

Jubiläumsschrift 20 Jahre Geologische Zusammenarbeit Österreich – Ungarn			A 20 éves magyar-osztrák földtani együttműködés jubileumi kötete		
Redaktion: Harald Lobitzer & Géza Császár			Szerkesztette: Harald Lobitzer & Géza Császár		
Teil I	S. 221–245	Wien, September 1991	1. rész	pp. 221–245	Bécs, 1991. szeptember
ISBN 3-900312-76-1					

„Pietra verde“ – ein Diskussionsbeitrag zur Geodynamik der Südalpen

Von JOHANNES H. OBENHOLZNER & JÜRGEN PFEIFFER*)

Mit 2 Abbildungen, 1 Tabelle und 3 Tafeln

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blätter 198, 199, 200, 204, 211, 212, 213

Austria
Italy
Yugoslavia
Southern Alps
Anisian
Ladinian
Pietra verde
Volcaniclastic sediments
Geodynamics

Inhalt

Zusammenfassung	222
Összefoglalás	222
Abstract	222
Teil I: Vorkommen und Charakterisierung der Pietra verde	
1. Einleitung	223
2. Die Ablagerungsräume nördlich der Periadriatischen Linie und der östlichen Südalpen (J. PFEIFFER)	223
2.1. Nördlich der Periadriatischen Linie	223
2.1.1. Drauzug	223
2.1.2. Dobratsch	223
2.1.3. Karawanken-Nordstamm	223
2.2. Südlich der Periadriatischen Linie	223
2.2.1. Karnische Alpen	223
2.2.1.1. Österreichischer Anteil	223
2.2.1.2. Italienischer Anteil	224
2.2.2. Julische Alpen	224
2.2.2.1. Italienischer Anteil (Tarvisiano)	224
2.2.1.2. Jugoslawischer Anteil (Nördliche Dinariden)	224
2.2.3. Karawanken-Südstamm	224
2.3. Zusammenfassung	224
3. Mineralogische Zusammensetzung der Pietra verde aus der Livinallongo-Formation (J.H. OBENHOLZNER)	224
4. Gesamtgesteinschemismus der Pietra verde	224
5. Vulkanologische Aspekte	226
5.1. Modell: Subvulkanischer Vulkanismus und epiklastische Umlagerung	226
5.2. Modell: Subaquatischer Vulkanismus und epiklastische Umlagerung	227
5.3. Zusammenfassende Bemerkungen	227
6. Schlußbetrachtung	228
Dank	228
Teil II: Übersicht über Pietra verde-Vorkommen im Großraum der Südalpen und benachbarter Gebiete	
1. Nördlich der Periadriatischen Naht	229
1.1. Drauzug – Lienzer Dolomiten	229
1.2. Dobratsch (westlich von Villach)	230
1.3. Karawanken-Nordstamm	230

*) Anschriften der Verfasser: Dr. JOHANNES H. OBENHOLZNER, Institut für Geowissenschaften, Montanuniversität Leoben, Franz Josef-Straße 18, A-8700 Leoben; Dipl.-Geol. JÜRGEN PFEIFFER, Institut für Paläontologie, Universität Erlangen-Nürnberg, Loewenichstraße 28, D-8520 Erlangen.

2. Südlich der Periadriatischen Naht	230
2.1. Carnia – Österreich	230
2.2. Carnia – Italien	230
2.3. Cadore – Italien	232
2.4. Julische Alpen – Italien	232
2.5. Julische Alpen – Jugoslawien (Nördliche Dinariden)	232
2.6. Karawanken-Südostarm – Österreich	233
2.7. Karawanken-Südostarm – Jugoslawien	233
3. Ausblick auf die Pietra verde-Vorkommen im westlichen Teil der Südalpen (Dolomiten, Vizentinische Voralpen, Lombardei)	233
3.1. Zentraler Dolomiten-Bereich	233
3.2. Vizentinische Voralpen	235
3.3. Südalpenanteil der Lombardei	235
4. Vulkanoklastische Sedimente in der Mittelkärntner Trias und in den Nördlichen Kalkalpen	235
5. Vulkanoklastische Sedimente in der Mitteltrias Ungarns	236
5.1. Einführung	236
5.2. Zentralgebirge	236
5.2.1. Balaton-Gebiet	236
5.2.2. Buda-Gebirge	236
5.3. Bükk-Gebirge	236
5.4. Aggtelek-Szilice	236
Literatur	242

Zusammenfassung

Die als „Pietra verde“ bezeichneten vulkanoklastischen Sedimente im Anis und Ladin der Südalpen entstanden durch pyroklastische Fragmentation und submarine, epiklastische Ablagerung. Nur in wenigen Beispielen sind pyroklastische Ablagerungen („fall-out ashes“) nachweisbar. Die regional unterschiedliche, mineralogische Zusammensetzung mit variierenden Gehalten an Plagioklas, Sanidin, Quarz und Biotit deutet auf einen sauren Vulkanismus hin. Die große stratigraphische Reichweite dokumentiert eine Epoche explosiver vulkanischer Tätigkeit innerhalb der komplexen magmatischen Geschichte der südalpinen Trias.

„Pietra verde“ – vitécik a Déli-Alpok geodinamikájához Összefoglalás

A régióban használt régi terminussal „pietra verde“-ként megjelölt vulkanoklasztikus üledékek az anisusiban és a ladinban a Déli-Alpokban piroklasztikus fragmentációval és tengeralatti, epiklasztikus lerakódással keletkeztek. A piroklasztikus üledékeknek („fall-out ashes“) csupán néhány példája ismert. A regionálisan eltérő ásványi összetétel – a változó plagioklász-, sanidin-, kvarc- és biotittartalommal – savanyú vulkanizmusra utal. A jelentős rétegtani elterjedés explóziós vulkáni tevékenységet igazol a délalpi triász komplexum magmás történetében. A szerzők rövid áttekintésben hasonlítják össze a korban azonos magyar vulkanoklasztikus üledékeket a dél-alpiakkal. Az összehasonlítás pontosítása érdekében a munkák folytatását ajánlják.

“Pietra verde” – A Contribution to the Geodynamics of the Southern Alps Abstract

“Pietra verde” is an old, regionally used term for various kinds of volcaniclastic sediments of Anisian and Ladinian age in the Southern Alps. The often plagioclase, sanidine, quartz and biotite containing rocks originate from mainly pyroclastic fragmentation and submarine epiclastic deposition. Only in a few instances pyroclastic deposition can be proved (fall-out ashes with rare accretionary lapilli). The mineralogical composition indicates generally an acidic volcanism. The large stratigraphic distribution documents a periode of explosive volcanic activity linked to the complex magmatic history of the Triassic of the Southern Alps.

Teil I: Vorkommen und Charakterisierung der „Pietra verde“

1. Einleitung

Der seit RICHTHOFEN (1859) gebräuchliche Begriff „Pietra verde“ (wird im Text abgekürzt mit PV) hat bis heute keine lithologische Definition erfahren. Verschieden grüne, aber auch schwarze, vulkanoklastische Lagen im Anis und Ladin, aber auch im Karn und Nor der Südalpen werden als PV bezeichnet und als Tuffe, Tuffite und Turbidite interpretiert. Eigene Beobachtungen im östlichen Teil der Südalpen und eine Revision der entsprechenden Literatur (im Teil II) hat ergeben, daß bisher keine überzeugenden Beweise erbracht werden konnten, daß es innerhalb der anisischen und ladinischen PV Tuffe im Sinne von pyroklastischer Fragmentation und pyroklastischer Transportation bzw. Deposition gibt. Daher wird im folgenden der beschreibende Begriff „Vulkanoklastika“ verwendet.

Die vorliegende Studie soll Modelle möglicher Ablagerungsmechanismen präsentieren und diese auf ihre Vereinbarkeit mit bestehenden geodynamischen Vorstellungen überprüfen.

Weiterer Sinn dieser Darstellung ist es, die Informationen über sauren Vulkanismus (dazitisch bis rhyolithisch) in den Südalpen und in den nördlich benachbarten Gebieten zu präsentieren (im Teil II) und mögliche Zusammenhänge zwischen dem Auftreten von Laven und vulkanoklastischen Sedimenten zu diskutieren, wobei die Anwesenheit von Biotit als Indikator für die Acidität eines Magmas herangezogen wird.

Es folgt eine Einführung in die Lithologie und Ablagerungsgeschichte der anisischen und ladinischen Sedimentserien des Drauzugs, der Karawanken, der Karnischen und Julischen Alpen.

2. Die Ablagerungsräume nördlich der Periadriatischen Linie und der östlichen Südalpen

(J. PFEIFFER)

2.1. Nördlich der Periadriatischen Linie

2.1.1. Drauzug

Das Anis der nördlichen Gailtaler Alpen kann nach WARCH (1979) in drei lithologische Einheiten gegliedert werden: Eine Kalk-Dolomitserie im Liegenden, in der Mitte Wurstel-, Bank- und Knollenkalke und im Hangenden Zwischendolomit. Im Ladin folgen Plattenkalke (Fellbachkalk) und Wettersteinkalk. Die vulkanoklastischen Sedimente sind beschränkt auf dünne Lagen in den hangenden Anteilen des Zwischendolomits und in den basalen Partien der Fellbachkalke. Während der Alpine Muschelkalk flachmarine Verhältnisse widerspiegelt (NACHTMANN, 1975), kommt es im Ladin zu einer starken Absenkung (BECHSTÄDT et al., 1976, nehmen für den Fellbachkalk ca. 500 m Ablagerungstiefe an).

Weiter westlich in den Lienzer Dolomiten besteht ebenfalls eine lithologische Dreigliederung (BRANDNER,

1972). Eine liegende Flaserkalkabfolge wird von terrigen beeinflussten Sedimenten überlagert (Knollenkalke und Sandsteine). Im Hangenden folgen ein Riffkomplex, sowie geschichtete Kalke und Dolomite mit Tuffiten in den hangenden Anteilen. Die Knollenkalke zeigen hier eine Faziesheterotie bereits im Anis an.

2.1.2. Dobratsch

Über Werfener-Formation liegt eine 240 m mächtige Dolomitabfolge mit Tonschiefern, in die an der Basis Kalke und in den höheren Anteilen Gipse eingeschaltet sind (STREHL, 1980 a). Darauf folgt im Oberanis ca. 200 m Zwischendolomit, in dessen oberen Anteil erstmals Vulkanoklastika auftreten. Die oberanisisch-ladinische Abfolge von Buntkalcken und Vulkaniten ist je nach tektonischer Position, Liegendenscholle oder Hangendscholle, vor allem in der Mächtigkeit sehr unterschiedlich. Sie repräsentiert eine differenzierte Beckenentwicklung (COLINS & NACHTMANN, 1974). Die Ablagerungsverhältnisse sind im Anis flachmarin, im obersten Anis erfolgt eine Absenkung. Im oberen Ladin und Cordevol folgt über den Buntkalcken Wettersteindolomit.

2.1.3. Karawanken-Nordstamm

CERNY (1977) gibt für das Anis des Karawanken-Nordstammes eine Dreigliederung an. Eine Untere Schichtgruppe mit Wurstel-, Flaser-, Bankkalcken, Plattendolomiten und Mergeln. Darüber „Zwischendolomit“ (dieser entspricht nicht dem Zwischendolomit aus dem Drauzug) und im Hangenden eine Obere Schichtgruppe mit Knollenkalcken und Knollendolomiten, Bankkalcken und Plattendolomiten. Vulkanoklastische Einschaltungen sind auf dünne Lagen in den Knollenkalcken der Oberen Schichtgruppe (Beckenfazies) beschränkt. Das heißt, daß auch in den Nordkarawanken bereits im Anis Faziesdifferenzierung einsetzt. In den Fellbachkalcken und im Wettersteinkalk treten ebenfalls geringmächtige Lagen von vulkanoklastischen Sedimenten auf (BAUER, 1970).

2.2. Südlich der Periadriatischen Naht

2.2.1. Karnische Alpen

2.2.1.1. Österreichischer Anteil

Im Gartnerkofel-Zielkofel-Gebiet überlagert das Muschelkalk-Konglomerat (= Uggowitzer Brekzie) mit einer leichten Diskordanz das Campile Member der Werfener Formation. Die terrestrisch, fluvial abgelagerten Konglomerate (SCHMIDT, 1987) enthalten vorwiegend aufgearbeitete Werfener Formation, lokal auch Bellerophon-Formation. SCHMIDT (1987) konnte erstmals anisische Komponenten nachweisen. Das Trockenfallen des Gartnerkofel-Zielkofel-Gebietes konnte also erst nach der Skyth/Anis-Grenze erfolgen. Auf das Konglomerat oder direkt auf Werfener Formation folgt „Alpiner Muschelkalk“: Lagunäre Kalke und Dolomite mit einer oberanisischen (Pelson/Illyr) Dasycladaceen-Flora (KAH-

LER & PREY, 1963; FLÜGEL, 1970). Die Einheit ist äquivalent zu den Calcari di Pontebba (FOIS & JADOUL, 1983). Sie sollte zusammen mit dem Muschelkalk-Konglomerat als Pragser Formation (Gruppo di Braies; PIA, 1937; BECHSTÄDT & BRANDNER, 1971) bezeichnet werden, wie dies für die entsprechenden Schichtglieder auch von FARABEGOLI et al. (1985) für die westlichen Julischen Alpen vorgeschlagen wurde. Den Abschluß der Triasabfolge bildet eine heteropische Faziesentwicklung mit Buchensteiner Schichten (Formazione di Livinallongo) und Schlerndolomit in Plattformrand- und Lagunenfazies (PFEIFFER, 1987 und 1988). Vulkanische Einschaltungen treten in der Pragser Formation (im Konglomerat und in den lagunären Kalken) und in den basalen Anteilen der Buchensteiner Schichten, beziehungsweise des Schlerndolomites auf.

2.2.1.2. Italienischer Anteil

Die Mitteltrias der Karnischen Alpen ist auf italienischem Gebiet wesentlich differenzierter entwickelt als im österreichischen Anteil. Nördlich Pontebba ist die Anis-Abfolge ähnlich geringmächtig entwickelt wie auf österreichischer Seite: über Uggowitzer Breckzie (Breccia di Ugovizza) folgen Calcari di Pontebba, im Ladin Buchensteiner Schichten und Schlerndolomit (FOIS & JADOUL, 1983). Vulkanische Einschaltungen finden sich im Hangenden der Calcari di Pontebba und in den Buchensteiner Schichten. Das Gebiet stellt ein strukturelles Hochgebiet dar („Dorsale Paleocarnica“; FOIS & JADOUL, 1983). Nach Osten wird die Anis-Abfolge heterogener und ergänzt durch Oberen Sarldolomit (JADOUL & NICORA, 1986). Vulkanische Einschaltungen im Anis gibt es in der M. Bivera-Formation und der Uggowitzer Breckzie. Im Ladin sind Vulkanoklastika in die Formazione di Livinallongo und im Schlerndolomit eingelagert, zwischen den beiden Einheiten liegen Kaltwasser-Vulkanite (Vulcaniti di Rio Freddo; JADOUL & NICORA, 1986).

Westlich Pontebba nimmt das Anis ebenfalls schnell an Mächtigkeit und an Faziesdifferenzierung zu. Hier folgen nach CARULLI et al. (1987) über der dolomitsch-evaporitisch entwickelten Formazione di Lusnizza im oberen Anis „Dolomie e calcari stratificati“, Serla-Formation mit Einschaltungen von Uggowitzer Breckzie. Darüber liegt die Formazione di Dont, die M. Bivera-Formation und die Torbiditi d'Aupa (JADOUL & NICORA, 1979). Die überlagernden Buchensteiner Schichten enthalten einen ca. 30 m mächtigen „Pietra verde“-Horizont.

12 km westlich Pontebba (südöstlich Paularo) liegen zwischen Mergeln der Ambata-Formation und den Arenarie di Zoppé drei vulkanoklastische Abfolgen innerhalb der Buchensteiner Formation.

2.2.2. Julische Alpen

2.2.2.1. Italienischer Anteil (Tarvisiano)

Über Werfener Formation folgt Unterer Sarldolomit und dann eine stark differenzierte Ausbildung der Pragser Formation (Congl. di Rio Senata, Formazione di Agordo, Formazione di Dont, Formazione di M. Bivera, Breccia di Ugovizza, Arenarie del Rio Gelovitz (entspricht einem Member der Uggowitzer Breccie), Calcari di Pontebba, Torbiditi d'Aupa; FARABEGOLI et al. 1985). Über der Pragser Formation liegen Buchensteiner Schichten. Vulkanische Einschaltungen finden sich in

der Pragser Formation und in den Buchensteiner Schichten. Zwischen Buchensteiner Schichten und Schlerndolomit sind die mächtigen Kaltwasser-Vulkanite eingeschaltet (Vulcaniti di Rio Freddo; ASSERETO et al. 1968; SPADEA, 1970).

2.2.2.2. Jugoslawischer Anteil (Nördliche Dinariden)

Um einen Überblick über die Mitteltrias-Abfolge nach Osten zu bekommen, wurden mehrere Profile in Jugoslawien besucht. Das Vollständigste findet sich an der Straße von Straza im Idrija-Tal nach Jagsce (Jägersee). Über Werfener Formation liegt unteranisischer Dolomit, gefolgt von Kalken und Mergeln. Im Oberanis folgen lagunäre Dolomite, darüber etwa 30 m geschichtete vulkanoklastische Ablagerungen, dann eine Plattenkalkabfolge mit turbiditischen Einschaltungen, die ihrerseits von langobardischen Vulkanoklastika (mit *Daonella lomelli* WISSMANN) überlagert werden, auf denen direkt Schlerndolomit („Cordevolischer Dolomit“) folgt.

2.2.3. Karawanken-Südoststamm

Der „Alpine Muschelkalk“ im Karawanken-Südoststamm wird nach CERNY (1977) und nach CERNY (in BAUER et al., 1983) dreigeteilt in eine Untere Schichtgruppe mit Kalken und Dolomiten, eine Mittlere Schichtgruppe mit klastischem Einfluß (Mergel, sandige Kalke und Konglomerate), sowie eine Obere Schichtgruppe mit Flaser- und Wurstelkalken, sowie roten Knollenkalken, aus denen PREY (1975) eine Ammonitenfauna aus dem Anis/Ladin-Grenzbereich beschreibt. Auch hier kommt es bereits während des Anis zu einer Differenzierung in eine Becken- und Flachwasserfazies.

2.3. Zusammenfassung

Die Begriffe „Alpiner Muschelkalk“, beziehungsweise „Serie des Alpiner Muschelkalkes“ im Sinne von SARNTHEIN (1965), entsprechen im wesentlichen der Pragser Formation (Gruppo di Braies).

Bemerkenswert ist die geringe Mächtigkeit des Anis in den Karnischen Alpen im österreichischen Anteil und nördlich Pontebba, in dem die Pragser Formation nur etwa 80 m erreicht. Im Hinblick auf die ebenfalls geringe Mächtigkeit der Grödener Formation, der Bellerophon-Formation und der Werfener Formation im Reppwandprofil ist dies jedoch nicht überraschend.

Die Faziesdifferenzierung ist nördlich der Periadriatischen Naht nur von gering entwickelten vulkanoklastischen Einschaltungen begleitet.

3. Mineralogische Zusammensetzung der Pietra verde aus der Livinallongo-Formation

(J.H. OBENHOLZNER)

Ergänzend zu der im Teil II angeführten Literatur sind die Arbeiten von CALLEGARI (1965), CALLEGARI & DE PIERI (1966, 1967) und CALLEGARI & JOBSTRAIBIZER (1964). Als primäre Mineralphasen in den PV-Lagen wurden erkannt: Intermediärer Plagioklas, z. T. mit Zonarbau, Quarz, z. T. mit Korrosionsbuchten, Biotit, Sanidin

(z. T. mit Entmischungen und Umwandlungen zu Schachbrettalbit), Apatit und Zirkon, Seladonit, Chlorit, Serpentin, Serizit/Illit, Analzim als Hohlraumfüllung und pseudomorph nach Glasscherben, Anatas, authigener Albit und Baryt können als Sekundärminerale vorkommen.

