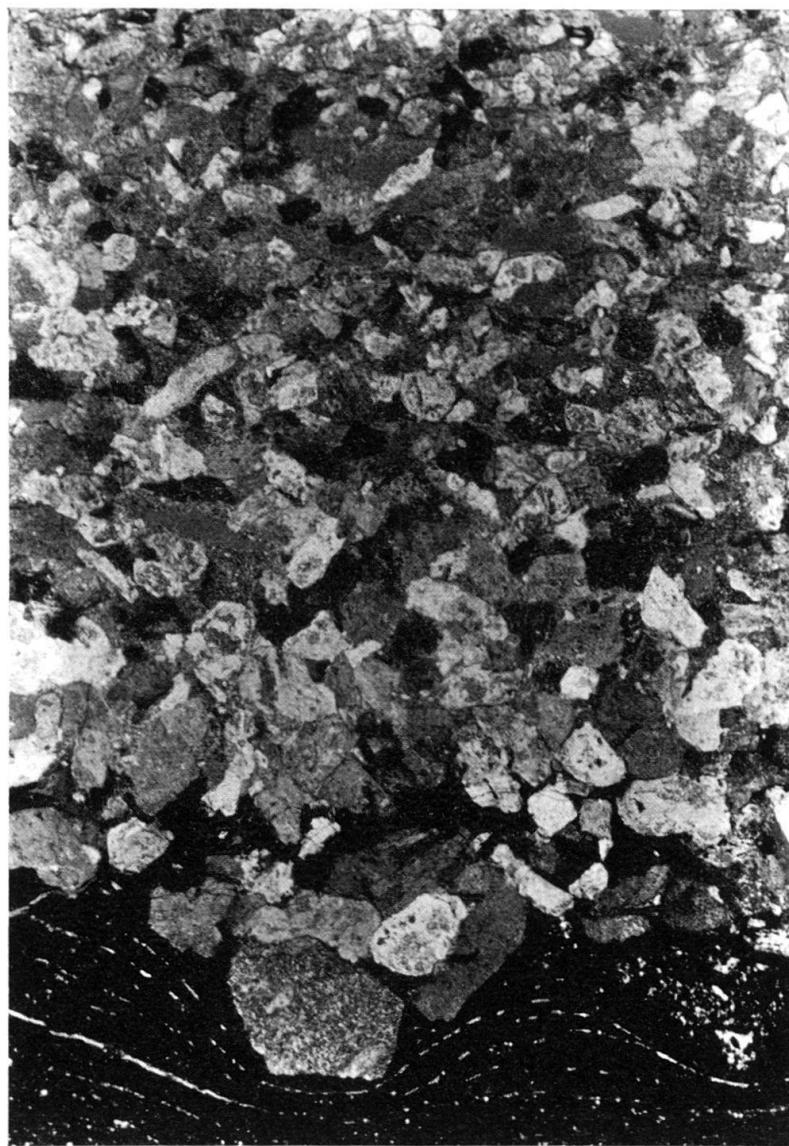


Fig. 5. Kristalltuff 66 aus der «Grenzbitumenzone» des Monte San Giorgio (Schnitt  $\perp$  s; 14fache Vergr.; + Nicols). Der Kristalltuff ist praktisch quarzfrei und enthält vorwiegend Sanidine vom Typ A als Grosskörner. Die untere Bildhälfte zeigt die Auflagerung des gravitativ gesaigerten Kristalltuffs auf bituminösen Tonschiefer, in den einige Körner des Tuffs eingesunken sind.

silleer. Wir konnten aber aus einem tuffitischen Horizont einige Conodonten isolieren (W. MÜLLER, op. cit.). Weitere verschiedenartige organische Reste waren nicht weiter bestimmbar.

Schliesslich ist zu erwähnen, dass A. WIRZ (op. cit., p. 65–66) seine Tuffe mit den permischen Vulkaniten des Lunganese vergleicht und eine gute Übereinstimmung des Chemismus dieser Tuffe mit dem Chemismus des Granophyrs und Quarzporphyrs feststellt. Er geht jedoch nicht näher auf die Frage der Herkunft des ladinischen vulkanischen Materials ein.

