

Zur Literatur über die „Periadriatische Naht“

Von HELMUTH BÖGEL

Mit 2 Abbildungen und 1 Tabelle

Mit Diskussionsbemerkungen von H. AHRENDT, N. ANDERLE, P. BECK-MANNAGETTA, E. CLAR,
CH. EXNER, H. W. FLÜGEL und W. FRISCH.

Österreichische Karte 1 : 50.000 Blätter 140—213	Schlüsselwörter	Ostalpen	Paläomagnetismus
		Südalpen	Periadriatische Intrusiva
		Alpin-dinarische Naht (Grenze)	Periadriatische Naht (Narbe, Linie)
		Canavese	Plattentektonik
		Faziesvergleich	Tiefbau der Ostalpen
		Horizontalverschiebungen	Tonale-Linie
		Insubrische Linie	Wurzel-Zone
		Judicarienlinie	

Inhalt

Vorwort

Benennung und Verlauf der Periadriatischen Naht

Die Periadriatischen Massengesteine

Der Vergleich zwischen Ost- und Südalpen

Die Bewegungen an der Periadriatischen Naht

Geophysikalische Gesichtspunkte

Plattentektonik, Großseitenverschiebungen, Rotationen

Schlußwort

Literatur

Diskussionsbemerkungen

Zusammenfassung

Nach einer Diskussion der Nomenklatur wird der Verlauf der Periadriatischen Naht skizziert. Die „periadriatischen“ Massengesteine sind, einschließlich der z. Zt. bekannten Altersdaten, in einer Tabelle zusammengefaßt. Altes Kristallin, „variszisches“ Paläozoikum, Jungpaläozoikum und Mesozoikum der Ost- und Südalpen werden verglichen; nur im Jungpaläozoikum bestehen markante Unterschiede. Vertikale Bewegungen sind nachzuweisen, horizontale nur zu vermuten. Die Auswulzung der Massengesteine und andere Überlegungen lassen auf das Verschwinden eines Geländestreifens längs der Naht schließen. Die präalpidischen Strukturen beiderseits der Naht und die Anlage der Judikarien-Richtung machen wahrscheinlich, daß die Periadriatische Naht ein altes „Lineament“ ist. Direkte Beziehungen zwischen der Naht und dem „Moho“-Tiefenplan sowie den Schweretiefs scheinen nicht vorzuliegen. Plattentektonik, Großseitenverschiebungen und die auf Grund paläomagnetischer Untersuchungen anzunehmende Rotation „Oberitaliens“ werden kurz diskutiert.

Anschrift des Verfassers: Dr. HELMUTH BÖGEL, Lehrstuhl für Geologie der Technischen Universität München, Arcisstraße 21, D 8 München 2.

Vorwort

Im Rahmen einer Kompilation geowissenschaftlicher Untersuchungen zur Geotransverse IA durch die Ostalpen (Schwerpunkt der Deutschen Forschungsgemeinschaft „Geodynamik des mediterranen Raumes“) beschäftigt sich der Verfasser seit längerem mit jener großen Störungszone der Alpen, die als Periadriatische Naht, als Alpino-dinarische Grenze oder Narbe, Insubrische Linie unter anderem bekannt ist ¹⁾.

Auf Anregung Herrn Direktors RUTTNER konnte ich anlässlich der Arbeitstagung österreichischer Geologen 1973 in Völkermarkt einiges aus der umfangreichen und recht zerstreuten Literatur über dieses wichtige tektonische Element referieren. Herr Prof. Dr. H. W. FLÜGEL und Herr Direktor Dr. A. RUTTNER empfahlen im Anschluß daran, das Referat zu einer Notiz für die Verhandlungen auszuarbeiten und mit Diskussionsbemerkungen zu ergänzen. Den Genannten und allen an der Diskussion Beteiligten möchte ich an dieser Stelle sehr herzlich danken.