Mineralchemische Untersuchungen liegen nur von Sanidin (2), Orthoklas (5), Plagioklas (5), Pyroxen (1), Amphibol (1) und Biotit (1) vor (JOBSTRAIBIZER, 1981; Zahl in Klammer entspricht der Analysenanzahl).

Als verlässliches Indikatormineral für eine Aciditätseinschätzung des parentalen Magmas steht Biotit zur Verfügung (GILL; 1981: Biotit tritt nur in hoch-K-haltigen Schmelzen mit einem SiO_2 -Gehalt über 63 % auf, koexistiert meistens mit Hornblende). Der PV-Biotit ist meistens überraschend frisch, jedoch gibt es keine systematischen Untersuchungen an magmatischen Biotiten.

Ein interessantes Beispiel für rezentes Auftreten von Biotit in dazitischer Tephra gibt HOPSON (1971). In der initialen Aktivität des heutigen Kraters (Mt. St. Helens, USA) kam es zu einer zyklischen Abwechslung von Tephra-Eruptionen und dem Aufdringen dazitischer Döme, bzw. dem Ausfließen von sauren und basischen Andesiten.

Die Feldspäte in den PV-Typen sind meistens von verschiedenen Alterationserscheinungen betroffen, die Herkunft von Quarz ist oft nicht sicher feststellbar, wenn er nicht typische, magmatische Korrosionsbuchten aufweist. Pyroxen und Amphibol kommen relativ selten vor und scheiden daher ebenfalls als Indikatorminerale aus.

Die Mineralvergesellschaftung von Sanidin, Quarz und Biotit unter Anwesenheit von Bimsfragmenten ist typisch für eine fragmentierte, rhyolithische Schmelze.

Chlorit wird in allen Studien als Umwandlungsprodukt von Glas angesehen. Unverständlich bleibt, warum die Bimsfragmente erstens so selten vorkommen und zweitens nicht chloritisiert, sondern nur devitrifiziert (Verwachsung von Quarz und K-Feldspat) sind. Frisches saures Glas aus der PV ist nicht bekannt. Chlorit und Analzim können sich aber während der Diagenese („burial diagenesis“) aus sauren Gläsern bilden (FISHER & SCHMINCKE, S. 342, 1984).

4. Gesamtgesteinschemismus der Pietra Verde

Erste Untersuchungen haben CALLEGARI & MONESE (1964) unternommen. Sie analysierten 23 Proben (Carnia, Cadore, Zoldano, Alta Valle del Cordevole) auf ihren Hauptelementchemismus. Hier seien nur die Werte von

SiO_2 (61–79; \bar{x} : 71 %),
 Al_2O_3 (\bar{x} : 14 %),
 K_2O (1,5–5,5 %),
 TiO_2 (0,1–0,86 %)

angeführt. Alle Proben stammen aus der Livinallongo-Formation. Trägt man diese Ergebnisse in ein K_2O - SiO_2 -Diagramm ein, fallen die Datenpunkte in die Felder für mittel- bis hoch-K-haltige Dazite und Rhyolithe. Bemerkenswert dabei erscheint, daß

1) die Granulometrie der PV-Typen unwesentlich ist (inkludiert sind siltige, sandig-siltige und sandige Typen),

2) auch Biotit-führende PV-Proben aus dem Tarvisiano – Cave del Predil (Anzahl: 5; JOBSTRAIBIZER, 1981) und aus der Lombardei (Anzahl: 1; PASQUARE & ROSSI, 1969) ebenfalls in diesen Feldern liegen,

3) das Auftreten von Biotit auf saure Andesite, Dazite und Rhyolithe beschränkt ist ($\text{SiO}_2 > 63\%$; GILL, 1981), was in Konkordanz mit dem Gesamtgesteinschemismus zu stehen scheint.

Der Hauptelementchemismus der angeführten Proben gleicht dem Durchschnittsrhyolith von Taupo, Neuseeland (EWART et al., 1968).

Eine zweite Art vulkanoklastischer Sedimente verhält sich geochemisch unterschiedlich. JOBSTRAIBIZER (1981) unterscheidet neben den PV-Typen auch noch „Typ A und B“, die stratigraphisch über dem PV-Horizont vorkommen und folgende Hauptelementcharakteristika aufweisen:

„Typ A“ (4 Proben)
 SiO_2 (51–54 %)
 Al_2O_3 (20–25 %)
 K_2O (2–5 %)
 TiO_2 (0,35–0,96 %)

„Typ B“ (3 Proben)
 SiO_2 (49–54 %)
 Al_2O_3 (20–25 %)
 K_2O (6–10 %)
 TiO_2 (0,29–1,0 %)

„Typ B“ soll durch Diagenese aus „Typ A“ hervorgegangen sein. JOBSTRAIBIZER (1981) interpretiert beide Typen auf Grund ihres Chemismus und ihrer mineralogischen Zusammensetzung („Typ A“: Intermediärer Plagioklas, Biotit, Pyroxen, Amphibol, Ilmenit, Apatit, Zirkon und Karbonatklasten und ehemals vitrische Grundmasse; „Typ B“: Illit/Smektit, \pm Orthoklas) als Tuffite, deren vulkanogener Anteil einem basischen bis intermediären Magma entspricht. Der Autor führt weiter den Chemismus von Pyroxenen (Methode nach LE BAS, 1962) als Indiz für ein subalkalisches Magma an.

Von den Spurenelementdaten, die JOBSTRAIBIZER (1981) angibt, gliedern den PV-Typ und den „Typ A und B“ deutlich das Zr/TiO_2 -Verhältnis.

PV: Nb/Y (0,44–1,4) Zr/TiO_2 (0,08 – 0,13)
 A: Nb/Y (0,75–5) Zr/TiO_2 (0,006–0,13)
 B: Nb/Y (0,75–5) Zr/TiO_2 (0,006–0,05)

Trägt man diese Werte in ein WINCHESTER & FLOYD-Diagramm (1977) ein, so fallen die PV-Proben in die Felder Dazit/Rhyolith, bzw. Trachyandesit/Trachyt; die Proben „Typ A und B“ in die Felder Alkalibasalt/Trachyandesit. Diese breite Streuung läßt eine diagenetische oder epiklastische Verunreinigung der Proben vermuten.

PHOLIADIS (1984) führt in seiner Dissertation Tuffit-Analysen vom Latschur (Drauzug, Oberanis) und vom Dobratsch (Unterlandin) an. Seine Ergebnisse seien ebenfalls auszugsweise zitiert (Tabelle 1).

DO 4, LA 2, 4 liegen innerhalb der von CALLEGARI & MONESE (1964) angegebenen Werte, DO 3 entspricht dem „Typ B“, DO 1 dem „Typ A“. Die restlichen Proben streuen weit.

Die Nb/Y-Verhältnisse sind ident mit denen der Proben aus Cave del Predil, die Zr/TiO_2 -Verhältnisse vom Dobratsch und Latschur haben eine geringere Variationsbreite als die Typen aus Cave del Predil.

Weitere Analysen von PV-Typen, die den angegebenen sehr ähnlich sind (nur Hauptelemente) sind bei SPADEA (1970) und bei ROSSI und VIEL (1976) angeführt.

Tabelle 1.
Tuffitanalysen nach PHOLIADIS (1984).

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	TiO ₂	Nb/Y	Zr/TiO ₂
Latschur (LA)						
1.	66	16	6	0,15	0,56	0,007
2.	66	19	4	0,67	0,73	0,001
3.	62	19	10	0,8	1,18	0,001
4.	76	12	3	0,13	0,53	0,006
Dobratch (DO)						
1.	49	16	1	1,68	0,74	0,001
2.	66	17	10	0,26	0,64	0,003
3.	52	24	6	0,53	0,9	0,004
4.	85	7	2	0,71	1,27	0,001

Anmerkung: Alle Hauptelementangaben außer für TiO₂ sind gerundet.

Keiner der genannten Autoren hat bei seiner Probenauswahl mögliche pyroklastische oder epiklastische Prozesse bedacht, die zu einer Kristallanreicherung bzw. zur Separierung von Feinanteilen führen (Diskussion im Kapitel 5) und dadurch die Aussagekraft einer chemische Analyse in Frage stellen.

Zusammenfassend sei gesagt, daß solange nicht die Ablagerungsart (Deposition) dieser Sedimente geklärt ist, ein Gesamtgesteinschemismus nur von sediment-geochemischer, nicht aber von magmengenetischer Bedeutung ist, auch wenn einzelne Mineralphasen auf eine nähere Charakterisierung des Magmas deuten. Es ist nicht auszuschließen, daß die Pyroxene in diesen Sedimenten und das umgebende vulkanoklastische Material verschiedener Herkunft sind (z. B.: Zwei zeitgleiche Ausbrüche verschiedener Zentren, Umlagerung von Feinstfraktionen durch Strömungen). Auch die geringe Anzahl der vorhandenen Analysen macht eine sinnvolle Interpretation dieser Daten zur Zeit noch nicht möglich.

5. Vulkanologische Aspekte

Beim Versuch, ein Faziesmodell für die Ablagerungsmechanismen der vulkanoklastischen Sedimente („Pietra verde s. l.“) zu erstellen, stößt man auf geologische und vulkanologische Unvereinbarkeiten. Es werden daher im folgenden zwei Modelle diskutiert.

5.1. Modell: Subaerischer Vulkanismus und epiklastische Umlagerung

In einigen Gebieten, in denen akkrezionäre Lapilli (siehe Teil II, Kap. 3.1., 3.3.) auftreten, gab es sicher lokale subaerische, bzw. die Atmosphäre erreichende Ausbrüche. Auch die Paläokarstfüllungen (siehe Teil II, Kap. 3.1.) könnten ein guter Hinweis auf subaerische Tätigkeit sein.

Die weitverbreiteten, kristallreichen PV-Lagen (Kristallanteil > 60 Vol.-%) entsprechen geochemisch wahrscheinlich keiner Magmen-Zusammensetzung, da solch ein Kristallgehalt die Viskosität der Schmelze so weit erhöht, daß sie die Oberfläche kaum erreichen würde. Es sind weltweit nur wenige Laven bekannt, die einen

Kristallanteil (Einsprenglinge) von mehr als 50 %, ebenso Ignimbrite, die einen Kristallanteil von mehr als 60 % haben (CAS & WRIGHT, S. 337–40, 1987). In Ignimbriten sind Kristallanreicherungen durch Verlust an Feinmaterial (Sortierung in der Eruptionssäule, später beim Transport) bekannt (WALKER, 1971). Zu einer weiteren Anreicherung kann es kommen, wenn eine pyroklastische Wolke vom Land ins Meer strömt. Es kommt zu phreatomagmatischen Explosionen („rootless vents“), die nochmals Feinanteile von der Wolke separieren (WALKER, 1979). Die verbleibende Asche gleicht einem kristallreichen Küstensand und kann große Flächen bedecken (z. B.: Rotoehu Asche: Noch 80 km vom Ignimbrit entfernt beträgt der Kristallanteil der 0,5-mm-Fraktion 50 %). Viele PV-Typen werden als sandig eingestuft, allerdings stößt man bei dieser Interpretation auf volumetrische Schwierigkeiten. Viele sandige PV-Lagen sind mehrere 10er-m mächtig, dies würde pyroklastische Wolken von unbekannter Größe implizieren und es gäbe keine Erklärung für die fehlenden, korrespondierenden Bimsablagerungen. Außerdem müßten solche Ignimbrite im Anis und Ladin mehrmals aufgetreten sein und auch andere Spuren hinterlassen haben, wie z. B. subaquatische, pyroklastische Debris-Ströme (CAREY et al., 1980). Möglicherweise entspricht das basale Konglomerat im Rio Pecol Lungo-Profil solch einer Ablagerung (s. Teil II, Kap. 2.2.).

Weitere Modelle für die Entstehung kristallreicher „Tuffe“ durch fluviatile Sortierung, die aber für die Genese der PV unwahrscheinlich sind, gibt CAS (1983).

Allerdings stellen die unverfestigten Ablagerungen von pyroklastischen Wolken an der Land-See-Grenze ein Reservoir von Lockermaterial dar, das zu periodischem „slumping“ neigt und aus dem vulkanische Turbidite hervorgehen können (FISHER & SCHMINCKE, S. 296, 1984).

„Slumping“ Strukturen, die in Debris-Ströme, bzw. „submarine inertia flows“ (CARTER, 1975) übergehen, deuten auf ein nahes Liefergebiet hin („Puzzle-Fragmente“ sind z. B. in der Dierico-Abfolge erhalten; siehe Teil II, Kap. 2.2. und Taf. 2, Fig. 3).

Obwohl anisische Emersionsphasen bekannt sind (in den Vizentinischen Voralpen, BARBIERI et al., 1977; „Dorsale Paleocarnica“), fehlt das „Ladinische Land“ mit subaerischen Tuffen, „surge“-Ablagerungen (typisch für flachmarine und phreatische Eruptionen; MOORE, 1967) oder Biotit-führenden Ignimbriten, die stratigraphisch der Livinallongo-Formation, in der die größte Akkumulation von vulkanoklastischem Material während der Mitteltrias stattfand, entsprechen. Die ignimbritische Rio Freddo-Einheit (siehe Teil II, Kap. 2.4.) liegt über der Livinallongo-Formation, der anisische „welded tuff“ der Kammlaiten (siehe Teil II, Kap. 2.1.) darunter.

Angemerkt sei auch, daß verschweißte Ignimbrite ohne unterlagernde, terrestrische Sedimente keinen sicheren paläogeographischen Indikator für subaerische Ablagerung darstellen, da im submarinen Milieu sogar günstigere Bedingungen für eine Verschweißung vorliegen können (SPARKS et al., 1980).

Betrachtet man die Verteilung von PV-Lagen in Bezug auf ihre Lithologie und die Fazies ihrer über- und unterlagernden Schichten, so sieht man, daß die sandigen (kristallreichen), vulkanoklastischen Horizonte fast immer zwischen Beckensedimenten vorkommen. Nur die Typen, deren heutiger Mineralbestand hauptsäch-

lich durch Tonminerale (Alterationsprodukte von Glas) vertreten wird, liegen auch zwischen Flachwasser-Karbonaten (basaler Schlierdolomit und Wettersteinkalk (siehe Teil II, Kap. 1.1., 1.2., 1.3., 2.4.; Marmoladakalk (HOUTEN, 1930), keine Information über Tiarfinkalk). Auch dies macht die Interpretation der meisten PV-Lagen als subaerische „fall-out tuffs“ schwierig, denn die einzelnen Becken und Flachwasserbereiche waren zur Anis-Ladin-Periode in enger Nachbarschaft, sodaß auch ein pyroklastischer „Regen“ auf diese Bereiche hätte niedergehen müssen, wenn man stark explosive Eruptionen postuliert (vergleiche die Ablagerungen der Mazama Asche: NELSON et al., 1968).

Plausibler erscheint, daß Strömungen Feinstfraktionen verdriftet haben, die in den Flachwasserbereichen abgelagert wurden. Problematisch ist der Schwermetallgehalt in diesen Sedimenten (siehe Teil II, Kap. 1.1.). Bis jetzt wurde aber noch nie untersucht, ob es sich dabei u. U. um diagenetische Neubildungen handelt. Besonders gute Bildungsbedingungen findet Apatit in diesem Milieu (biogene Karbonate liefern reichlich Calciumphosphat; BRAITSCH, 1960). In der Literatur wird auch von der diagenetischen Neubildung von Zirkon berichtet (BOND, 1948; SAXENA, 1966).

Eine alternative Vorstellung zu diesem Ablagerungsmechanismus wäre, daß es zwischen Südalpen und den nördlich davon gelegenen Gebieten eine Inselkette, oder ein Festland gab, das der Ort der subaerischen, vulkanischen Aktivität war. Konstante Windverhältnisse können eine extreme geographische Asymmetrie der Verteilung mächtiger, turbiditischer (gegen die Windrichtung) und dünner „fall-out“ Ablagerungen (in Windrichtung) verursachen (SIGURDSON et al., 1980). Dies würde das Auftreten von feinstkörnigen Tuffiten und Tuffen im Drauzug, in den Nord-Karawanken, der Mittelkärntner Trias und in den Nördlichen Kalkalpen erklären. Auch die Akkumulation epiklastischer Materials (Turbidite, Debris-Ströme etc.) im Südalpen-Bereich, sowie der Gehalt an terrigenen Kristallinfragmenten in den Arenarie di Zoppé (BACELLE et al., 1968; siehe Teil II, Kap. 3.1.) wären damit verständlich. Ebenso impliziert dieses Modell die Existenz eines „Ladinischen Landes“.

Daß die anisischen und ladinischen Vulkanoklastika in Bezug auf das Styriakum (TOLLMANN; 1987: Zwischen Südalpen und Licikum plus Oberostalpin gelegen) von paläogeographischer Bedeutung sind, haben CROS & SZABO (1984) gezeigt.

5.2. Modell: Subaquatischer Vulkanismus und epiklastische Umlagerung

Die unterschiedliche mineralogische Zusammensetzung der PV in verschiedenen Lagen und Gebieten (Fehlen von Tiefsee-Tephra-Lagen, die man eindeutig zwischen Profilen korrelieren könnte; im Sinn von NINKOVICH et al., 1978), deuten eher auf regional begrenzte, subaquatische Ereignisse hin. Typische subaquatische Bims-Strom-Ablagerungen (YAMADA, 1973; KATO et al., 1971; YAMAZAKI et al., 1973), gradierte Fragmentsortierungen nach Korngröße und Klastentyp (Kristalle, Bims, Asche bzw. Glas) im Sinne von NIEM (1977) und Anzeichen einer heißen Deposition fehlen jedoch.

Das gemeinsame Vorkommen von Bimsfragmenten („pumice shards“) mit röhren- und kugelförmigen Blasen im Dünnschliffbereich ist ein weiterer Beweis für die epiklastische Umlagerung (Straza-Jagrsce-Profil: Teil II, Kap. 2.5.; Taf. 1, Fig. 1,2; FISKE, 1969). Bimsfragmente mit röhrenförmigen Blasen sinken rasch ab, solche mit kugelförmigen können wesentlich weiter und länger schwimmen. Ebenso ungewöhnlich ist die Assoziation dieser Bimsfragmente mit Blasen- und Blasenwand-Scherben („bubble- und bubble-wall-shards“; siehe Taf. 1, Fig. 3). Die diagenetische Kompaktion der Bimsfragmente mit röhrenförmigen Blasen kann auch umgelagerten Vulkanoklastika den Duktus von „welded tuffs“ geben (FISKE, 1969).

Verständlich ist das seltene Auftreten von größeren Lava- oder Bimsklasten, wenn man bedenkt, daß die Interaktion von sauren Schmelzen mit Wasser zu extremer Fragmentation führt (phreatomagmatische Fragmentation; SELF et al., 1978). Solange keine Wassertiefe von mehr als ca. 500 m vorliegt (Konkordanz mit BECHSTÄDT et al. (1976) für Fellbachkalk; BOSELLINI et al. (1979) geben eine Gesamtmächtigkeit des Livinallongo-Beckens im S. Lucano Tal mit 800 bis 1000 m an, dies ist bei langsamen Absinken kein Widerspruch), kann ein rhyolithisches Magma auch durch die expandierende Gasphase fragmentiert werden, bei größeren Tiefen müßten diese Magmen einen sehr hohen Wassergehalt (Hornblende ist aus der OPV der Dolomiten bekannt: CROS & HOUEL, 1983) haben, um durch die Expansion der Gasphase die Schmelze noch fragmentieren zu können (nicht-phreatomagmatische Fragmentation; McBIRNEY, 1963).