Ebenso wie mit den ladinischen Vorkommen zeigen die tuffogenen Sedimente aus der Grenzbitumenzone eine ausgeprägte Ähnlichkeit mit dem Metabentonit aus dem basalen Salvatoredolomit vom Monte Caslano (vgl. F. HOFMANN, 1956c); auf

die Identität dieses Metabentonit-Vorkommens mit den ladinischen Tuffen des Monte San Giorgio hat schon F. HOFMANN (op. cit., p. 494) hingewiesen.

### Stellung der mitteltriadischen Tuffe des Lunganese im süd- und ostalpinen Raum

Wir haben festgestellt, dass die mitteltriadischen tuffogenen Einlagerungen des Lunganese einander weitgehend entsprechen. Die einzelnen Horizonte sind bis auf das Mengenverhältnis ihrer Grosskörner und den Umwandlungsgrad ihrer Matrix gleichartig. Ein charakteristisches gemeinsames Merkmal ist das Auftreten von Sanidin als einziger Feldspat. Das Fehlen von Plagioklas muss primär sein. Die Möglichkeit, dass der Plagioklas durch Umwandlung eliminiert worden wäre, fällt ausser Betracht: in den relativ frischen Proben müssten zumindest noch Relikte erhalten geblieben sein.

Die vulkanische Tätigkeit in der mittleren Trias hatte regionale Bedeutung und machte sich in weiten Gebieten des süd- und auch des ostalpinen Raumes bemerkbar.

Die mächtigsten und differenziertesten Serien finden sich im Zusammenhang mit zwei bedeutenden Eruptionszentren im Alto Adige (P. LEONARDI, 1955, p. 19, 26–29) und im westlichen Vizentin (J. DE BOER, 1963, p. 61).

Zu Vergleichszwecken mit den von uns bearbeiteten tuffogenen Gesteinen aus der Grenzbitumenzone des Monte San Giorgio interessierten uns in erster Linie die vulkanogenen Ablagerungen im Grenzbereich Anisien-Ladinien, unter denen die im tiefsten Ladinien einsetzenden «Pietra verde»-Vorkommen die bedeutendste Rolle spielen. Bei der «Pietra verde» handelt es sich zum grossen Teil um in marinem Milieu abgelagerte Tuffe und Tuffite (E. CALLEGARI & A. MONESI, 1964, p. 45). Ihre Herkunft ist nach wie vor problematisch (E. CALLEGARI & A. MONESI, op. cit., p. 46; P. LEONARDI, op. cit., p. 20).

«Pietra verde»-Vulkanite sind von Osten her bis an die Grigna östlich des Comersees (E. TRÜMPY, 1930) belegt. Sie kommen auch in den zentralen und nördlichen Kalkalpen vor und werden dort in der Regel als aus dem Süden eingeschwemmt oder eingeweht betrachtet (H. VIDAL, 1953), ausser in den Gailtaler Alpen (Kärnten), wo Anhaltspunkte für eine lokale Förderung bestehen (A. PILGER & R. SCHÖNENBERG, 1958).

Von H. VIDAL (op. cit., p. 69) werden gewisse Vorkommen des Zugspitzmassifs (Wettersteingebirge) fälschlicherweise mit den ladinischen Tuffen des Monte San Giorgio verglichen. Unserer Meinung nach können die Vulkanite des Lunganese mit der «Pietra verde» nicht direkt in Beziehung gesetzt werden: rein äusserlich fehlt ihnen schon die grüne Farbe; wesentlich ist aber, dass die «Pietra verde»-Bildungen im Gegensatz zu den ausgesprochen sauren des Lunganese im allgemeinen intermediären bis basischen Charakter besitzen. Sie führen Sanidin nur ausnahmsweise, enthalten dagegen regelmässig vorwiegend andesitisch-labradoritischen Plagioklas<sup>7)</sup>.