Teilweise sind einige auf der erwähnten Zusammenkunft gewonnene Anregungen, ferner briefliche Mitteilungen und Gedanken aus den Diskussionsbemerkungen in den umgearbeiteten Text bereits eingeflossen.

Zur Betrachtung gelangt im folgenden nur ein Teil der umfangreichen Literatur, eine umfassende Besprechung bleibt einem Literatur-Referat vorbehalten (gemeinsam mit H. AHRENDT, Göttingen).

Benennung und Verlauf der Periadriatischen Naht

Entgegen meiner früheren Ansicht möchte ich, einem Vorschlag von W. FRISCH folgend, für die Bezeichnung „Periadriatisches Lineament“ eintreten. Nach der Definition im Deutschen Handwörterbuch der Tektonik, 1. Lieferung, Hannover 1968, und im Glossary of Geology, Washington 1972, kann die Periadriatische Störungszone mit allen ihren Nebenerscheinungen ohne weiteres als Lineament bezeichnet werden. Der Ausdruck ist genetisch nicht vorbelastet, ein Lineament ist vielmehr ein geologisches Element, das über längere Zeiträume hinweg erkennbar sein kann, durch tektonische Ereignisse oder Erscheinungen des Magmatismus gekennzeichnet sein kann, oder einfach nur eine längerhin wirksame Faziesgrenze, ja sogar nur eine morphologisch besonders hervortretende Linie. „Alpino-dinarisches Lineament“ findet sich z. B. bei H. W. FLÜGEL (1970 a, S. 678), „Periadriatic Lineament“ bei ANGENHEISTER et al. (1972, S. 372).

Nachteilig ist eine gewisse sprachliche Unhandlichkeit des Ausdruckes, ferner, daß „periadriatisch“ ursprünglich nur die Bezeichnung einer Bruchlinie in den Südalpen, der „Frattura Periadriatica“ TARAMELLIS (1882) war; sie wurde dann von SUESS (1885, S. 328) auf das gesamte Bruchfeld der Südalpen übertragen. Der Ausdruck „periadriatisch“ dürfte sich ferner international kaum gegen „insubrisch“ durchsetzen.

Für die folgenden Ausführungen soll die Bezeichnung „Periadriatische Naht“ (KREBS, 1913, S. 25; KAHLER, 1936, S. 179 ff.), abgekürzt „PN“, zunächst beibehalten werden.

¹⁾ Der Deutschen Forschungsgemeinschaft danke ich für die Bereitstellung von Mitteln für kompilatorische Arbeiten.

Die Bezeichnung „alpin-dinarische Naht, Grenze, Narbe“ oder ähnlich, sinngemäß erstmals gebraucht von SUSS (1901, S. 422, 428—430) und SALOMON (1905, S. 441: „alpino-dinarische Grenze“) und heute noch vielfach verwendet (z. B. TOLLMANN, 1963, S. 187; 1970, Taf. I), sollte meines Erachtens vermieden werden. Dieser Ausdruck wird oft dahingehend gedeutet, daß Ost- und Südalpen zwei gänzlich zu trennende Gebirge seien, was darin gipfelt, daß die Ostalpen gelegentlich als „Alpen“ schlechthin, die „Südalpen“ dagegen als Dinariden bezeichnet werden. Selbst in neuester Zeit werden Übersichtskarten der Alpen immer noch so gezeichnet, als seien die Südalpen etwas völlig anderes, fremdes: z. B. von CLAR (1965, Texttaf. 1) oder von TOLLMANN (1968 a, Taf. 8). Umgekehrt werden von anderen, z. B. BERNOULLI (1972, S. 804), die Südalpen als unabhängiges Gebilde für sich allein betrachtet.

Noch 1972 (S. 70 ff.) entwirft TOLLMANN ein Bild der „Triasgeosynklinale“ der Ostalpen, in dem die grundsätzlich doch ganz analog entwickelte Trias der Südalpen außer Betracht bleibt.