Die Schwierigkeit, einzelne PV-Lagen oder Minerale daraus dem \pm zeitgleichen, sauren effusiven Magmatismus zuzuordnen, beruhen auf dem mäßigen, stratigraphischen, geochemischen, bzw. mineralchemischen Wissensstand darüber. Angemerkt sei aber, daß im Ostteil der Südalpen (Slowenien), in den Vizentinischen Voralpen und in der Lombardei Quarz- und Biotit-führende Laven auftreten.

5.3. Zusammenfassende Bemerkungen

Beide Modelle geben beim heutigen Wissensstand über die anisisch-ladinische Paläogeographie keine zufriedenstellende Antwort auf die vulkanische Fazies der PV-Deposition. Mit Sicherheit kann man sagen, daß es weder ein „Pietra verde-Ereignis“ noch einen spezifischen „Pietra verde-Vulkanismus“ gegeben hat. Die heute bekannten PV-Aufschlüsse stellen vorrangig sedimentologische, nicht vulkanologische Probleme dar. Daher sollte man den PV-Begriff, der ohnehin weder deskriptiven, genetischen, noch stratigraphischen Wert besitzt, nicht auch noch außerhalb der Südalpen, verwenden, wie z.B. OBRADOVIC & STOJANOVIC (1972), die in den Dinariden PV beschreiben.

Die vielerorts eindeutigen Anzeichen einer epiklastischen Umlagerung stellen die Frage nach den auslösenden Impulsen, die zu verschiedenen Zeiten das vulkanische Lockermaterial in Bewegung gesetzt haben, da die über- und unterlagernden Karbonate meistens auf ruhige Beckensedimentation hinweisen. Neben vulkanischen Beben könnten auch eine kompressive Tektonik (ist z. B. im Marmolada-Gebiet durch mitteltriadische Störungssysteme dokumentiert: CASTELLARIN et al., 1985), oder der Diapirismus der evaporitischen Bel-

lerophon-Schichten (DOGLIONI 1984: „Caotico eterogeneo“ als basaler Teil der UPV; siehe auch Teil II, Kap. 3.1., 2.6.) während der Mitteltrias dafür verantwortlich sein.

6. Schlußbetrachtung

Versucht man für den heutigen, aufgeschlossenen Bereich der Südalpen (Anis/Ladin) das Ablagerungsmodell für vulkanische und vulkanoklastische Gesteine innerhalb eines magmatischen Inselbogens nach DICKINSON (1974) anzuwenden, so ergibt sich ein sehr uneinheitliches Bild, obwohl der Chemismus der Laven orogene Charakteristika besitzt.

Der Karawanken-Südoststamm und die Karnischen Alpen in Österreich, die Karnischen und Julischen Alpen in Italien, z. T. auch in Jugoslawien weisen für das Anis intermediären Vulkanismus (Laven und Ignimbrite [„welded tuffs“]), der mit fluviatilen Sedimenten assoziiert ist, auf. Dies entspräche einer zentralen vulkanischen Fazies auf kontinentaler oder semikontinentaler Kruste (dicker als 15–20 km). Weiter im Westen haben sich nur geringmächtige vulkanoklastische Sedimente dokumentiert, mit Ausnahme saurer Effusiva in den Vizentinischen Voralpen. Am Dobratsch verweisen die Pillow-Breccien eher auf ozeanische oder semiozeanische Kruste (dünner als 15–20 km), aber ebenfalls zentrale Fazies.

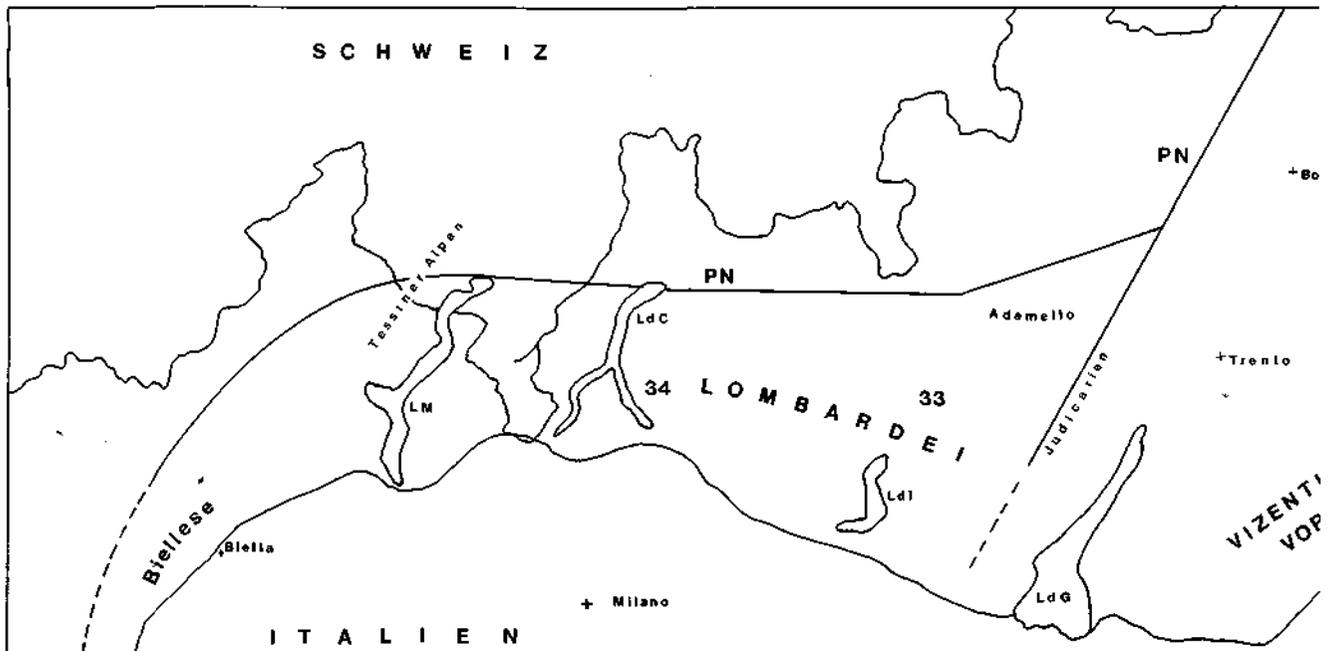
Im Ladin dominieren im gesamten Südalpen-Bereich umgelagerte vulkanoklastische Sedimente (z. T.: Turbi-

dite) eines sauren Magmatismus, untergeordnet basaltische Pillowlaven und Pillow-Breccien (Karnische Alpen, Italien), rhyolithische Ignimbrite (Julische Alpen, Italien), Basalte, Andesite und Dazite in den Vizentinischen Voralpen, saurer, effusiver Vulkanismus in Slowenien und in der Lombardei. Diese Situation ist in das DICKINSON-Modell nicht mehr einbindbar. Die Akkumulation vulkanoklastischen Materials in den zentralen Südalpen verweise noch auf ein „intra-arc oder back-arc basin“ auf ozeanischer, bzw. semiozeanischer Kruste.

Nach allgemeiner geologischer Anschauung stellt die südalpine Trias einen Ablagerungsraum auf kontinentaler Kruste dar. Es fehlen auch jegliche Hinweise für die Existenz einer permischen oder altriadischen ozeanischen Kruste in diesem Gebiet. Das DICKINSON-Modell demonstriert aber trotz der problematischen Adaptierung für die Anis-Ladin-Situation, daß die Südalpen zwar keinen vollständig ausgebildeten Ablagerungsraum eines magmatischen Inselbogens darstellen, daß aber typische Fragmente solch eines Milieus erhalten sind. Hieraus wird verständlich, warum eine Korrelation zwischen „volcanic fields“ in zentraler Fazies und den Beckenfüllungen zur Zeit nicht gelingt.

Dank

Mein Dank gebührt meinem Freund, Herrn Prof. Dr. P.L. Rossi (Universität Bologna), der mir in den letzten Jahren durch Diskussionen und logistische Unterstützung für Bibliotheks- und Feldarbeit eine große Hilfe war.



Teil II: Übersicht über „Pietra verde“ Vorkommen im Großraum der Südalpen und benachbarter Gebiete

(J.H. OBEHOLZNER)

Hier folgt eine Revision der bestehenden Anis/Ladin Literatur (seit ca. 1960), der eigenen Ergebnisse, und eine Darstellung der Begriffsverwendung „Pietra verde“ (Kurzbezeichnung: PV) verschiedener Autoren. Ebenfalls angeführt sind die Vorkommen von sauren Effusiva im südalpinen Anis und Ladin.

Stratigraphische und petrographische Bezeichnungen sind den Originalarbeiten entnommen. Abb. 1 zeigt die geographische Lokalisierung der im Teil II besprochenen Gebiete.

Im folgenden wird der Raum nördlich der Periadriatischen Naht und der östlichen Südalpen dargestellt, im weiteren wird ein Überblick über vulkanoklastische Sedimente in den zentralen (Dolomiten, Vizentinischen Voralpen) und westlichen Teilen der Südalpen (Lombardei) gegeben.

1. Nördlich der Periadriatischen Naht

1.1. Drauzug – Lienzer Dolomiten

HAGENGUTH (1984) beschreibt 3 Tuffithorizonte im Wettersteinkalk und Wettersteindolomit (Ladin) aus den Stollen der Bleiberger Bergwerks Union und unterscheidet diese von den stratigraphisch jüngeren „Grünen Schichten“ in den Marxerbänken (Oberes Ladin)

auf Grund ihrer geochemischen Charakteristik und des Schwermineralspektrums. Die Tuffite weisen einen Schwermineralgehalt von 90 % opaken Erz und 10 % transparenten Mineralen (davon: 80 % idiomorpher Apatit, 10 % Zirkon, Rest: Granat, Titanit, Rutil) auf. Die „Grünen Schichten“ enthalten nur Einzelkörner von Schwermineralen und sind reicher an Spurenelementen. Als Ablagerungsmodell werden Einschwemmungen von terrigenen Verwitterungsprodukten eines kontinentalen Hinterlandes in die Lagune angenommen.

Aus anderen Lokalitäten des Bergbaues werden ähnliche grüne Horizonte untersucht (KOSTELKA & SIEGL, 1966). Die Genese der Erzphasen in diesen Lagen soll diagenetisch sein. Weitere Literatur zu dem Problem der „Grünen Schichten“ findet man bei EPPENSTEINER (1970). WARCH (1979) hat im Zuge seiner Kartierung des Drauzuges zwischen Oberanis und Ladin das Auftreten von Tuffen/Tuffiten und Dazituffen unterschieden.

○ Oberes Anis: Zwischendolomit

Hier sei exemplarisch nur eine Probe vom Latschur genannt, die Feldspatbruchstücke, Apatit, Quarz, Magnetit(?), Biotit und Chlorit und Glimmer i. A. enthält.

○ Unterladin: Partnachkalke (Fellbachkalke)

Hier sei ebenfalls exemplarisch nur die Probe vom Goldschupfen genannt, die sich aus Feldspatbruch-

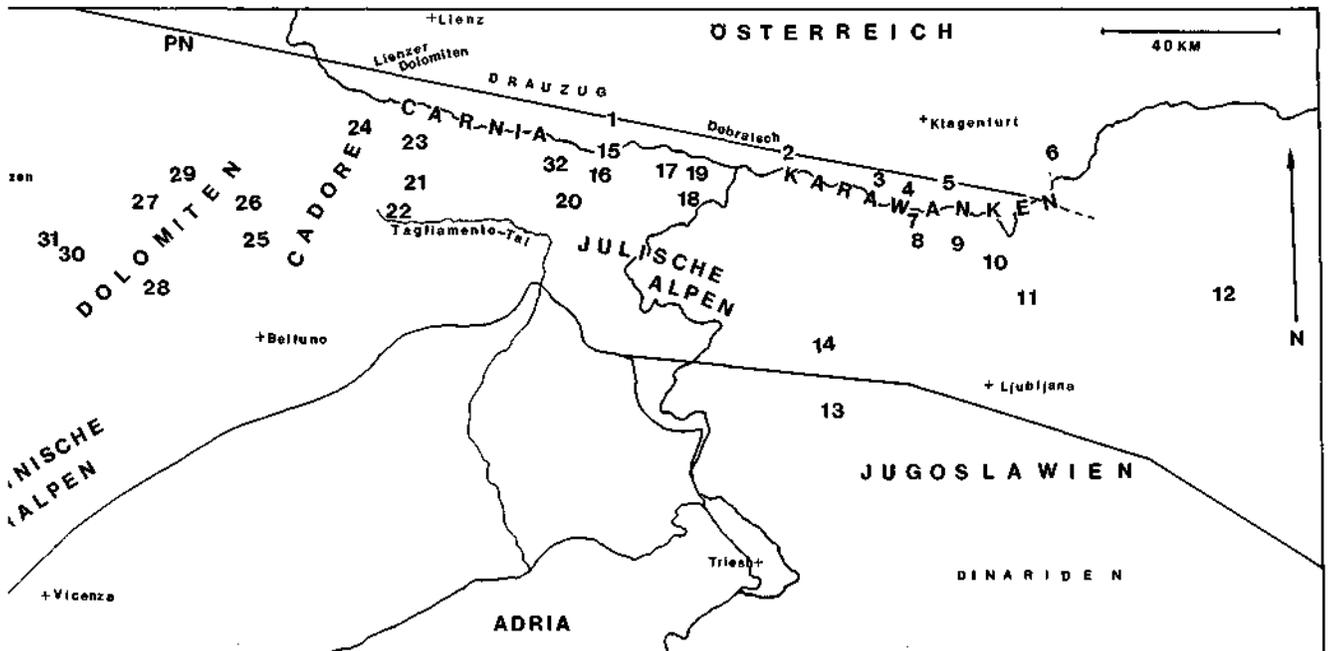


Abb. 1.

Übersicht über die Pietra verde-Vorkommen der Alpen.

Die Grenzziehung Dinariden/Südalpen wurde nach PAMIC (1984) durchgeführt.

PN = Periadriatische Naht; LdG = Lago di Garda; LdC = Lago di Como; LM = Lago Maggiore; Ldl = Lago di Iseo.

1 = Hermagor; 2 = Finkenstein; 3 = Bärental; 4 = Lojbltal; 5 = ö Waidisch; 6 = Globasnitz; 7 = Ljublj; 8 = Trzic; 9 = Storzic; 10 = Kokra; 11 = Kamnik; 12 = Celje; 13 = Idrija; 14 = Cerklno; 15 = Gartnerkofel; 16 = Pontebba; 17 = Uggovizza; 18 = Cave del Predil; 19 = Tarvisio; 20 = Val d'Apua; 21 = Sauris; 22 = Forni di Sopra; 23 = Sappada; 24 = Comelico; 25 = Zoldo; 26 = M. Pelmo; 27 = Marmolada; 28 = Gruppo delle Pale die S. Martino; 29 = Livinallongo-Tal; 30 = Predazzo - Monzoni; 31 = M. Agnello; 32 = Paularo.

stücken, Apatit, Quarz, Magnetit(?), Biotit, Zirkon, Rutil in einem Chlorit-Tonmineral-Grundgewebe zusammensetzt.

Der Dazituff ist ein sandiger PV-Typ, die anderen Tuffe und Tuffite sind siltige oder siltig-sandige Typen, die z. T. symmetrische Gradierung von normal zu invers zeigen (Fellbachgraben). Die Mächtigkeit dieser vulkanoklastischen Sedimente beträgt wenige cm bis dm. Hinweise auf turbiditische Eingleitungen liegen nicht vor. Die Gradierungen könnten durch verschiedene Absinkgeschwindigkeiten von Kristallen und Feinfraktion, die lithologisch verschiedenen Lagen könnten als schlotnahe (kristallreiche) und schlotferne (glasreiche) Sedimente gedeutet werden.

Aus den Lienzer Dolomiten beschreibt SCHLAGER (1962) Porphyrite und Porphyrituffe, die in ihrer Zusammensetzung und ihrem stratigraphischem Auftreten den unterladinischen Tuffen im Drauzug gleichen.

1.2. Dobratsch (westlich von Villach, Österreich)

Die im oberen Anis vorkommenden Vulkanite sind basaltische Pillowbreccien und Vulkanoklastika mit intermediärem Chemismus (STREHL 1960, 1980b; COLINS & NACHTMANN 1974; PILGER & SCHÖNENBERG, 1958). Im Profil der Hangendscholle kommen (unterstes Ladin bis in das untere Cordevol) 14 Lagen mit Biotit, Quarz und Feldspat vor. Weiter sind einige Tuffitlagen (cm-mächtig), die keinen Biotit führen, aus dem Zwischendolomit (Anis) bekannt.

Auf österreichischem Gebiet stellen die Dobratsch-Vulkanite das einzige Vorkommen eines basischen Magmatismus in der Mitteltrias dar. Petrographisch und geochemisch sind die basischen Vulkanite mit den Pillowbreccien bei Forni di Sopra (Tagliamento-Tal; CASTELLARIN & PISA, 1973) vergleichbar.

1.3. Karawanken-Nordstamm (Österreich)

Hier treten in der Mitteltrias dm-mächtige Lagen eines siltigen, vulkanoklastischen Sediments und Kalkarenite mit vulkanogenem Detritus auf, die beide Biotitfrei sind (Lokalität SE Waidisch; von BAUER, 1985 als Tuffitlage im Fellbacher Kalk - Oberanis/Ladin - eingestuft). Weitere Vorkommen von Tufflagen sind bei BAUER (1970) im tieferen Wettersteinkalk (4 Lagen bei Globasnitz, 20 Lagen im Leppengraben) angeführt.

Südlich der Periadriatischen Naht

2.1. Carnia - Österreich

Im Gebiet des Gartnerkofels kommen auf der Kammlen und auf der Kühweger Alm zwei vulkanogene Horizonte vor. Auf der Kammlen ist in das anisische Muschelkalkkonglomerat (MCK) eine Schweißtuff-Lage eingebettet, die dazitischen Chemismus aufweist (KAHLER & PREY, 1963; CROS, 1982; OBENHOLZNER, 1988, 1989). Dieser Tuff enthält außer mm-großen Klaster der Werfener Schichten auch Fragmente einer andesitischen Lava und hellen Bims mit röhrenförmigen Blasen. Die 4 m mächtige Lage (Bohrprofil) könnte den di-

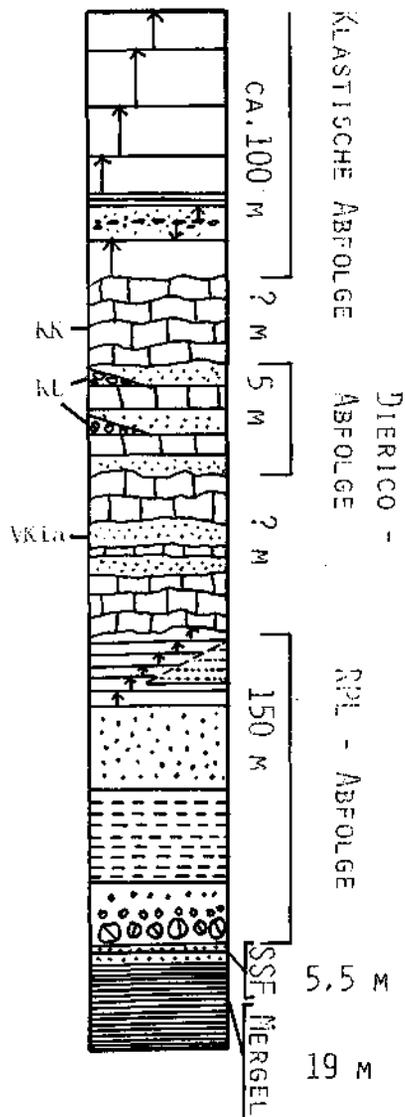


Abb. 2.
Mitteltrias-Profil.

a) Schematisiertes Profil SE Paularo.