Erst in jüngster Zeit sind aus dem Gebiet der Dolomiten auch saure «Pietra verde»-Varietäten bekannt geworden (E. CALLEGARI, 1964, 1964a; E. CALLEGARI

<sup>7)</sup> Vergleiche vulkanischer Gesteine allein auf Grund des modalen Mineralbestandes sind an sich unzulänglich. Im Falle der Lunganese-Vulkanite mit ihrem durchgehend gleichen oder doch sehr ähnlichen Modus dürfte aber doch ein gewisser Verlass darauf sein.

et al., 1964). Als Grosskörner treten darin Plagioklas, Sanidin und Quarz auf. Abgesehen von dieser charakteristischen Assoziation geht der saure Charakter auch aus der chemischen Analyse hervor. Diese «Pietra verde»-Vorkommen erscheinen im untersten Ladinien und stehen an der Basis einer Serie, die in ihrer Gesamtentwicklung einen kontinuierlichen Übergang von sauren zu basischen Produkten erkennen lässt. Diese Entwicklung ist ähnlich derjenigen des vizentinischen Vulkanismus während des Ladinien.

Im Vizentin setzte die Eruptionstätigkeit nach der permischen Periode bereits im Skythien wieder ein (J. DE BOER, op. cit., p. 61). Mit zumeist submarinen, teils auch subaerischen, anfänglich sauren, später basisch-ultrabasischen Ergüssen und Tuffausbrüchen dauerte sie bis in das oberste Ladinien fort. Im Gegensatz dazu setzte die triadische Eruptionstätigkeit in den Dolomiten erst im unteren Ladinien ein, und zwar mit der Förderung vor allem basischen augitporphyritischen Materials (M. M. OGILVIE GORDON, 1927, p. 34–40; P. LEONARDI, op. cit., p. 19, 26–31).

Im Zusammenhang mit den Lusanese-Tuffen verdient der Vizentiner Vulkanismus besondere Aufmerksamkeit: mit seinen grossen Massen saurer Förderprodukte könnte er dazu verleiten, als Lieferant dieser Tuffe in Betracht gezogen zu werden. Dagegen sprechen aber nicht nur petrographische Kriterien (unter anderem der sehr spärliche Sanidingeinhalt und das Vorherrschen von Plagioklas in den sauren Vizentinergesteinen; J. DE BOER, op. cit., p. 71), sondern in erster Linie die grosse Entfernung zwischen den beiden Gebieten, die mit ca. 190 km für einen äolischen Transport des Tuffmaterials zu gross ist. Eine Überschlagsrechnung nach dem Stokes'schen Gesetz, welche die Korngrösse der Einsprenglinge, ihr spezifisches Gewicht sowie mögliche Windstärken berücksichtigt, zeigt nämlich, dass der Lockerstoffauswurf, um den Monte San Giorgio zu erreichen, in eine Höhe von mehreren Dutzend Kilometern hätte getrieben werden müssen; das ist eine Voraussetzung, die – besonders bei der grossen Anzahl von Tufflagen im Lusanese – nicht ohne weiteres gemacht werden kann.

Ferner ist eine Einwehung der Lusanese-Tuffe aus dem Vizentin auch deshalb unwahrscheinlich, weil im dazwischenliegenden Bergamaskergebiet keine Äquivalente auftreten. Die im Aufschluss bei Contrada Gobbia (Val Camonica, südwestlich Breno) anstehenden Tuffe, Tuffite und Porphyritlagergänge im Grenzbereich Anisien-Ladinien (nach R. ASSERETO, 1963) zeigen keine Ähnlichkeiten mit den Vulkaniten des Lusanese: die Porphyrite haben dacitische oder andesitische Zusammensetzung und führen Quarz und Plagioklas respektive Plagioklas und Hornblende als Phaenokristalle. Die Tuffe und Tuffite enthalten als Grosskörner eckige, zum kleineren Teil kantengerundete Quarz und Plagioklas. In einzelnen Lagen tritt möglicherweise in stark umgewandeltem Zustand auch Sanidin auf.

Bei unseren Vergleichen der Lusanese-Tuffe mit andern mitteltriadischen vulkanischen Ablagerungen haben wir angenommen, dass das, was sich petrographisch für die vulkanogenen Lagen der Grenzbitumenzone ergab, auch für die Tuffe aus den darüber oder darunter liegenden Horizonten zutrifft. Dazu glaubten wir uns berechtigt wegen der grossen Ähnlichkeit, die diese Tuffe untereinander aufweisen. Sie stellen sich damit gesamthaft in scharfen Kontrast zu den bunter zusammengesetzten Serien im entsprechenden stratigraphischen Abschnitt anderer, namentlich der östlichen Gebiete.