Man sollte eigentlich nicht eigens hervorheben müssen, daß der Unterschied zwischen Ostalpin und Südalpin weit geringer ist, als etwa der zwischen Ostalpin und Penninikum: Läge das Ostalpin heute, wie in den Westalpen, infolge einer Abtragung des gesamten, deckenförmigen nördlichen Anteiles nur noch als schmaler Streifen südlich des Penninikums vor (so etwa wie die Zone der alten Gneise südlich des Tauernfensters) und wäre dieser Streifen vom Penninikum durch eine junge, steile Störung getrennt, so würde man kaum auf die Idee kommen, eine regional bedeutsame Grenze im Bereich der Periadriatischen Naht zu suchen.

Von dieser scharfen Trennung ging bereits ESCHER (1911, vgl. unten S. 171) ab, dann KOSSMAT (1913, S. 6), in verschiedenen Arbeiten WINKLER (z. B. 1928 und 1929) und vor allem SCHWINNER (1915, S. 7, 8), der die Bezeichnung nur als Ordnungsbegriff verstanden wissen will, wie zunächst auch HERITSCH (1915, S. 129, siehe aber unten S. 168). Auch E. KRAUS (z. B. 1936, S. 189), für den die PN die „südliche Narbe“ seines tektonischen Konzeptes ist, lehnt eine scharfe Trennung ab. CORNELIUS (z. B. 1949) und CORNELIUS-FURLANI (z. B. 1960) schätzen hingegen die Bedeutung der Störungszone doch wohl zu gering ein, wenn sie die Haupttrennfuge im Osten nördlich des Drauzuges suchen, und, weil sie dort nicht zu finden ist, schließen, daß sie überhaupt nicht existiere. — In einigen neueren Kartendarstellungen (FALLOT, 1955, S. B 149, Planche II; TRÜMPY, 1960, Plate 1; DEBELMAS & LEMOINE, 1970, S. 223, Fig. 1) entfällt die Grenzlinie ganz.

Bevor ich mich dem Verlauf der PN auf der Karte zuwende, möchte ich schon hier eine Definition, die gewissermaßen arbeitshypothetischen Charakter hat, für dieses tektonische Element vorwegnehmen:

„Die Periadriatische Naht bzw. das Periadriatische Lineament ist eine Störungszone, die die alpin-metamorphen oder wenigstens teilweise alpin-metamorph beeinflussten Gebiete der Ost- und Westalpen von den Südalpen, denen eine solche Beeinflussung fehlt, abtrennt²⁾. Unter alpin-metamorph seien Vor-

²⁾ Vergleiche hierzu ANGENHEISTER et al., 1972, S. 372: das Fehlen einer alpidischen Metamorphose wird besonders deutlich an den tiefpermischen „Graniten“, die keine signifikanten Verjüngungen erkennen lassen.

gänge der regionalen Metamorphose, der Diaphthorese usw. in oberkretazisch-tertiärer Zeit verstanden. (Ausnahmen: Mylonite, Ultramylonite usw., im direkten Bereich der Naht.)

Die letzten maßgeblichen Bewegungen sind Abschiebungen des südlichen Teiles (respektive Aufschiebungen des nördlichen), auch wenn die Abschiebungen überkippt sind, oder, wie im östlichen Teil der Ostalpen, von nordgerichteten Bewegungen überprägt wurden.

Ob Seitenverschiebungen von beträchtlichem Ausmaß (100 km oder mehr) an der Periadriatischen Naht vor sich gegangen sind, ist derzeit offen.“

Der Verlauf der PN ist nicht überall völlig klar. Im westlichsten Teil, der **Insubrischen Linie** im engeren Sinne (Bezeichnung von SPITZ, 1919, S. 112, 121), ergeben sich Schwierigkeiten: AHRENDT (1972, S. 67 ff.; ders.: Diskussionsbemerkung) verlegt auf Grund genauester Felduntersuchungen die Linienführung westlich des Mesozoikums der Canavese-Zone (SPITZ, 1919, S. 112), so daß diese Zone, bisher „Wurzel“ für höher alpine Decken, nun zu den Südalpen zu rechnen ist (wie auch bei CORNELIUS und FURLANI-CORNELIUS, 1931, S. 293).