Die Mergel an der Basis entsprechen der Ambata-Formation (Oberes Illyr), die Klastische Abfolge den Arenarie die Zoppé (Unteres Langobard). Die Aufschlußverhältnisse lassen eine genaue Bestimmung der Mächtigkeiten zwischen Klastischer und Dierico-Abfolge und zwischen Dierico- und RPL-Abfolge nicht zu. Die Mächtigkeiten betragen schätzungsweise 20-30 m. SSF = Sandstone-Shale Facies (proximaler Turbidit); VK i.a. = Vulkanoklastische Sedimente im allgemeinen (Pietra Verde); KK = Knollenkalk der Livinalongo-Formation; KL = Konglomerate, im Aufschlußbereich auskeilend; Pfeile = Normale Gradierung; Doppelpfeile = Symmetrische Gradierung von invers zu normal.

b) Mitteltrias-Profil aus den Karnischen Alpen (gegenüberliegende Seite). Diese Abbildung entspricht der teilweisen Wiedergabe der Posterpräsentation „The Rhyolite Catastrophy in Carnia“ (EUG V - Straßburg 1989; IAVCEI - Santa Fe 1989).

Es sei darauf hingewiesen, daß die magmatische Entwicklung in den Karnischen Alpen z.T. nur durch Lavaklasten in sedimentären bzw. pyroklastischen Abfolgen dokumentiert ist und daß das Schema Andesit - Dazit - Rhyolith nur eine stratigraphische Relevanz hat. Eine magmatische Differentiation ist zur Zeit noch nicht nachgewiesen. Die Pfeile symbolisieren Klasterbildungen.

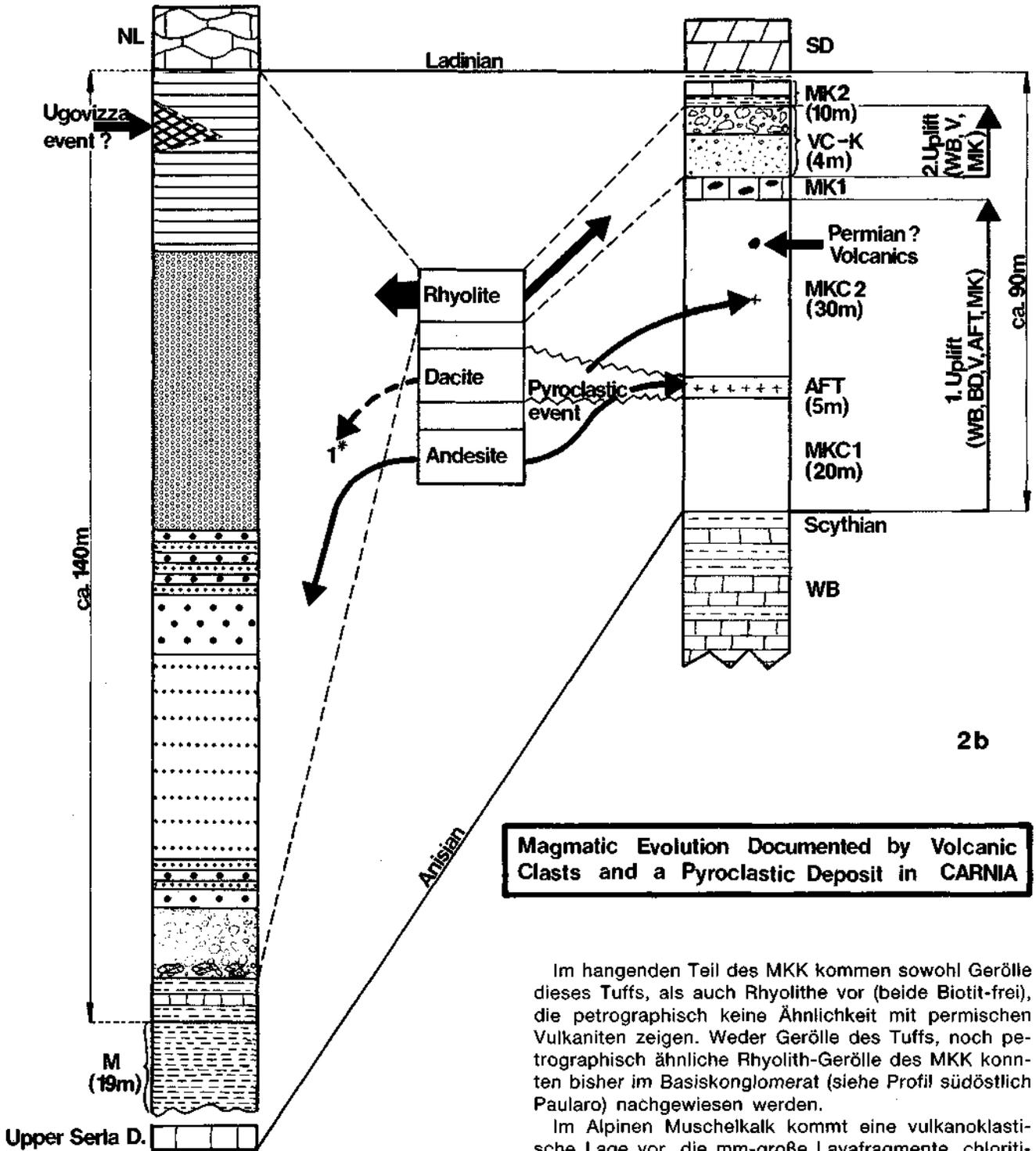
NL = Knollenkalk (Livinalongo-Formation); M = Graue Mergel (Ambata-Formation); SD = Schlemdolomit (Ladinische Plattform; PFEIFFER, 1988); MK2 = Oberer Muschelkalk (Lagunenkalk, Anis; FLÜGEL, 1974); Vc-K = Vulkanoklastische Lage (fluviale Ablagerung, im Hangenden Konglomerat); MK1 = Unterer Muschelkalk (Lagunenkalk); MKC2 = Oberes Muschelkalk-Konglomerat (fluviale Ablagerung; SCHMIDT, 1987); AFT = Ash Flow-Tuff (Dazit; OBENHOLZNER, 1988); MKC2 = Unterer Muschelkalk-Konglomerat (fluviale Ablagerung); WB = Werfener Schichten (zeigen kontinuierliche Absenkung an); BD = Bellerophon-Dolomit (Perm); V = Vulkanite i.a.; 1* = Ash Flow-Tuff-Klasten (CROS et al., 1982).

BASIN

(RIO PECOL LUNGO)

PLATFORM

(KÜHWEGERALM-KAMMLEITEN)



2b

Magmatic Evolution Documented by Volcanic Clasts and a Pyroclastic Deposit in CARNIA

stalen Teil eines Ignimbrites darstellen (P.L. Rossi, mündl. Mitt.), der heute abgetragen oder nicht aufgeschlossen ist. Eine definitive Charakterisierung als ignimbritische Abfolge im Sinne von SPARKS et al. (1973):

- 1) Plinianische Bims-Fall-Ablagerung;
- 2) Pyroklastische Strom-Phase mit Ignimbriten und „surge“-Ablagerungen;
- 3) Effusive Phase mit Lavaströmen ist daher nicht möglich.

Im hangenden Teil des MKK kommen sowohl Gerölle dieses Tuffs, als auch Rhyolithen vor (beide Biotit-frei), die petrographisch keine Ähnlichkeit mit permischen Vulkaniten zeigen. Weder Gerölle des Tuffs, noch petrographisch ähnliche Rhyolith-Gerölle des MKK konnten bisher im Basiskonglomerat (siehe Profil südöstlich Paularo) nachgewiesen werden.

Im Alpenen Muschelkalk kommt eine vulkanoklastische Lage vor, die mm-große Lavafragmente, chloritierte Glasscherben, Plagioklase und Biotite enthält. Sie wird als feinklastische Einschwemmung in den lagunären Bereich gedeutet (siehe Taf. II, Fig. 1).

Die Forschungsbohrung Perm/Trias-Grenze, die im Gebiet Kammleiten abgeteuft wurde, hat auch den Nachweis erbracht, daß in den Werfener Schichten vulkanogener Detritus (Olivin und Pyroxen) vorkommt (STATTEGGER, mündl. Mitt.).

Im Gebiet der Kühweger Alm kommt im Muschelkalk eine ca. 5 m mächtige vulkanoklastische Abfolge vor, die aus einem 4 m mächtigen basalen Anteil (Biotit-füh-

rend; Gerölle der liegenden Karbonate und ältere Vulkanoklastika enthaltend) und aus einem oberen 1 m mächtigen Konglomerat (vorwiegend Muschelkalk-Gerölle, untergeordnet Vulkanoklastika in einer Biotit-Plagioklas-Chlorit-Kalzit-führenden Matrix) besteht. Diese Abfolge wird als kleine Delta-Schüttung in eine Lagune interpretiert.

Die Aufschlüsse auf der Möderndorfer Alm (südlich Hermagor) lassen eine genaue Einstufung der dort vorkommenden Vulkanite nicht zu. Örtlich voneinander getrennt, gibt es PV-Typen (Biotit-führend), die „slumping“-Strukturen (siehe Taf. 3, Fig. 2) zeigen und Biotit-führende Rhyolithe, die petrographisch ähnlich den Geröllen im Basiskonglomerat (siehe Profil südöstlich Paularo) und den Rhyolithen aus dem Gebiet Trzic, Kobra und Kamnik (Jugoslawien) sind.

2.2. Carnia – Italien

Die Profile „Rio Marodia“ und „Val Marodia“ (Seitentäl des oberen Tagliamento) bei Forni di Sopra weisen eine PV-Lage unmittelbar unter den Produkten des basaltischen Vulkanismus auf (Oberladin). CASTELLARIN & PISA (1973) beschreiben sie als siltigen und feinen Arenit.

Das Mitteltriasprofil „südöstlich Paularo“ stellt innerhalb der in der Literatur beschriebenen, PV-führenden Profile in den Südalpen das komplexeste dar (siehe Abb. 2). Zwischen Ambata-Formation (Oberillyr; ASSETTO et al., 1977) – hier vertreten durch graue Mergel und einer „sandstone-shale-facies“ (proximaler Turbidit im Sinne von WALKER, 1978) – und den Arenarie di Zoppé kommen innerhalb der Livinallongo-Formation drei vulkanoklastische Abfolgen vor. Die unterste im Graben des Rio Pecol Lungo (CROS & FRYSSALAKIS, 1982) wird von einem Basiskonglomerat, schlecht geschichteten, groben, kristallreichen Vulkanoklastika, einer massigen, feinen, kristallreichen Lage und Aschenturbiditen aufgebaut (siehe Taf. 2, Fig. 2; Taf. 3, Fig. 3; OBENHOLZNER & PFEIFFER, 1989). Zwischen dieser normal gradierten Abfolge treten immer wieder Wechsellagerungen grober klastischer und sandiger Lagen auf. Eine genaue Darstellung des Ablagerungsmodells ist in Vorbereitung. Die mittlere Abfolge besteht aus 4 PV-Lagen, die in einer Knollenkalksequenz vorkommen. Die obere Abfolge (Dierico-Abfolge; OBENHOLZNER & PFEIFFER, 1988, 1989) stellt eine Wechsellagerung von Konglomeratbänken, Knollenkalken und ca. 30 vulkanoklastischen Lagen (siehe Taf. 3, Fig. 1; Taf. 2, Fig. 3) dar. Alle drei Abfolgen enthalten Biotit.

Bemerkenswert ist der Klasteninhalte des Basiskonglomerats (Rio Pecol Lungo-Abfolge), der aus den unterlagernden Mergeln und Kalkareniten mit vulkanogenem Detritus, Plattformkarbonaten (oberes Anis und unteres Ladin), sauren, Biotit-führenden und intermediären Vulkaniten besteht. Die 150 m mächtige Abfolge dokumentiert das Vorhandensein eines intermediären Vulkanismus an der Anis/Ladin-Grenze, der damals schon zur Abtragung kam. Dies steht nicht im Einklang mit der weiter unten angeführten Hypothese der Bologneser Schule (siehe Kap. 3.1.), die für den Dolomitenraum ein Einsetzen des intermediären Vulkanismus erst für die Ladin/Karn-Grenze postuliert.

Die Arenarie di Zoppé (bei PISA; 1974: Arenarie tufacee del M. Rigoladis; Oberladin) kommen zwischen Livinallongo-Formation und der Formazione dell'Acqua-

tona vor und sind gekennzeichnet durch Breccien, Konglomerate und durch Turbidite, die reich an vulkanogenem Detritus sind. Die bedeutendsten Vorkommen in der Carnia sind südlich und süd-westlich des Lago di Sauris (hier zum Teil grobklastisch ausgebildet) und südöstlich Paularo (hier ausschließlich feinklastisch, z. T. mit „clay chips“ in symmetrischer Gradierung von invers zu normal).

Aus dem benachbarten Gebiet um den M. Tersadia (westlich Paularo) beschreibt METZELTIN (1973) nur mehr das Auftreten von „siltiti verde“ im Unterladin der Buchensteiner Schichten. Das charakteristische Mineralspektrum dieser Siltite ist Plagioklas, Quarz und Biotit (10 %) in einer chloritischen/illitischen Grundmasse.

2.3. Cadore – Italien

Im „Comelico occidentale“ treten im Oberanis Tuffite auf, die Lavafragmente und Plagioklase führen (CASATI, 1979). Im „Bellunese“-Gebiet um Sappada – kommen an der Anis/Ladin-Grenze PV-Lagen vor, die als rhyolithischer Tuff interpretiert werden (LAGNY, 1974).

Im östlichen Cadore (Val di Piova, Rio della Ruoiba) kommt eine Biotit-führende Lava im Aufstiegskanal vor, die Werfener Schichten (Campil) durchschlägt (MARNELLI & ROSSI, 1977).

2.4. Julische Alpen Italienischer Anteil (Tarvisiano)

Im nördlichen Teil finden sich Einschwemmungen von vulkanischem Lockermaterial (z. T. Biotit-führend) bereits in der Uggowitzer Breccie, die auch Komponenten eines intermediären Vulkanismus führt (z. B.: Rio Citt, Cave del Predil). In den Hangendbereichen der Calcari di Pontebba, in der Livinallongo-Formation und den basalen Anteilen des Schlerndolomites sind vulkanoklastische Einschaltungen häufig.

Im Osten setzen ähnliche Ablagerungen ebenfalls bereits im Anis (Fm. di M. Bivera) ein. Darüber in der Livinallongo-Formation kommen 10er-m mächtige Abfolgen von gut geschichteten Vulkanoklastika (z. T. Biotit-führend, mit „bubble-shards“ in schwarzen Lagen; siehe Taf. 1, Fig. 3) vor.

Die Abfolge vom M. Fioranca (östlich Tarvisio) gleicht der Hangendpartie der basalen PV-Lage vom Profil Jagrsce (siehe unten) in mineralogischer Zusammensetzung und im Gehalt von Bimsfragmenten.

Die Rio Freddo-Ignimbrit-Sequenz wird ausführlich von SPADEA (1974) und LUCCHINI et al. (1980) beschrieben. Sie zeigt rhyolithischen Chemismus und führt Biotit nur akzessorisch.

Der basale Anteil des Schlerns (von ROMAGNOLI, 1966, als „Serie Calcarea-Tufacea“ bezeichnet) enthält die von JOBSTRAIBITZER (1981) beschriebenen vulkanoklastischen Lagen (siehe Kapitel 4.).

2.5. Julische Alpen Jugoslawischer Anteil (Nördliche Dinariden)

Die basale, vulkanoklastische Abfolge des Profils Straza – Jagrsce zeigt eine rhythmische Schichtung, die durch ca. 10 cm mächtige, homogene, feinkörnige

und ca. 1–2 cm dicke, sandige Lagen definiert wird. Biotit tritt in diesen Lagen nur akzessorisch auf. Bemerkenswert sind mikroskopische Intraklasten eines noch feineren PV-Typs (siehe Taf. 1, Fig. 4). Der Übergang zu den oberen Lagen ist nicht aufgeschlossen. Diese führen gut erhaltene Bimsfragmente (mm-groß; Typ mit röhrenförmigen und Typ mit kugeligen Blasen kommt im Dünnschliffbereich zusammen vor) und zeigen „slumping“-Strukturen (siehe Taf. 3, Fig. 4; Taf. 1, Fig. 1, 2).

In der Plattenkalkabfolge (entspricht hier der Livinalongo-Fm.) kommen auch tonige-kohlige Schichten vor, die mm-starke, graue, Plagioklas-reiche Lagen beinhalten.

Auch in den turbiditischen Kalkareniten (z. T. normal und invers gradiert) tritt vulkanogener Detritus auf. Der obere Teil dieser klastischen Abfolge wird von gut geschichtetem, vulkanoklastischem Material (normale Gradierung, scharfe Grenzen zwischen dichten schwarzen und kristallreichen Lagen mit Biotit) gebildet. Die lithologische Ausbildung dieser Abfolge gleicht den Arenarie di Zoppé.

Eine Darstellung des Mitteltrias-Vulkanismus in den Dinariden gibt PAMIC (1984).

2.6. Karawanken-Südostamm (Österreich)

Im äußersten Westteil des Karawanken-Südostammes in Österreich (südlich Finkenstein) tritt innerhalb der Buchensteiner Schichten eine 1–2 m mächtige, kristallreiche PV-Lage auf (F.K. BAUER; mündl. Mitt.), die an der Basis Karbonatgerölle der Buchensteiner Schichten führt und Gradierungen, bzw. schlechte Schichtung aufweist (Biotit-führend).

Dieser PV-Typ gleicht jenen im Val d'Aupa (südwestlich Pontebba, Italien) und der VK5-Lage in der Rio Pocol-Lungo-Abfolge (siehe Abb. 2; Kap. II/2.2.).

Weiter im Osten im Gebiet des Loibl- und Bärentals kann man zwei Profilarten unterscheiden:

- 1) An der Anis/Ladin-Grenze treten Andesite und Dazit (nicht Biotit-führend) als Lava auf, über die Konglomerate und Beckensedimente (Buchensteiner Schichten) folgen. In den Konglomeraten findet man neben den vorherrschenden Karbonaten diese intermediären Laven als Gerölle wieder, und in die Beckensedimente ist eine geringmächtige Lage (5–30 cm) von sandiger PV (siehe Taf. 2, Fig. 4: Plagioklas, Quarz, Biotit) eingeschaltet (z. B.: Profil Kraßniggraben; PREY & KAHLER, 1957).
- 2) Zwischen Oberanis-Karbonat und intermediären Laven kommt ein Konglomerat vor, das überwiegend Vulkanit-Komponenten, die in einer vulkanogenen Matrix liegen, enthält. Die Komponenten entsprechen den über dem Konglomerat (Channel-filling Sediment) folgenden Laven (z. B.: Profil Ogrisalm).

Eine detaillierte petrographische und geochemische Darstellung der orogenen, intermediären Vulkanite geben OBENHOLZNER (1984, 1985) und HÖCK & OBENHOLZNER (1987).

2.7. Karawanken-Südostamm (Jugoslawien)

Die Anis/Ladin-Grenze im Karawankenanteil Jugoslawiens (Profil Ljubelj) wird durch das Auftreten von Tuffen und einer vulkanischen Breccie, die Fragmente von Ignimbriten enthält, markiert. Darüber folgt ein ladinisches Konglomerat, das Tuffgerölle führt (BUSER, 1974). Über Plattenkalken und einer Dolomitlage treten nochmals Tuffe und Tuffite auf.

In den Gebieten um Jezersko, Storžic und Tržic tritt unter dem Cordevol-Dolomit ein ignimbritischer Tuff auf, der nach eigenen Studien zum Teil den Rio Fredo-Typen gleicht (nicht Biotit-führend). Innerhalb dieses Komplexes gibt es aber auch Biotit-führende Rhyolithe, ähnlich denen, die bei Kokra und Kamnik weiter im Osten aufgeschlossen sind. Bei Kokra und Kamnik kommen in den ca. 100 m mächtigen vulkanischen Einheiten auch Biotit-freie Rhyolithe vor.