Offensichtlich bilden die Tuffe des Lunganese sowohl in bezug auf ihre petrographischen Kennzeichen als auch auf ihre Herkunft unter den mitteltriadischen Vulkaniten der Südalpen eine Gruppe für sich. Ihre Verbreitung scheint auf das von uns untersuchte Gebiet beschränkt zu sein. Etwas östlich, im Comaskergebiet, liegen in der Grigna bereits grüne («Pietra verde»-) Tuffite mit Quarz- und Plagioklaskörnern vor (E. TRÜMPY, 1930, p. 456–458). Im Westen sind von Caslano an, soweit dies wenigstens aus der uns bekannten Literatur hervorgeht, die mitteltriadischen Sedimente frei von vulkanischen Einlagerungen. Dabei könnte die sedimentologisch belegte, hier nicht näher zu begründende Tatsache mitwirken, dass im Gebiete des Monte San Giorgio im Gegensatz zu den benachbarten Gebieten während der Mitteltrias grösstenteils ausserordentlich ruhige Sedimentationsverhältnisse geherrscht haben.

Die Frage nach der Herkunft der Lunganese-Tuffe bleibt offen.

Die von A. WIRZ (op. cit., p. 65) hervorgehobene chemische Übereinstimmung mit den permischen Vulkaniten des gleichen Gebiets lassen keine genetischen Schlüsse zu. Es sind im Lunganese oder in seiner unmittelbaren Nähe auch keine nach-permischen vulkanischen Gangbildungen vorhanden, die ein lokales Förderzentrum vermuten liessen. Die gleichmächtige, flächige Ausbreitung der grösstenteils dünnen vulkanischen Horizonte und ihr relativ geringer Anteil an der mitteltriadischen Gesamt sedimentmasse lassen eher auf einen weiter entfernten Ursprungsherd, ausserhalb des heutigen Verbreitungsgebietes schliessen.

#### ANHANG

Erst während der Drucklegung dieser Arbeit hat uns eine neuliche Publikation von R. CABY & J. GALLI (1964) erreicht, in der für die als schistes verts bekannten Einlagerungen in der kalkig-dolomitisch ausgebildeten mittleren Trias der zone briançonnaise Tuffcharakter nachgewiesen wird.

Zwei Niveaus von regionaler Ausdehnung werden näher beschrieben: ein oberes aus dem oberen Ladinien (oder unteren Karnien?); dünne, kristallreiche Einlagerungen weisen hyperalkali-trachytischen, die Aschentuffanteile (cinérite) alkali-rhyolithischen Chemismus auf. Das zweite, aus dem oberen Anisien (oder unteren Ladinien?) besitzt trachytischen Chemismus.

Als Grosskörner kommen in beiden Quarz und Biotit vor, in den kristallreichen Partien des höheren Niveaus überdies, in dominierender Menge (90% der Grosskörner), noch nicht näher bestimmte Feldspäte (Kalifeldspat; Plagioklas?).

CABY & GALLI (op. cit., p. 419) betrachten diese Tuffe petrographisch als identisch mit gewissen Tuffhorizonten aus der von A. WIRZ (op. cit.) beschriebenen Tuffserie des Ladinien vom Monte San Giorgio. Dabei werden letztere von CABY & GALLI allerdings als «Pietra verde» bezeichnet, was besser vermieden werden sollte (vgl. p. 446). Chemisch kommen sich die Ablagerungen der beiden Gebiete ebenfalls sehr nahe. Diese Ähnlichkeiten dürften sich nach unseren Untersuchungen auch auf die Tuffe der Grenzbitumenzone erstrecken (vgl. p. 444). Sie weisen möglicherweise auf eine gemeinsame Herkunft der Lunganese- und Briançonnais-Tuffe hin. Dass ihr Ursprungsherd im Vizentin liegen würde, wie CABY & GALLI erwägen, haben wir jedoch hinsichtlich der Tuffe vom Monte San Giorgio bereits in Frage stellen müssen (vgl. p. 447).