Sehr gut faßbar ist die Störung von Locarno an, wo sie aus der Südwest-Nordost-Richtung in Ost-West-Richtung umbiegt, vor allem durch eingeklemmte Triasfetzen und radiometrische Altersbestimmungen unmittelbar nördlich und südlich der Linie (GANSSE, 1968, Fig. 1, S. 125 und S. 126: nördlich der Linie K-Ar-Alter 26 Millionen Jahre, südlich 300 Millionen Jahre). Dasselbe gilt für die **Tonale-Linie**, entdeckt und benannt von SALOMON (1891, S. 412 und 1892, S. 145); übrigens der einzige Teil der gesamten PN, der bisher eine wirklich umfassende Untersuchung erfahren hat (CORNELIUS und FURLANI-CORNELIUS, 1931).

Im westlichen Bereich der PN ist auf gewisse Eigentümlichkeiten, die man nicht übersehen sollte, hinzuweisen. So finden sich hier jene merkwürdigen Gesteinsgesellschaften aus Ultrabasiten, Kinzigiten, Stronalithen, Granuliten usw. in drei Bereichen, wenn auch in ungleicher Verteilung: 1. in der Zone Ivrea-Verbano: Südalpen — 2. in der Valpelline Serie sowie der sogenannten zweiten Diorit-Kinzigit-Zone: Westalpen — 3. in der Tonale-Zone bis ins Ultental: Ostalpin (vgl. z. B. SALOMON, 1905; SPITZ, 1919, S. 114 ff.; BRENNEIS, 1971; ROST, 1972, S. 280; DAL-PIAZ et al., 1972, Fig. 1, S. 437).

Auf keinen Fall sollte man die Ivrea-Zone als schmalen Streifen zwischen Locarno und Sondrio weiterführen, wie etwa TOLLMANN (1968 a, Taf. 8). Eher könnte man noch (vgl. die Karte bei STAUB, 1950, oder SCHMIDT-THOMÉ, 1972, Abb. 21—9, nach S. 320, oder JÄGER et al., 1967, Taf. 1) in den Trias-Schollen, die in der Jorio-Tonale Linie eingeklemmt sind, die Fortsetzung des Canavese Mesozoikums sehen (AHRENDT, 1972, S. 77).

Nach TOLLMANN (1968 a) wäre die Ivrea-Zone und ihre Fortsetzung, die Tonale-Zone, mittelostalpin. Dies geht nicht, da man seit ARTINI & MELZI (1900) annehmen darf, daß das Laghi-Kristallin nicht von der Ivrea-Verbano-Zone

zu trennen ist (vgl. R. SCHMID, 1968, plate 1; BEARTH et al., 1967, S. 358, 360)^{1a)}. Das Laghi-Kristallin ist aber unwidersprochen die Basis des südalpinen Mesozoikums.

Die Trennung von Ivrea-Zone und Laghi-Kristallin durch alpidische Dislokationen ist noch aus einem weiteren Grund unmöglich: beide sind durch den Granit-Zug von Baveno, wenn auch nicht unmittelbar durch Kontakte, verbunden (vgl. F^o 30 Varallo und 43 Biella der Carta Geologica d'Italia 1 : 100.000 sowie die tektonische Karte der Schweiz 1 : 500.000). Der Granit von Baveno ist nach radiometrischen Altersbestimmungen von JÄGER und FAUL (1959, S. 1555; 1960) herzynisch.

Jedenfalls deuten die beschriebenen Verhältnisse an, daß eine ursprüngliche, sehr erhebliche, räumliche Trennung zwischen Südalpin und Ostalpin in diesem Gebiet nicht zu erwarten ist (vgl. DAL-PIAZ et al., 1972, Profile, S. 464 ff).