GRAFENAUER (1980) gibt für das Einsetzen der triadischen, vulkanischen Aktivität in Slowenien das Ladin an, das Ende ist im Karn. Er ordnet alle Vorkommen der südalpiner Eugeosynklinale zu, ausgenommen das Gebiet um Idrija, das er den Dinariden zurechnet. In der anschließenden Tabelle werden die Gebiete, in denen Biotit-führende Magmatite vorkommen, aufgelistet.

- 1) Rabelj-Gruppe:
 - Biotit-Trachyt-Tuff
- 2) Östliche Julische Alpen:
 - a) Tolsti vrh und Kodrašč Gebiet:
 - Augit-Biotit-Porphyr
 - Albit-Biotit-Porphyr
 - b) Jelovica (Langobard/Wengener Schichten):
 - Biotit-Quarz-Porphyr
 - Albit-Biotit-Trachyt
 - Biotit-Liparit
 - Biotit-Quarz-Trachyt
 - c) Kamna-Gorica und Kropa:
 - Biotit-Quarz-Porphyr
 - d) Besniski gozd:
 - Biotit-Trachyt
- 3) Idrija- und Cerkno-Gebiet:
 - a) Poljane und Novaki:
 - Biotit-Liparit
 - b) Ravne und Zakriz:
 - Quarz-Biotit-Porphyr mit Fragmenten von Biotit-Diorit
- 4) Savinja-Alpen:
 - Quarz-Biotit-Porphyr
- 5) Stajerska, insbesondere Celje-Gebiet:
 - a) Dobroveljska Plateau:
 - Biotit-Liparit
 - b) Polzela-Smartno:
 - Biotit-Quarz-Keratophyr
 - Biotit-Quarz-Trachyporphyr

3. Ausblick auf die Pietra verde-Vorkommen im westlichen Teil der Südalpen (Dolomiten, Vizentinische Voralpen und Lombardei)

3.1. Zentraler Dolomiten-Bereich

Eine zusammenfassende Studie über das stratigraphische Auftreten in den Dolomiten haben CROS & HOU-

EL (1983) verfaßt. Sie unterscheiden innerhalb der Livinalongo-Formation (Unterladin) 2 PV-Einheiten nach stratigraphischen und sedimentologischen Gesichtspunkten: Die untere Pietra verde (UPV) und die obere Pietra verde (OPV).

Die UPV wird an der Basis von einer „knolligen Breccie“ dargestellt. Der mittlere Bereich besteht aus Ablagerungen von „Pyroturbiditen“ (interpretiert als kalte, subaquatische, pyroklastische Ströme), von distalen, submarinen Teilen von Ignimbriten, oder von kontinentalen Aschenströmen. Der Chemismus des Magmas der pyroklastischen Eruptionen wird als trachy-andesitisch angegeben. Die Oberkante dieser Abfolge besteht aus radiolarienreichen PV-Typen.

Die OPV wird als klassischer Turbidit bezeichnet, der epiklastisches Material akkumuliert hat. Der Chemismus des Magmas, dem die vulkanogenen Anteile der OPV entstammen, wird als rhyolithisch bis rhyodazitisch bezeichnet. Grüne Hornblenden sind der typische Bestandteil der oberen Lagen, während an der Basis vulkanischer Quarz dominiert.

Im Gebiet der Marmolada wurde von ROSSI et al. (1974, 1976) nur eine PV-Lage beschrieben, hier als „Membro del M. Fernazza“ bezeichnet, die zwischen Livinalongo-Formation und dem Marmolada-Konglomerat vorkommt (mit basaltischen und intermediären Vulkaniten; ohne Biotit). Der „Membro del M. Fernazza“ gleicht verschiedenen Biotit-führenden PV-Typen.

Im Marmolada-Gebiet gibt es auch innerhalb der PV akkrezionäre Lapilli (ROSSI, 1962). Das Marmolada-Konglomerat und das Vorkommen von oberladinischen/karnischen, orogenen, basaltischen Vulkaniten sollen nicht Gegenstand dieser Betrachtung sein, aber es sei auf weiterführende Literatur hingewiesen: SACERDOTI & SOMMAVILLA (1962); CASTELLARIN et al. (1976-77); BOSELLINI et al. (1982); LUCCHINI et al. (1982); CASTELLARIN et al. (1988).

BACELLE & SACERDOTI (1965) untersuchten die Abfolge zwischen Sarl-Dolomit und den Strati di la Valle (entspricht: Arenarie di Zoppé; VIEL, 1979) bei Caprile im Livinalongo-Tal. Sie teilen innerhalb dieser vulkanoklastischen Abfolge 2 PV-Lagen (zusammen ca. 50 m) ab, die von anderen vulkanoklastischen Sedimenten über- bzw. unterlagert werden. Die Autoren verwenden die Begriffe Tuff im Sinn vom sandigen Typ und Tuffit im Sinn vom siltigen Typ (nach CALLEGARI et al., 1964), deren mineralogische Zusammensetzung Plagioklas, Quarz, Biotit, Anazim und Seladonit ist. Die einzelnen Tuff- und Tuffit-Lagen werden durch kieselige Knollenkalke getrennt.

CASTELLARIN et al. (1982a) unterscheiden im Livinalongo-Tal (Cherz, Laste, Contrin) eine oberladinische Turbidit-Abfolge (entspricht den Arenarie di Zoppé; enthält basaltische und andesitische Klasten, keine Biotite) und eine darunterliegende PV mit rhyolithischer Affinität, die innerhalb der Buchensteiner Schichten vorkommt.

Die Autoren sehen in diesem Profil eine weitere Bestätigung der Hypothese, daß während der Mitteltrias sich die vulkanische Aktivität von Süd nach Nord und von saurem zu basischem Magmatismus verschoben hat. Dies wurde auch durch AGIP-Bohrungen in der Po-Ebene (bei Padua) bestätigt, wo vom Liegenden ins Hangende eine Abfolge von sauren, intermediären und basischen Vulkaniten angetroffen wurde (BRUSCA et al., 1981; P.L. Rossi, mündl.Mitt.).

Eine Einbindung des Cherz-Profiles in das von CROS & HOUEL (1983) vorgeschlagene Schema stellt sich insofern als problematisch dar, da die Definition der OPV mit den liegenden PV im Cherz-Profil zwar im Chemismus übereinstimmt, nicht aber in der Ablagerungsart. Weiters wird von der Bologneser Schule (CASTELLARIN, LUCCHINI, ROSSI, SIMBOLI) auf ein Vorhandensein von intermediärem Magmatismus unter der rhyolithischen PV nicht hingewiesen.

CROS & LAPOINTE (1984) erwähnen ladinische Paläokarstfüllungen, die typische, subaerische Sedimente darstellen. Sie bestehen zum größten Teil aus Quarz, Feldspat und Biotit. Die Einschlüsse im Quarz entsprechen jenen in den Quarzen der OPV.

Bemerkenswert ist auch die oberladinische Explosionsbreccie (phreatomagmatischer Entstehung) an der Basis des basaltischen Vulkanismus vom M. Agnello (CALANCHI et al., 1976-77). Sie enthält als Gesteinsfragmente Karbonate, größtenteils mitteltriadische, untergeordnet permische Vulkanite, Metamorphite und Siltite-Lutite und als Kristalle Quarz, Plagioklas, K-Feldspat, Pyroxen und Biotit. Außerdem kommen in dieser Abfolge akkrezionäre Lapilli vor, die als Indiz für subaerische Tätigkeit angesehen werden.

Als Beleg für das Vorhandensein eines sauren Vulkanismus in den Dolomiten kann nur die Arbeit von CASTIGLIONI (1939) herangezogen werden, der im Gruppo delle Pale di S. Martino innerhalb des unteren Ladins ein solches Auftreten beschreibt. Neuere Studien zu diesem Thema gibt es nicht.

Als lithischer Detritus in der PV sind von den genannten Autoren, ohne genaue Beschreibungen zu geben, folgende Typen genannt: Ignimbrite, blasige Lava, Vulkanite i. a.

In den Arenarie di Zoppé werden metamorphe Klasten von BACELLE et al. (1968) beschrieben. Dies ist mit der Interpretation von CROS & LAPOINTE (1984), die die Arenarie di Zoppé als terrigen beeinflusste Tuffite bezeichnen, vereinbar. Außerdem führen diese Sandsteine auch Biotit (CROS, 1980).

VIEL (1979) diskutiert erstmals die stratigraphische Reichweite von PV-Typen in den Dolomiten, im Cadore und Tarvisiano (Anis (F. del M. Bivera) bis Nor (untere Dolomia Principale; M. Pelmo, Zoldo Alto)). Er gibt auch eine Korrelierung der anisischen und ladinischen Formationen, in denen vulkanoklastische Lagen auftreten, und listet die in der Literatur gebräuchlichen Synonyme auf. Im Bereich des nördlichen Cadore ergibt sich folgendes Modell (unter Einbeziehung von Daten aus BRUSCA et al., 1981, und BOSELLINI et al., 1979):

- Ladin
- a) Membro del M. Fernazza: Oberes Langobard
 - b) Fm. dell'Acquatona: Unterer Langobard
 - c) Arenarie di Zoppé: Fassan/Langobard-Grenze
 - d) Livinalongo Fm.: Fassan
 - d) Member D: Kalkarenite, Dolomitreccien, Olistolithe(*)
 - Member C: Knollenkalk(*)
 - Member B: Vulkanoklastika (Pietra verde)(*)
 - Member A: Plattenkalk(*)
- Anis
- e) Ambata Fm.: Oberes Illyr
 - f) Bivera Fm.: Unterer Illyr

Die Buchensteiner Gruppe setzt sich aus b, c und d zusammen. Zur Wengener Gruppe gehört a.

3.2. Vizentinische Voralpen

Nur in diesem Gebiet ist innerhalb der Südalpen schon im Skyth effusiver, saurer Vulkanismus dokumentiert (DE BOER, 1963). Die schematisierte Abfolge sieht aus wie folgt:

Hangend: Rote Silte
Saure Vulkanite (Rhyodazite)
Dunkle, tuffogene Silte
Rote Silte
Liegend: Sedimente des unteren Skyths

Eine ähnliche Abfolge wird für das Anis angegeben:

Hangend: Kalke oder Dolomite
Saure Vulkanite (Rhyodazite)
Dunkle, tuffogene Silte
Liegend: Kalk oder Dolomit

Für das Ladin:

Hangend: Norische Dolomite
Störung
Vulkanite

Liegend: Unterladinische, massige Kalke

DE BOER (1963) gibt keine genaue Abfolge der ladinischen Basalte, Andesite und Dazite an. Letztere sind gekennzeichnet durch Plagioklas-, K-Feldspat, Amphibol- und Biotit-Einsprenglinge (BARBERI et al., 1982; DE VECCHI & SEDEA, 1983; DE VECCHI et al., 1974).

3.3. Südalpenanteil der Lombardei

Im äußersten Westen (Biellese Orientale, westlich Lago Maggiore) kommen in der Mitteltrias i. a. 14 Horizonte (9 Biotit-führend) vor (CARRARO & FIORA, 1974). Die mm- bis cm-mächtigen Lagen setzen sich aus Quarz mit Korrosionsbuchten, Sanidin, \pm Biotit, idiomorphem Zirkon, Apatit und Illit/Kaolinit zusammen; Plagioklas fehlt. Die Autoren nehmen ein alkali-rhyolithisches Magma für die Herkunft der vulkanogenen Mineralphasen an.

JADOUL & ROSSI (1982) erwähnen, daß es im Westteil der Lombardei in den Scisti Bituminosi di Besano und darüber in den Calcare di Meride vulkanoklastische Sedimente gibt. MÜLLER et al. (1964) beschreiben die basale Lage aus der Grenzbitumenzone vom M. San Giorgio (Tessin, Schweiz) als Sanidin-, Quarz- und Biotit-haltig.

CRISCI et al. (1984) berichten, daß es zwischen Albiga Dolomit, bzw. Prezzo Kalk (beide Anis) innerhalb der Buchensteiner Schichten, bzw. Perdolo-Varenna Kalk (oberes Anis-unteres Ladin) bis zu 6 Lagen vulkanoklastischer Sedimente gibt. In dieser Studie werden diese Lagen als Tuffe und Tuffite bezeichnet. Hingewiesen sei auf das Profil Val d'Ogna, in dem innerhalb der Buchensteiner Schichten 2 Horizonte vorkommen, die sich aus Plagioklas, Quarz, Biotit und untergeordnet K-Feldspat zusammensetzen. Altersbestimmungen an Biotiten beider Horizonte ergaben ein Alter von 225 ± 7 MJ für die basalen und 118 ± 6 MJ für die jüngeren Biotite. Dies bedeutet, daß diese Biotite etwas jünger sind als die Biotite aus Graniten, Syeniten und Monzoniten des Predazzo-Monzoni-Intrusiv-Komplexes (230 MJ, BORSI & FERRARA 1967; bzw. neuere Daten: 237 ± 20 MJ, BORSI et al., 1968). Zur Petrographie und Geochemie dieser Intrusiva siehe auch DEL MONTE et al. (1967); LUCCHINI et al. (1972); CASTELLARIN et al. (1982b).

Einen stratigraphischen Vergleich zwischen westlichen, zentralen und östlichen Südalpen geben ASSERETO & CASATI (1965).

JADOUL & ROSSI (1982) vergleichen die anisischen/ladinischen, vulkanoklastischen Sedimente der Lombardei mit den PV-Lagen der Dolomiten. Diese Autoren ordnen unter dem PV-Begriff Typen, die Biotit-frei sind, die Biotit führen, die einen Kristallanteil von mehr als 60 % , oder aber einen Grundmasseanteil von mehr als 50 % haben.

Weiters beschreiben die Autoren Laven und subvulkanische Massen, die in den Buchensteiner und Wengener Schichten vorkommen und Biotit-führend sind. Aus dieser Darstellung geht hervor, daß diese Vulkanite sicher nicht als Biotit-Lieferant für die basale PV-Lage in Frage kommen. Nicht auszuschließen ist aber ein Zusammenhang der Vulkanite in den oberen Anteilen der Buchensteiner Schichten mit der oberen PV-Lage. Es sei noch erwähnt, daß es auch an der Grenze Ladin/Karn (über dem Esino Kalk) Biotit-führende vulkanoklastische Sedimente gibt.

Die „pyroklastischen“ Horizonte in den Buchensteiner Schichten (4 bis 13) und im Perdolo-Varenna-Kalk (1 bis 3) im Gruppo delle Grigne untersuchten PASQUARE & ROSSI (1969). Die mineralogische Zusammensetzung einzelner Horizonte wurde dargestellt und ergab in Tuffen und Tuffiten einen Modalbestand von 0,2 bis 11 Vol. % für Biotit.

Im Ostteil der Lombardei (Judikarien-Gebiet) treten bereits im Oberanis (Prezzo-Formation) vulkanoklastische Lagen (Anzahl: 2; bis zu 1 m mächtig) auf. CASTELLARIN et al., (1982c) vergleichen sie zwar mit PV-Typen der Buchensteiner Schichten, obwohl diese Lagen weder K-Feldspat noch Biotit enthalten. In den darüber liegenden Buchensteiner Schichten treten weitere 8 vulkanoklastische Lagen auf (Profil Corno vecchio), die z. T. K-Feldspat führen, aber ebenfalls Biotit-frei sind. Diese Lagen weisen turbiditische Strukturen auf, die Glas, Bims- und Kristall-Fragmente führen (wird als subaerischer, saurer Vulkanismus interpretiert).

Aus dem Ladin des Dosso dei Morti (SE Adamello) sind akkrezionäre Lapilli bekannt (DIENI & SPAGNULO, 1964). Die Lapilli-Lage liegt eingebettet in eine 1,7 m mächtige, vulkanoklastische Sequenz (besteht aus 70 % Kristallen: Feldspat, Quarz, Biotit), die im Liegenden und Hangenden von Knollenkalcken begrenzt wird. Die Autoren interpretieren die Lapilli-Lage als subaerisches Produkt, das in einem sehr seichten, marinen Milieu abgelagert wurde.

4. Vulkanoklastische Sedimente in der Mittelkärntner Trias und in den Nördlichen Kalkalpen

Hier sei nur auf die bei VIDAL (1953) und die bei TOLLMANN (1977, S. 437/38; 1985, S. 17) zitierte Literatur hingewiesen.

Im gesamten Bereich der Nördlichen Kalkalpen dominieren äußerst feinkörnige Typen, die von den verschiedenen Autoren als Tuffite bezeichnet werden. Sie stellen sicher schlotferne Ablagerungen dar, die entweder subaerisch oder subaquatisch verdriftet wurden.

5. Vulkanoklastische Sedimente in der Mitteltrias Ungarns

5.1. Einführung

Aktuelle Darstellungen der Trias in Ungarn unterscheiden vier verschiedene Fazies-Gebiete:

- 1) Zentralgebirge (Balaton-Gebiet, Buda-Gebirge) (VS)
- 2) Bükk-Gebirge (VS)
- 3) Aggtelek-Szilice (VS)
- 4) Mecsek-Villany

(VS) = Vorkommen von vulkanoklastischen Gesteinen, Tuffen und Laven.

Diese Gebiete werden durch die Abfolge von Plattform-, Becken-, vulkanischen und fluviatil-lakustrinen Sedimenten definiert (BALOGH, 1981).

5.2. Zentralgebirge

5.2.1. Balaton-Gebiet

LOCZY (1916) erwähnt aus dieser Region Tuffite, die im Muschelkalk (Anis) eingelagert sind. Neuere Untersuchungen (FREYET & CROS, 1984) stellen diese vulkanoklastischen Sedimente ins Ladin.

Bei SZABO & RAVASZ (1970) und RAVASZ (1973) werden diese Tuffitlagen, die eine Mächtigkeit von weniger als einem bis zu mehreren Metern haben, als Kristall- oder Aschen-Tuffite bezeichnet. Aus den petrographischen und geochemischen Charakteristika schließen SZABO & RAVASZ (1970) auf einen ursprünglichen K-trachytischen und rhyolithischen Vulkanismus. Ihre typische Mineralführung ist K-Feldspat und Biotit, in den höheren Lagen tritt auch vulkanischer Quarz auf. SZABO & RAVASZ (1970) erwähnen auch eine Probe (T511), die noch nicht devitrifizierte vulkanische Gläser enthält. Der Chemismus dieses Glases wurde bisher noch nicht publiziert.

Der Chemismus (Haupt- und Spurenelemente von 18 bzw. 30 Proben) dieser Tuffite weist für alle Elemente eine zu große Streuweite auf, um einen direkten Vergleich mit vorläufigen Ergebnissen aus dem Osten der Südalpen anzustellen. Auffallend ist das Fehlen von Proben mit SiO_2 -Gehalten größer als 70 %, wie sie dem Autor aus den Karnischen Alpen bekannt sind. RAVASZ (1973) beschreibt eine Probe, die einen SiO_2 -Gehalt über 70 % aufweist.

Alle anderen Proben (auch die bei SZABO & RAVASZ, 1970) gleichen basaltischen und andesitischen Grauwacken.

Eine genaue Aufschlußbeschreibung dieser anisischen/ladinischen Tuffite findet man bei SZABO & MAJOROS (1978).

5.2.2. Buda Gebirge

Ein Vulkanit-Komplex, der tektonisch mit ladinischen Karbonaten assoziiert ist (nicht aufgeschlossen), wurde im Eozän erodiert und ist heute nur mehr in Form von Konglomeratkomponenten nachweisbar (HORVATH & TARI, 1987).

Die petrographische und geochemische Untersuchung der Komponenten weist sie als Andesite, Rhyolithe, Ignimbrite, Trachyte und Tuffe aus. Die genannten Autoren ordnen letztere der PV im Transdanubischen Zentralgebirge zu.