## LITERATURVERZEICHNIS

- ASSERETO, R. (1963): *Il Trias in Lombardia (Studi geologici e paleontologici); IV. Fossili dell'Anisico superiore della Val Camonica*. Riv. Ital. Paleont. LXIX, 1, 3-123.
- BERNOULLI, D. (1964): *Zur Geologie des Monte Generoso (Lombardische Alpen)*. Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F. 118.
- BOER, J. DE (1963): *The Geology of the Vicentinian Alps (NE-Italy) with special reference to their paleomagnetic history*. Geol. Ultrajectina 11.
- BOWEN, N. L., & TUTTLE, O. F. (1950): *The System NaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-KAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>-H<sub>2</sub>O*. Jour. Geology 58, 489.
- CABY, R., & GALLI, J. (1964): *Existence de cinérites et de tufs volcaniques dans le Trias moyen de la zone briançonnaise*. C. R. Acad. Sc. Paris, 259, 2, 417-420.
- CALLEGARI, E. (1964): *Rapporti fra distribuzioni di analcime e fenomeni di albizzazione nella «pietra verde» degli Strati di Livinallongo della Regione Dolomitica*. Studi Trentini di Sc. Nat. LXI, 1, 25-43.
- CALLEGARI, E. (1964a): *Caratteri ottici di alta temperatura nei feldispati della «pietra verde» degli Strati di Livinallongo (Regione Dolomitica)*. Mem. Accad. Patavina, Cl. Sc. Mat. Nat. LXXVI, 1-14.
- CALLEGARI, E., & MONÈSE, A. (1964): *Il chimismo della «pietra verde» degli Strati di Livinallongo (Dolomiti). Contributo allo studio petrogenetico della «pietra verde» ladinica*. Studi Trentini di Sc. Nat. XLI, 1, 45-71.
- CALLEGARI, E., & JOBSTRAIBIZER, P. G. (1964): *Sulla presenza di analcime nella «pietra verde» degli strati di Livinallongo della località tipo (Alta Valle del Cordevole-Dolomiti)*. Rend. Soc. Min. Ital. XX, 1-19.
- CORNELIUS, H. P. (1941): *Zur magmatischen Tätigkeit in der alpidischen Geosynklinale*. Berichte der Reichsstelle für Bodenforschung, Jg. 1941, 89-94.
- FABIANI, R. (1920): *La regione del Pasubio*. Uff. Idrogr. R. Mag. Acque 110.
- FRANCHI, S. (1904): *Nuovi affioramenti di Trias e di Lias in Valsesia e nel Biellese*. Boll. R. Com. Geol. d'Italia (1903), 4.
- FRAUENFELDER, A. (1916): *Beiträge zur Geologie der Tessiner Kalkalpen*. Eclogae geol. Helv. XIV, 2, 247-371.
- GOVI, M. (1960): *Geologia del territorio compreso tra il lago di Lugano e la Valmarchirolo*. Com. naz. ric. nucl., studi ric. div. geom. III.
- GRIM, R. E. (1953): *Clay Mineralogy*, Mac Graw-Hill (New York).
- HOFMANN, F. (1956b): *Beitrag zur Kenntnis und zur Untersuchung der Eigenschaften von Bentoniten*. Giesserei, Techn.-wiss. Beih. 16, 847-863.
- (1956c): *Zur Frage der Entstehung des glimmerartigen Tons in der Trias des Monte Caslano, Kanton Tessin*. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 36/2, 489-496.
- HOOTEN, H. VAN (1929): *Geologie der Kalkalpen am Ostufer des Lago Maggiore*. Eclogae geol. Helv. 22/1, 1-40.
- KUHN-SCHNYDER, E., & VONDERSCHMITT, L. (1953): *Geologische und paläontologische Probleme des Südtessins*. Eclogae geol. Helv. 46/2, 223-236.
- LEONARDI, P. (1955): *Breve sintesi geologica delle Dolomiti occidentali*. Boll. Soc. Geol. Ital. LXXIV 1, 3-140.
- MAGYAR, S., & MOOS, A. VON (1947): *Der glimmerartige Ton in der Trias des Monte Caslano, Kanton Tessin*. Schweiz. Min. Petr. Mitt. 27/1, 21-34.
- MASEK, J. (1963): *Produkte des oberkarbonischen Vulkanismus im Mittelböhmischen Kohlenbecken und das Entstehungsproblem der sog. Tonsteine*. N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 7, 369-381.
- MILLER, H. (1961): *Der Bau des westlichen Wettersteingebirges*. Z. deutsch. Geol. Ges. 113, 2/3, 409-425.
- MÜLLER, W. (1964): *Conodonten aus der mittleren Trias der Tessiner Kalkalpen*. Eclogae geol. Helv. 57/2, 747-754.
- NEUWIRTH, E. (1953): *Zur Montmorillonitbildung aus vulkanischen Gläsern*. Berg- und Hüttenm. Mh. 98, 11, 236-239.
- NIKITIN, W. (1936): *Die Fedorow-Methode*. Borntraeger (Berlin).
- OGILVIE GORDON, M. M. (1927): *Das Grödener-, Fassa- und Enneberggebiet in den Südtiroler Dolomiten*. Abh. Geol. Bundesanst. Wien XXIV, 1.