Östlich des Tonale-Passes trifft die Tonale-Linie auf die Judikarien-Linie, erstmals von MOJSISOVICS (1879, S. 106 ff.) als Judikarienspalte bzw. -Linie erwähnt und von SUESS (1885, S. 319, 322) ausführlicher beschrieben. Der scharfe Knick in der Linienführung ließe sich etwa mildern, wenn man die Peio-Linie (ANDREATTA, 1948) hereinnimmt, was LAUBSCHER (1970, S. 584) und VAN BEMMELEN (z. B. 1973, S. 41) auch andeuten. Einschlägige Untersuchungen fehlen jedoch. — Zwischen Adamello und Kreuzberg sind eine Reihe von „Tonalit“-Spänen in die Judikarien-Linie eingeschaltet (DAL-PIAZ, 1926; SCHMIDEGG, 1936, Taf. III).

Eine Seitenverschiebung in dem Sinne, daß die Judikarien-Störung die Tonale-Linie gegen die Pustertal-Störung versetzt, drängt sich aus dem Kartenbild ohne weiteres auf und wird auch öfter vermutet, erstmals wohl von SCHWINNER (1913, S. 219, von ihm selbst jedoch 1947, S. 112 wieder bestritten) oder von HERITSCH (1915, S. 54, 62; 1927, S. 141), oder zuletzt z. B. von TOLLMANN (1970, Taf. 1).

DIETZEL (1960, S. 39) und VAN HILTEN (1960, S. 43) lehnen sie jedoch ab und heben hervor, daß die Hauptbewegung eine Absenkung des östlichen Teiles sei. In der Tat biegt die Judikarien-Störung allmählich in Ost-West-Richtung um, und keine der bisherigen Untersuchungen in der Umgebung von Sterzing (z. B. SANDER, 1906; SCHINDLMAYR, 1968, Anlage 1; Blatt Bressanone 1 : 100.000) läßt Anzeichen für eine Störung als Fortsetzung der Judikarien-Richtung erkennen. Eine Südfortsetzung des Sill-Bruches ist, worauf erst jüngst LANGHEINRICH et al. (1970, S. 72) wieder hinweisen, nicht vorhanden. Allenfalls könnte man im Passeiertal bei Meran eine Störung sehen, doch würde diese wenig nördlich mitten im Schneeberger Zug enden. Die Streckenführung ist hier nicht ganz eindeutig: Man zeichnet die Störung jetzt zwar stets nordwestlich des Iffinger, dies ist aber fragwürdig, wenn man etwa die Karte von MORGANTE betrachtet. SANDER hatte (1906, S. 737 ff. und Fig. 16 sowie Abb. S. 740) auf Grund der Untersuchungen von KÜNZLI (1899, S. 438) die Nordwest-Begrenzung des Iffinger Granites als normalen Kontakt zum Altkristallin angesehen und die Hauptstörung (die Naif-Linie bei SPITZ, 1920, S. 205 bzw. die Nova Fault

^{1a)} Vergleiche ferner die hier nicht mehr eingearbeiteten Ergebnisse von BORIANI & SACCHI: Geology of the junction between the Ivrea-Verbano and Strona-Ceneri Zones; Mem. Ist. Geol. Min., 28, Padova 1973.

DIETZELS, 1960, S. 15, Fig. 2 und Fig. 6, S. 29) dementsprechend südöstlich des Iffinger durchgezogen.