5.3. Bükk Gebirge

Die basischen bis sauren Vulkanite (250 m mächtig) dieses Gebietes erstrecken sich stratigraphisch vom Anis bis ins Karn (ARKAI, 1973). Sie sind schwach metamorph und liegen in Pumpellyit-Prehnit-Quarz-Fazies vor. Die mit den Vulkaniten vorkommenden Tuffe werden aber nicht *expressis verbis* als PV bezeichnet.

CROS & SZABO (1984) vergleichen den jüngeren, sauren Komplex, der auch Ignimbrite enthält, mit den PV-Lagen in Karnien (NE Italien), ohne petrographische oder geochemische Kriterien anzugeben.

Eigene feldgeologische und petrographische Beobachtungen der intermediären Laven und Vulkanoklastika des Bükkgebirges haben gezeigt, daß auffallende Ähnlichkeiten (Vergleichsexkursion mit Fr. Dr. E. VETŐ, Ung. Geol. Landesanstalt) mit den Vulkaniten des Karawanken Südstammes (Österreich) und der Steiner Alpen (Jugoslawien) bestehen.

5.4. Aggtelek-Szilice

BALOGH (1981) erwähnt aus diesem Gebiet vulkanische Aschen, die über der Illyr/Pelson-Grenze liegen.

Tafel 1

Fig. 1: **Bimsfragment mit röhrenförmigen Blasen.**

Orientierung der Blasen ungefähr parallel zum Pfeil.
P = Plagioklas; schwarz = Erzkörner; Grundmasse: Chlorit, Plagioklas, Quarz.
Fundort: Profil Straza - Jagsrce (siehe Teil I, Kap. 5.2.; Teil II, Kap. 2.5.).
Nicols ||.

Fig. 2: **Bimsfragment mit kugelförmigen Blasen.**

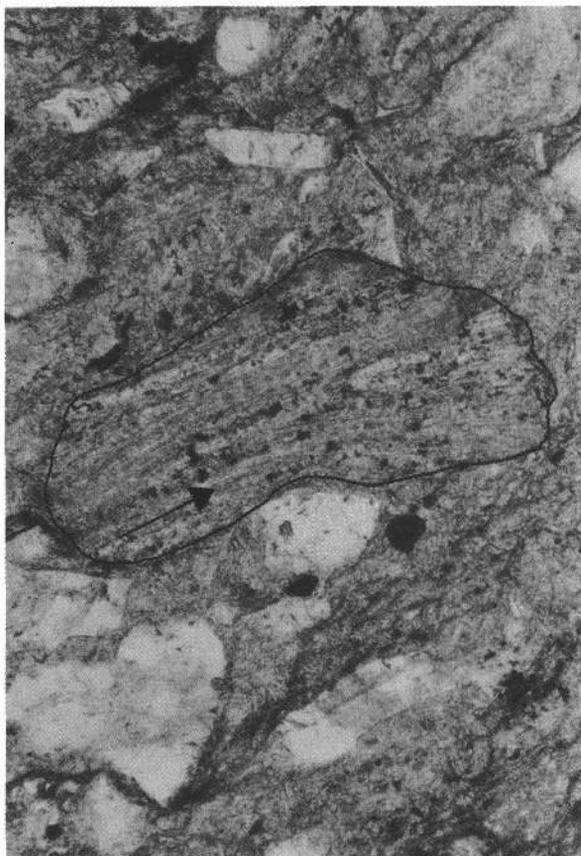
Schwarz = Erzkörner.
Fundort: Profil Straza - Jagsrce (siehe Teil I, Kap. 5.2.; Teil II, Kap. 2.5.).
Nicols ||.

Fig. 3: **Blasen (BS) und Blasenwand-Scherben (BWS).**

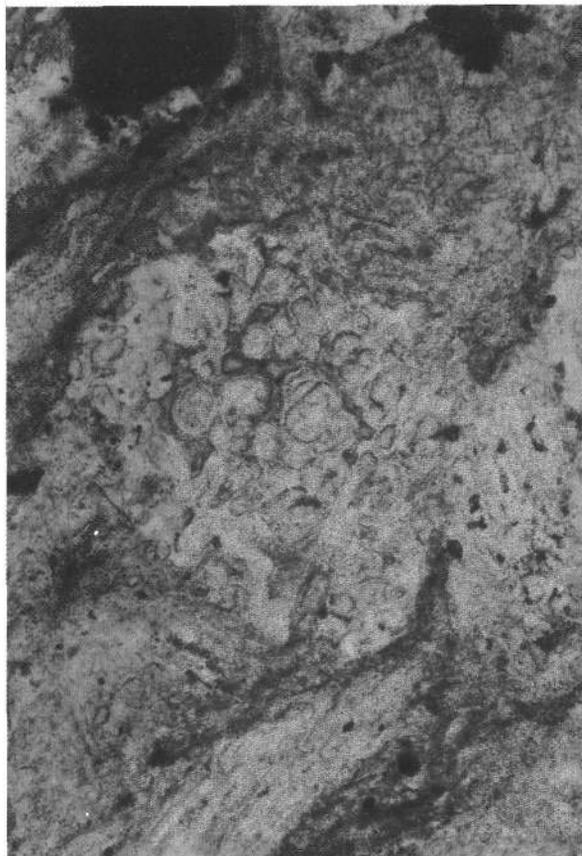
Die Scherben sind chloritisiert, Hohlraum ist mit Quarz gefüllt. Siltige Grundmasse.
Schwarz = Erzkörner.
Fundort: Profil nördlich des Rio Freddo (siehe Teil I, Kap. 5.2.; Teil II, Kap. 2.4.).
Nicols ||.

Fig. 4: **Intraklasten (dunkel) in einem hellen, etwas grobkörnigeren, vulkanoklastischen Sediment.**

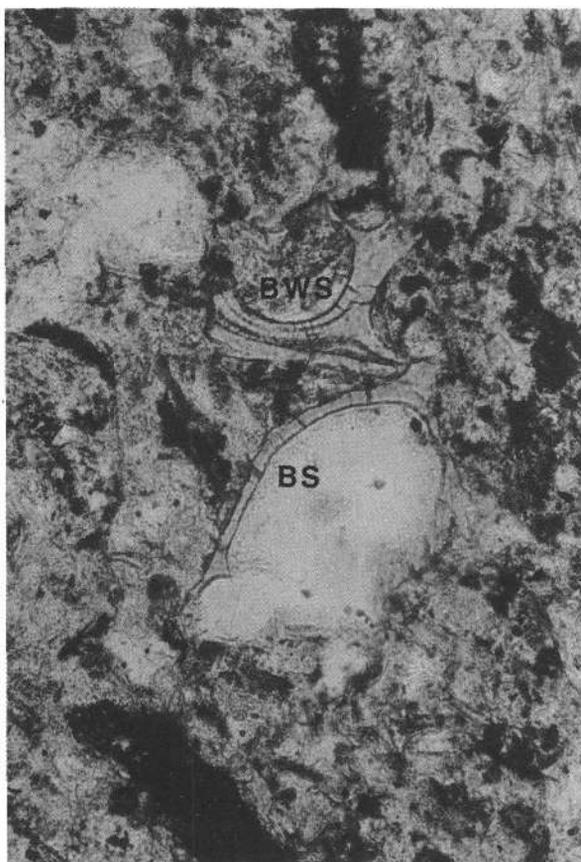
Fundort: Profil Straza - Jagsrce (siehe Teil II, Kap. 2.5.).
Nicols ||.



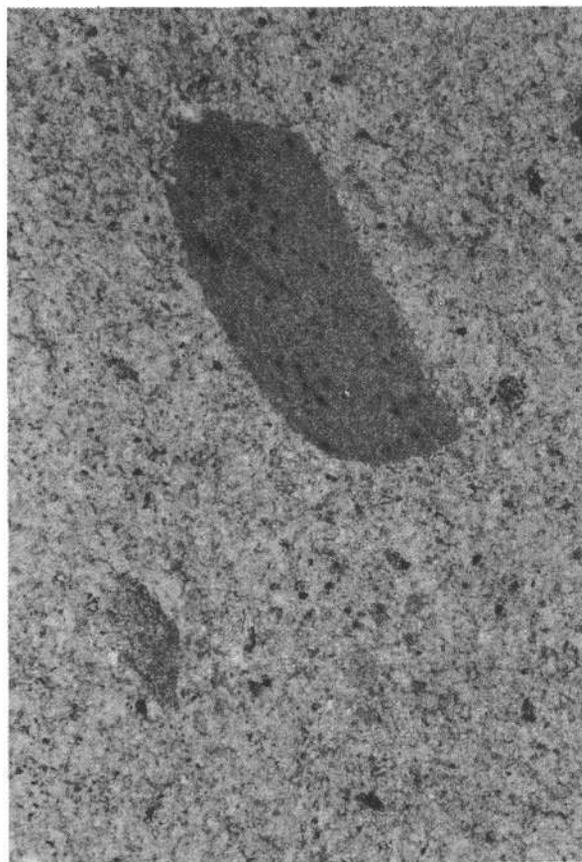
1 0,5 mm



2 0,2 mm



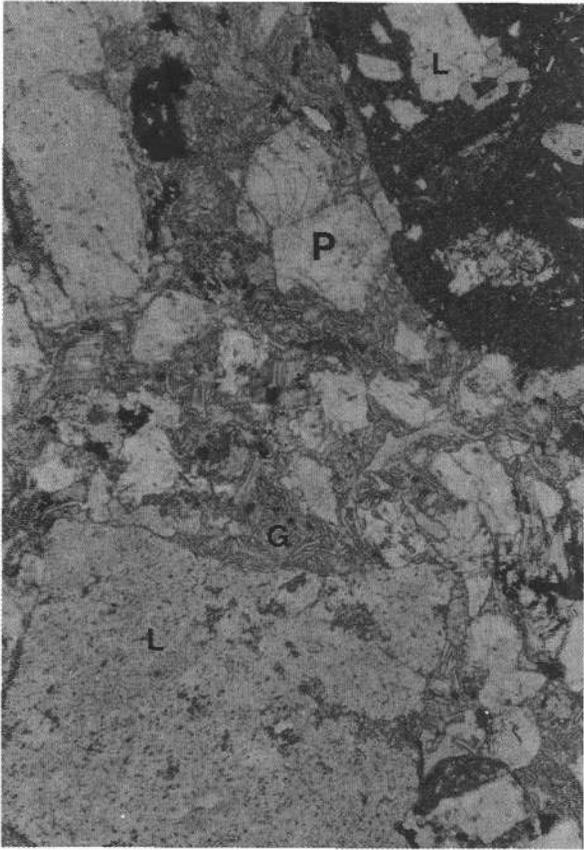
3 0,2 mm



4 1 mm

Tafel 2

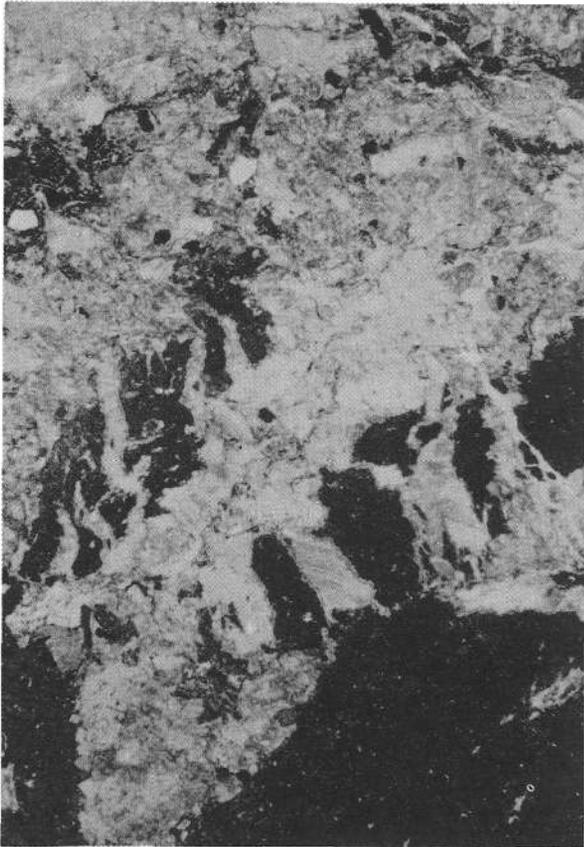
- Fig. 1: **Vulkanoklastisches Sediment mit lithischem Detritus (L), Plagioklas (P) und chloritisierten Glasscherben (G).**
Beachte Y-förmige Glasscherbe rechts neben dem Buchstaben „G“.
Fundort: Kammlaiten/Gartnerkofel-Gebiet (siehe Teil II, Kap. 2.1.).
Nicols ||.
- Fig. 2: **Kompaktionsfalten einer älteren, mit Kalzit verheilten Kluft in einer Aschenturbidit-Lage.**
Links davon jüngere, unverformte Klüfte, ebenfalls mit Kalzit verheilt.
Fundort: Rio Pecol Lungo-Abfolge (siehe Teil II, Kap. 2.2.).
Nicols ||.
- Fig. 3: **„Puzzle“-Fragment eines hämatitisierten, vulkanoklastischen Sediments in Chlorit-Kalzit-Grundmasse, die Kalzit-Pseudomorphosen nach Plagioklaskristallen führt.**
Fundort: Diérico-Abfolge (siehe Teil I, Kap. 5.1.; Teil II, Kap. 2.2.).
Nicols ||.
- Fig. 4: **Sandiger Pietra Verde-Typ.**
Q = Quarz, z.T. mit Korrosionsbuchten; P = Plagioklas; B = Biotit.
Die Zwickelräume sind mit Chlorit und Kalzit gefüllt.
Fundort: Kraßniggraben (siehe Teil II, Kap. 2.6.).
Nicols ||.



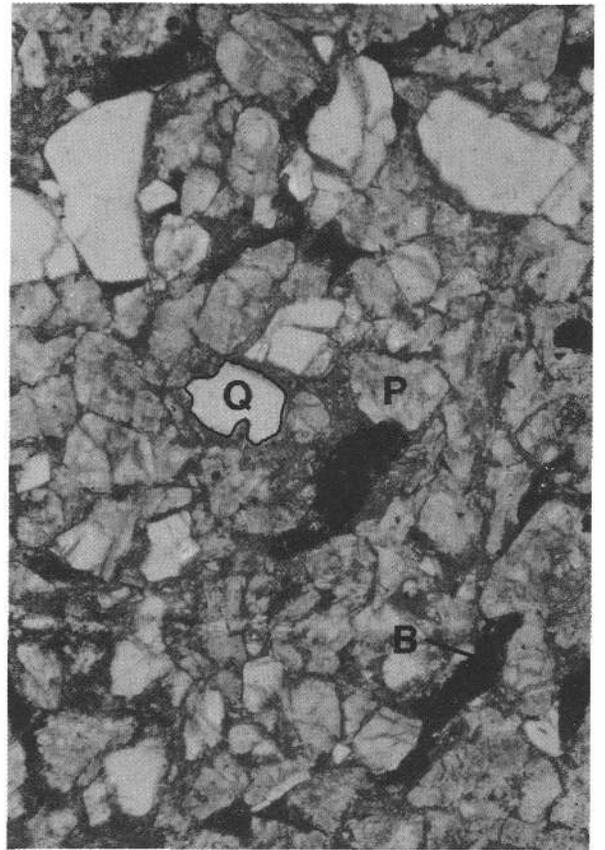
1 1 mm



2 2 mm



3 2 mm



4 1 mm

Fig. 1: Radiolarie und Radiolarienfragmente in siltigem Pietra verde-Typ.

Hohlraum der Radiolarie (Bildmitte) ist mit Quarz gefüllt.
Grundmasse besteht aus Quarz (kleine, weiße, gerundete Körner), Plagioklas und Biotit.
Fundort: Diérico-Profil (siehe Teil II, Kap. 2.2.).
Nicols ||.

Fig. 2: „Slumping“-Struktur.

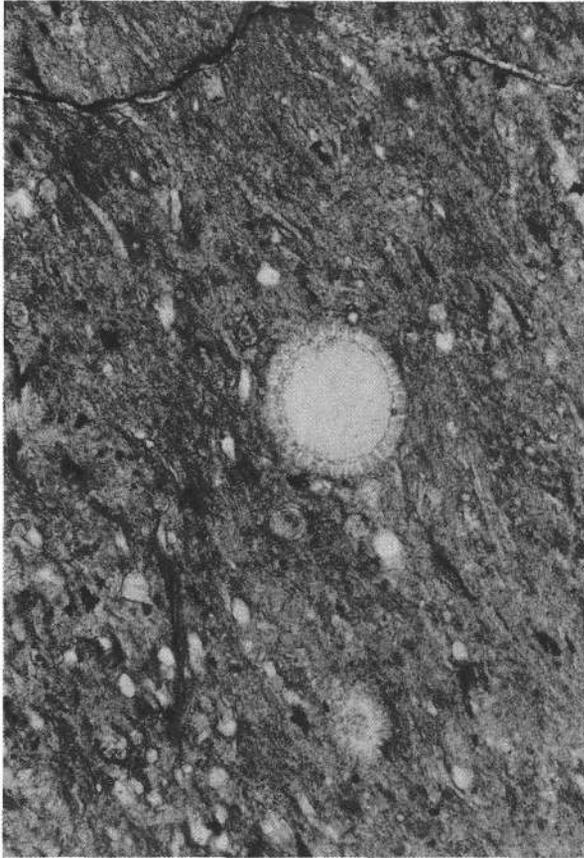
Feinkörnige (dunkel), glasscherbenreiche (Gs) und kristallreiche (P = Plagioklas) Anteile sind ungefähr linsenförmig angeordnet.
Fundort: Möderndorfer-Alm (siehe Teil II, Kap. 2.1.).
Nicols ||.

Fig. 3: Millimetergroße „load casts“ im feinstkörnigen, oberen Teil einer Aschenturbidit-Lage.

Q = Quarz; P = Plagioklas; Pfeil zeigt in Richtung normale Gradierung.
Fundort: Rio Pecol Lungo-Abfolge (siehe Teil II, Kap. 2.2.).
Nicols ||.

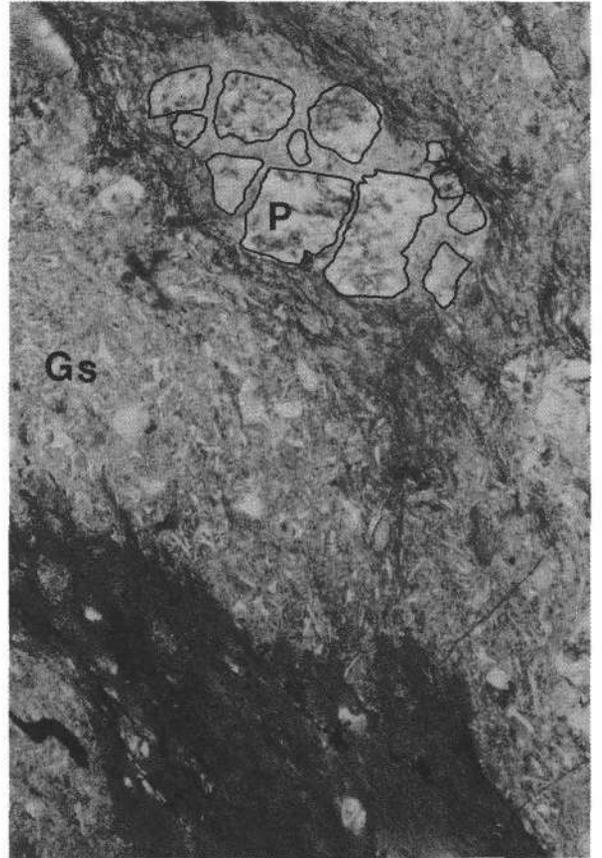
Fig. 4: „Slumping“-Struktur.

Pfeil zeigt in Richtung Hangendes.
Weiß, fleckig = Plagioklas; weiß = Quarz; dunkel = erzreiche, feinkörnige Anteile; grau = siltiger Pietra verde-Typ.
Fundort: Profil Straza – Jagsce (siehe Teil II, Kap. 2.5.).
Nicols ||.