- OSTEN, J. F. (1951): *Identificatie van natuurlijke alkaliwaldspaten met behulp van röntgen-poederdiagrammen*. Leidse Geol. Med. XVII, 1-69.
- PILGER, A., & SCHÖNENBERG, R. (1958): *Der erste Fund mitteltriadischer Tuffe in den Gailtaler Alpen (Kärnten)*. Z. deutsch. geol. Ges. 110, 205-215.
- RITTMANN, A. (1960): *Vulkane und ihre Tätigkeit*. F. Enke (Stuttgart).
- SCHIAVINATO, G. (1951): *La provincia magmatica del Veneto sud-occidentale*. Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova XVII (1951-52).
- SENN, A. (1924): *Beiträge zur Geologie des Alpensüdrandes zwischen Mendrisio und Varese*. Eclogae geol. Helv. XVIII, 4, 551-632.
- SITTER, L. U. DE, & SITTER-KOOMANS, C. M. DE (1949): *The Geology of the Bergamasca Alps, Lombardia, Italy*. Leidsche Geol. Med. XIV B, 1-257.
- TREVISAN, L. (1934): *Su alcune particolarità tettoniche della zona montuosa tra il Pasubio e il Baffelà nel Vicentino*. Atti Acc. Scientif. Ven.-Trent.-Istriana XXIV (1933-XII), 57-73.
- TRÜMPY, E. (1930): *Beitrag zur Geologie der Grignagruppe am Comersee (Lombardei)*. Eclogae geol. Helv. 23/2, 412-474.
- TUTTLE, O. F. (1952): *Optical Studies on Alkali Feldspars*. Am. J. Sc., Bowen Vol.
- VARDABASSO, S. (1949): *Sguardo alla Geologia di Predazzo*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova XVI (1949-50).
- VIDAL, H. (1953): *Neue Ergebnisse zur Stratigraphie und Tektonik des nordwestlichen Wettersteingebirges und seines nördlichen Vorlandes*. Geol. Bavarica 17, 56-88; in: Zur Geologie der Bayerischen Alpen und des Alpenvorlandes.
- WIRZ, A. (1945): *Beiträge zur Kenntnis des Ladinikums im Gebiete des Monte San Giorgio*. Schweiz. Pal. Abh. 65, 1-84; in: PEYER, B., *die Triasfauna der Tessiner Kalkalpen XV*.
- ZANETTIN, B. (1950): *Studi geologico-petrografici della regione Baffelà-Cornetto nelle Alpi Vicentine*. Mem. Ist. Geol. Univ. Padova II, 67-98.
- ZANETTIN, B. (1953): *Le argille montmorillonitiche di Campiglia e di Tognazzo nella zona di Posina (Alto Vicentino)*. Rend. Soc. Min. Ital. IX, 1-20.