Der Verlauf der Pusterer Linie (FURLANI, 1919, S. 40, 52) ist durch eingeklemmtes Mesozoikum und kleine „Tonalit“-Späne (vgl. unter anderem DAL-PIAZ, 1934, S. 9) markiert, ebenso wie ihre Fortsetzung im Gailtal. Hier gab es eine gewisse Verwirrung, als FRECH (1892, S. 352 und Karte Blatt 6, 1893, S. 100 und Abb. 10, S. 104) die Störung zwischen dem Mesozoikum des Drauzuges und dem Gailtal Kristallin als „Gailbruch“ bezeichnet hatte und darin die Fortsetzung des Judikarien-Bruches sah. Nun hält diese Störung zwischen Mesozoikum und Kristallin entgegen FRECHS Annahme jedoch nicht durch, so daß HERITSCH (1915, S. 129; 1923, S. 179) zunächst das Vorhandensein einer solchen Trennungsfläche überhaupt bestritt. Später (1929, S. 166 — zit. nach HERITSCH, 1936, S. 48 — und 1936, S. 9, 94, 184 ff., 189) erkannte er dann eine Störungsbahn großen Stiles am Nordrand der Karnischen Alpen, die er „Nordrandstörung“ nannte, sie ausdrücklich (1936, S. 94) dem „Gailbruch“ in obigem Sinne entgegenstellt und schließlich (S. 189) der alpino-dinarischen Grenze gleichsetzt.

Später wird jedoch „Gailbruch“ (Gailtal-Linie, -Störung) ein Synonym für die PN in diesem Bereich (KAHLER & PREY, 1963, S. 105 ff.; ebenso z. B. VAN BEMMELEN & MEULENKAMP, 1965, S. 294). Auch SASSI & ZANFERRARI, die durch das Auffinden von Tonaliten, Granodioriten usw. die Situierung der PN bei Hollbruck und im obersten Gailtal (Lesachtal) endgültig sichern konnten (1971, 1973) und Wesentliches zur Erforschung der PN im Puster- und Gailtal beigetragen haben, sprechen von der „linea della Gail“.

Ab Warmbad Villach wird der Verlauf undeutlicher, KAHLER (1936, S. 179) und KAHLER & PREY (1963, S. 105 ff.) bemerken, daß sich die Störung in ein Störungssystem zerschlägt, dem wohl auch die Karawanken-Überschiebung zuzurechnen wäre. Sie verweist darauf, daß die Hauptstörung durch jüngere Bewegungsflächen zerschnitten wird (vgl. VAN BEMMELEN, 1966, S. 413, Fig. 3). Das Zerschlagen der Störung im Bereich der Karawanken vor allem mag wohl auch der Grund sein, warum in manchen Arbeiten in diesem Gebiet überhaupt kaum von einer regional bedeutsamen Störung die Rede ist, so z. B. bei jenen der Tübinger Schule (SCHÖNENBERG, 1970). EXNER hingegen hebt die Bedeutung einer großen Störung in seiner beispielhaften Bearbeitung der Karawanken-Plutone (1972) ausdrücklich hervor und legt sie am Südrand des Tonalit-Gneis-Zuges fest. Er weist außerdem auf ganz beträchtliche nordvergente Aufschiebungen hin (S. 8 ff.). Nordgerichteter Schuppenbau kennzeichnet auch die Westkarawanken (ANDERLE, 1970, Taf. I, Prof. VI, PN durch den Tonalit von Finkenstein markiert). Nordvergenz beobachtete schon TELLER (1896, S. 10, 11; 1898, S. 4), dessen Weitensteiner Bruch schließlich von der Lavantaler Störung abgeschnitten wird (vgl. z. B. CLAR, 1965, Taf. 2; BECK-MANNAGETTA, 1967, S. 140, Abb. 1; ders.: Diskussionsbemerkung). Er ist im Gelände als deutliche Aufschiebung der südlichen Trias auf die oligozänen (miozänen?) „Socka-Schichten“ (vgl. S. 176) zu erkennen.

Zuletzt möchte ich, einer brieflichen Anregung Herrn Professors KAHLER folgend, einige Überlegungen zur Ostfortsetzung der PN zur Diskussion stellen³⁾.