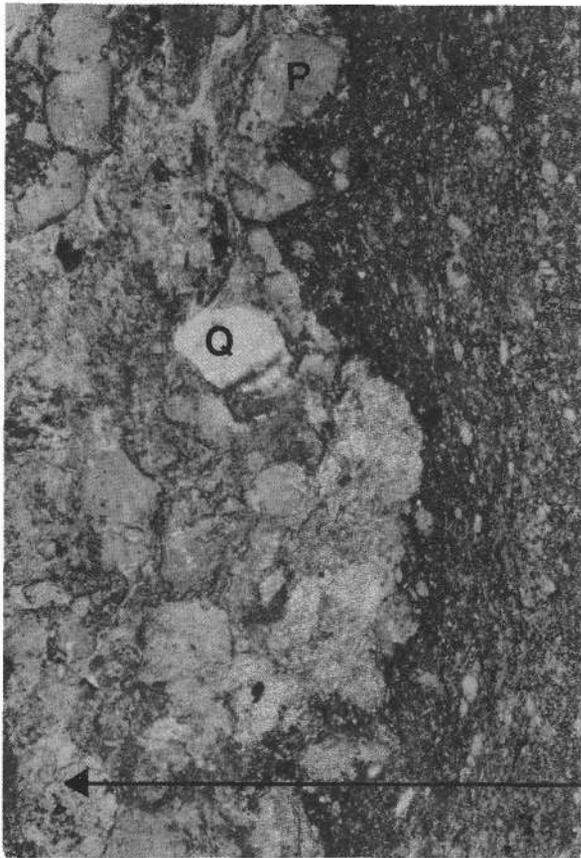
1

3 mm



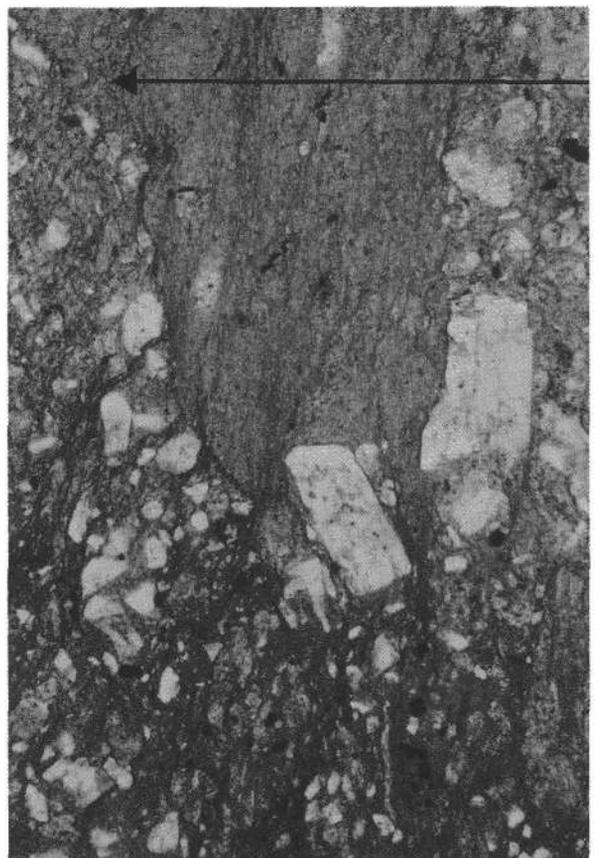
2

1 mm



3

1 mm



4

2 mm

Literatur

- ARKAI, P.: Pumpellyite-Prehnite-Quartz Facies Alpine Metamorphism in the Middle Triassic Vulcanogenic-Sedimentary Sequence of the Bükk Mountains, Northeast Hungary. - *Acta Geol. Acad. Sci. Hung.*, **17**, 1-3, 67-83, 1973.
- ASSERETO, R., BRUSCA C., GAETANI, M. & JADOUL, F.: The Pb-Zn mineralization in the Triassic of the Dolomites. Geological history and genetic interpretations. - *L'industria Mineraria*, v. **28**, 1-34, Faenza 1977.
- ASSERETO, R. & CASSATI, P.: Revisione della stratigrafia Permo-Triassico della Val Camonica Meridionale (Lombardia). - *Riv. Ital. Paleont.*, vol. **17**, n. 4, 999-1097, Milano 1965.
- ASSERETO, R., DESIO, A., COLBERTALDO, D. di & PASSERI, L.D.: Note illustrative della Carta geologica d'Italia, Foglio 14 A „Tarvisio“, Ercolano (Servizio Geologico d'Italia) 1968.
- BACELLE, L. & SACERDOTI, M.: Una serie di Strati di Livinalongo (Ladinico inferiore) nei pressi di Caprile (Dolomiti Bellunesi). - *Stud. Trent. Sci. Nat.*, A, Vol. **42**, N. 2, 113-162, Trento 1965.
- BACELLE, L., SACERDOTI, M. & SOMMAVILLA, E.: In: LEONARDI, P.: *Le Dolomiti, Geologia dei monti tra Isarco e Piave*, 1019 ff., Rovereto 1968.
- BALOGH, K.: Correlation of the Hungarian Triassic. - *Acta Geol. Ac. Sci. Hung.*, **24**, 3-48, 1981.
- BARBIERI, G., DE VECCHI, G., DE ZANCHE, V., MIETTO, P. & SEDEA, R.: Stratigrafia e petrologia del magmatismo triassico nell'area di Recoaro. - In: GGSCO, 179-187, Bologna 1982.
- BARBIERI, G., DE ZANCHE, V., DI LALLO, E., MIETTO, P. & SEDEA, R.: Middle Triassic emersion phases in the Recoara area (Vicentinian Alps, NE Italy). - *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, **9**, 523-531, Stuttgart 1977.
- BAUER, F.K.: Zur Fazies und Tektonik des Nordstammes der Ostkarawanken von der Petzen bis zum Obir. - *Jahrb. Geol. B.-A.*, **113**, 189-245, Wien 1970.
- BAUER, F.K.: Geologische Karte der Karawanken, 1:25.000 (Westteil). - Wien (Geol. B.-A.) 1985.
- BAUER, F.K., CERNY, I., EXNER, C., HOLZER, H.L., HUSEN, D.V., LOESCHKE, J., SUETTE, G. & TESSENHORN, F.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Karawanken, 1:25.000, Ostteil. - 86 S., Wien (Geol. B.-A.) 1983.
- BECHSTÄDT, T. & BRANDNER, R.: Das Anis zwischen St. Vigil und dem Höhensteintal (Prager- und Olinger Dolomiten, Südtirol). - In: MOSTLER (ed.): *Beiträge zur Mikrofazies und Stratigraphie von Tirol und Vorarlberg*, 9-103, Innsbruck 1971.
- BECHSTÄDT, T., BRANDNER, R. & MOSTLER, H.: Das Frühstadium der alpinen Geosynkinalentwicklung im westlichen Drauzug. - *Geol. Rdsch.*, **65**, 616-648, Stuttgart 1976.
- BOND, G.: Overgrowth on Zircon from Southern Rhodesia. - *Geol. Mag.*, **85**, 35-40, 1948.
- BORSI, S. & FERRARA, G.: Determinazione dell'età delle rocce intrusive di Predazzo con i metodi del Rb/Sr e K/Ar. - *Miner. Petrogr. Acta*, Vol. **13**, 45-66, Bologna 1967.
- BORSI, S., FERRARA, G., PAGANELLI, L. & SIMBOLI, G.: Isotopic age measurements of the M. Monzoni intrusive complex. - *Miner. Petrogr. Acta*, Vol. **14**, 171-183, Bologna 1968.
- BOSELLINI, A. & FERRI, R.: A Buildup margin and its relationships with adjacent basinal sediments. - In: GAETANI, M. (ed.): *Riccardo Assereto and Giulio Pisa Field Symposium on Triassic Stratigraphy in Southern Alps*, Field Guide-Book, 73 S., Bergamo 1979.
- BOSELLINI, A., CASTELLARIN, A., DOGLIONI, C., GUY, F., LUCCHINI, F., PERRI, M. C., ROSSI, P.L., SIMBOLI, G. & SOMMAVILLA, E.: Magmatismo e tettonica nel Trias delle Dolomiti. - In: GGSCO, 189-210, Bologna 1982.
- BRAITSCH, O.: Mineralparagenesis and Petrologie der Staffurtsätze in Reyershausen. - *Kali und Steinsalz*, **1**, 1-14, Hannover 1960.
- BRANDNER, R.: „Südalpines“ Anis in den Lienzer Dolomiten (Drauzug). - *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, **21/1**, 143-162, Innsbruck 1972.
- BRUSCA C., GAETANI, M., JADOUL, F. & VIEL, G.: Paleogeografia Ladinico-Carnico e metalogenesi del Sudalpino. - *Mem. Soc. Geol. It.*, **22**, 65-82, Roma 1981.
- BUSER, S.: Die Entwicklung der Triassschichten in den westlichen Karawanken. - In: ZAPPE, H. (ed.): *Die Stratigraphie der alpin-mediterranen Trias*. - *Österr. Akad. Wiss., Schriftenreihe Erdwiss. Komm.*, Bd. **2**, 63-68, Wien, Springer 1974.
- CALANCHI, N., LUCCHINI, F. & ROSSI, P.L.: M. Agnello: Un apparato vulcanico a condotto centrale nelle Dolomiti. - *Miner. Petrogr. Acta*, Vol. **21**, 221-229, Bologna 1976-77.
- CALANCHI, N., LUCCHINI, F. & ROSSI, P.L.: The Volcanic Rocks From the Mount Agnello Area (Fiemme Valley, Italy): A Contribution to the Knowledge of the Mid-Triassic Magmatism of the Southern Alps. - *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, **25**, 131-143, Springer 1978.
- CALLEGARI, E.: Rapporti fra distribuzione di analcime e fenomeni di albitizzazione nella „pietra verde“ degli Strati di Livinalongo della Regione Dolomitica. - *Stud. Trent. Sci. Nat.*, **41**, N.1, 25-43, Trento 1964a.
- CALLEGARI, E.: Primi risultati dello studio mineralogico-petrografico sulla „pietra verde“ della Regione Dolomitica. - *Rendic. Soc. Min. Ital.*, **21**, 41-46, Pavia 1965.
- CALLEGARI, E. & DE PIERI, R.: Un interessante fenomeno di albitizzazione del feldspato potassico osservato nella „pietra verde“ della Regione Dolomitica. - *Stud. Trent. Sci. Nat.*, A, Vol. **43**, 119-229, Trento 1966.
- CALLEGARI, E. & DE PIERI, R.: Unmixing of the Sanidines of the „pietra verde“ of the Dolomites. - *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, **47**, 1, 111-119, 1967.
- CALLEGARI, E. & JOBSTRAIBIZER, P.G.: Sulla presenza di analcime nella „pietra verde“ degli Strati di Livinalongo della località-tipo. - *Rendic. Soc. Min. Ital.*, **20**, 83-101, Pavia 1964.
- CALLEGARI, E. & MONESE, A.: Il chimismo della „pietra verde“ degli Strati di Livinalongo (Dolomiti). Contributo allo studio petrogenetico della „pietra verde“ ladinica. - *Stud. Trent. Sci. Nat.*, **41**, N.1, 45-71, Trento 1964b.
- CAREY, S.N. & SIGURDSSON, H.: The Roseau Ash: Deep-Sea Tephra Deposits from a Major Eruption on Dominica, Lesser Antilles Arc. - *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **7**, 67-86, Amsterdam 1980.
- CARRARO, F. & FIORA, L.: Studio petrografico e stratigrafico delle tufiti Mediotriassiche dei Lembi di Crevacuore e di Sostegno (Biellesse Orientale). - *Riv. Ital. Paleont.*, **80**, 167-192, Milano 1974.
- CARULLI, G.B., FRIZZO, P., SALVADOR, G.L., SEMENZA, E., BIANCHIN, G., MANTOVANI, F. & MEZZACASA, G.: La geologia della zona tra il T. Chiarzo e di F.Fella (Alpi Carniche). - *Giornale Geol.*, ser. 3a, **49/1**, 1-32, Bologna 1987.
- CARTER, R.M.: A discussion and classification of subaqueous mass transport with particular application to grain flow. - *Earth Sci. Rev.*, **11**, 147-77, Amsterdam 1975.
- CAS, R.A.F.: Submarine „crystal tuffs“: their origin using a Lower Devonian example from southeastern Australia. - *Geol. Mag.*, **120/5**, 471-486, 1983.
- CAS, R.A.F. & WRIGHT, J.V.: *Volcanic Successions*, 528 S., London (Allen & Unwin) 1987.
- CASATI, P.: Stratigrafia Medio-Triassica del Comelico Occidentale (Dolomiti Orientali, Belluno). - *Riv. Ital. Paleont.*, **85**, n.1, 31-56, Milano 1979.
- CASTELLARIN, A. & PISA, G.: Le vulcaniti ladiniche di Forni di Sopra (Carnia Occidentale). - *Mem. Museo Trident. Sci. Nat.*, **20**, 99-136, Trento 1973.
- CASTELLARIN, A., DOGLIONI, C., GUY, F., PAGANELLI, L. & ROSSI, P.L.: Le arenarie vulcaniche sopraladiniche della zona di Chertz. - In: GGSCO, 225-259, Bologna 1982a.
- CASTELLARIN, A., LUCCHINI, F., ROSSI, P.L., SARTORI, R., SIMBOLI, G. & SOMMAVILLA, E.: Note geologiche sulle intrusioni di Predazzo e dei M. Monzoni. - In: GGSCO, 213-219, Bologna 1982b.

- CASTELLARIN, A., LUCCHINI, F., ROSSI, P.L., SELLI, L. & SIMBOLI, G.: L'evento compressivo Medio-Triassico nelle Alpi Meridionali: Realtà o fantasia. - *Mem. Soc. Geol. It.*, **30**, 235-44, Roma 1985.
- CASTELLARIN, A., LUCCHINI, F., ROSSI, P.L., SELLI, L. & SIMBOLI, G.: The Middle Triassic magmatic-tectonic arc development in the Southern Alps. - *Tectonophysics*, **146**, 79-89, Amsterdam 1988.
- CASTELLARIN, A., PERRI, M. C., RESENTERRA, L. & SARTORI, R.: Vulcaniti triassiche della zona delle Giudicarie (area di Roncone e dintorni). - In: GGSCO, 173-177, Bologna 1982c.
- CASTELLARIN, A., ROSSI, P.L., SIMBOLI, G., SOMMAVILLA, E. & DE LUCA, A.: Dati geologici e petrografici sul Gruppo Buffaure. - *Miner. Petrogr. Acta*, Vol. **21**, 165-187, Bologna 1976-77.
- CASTIGLIONI, B.: Il Gruppo delle Pale di S. Martino e le valli limitrofe (Alpi Dolomitiche). - *Mem. Ist. Geol. R. Univ. Padova*, **13**, 1-104, Padova 1939.
- CERNY, I.: Zur Fazies- und Blei/Zink-Verteilung im „Anis“ der Karawanken. - *Carinthia II*, **167/87**, 59-78, Klagenfurt 1977.
- COLINS, E. & NACHTMANN, W.: Die permotriassische Schichtfolge der Villacher Alpe (Dobratsch), Kärnten. - *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, **4/3**, 1-43, Innsbruck 1974.
- CRISCI, C.M., FERRARA, G., MAZZUOLI, R. & ROSSI, P.M.: Geochemical and Geochronological Data on Triassic Volcanism of the Southern Alps of Lombardy (Italy): Genetic Implications. - *Geologische Rundschau*, **73**, 1, 279-292, Stuttgart 1984.
- CROS, P.: Relations paleogeographiques entre la sédimentation tufacée et les apports terrigenes, Trias moyen et supérieur des Dolomites et des Alpes Carniques. - *Riv. Ital. Paleont.*, **85**, n.3-4, 953-982, Milano 1980.
- CROS, P.: Découverte d'ignimbrites ladinienes et remaniement d'ignimbrites ladinienes. Interpretation du Trias moyen des Alpes carniques orientales (Italie et Autriche). - *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. **294**, ser.II, 911-914, Paris 1982.
- CROS, P. & FRYSSALAKIS, G.: Un exemple de sédimentation volcanogénique en bassin pélagique: Trias moyen des Alpes Carniques orientales. - In: „*Livre jubilaire G. Lucas*“, *Mem. Soc. Geol. Univ. Dijon*, **7**, 139-152, Dijon 1982.
- CROS, P. & HOUEL, P.: Repartition and Paleogeographical Interpretation of Volcanoclastic and Pelagic Sediments of the Livinallongo-Formation (Italian Dolomites). - *Geol. Paläont. Mitt. Innsbruck*, **11**, 13, 415-452, Innsbruck 1983.
- CROS, P. & LPOINTE, P.: Les paleokarsts triassiques sud-alpins et l'origine des tuffites „*pietra verde*“ ladinienes: Exemple des Dolomites Italiennes. - Abstract in: *Proceedings of the 5th European Regional Meeting of Sedimentology*, **2** S., Marseille 1984.
- CROS, P. & SZABO, I.: Comparison of the Triassic Volcanogenic Formations in Hungary and in the Alps. Paleogeographic Criteria. - *Acta Geol. Hung.*, **27**, N. 3-4, 265-276, Budapest 1984.
- DE BOER, J.: The Geology of the Vicentinian Alps (NE Italy). - *Geologica Ultraiectina*, N. **11**, 178 S., Utrecht 1963.
- DE VECCHI, G. & SEDEA, R.: Il vulcanismo medio-triassico nelle Prealpe Vicentine (Italia Settentrionale). - *Mem. Sci. Geol.*, Vol. **36**, 149-169, Padova 1983.
- DE VECCHI, G., DE ZANCHE, V. & SEDEA, R.: Osservazioni preliminari sulle manifestazioni magmatiche triassiche nelle Prealpi Vicentine (Area di Recoaro - Schio - Posina). - *Bull. Soc. Geol. It.*, **93**, 397-409, Roma 1974.
- DEL MONTE, M., PAGANELLI, G. & SIMBOLI, G.: The Monzoni intrusive rocks: A modal and chemical study. - *Miner. Petrogr. Acta*, Vol. **13**, 75-118, Bologna 1967.
- DICKINSON, W.R.: Sedimentation within and beside ancient and modern magmatic arcs. - In: DOTT, Jr., R.H., SHAVER, R.H. (eds.): *Modern and ancient geosynclinal sedimentation*. - *Soc. Econ. Paleont. Mineral Sp. Publ.*, **22**, 230-9, 1974.
- DIENI, I. & SPAGNULO, G.: Lapilli accrezionari nei tufi ladinici del Dosso dei Morti (Adamello Sud-Orientale). - *Mem. Accad. Patavina, Cl. Sci. Mat. Nat.*, Vol. **76**, 3-21, Padova 1964.
- DOGLIONI, C.: Triassic diapiric structures in the central Dolomites (northern Italy). - *Eclogae geol. Helv.*, **77/2**, 261-285, Basel 1984.
- EPENSTEINER, W.: Studien über Sedimentation und Diagenese des oberen Wettersteinkalkes in Bleiberg-Kreuth (Kärnten). - **89** S., Wien (Verlag Notring) 1970.
- EWART, A.: A Review of the Mineralogy and Geochemistry of Tertiary-Recent Dacitic, Rhyolitic and Related Salic Volcanic Rocks. - In: BARKER, F. (ed.): *Trondhjemites, Dacites and Related Rocks*, 1979.
- EWART, A., TAYLOR, S.R. & CAPP, A.C.: Trace and Minor Element Geochemistry of the Rhyolitic Volcanic Rocks, Central North Island, New Zealand. - *Contr. Mineral. and Petrol.*, **18**, 76-104, 1968.
- FARABEGOLI, E., JADOUL, F. & MARTINES, M.: Stratigrafia e paleogeografia anisiche delle Alpi Giulie occidentali (Alpi Meridionali - Italia). - *Riv. Ital. Paleont.*, **91/2**, 147-196, Milano 1985.
- FISHER, R.V., SCHMINCKE, H. - U.: *Pyroclastic rocks*. 472 S., Springer Verlag 1984.
- FISKE, R.S.: Recognition and Significance of Pumice in Marine Pyroclastic Rocks. - *Bull. Geol. Soc. Am.*, **80**, 1-8, 1969.
- FLÜGEL, E.: Dasycladaceen aus dem Alpenen Muschelkalk (Anis) des Garnterkofel-Gebietes (Karnische Alpen, Kärnten). - *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-naturw. Kl.*, **1970/2**, 147-196, Wien 1974.
- FOIS, E. & JADOUL, F.: La Dorsale Paleocarnica anisica di Pontebba. - *Riv. Ital. Paleont.*, Vol. **89**, N. 1, 3-30, Milano 1983.
- FREYET, P. & CROS, P.: Sedimentological Approach of Some Upper Permian and Lower Triassic Sections in the Transdanubian Central Range and in the Mecsek Mts. (Hungary). - *Acta Geol. Hung.*, **27**, 3-4, 277-287, Budapest 1984.
- GARZANTI, E.: The sandstone memory of the evolution of a Triassic volcanic arc in the Southern Alps, Italy. - *Sedimentology*, **32**, 423-433, 1985.
- GILL, J.: *Orogenic Andesites and Plate Tectonics*. - 385 S., Springer Verlag 1981.
- GRAFENAUER, S.: *Petrology of Triassic Igneous Rocks in Slovenia (Yugoslavia)*. - 220 S., Ljubljana 1980.
- HAGENGUTH, G.: Geochemische und fazielle Untersuchungen an den Marxerbänken im Pb-Zn-Bergbau von Bleiberg-Kreuth/Kärnten. - *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, Sh. **1**, 110 S., Wien 1984.
- HÖCK, V. & OBENHOLZNER, J.H.: Triassic Magmatism in the Southern Alpine (Austria). - Abstract in: *Terra Cognita*, **7/2-3**, S. 361, EUG IV, Paris 1987.
- HOPSON, C.A.: Eruptive Sequence at Mount St. Helens, Washington. - *Abstr. Geol. Soc. Am.*, **3**, 138, 1971.
- HORVATH E. & TARI, G.: Middle Triassic Volcanism in the Buda Mountains. - *Annales Univ. Sci. Buda., Sect. Geol.*, **27**, 3-16, Budapest 1987.
- HOUTEN, L.v.: *Geologie des Pelmo-Gebietes in den Dolomiten von Cadore*. - *Jb. Geol. B.-A.*, **80**, 147-227, Wien 1930.
- JADOUL, F. & NICORA, A.: L'assetto stratigrafico-paleogeografico del Trias medio-superiore della Val d'Aupa (Carnia Orientale). - *Riv. Ital. Paleont.*, Vol. **85**, N. 1, 1-30, Milano 1979.
- JADOUL, F. & NICORA, A.: Stratigrafia e paleogeografia ladinico-carnica delle Alpi Carniche orientali (versante nord della Val Canale, Friuli). - *Riv. Ital. Paleont.*, Vol. **92**, N.2, 201-238, Milano 1986.
- JADOUL, F. & ROSSI, P.M.: Evoluzione paleogeografico - strutturale e vulcanismo triassico nella Lombardia centro-occidentale. - In: GGSCO, 144-155, Bologna 1982.
- JOBSTRAIBIZER, P.: Mineralogia, chimismo e trasformazioni diagenetiche nelle tuffi mediotriassiche della „*Serie Calcareaotufacea*“ del Giacimento di Raibl (Cave del Predil - Friuli). - *Mem. Sci. Geol.*, Vol. **34**, 355-386, Padova 1981.

- KAHLER, F. & PREY, S.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen. – 116 S., Wien (Geol. B.-A.) 1963.
- KATO, I., MUROI, I., YAMAZAKI, T. & ABE, M.: Subaqueous Pyroclastic Flow Deposits in the Upper Donzurubo Formation, Nijo-San District, Japan. – *J. Geol. Soc. Japan*, **77/4**, 193–206, 1971.
- KOSTELKA, L. & SIEGL, W.: Der triadische Geosynklinalvulkanismus und die Blei-Zinkvererzung in den Drau-Kalkalpen. – *Atti del Symp. Intern. sui Giac. Min. delle Alpi*, **1**, 127–134, Trento 1966.
- LAGNY, P.: Emersions successives, karstification et sedimentation continentale au Trias moyen dans la region de Sappada (Province de Belluno, Italie). – *Sci. de la Terre*, **19**, N. 3, 193–233, Nancy 1974.
- LE BAS, M.J.: The role of aluminium in igneous clinopyroxenes with relation to their parentage. – *Am. J. Sci.*, **260**, 501–520, 1962.
- LOCZY, L.: Die geologischen-Formationen der Balatongegend und ihre regionale Tektonik. – *Result. wiss. Erforschung d. Balatonsees*, **1(1)**, Sekt. 1, 716 S., Wien 1916.
- LUCCHINI, F. & SIMBOLI, G.: Modal and Petrochemical Study on the Predazzo "Monzonitic Rocks". – *Miner. Petrogr. Acta*, Vol. **18**, 43–82, Bologna 1972.
- LUCCHINI, F., ROSSI, P.L., SIMBOLI, G. & VIEL, G.: Dati petrochimici ed inquadramento stratigrafico della serie vulcanica medio-triassica dell'area di Tarvisio (Carnia). – *Miner. Petrogr. Acta*, Vol. **24**, 135–150, Bologna 1980.
- LUCCHINI, F., ROSSI, P.L., SIMBOLI, G. & CRISTOFOLINI, R.: Confronto geochemico fra i prodotti magmatici basici del Trias - Giura nell'area Tetidea. – In: *GGSCO*, 133–141, Bologna 1982.
- LUCCHINI, F., ROSSI, P.L. & SIMBOLI, G.: Il magmatismo triassico dell'area di Predazzo (Alpi Meridionali, Italia). – In: *GGSCO*, 222–229, Bologna 1982.
- MARINELLI, M. & ROSSI, P.L.: Prima segnalazione di condotti lavici medio-triassici in Val di Piova (Cadore Orientale). – *Boll. Soc. Geol. It.*, **96**, 59–68, Roma 1977.
- MCBIRNEY, A.E.: Factors Governing the Nature of Submarine Volcanism. – *Bull. Volcanol.*, **26**, 455–69, 1963.
- METZELTIN, S.: Stratigrafia del Trias medio nel Massiccio del M. Tersadia (Carnia). – *Riv. Ital. Paleont.*, **79**, N.3, 271–300, Milano 1973.
- MOORE, J.G.: Base Surge in Recent Volcanic Eruptions. – *Bull. Volcanol.*, **30**, 337–363, Neapel 1967.
- MÜLLER, W., SCHMID, R. & VOGT, P.: Vulkanogene Lagen aus der Grenzbitumenzone (Mittlere Trias) des Monte San Giorgio in den Tessiner Kalkalpen. – *Eclogae geol. Helv.*, **57**, 431–450, Basel 1964.
- NACHTMANN, W.: Zur Sedimentologie des alpinen Muschelkalks in den östlichen Gailtaler Alpen (Kärnten). – *Carinthia II*, **165/85**, 37–60, Klagenfurt 1975.
- NELSON, C.H., KULM, L.D., CARLSON, P.R. & DUNCAN, J.R.: Mazama Ash in the Northeastern Pacific. *Science*, **161**, 47–49, 1968.
- NIEM, A.R.: Mississippian pyroclastic flow and ash-fall deposits in the deep-marine Ouachita flysch basin, Oklahoma and Arkansas. – *Bull. Geol. Soc. Am.*, **88**, 49–61, 1977.
- NINKOVICH, D., SPARKS, R.S. & LEDBEITER, M. T.: The Exceptional Magnitude and Intensity of the Toba Eruption, Sumatra: An Example of the Use of Tephra Layers as a Geological Tool. – *Bull. Volcanol.*, **41/3**, 286–298, Neapel 1978.
- OBENHOLZNER, J.H.: Untersuchung der mitteltriadischen Vulkanite in den südalpinen Anteilen der Karawanken, Kärnten, Österreich. – *Unpubl. Diss.*, Univ. Salzburg, 220 S., Salzburg 1984.
- OBENHOLZNER, J.H.: Vorläufige Mitteilungen zur Petrographie und Geochemie mitteltriadischer Vulkanite im südalpinen Anteil der Karawanken (Kärnten, Österreich). – *Arch. f. Lagerst.forsch. Geol. B.-A.*, **6**, 143–151, Wien (Geol. B.-A.) 1985.
- OBENHOLZNER, J.H.: Petrographie und Geochemie eines mitteltriadischen Schweißstoffes vom Kühweger Köpfl (Karnische Alpen, Kärnten). – *Abstract in: Jahrestagung ÖGG* 1988, S. 22, Salzburg 1988.
- OBENHOLZNER, J.H.: Petrography and Geochemistry of an Anisian ash-flow tuff. – Carnic Alps (Austria). – In *Vorbereitung*, *Jb. Geol. B.-A.*, Wien 1990.
- OBENHOLZNER, J.H. & PFEIFFER, J.: Die ladinische vulkano-sedimentäre Abfolge „Diérico“, Friaul, Italien. – *Abstract in: Informationstreffen Österreichischer Sedimentologen*, 2 S., Innsbruck 1988.
- OBRAĐOVIC, J. & STOJANOVIC, D.: Occurrence of "pietra verde", similar to that occurring in the Italian Dolomites, in volcanic sedimentary serie in the Budva - Bar area (Montenegro, Yugoslavia). – *Stud. Trent. Sci. Nat.*, A, Vol. **49**, N. 2, 161–172, Trento 1972.
- PAMIC, J.J.: Triassic Magmatism of the Dinarides in Yugoslavia. – *Tectonophysics*, **109**, 273–307, Amsterdam 1984.
- PASQUARE, G. & ROSSI, P.M.: Stratigrafia degli orizzonti piroclastici medio-triassici del Gruppo delle Grigne (Prealpi Lombarde). – *Riv. Ital. Paleont.*, V. **75**, N. 1, 1–87, Milano 1969.
- PFEIFFER, J.: Geologische Kartierung des Gartnerkofel-Zielkofel-Gebietes, östliches Naßfeld, Karnische Alpen. Paläontologie und Mikrofazies eines mitteltriadischen Plattformrandes: Der Schlerndolomit am Gartnerkofel. – *Unpubl. Diplomarbeit*, Universität Erlangen-Nürnberg, 80 S., Erlangen 1987.
- PFEIFFER, J.: Paleontology and Microfacies of a Platform Margin in the Carnic Alps (Austria, Middle Triassic). – *Facies*, **19**, 33–60, Erlangen 1988.
- PHOLIADIS, D.: Beitrag zur Geochemie der Bleiberger Fazies und der Carditaschiefer. – *Unpubl. Diss.*, Univ. Wien, Wien 1984.
- PIA, J.: Stratigraphie und Tektonik der Pragser Dolomiten in Südtirol. – 248 S., Wien (Eigenverlag) 1937.
- PILGER, A. & SCHÖNENBERG, R.: Der erste Fund mitteltriadischer Tuffe in den Gailtaler Alpen (Kärnten). – *Z. dt. geol. Ges.*, **110**, 205–215, 1958.
- PISA, G.: Tentativo di ricostruzione paleoambientale e paleostutturale dei depositi di piattaforma carbonatica medio-triassica delle Alpi Carniche Sud-Occidentali. – *Mem. Soc. Geol. It.*, **13**, 35–83, Roma 1974.
- PREY, S.: Geologische Aufnahme Blatt 211, Windisch Bleiberg. – *Verh. Geol. B.A.*, **1975/1**, A 124–A126, Wien 1975.
- PREY, S. & KAHLER, F.: Beiträge zu einem Karawankenprofil. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **50**, 271–292, Wien 1957.
- RAVASZ, C.: Mineralogical-Petrographical Studies on Middle Triassic Tuffs of the Transdanubian Central Mts., Hungary. – *Acta Mineral. – Petrogr.*, **21**, 1, 123–139, Szeged 1973.
- RICHTHOFEN, F.v.: Geognostische Beschreibungen der Umgebung von Predazzo, St. Cassian und der Seisser Alpe. – *Gotha* 1859.
- ROMAGNOLI, P.L.: Contributo alla conoscenza del giacimento di Raibl. – *Atti del Symp. Intern. sui Giac. Min. delle Alpi*, **1**, 135–147, Trento 1966.
- ROSSI, D.: Geologia della parte meridionale del gruppo della Marmolada. – *Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid.*, **25/26**, **14** 1 B, 1–189, Trento 1962.
- ROSSI, P.L., SIMBOLI, G. & SOMMAVILLA, E.: La serie vulcanica medio-triassica della catena del Padon (Gruppo della Marmolada, parte Settentrionale). – *Miner. Petrogr. Acta*, Vol. **20**, 1–48, Bologna 1974.
- ROSSI, P.L., VIEL, G. & SIMBOLI, G.: Significato paleogeografico e magmatico-tettonico della vulcanica vulcanoclastica ladinica superiore nell'area del Monte Civetta. – *Boll. Soc. Geol. It.*, **95**, 433–458, Roma 1976.
- ROSSI, P.L. & VIEL, G.: Rinvenimento di un orizzonte di „Pseudolivinallongo“ nella successione torbiditica ladinica supe-

- riore nell'area di Sappada (Belluno). – *Boll. Soc. Geol. It.*, **95**, 423–431, Roma 1976.
- SACERDOTI, M. & SOMMAVILLA, E.: *Pillowlave, Ialoclastiti e altre formazioni vulcanoclastiche.* – *Stud. Trent. Sci. Nat.*, **39**, N. 3, 423–473, Trento 1962.
- SARNTHEIN, M.: *Sedimentologische Profilreihen aus den mitteltriadischen Karbonatgesteinen der Kalkalpen nördlich und südlich von Innsbruck.* – *Verh. Geol. B.-A.*, 965/1–2, 119–161, Wien 1965.
- SAXENA, S.K.: *Evolution of Zircons in Sedimentary and Metamorphic Rocks.* – *Sedimentology*, **6**, 453–502, Amsterdam 1966.
- SCHLAGER, W.: *Zur Geologie der östlichen Lienzer Dolomiten.* – *Mitt. Geol. Bergbaustud.*, **13**, 41–120, Wien 1962.
- SCHMIDT, N.: *Sedimentologische und mikrofazielle Untersuchungen des Muschelkalkkonglomerates (Anis) im Gartnerkofel-Zielkofel-Gebiet, (Karnische Alpen, Österreich).* – Unpubl. Diplomarbeit, Universität Erlangen-Nürnberg, 102 S., Erlangen 1987.
- SELF, S. & SPARKS, R.S.J.: *Characteristics of Widespread Pyroclastic Deposits Formed by the Interaction of Silicic Magma and Water.* – *Bull. Volcanol.*, **41/3**, 196–212, Neapel 1978.
- SIGURDSSON, H., SPARKS, R.S.J., CAREY, S.N. & HUANG, T.C.: *Volcanogenic Sedimentation in the Lesser Antilles Arc.* – *J. Geol.*, **88**, 523–40, 1980.
- SPADEA, P.: *Le ignimbriti riolitiche del membro superiore delle Vulcaniti di Rio Freddo, nel Trias medio regione di Tarvisio (Alpe Giulie Occidentali).* – *Stud. Trent. Sci. Nat.*, **A**, 47/2, 287–358, Trento 1970.
- SPARKS, R.S.J., SELF, S. & WALKER, G.P.L.: *Products of Ignimbrite Eruptions.* – *Geology*, **1**, 115–8, 1973.
- SPARKS, R.S.J., SIGURDSON, H. & CAREY, S.N.: *The Entrance of Pyroclastic Flows into the Sea, II. Theoretical Considerations on Subaqueous Emplacement and Welding.* – *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **7**, 97–105, Amsterdam 1980.
- STREHL, E.: *Neue Funde mitteltriadischer Tuffe in den Gailtaler Alpen (Kärnten).* – *Carinthia II*, **70**, H. 1, 28–35, Klagenfurt 1960.
- STREHL, E.: *Ein Idealprofil durch das Unteranis des Dobratsch (Villacher Alpe), Kärnten.* – *Der Karinthin*, **83**, 205–213, Salzburg 1980.
- STREHL, E.: *Ein bemerkenswerter Lavafund in der Mitteltrias des Dobratsch (Villacher Alpe), Kärnten.* – *Der Karinthin*, **83**, 201–204, Salzburg 1980.
- SZABO, I. & RAVASZ, C.: *Investigation of the Middle Triassic Volcanics of the Transdanubian Central Mts., Hungary.* – *Ann. Mus. Nat. Hung., min. geol. pal.*, **62**, 31–51, 1970.
- SZABO, I. & MAJOROS, G.: *Excursion Guide Anisian/Ladinian and Permian/Triassic boundaries in the Balaton Highland.* – *Proceedings of Workshop Meeting on IGCP Projects: 4. Triassic of the Tethys Realm*, 106. *Permo-Triassic Stage of Geological Evolution.* – 1–15, 1978.
- TOLLMANN, A.: *Geologie von Österreich.* – Bd. 1, 766 S., Verlag Franz Deuticke Wien 1977.
- TOLLMANN, A.: *Geologie von Österreich.* – Bd. 2, 710 S., Verlag Franz Deuticke Wien 1985.
- TOLLMANN, A.: *Neue Wege in der Ostalpengeologie und die Beziehung zum Ostmediterrän.* – *Mitt. Geol. Ges.*, **80**, 47–113, Wien 1987.
- VIDAL, H.: *Neue Ergebnisse zur Stratigraphie und Tektonik des nordwestlichen Wettersteingebirges und seines nördlichen Vorlandes.* – *Geol. Bavarica*, **17**, 56– 88, 1953.
- VIEL, G.: *Litostratigrafia ladinica: una revisione. Ricostruzione paleogeografica e paleostrutturale dell'area Dolomitico-Cadorina (Alpi Meridionali).* II Parte. – *Riv. Ital. Paleont., Vol.* **85**, N. 2, 297–409, Milano 1979.
- WALKER, G.P.L.: *Crystal Concentration in Ignimbrites.* – *Contr. Mineral. Petrol.*, **36**, 135–149, 1971.
- WALKER, G.P.L.: *A volcanic ash generated by explosions where ignimbrite entered the sea.* – *Nature*, **281**, 642–646, London 1979.
- WALKER, R.G.: *Deep Water Sandstonefacies and Ancient Submarine Fans: Model for Stratigraphic traps.* – *AAPG*, **62/6**, 932–966, Tulsa 1978.
- WARCH, A.: *Perm und Trias der nördlichen Gailtaler Alpen.* – *Carinthia II*, Sh. **35**, 1–111, Klagenfurt 1979.
- WINCHESTER J.A. & FLOYD, P.A.: *Geochemical Discrimination of Different Magma Series and Their Differentiation Products Using Immobility Elements.* – *Chem. Geol.*, **20**, 325–348, 1977.
- YAMADA, E.: *Subaqueous Pumice Flow Deposits in the Onikobe Caldera, Miyagi Prefecture, Japan.* – *J. Geol. Soc. Japan*, **79/9**, 585–597, 1973.
- YAMAZAKI, T., KATO, I. & ABE, M.: *Textural Analysis and Flow Mechanism of the Donzurubo Subaqueous Pyroclastic Flow Deposits.* – *Bull. Volcanol.*, **37**, 231–244, Neapel 1973.
- Anmerkung: GGSCO = Guida alla Geologia del Sudalpino. Centro-Orientale. – CASTELLARIN, A., VAI, G.B. (ed.), *Soc. Geol. It.*, Bologna 1982.