LAUBSCHER läßt (1971 b) die PN als große Seitenverschiebung geradlinig nach Osten weiterziehen und führt sie südlich der Apuseniberge vorbei. Nördlich von Braşov mündet sie in eine kleine Seitenverschiebung, die auf der tektonischen Karte von DUMITRESCU & SANDULESCU (1968) verzeichnet ist. Der weitere Verlauf der Störung bleibt allerdings völlig unklar.

Man könnte die Störung aber auch nach Südosten, in die Vardar-Zone hinein fortsetzen, wie dies z. B. DIMITRIJEVIĆ et al. (1973, Fig. 8, S. 338) andeuten. Einen ähnlichen Versuch unternimmt VAN BEMMELN (1973, Kartenskizze, Fig. 2, S. 37). Und schließlich hatte schon SALOMON-CALVI (1937, S. 118) seine Tonalie über Griechenland nach Anatolien weitergezogen.

Ebensogut kann man aber eine Fortsetzung der PN auch in nordöstlicher Richtung suchen und sie etwa mit der Balaton-Linie oder der nördlich davon gelegenen Störung verbinden (vgl. die Karte in TOLLMANN, 1968 a, Texttaf. 8; und KÖRÖSSY, 1965, S. 295, Abb. 2). Bekräftigt wird dieser Versuch durch die teilweise Entwicklung des Jungpaläozoikums und Mesozoikums der ungarischen Mittelgebirge in südalpiner Fazies.

Im Bakony begegnet uns ein überwiegend terrestrisch entwickeltes Perm, jedoch eine eher südalpin anmutende Trias (TRUNKÓ, 1969, S. 6, Tab. S. 16 und S. 175; NAGY, 1972, S. 208 ff.), und im Bükk ein Permokarbon mit deutlich südalpiner Tendenz, das auch in einer Bohrung südlich von Budapest erfaßt ist (NAGY, 1972, S. 208 ff.). In der Bohrung Karád südlich vom Balatonsee wurde in zirka 1000 m Tiefe ein oberkarbonischer Fusulinenkalk angetroffen (NAGY, 1972, S. 208), während im weiter südlich gelegenen Meseck und dem Villanyer Gebirge terrestrisches Perm, jedoch mit sehr mächtigem Quarzporphyr, erschlossen bzw. erbohrt wurde (NAGY, 1972, S. 210). Ost- und südalpine Entwicklung lassen sich hier nicht ohne weiteres scharf trennen, sie verzahnen sich nach NAGY (1972, S. 210) im Bereich der Balaton-Linie. Südlich und östlich des Balatonsees erscheinen einige „Granite“ karbonischen Alters, wobei von NAGY (1972, S. 209) die Existenz paläogener „Tonalite“ nicht ausgeschlossen wird. Wenn die PN als regionaler, scharfer Faziestrenner im Jungpaläozoikum bzw. Mesozoikum angesehen wird, dann muß sie sogar im Bereich der Balaton-Linie gesucht werden. Tut man das nicht, dann wird das Kriterium „Fazieswechsel“ in seiner Bedeutung eben abgeschwächt werden müssen.

Der Einwand, daß die Störung dann weiter im Osten mitten im Karpatenbogen endet, verfängt nicht, denn entweder kann man sie um „Tisia“ herumlaufen lassen (vgl. TOLLMANN, 1963, Texttafel 8) oder sie hört eben auf, ohne daß man genau weiß, wo und wie. Dies ist ja auch bei der Insubrischen Linie der Fall, die unter dem Plio-Pleistozän der westlichen Poebene verschwindet.

Die Periadriatischen Massengesteine

Der Ausdruck „periadriatisch“ (SALOMON, 1897, S. 2, Fig. 1 und 1898, S. 33) dürfte eigentlich für die Serie der Intrusivgesteine längs der PN nicht mehr verwendet werden, denn der wesentlichste Zug der Gemeinsamkeit, auf den

³⁾ Vergleiche H. W. FLÜGEL: Einige Probleme des Variszikums in Neoeuropa. — Geol. Rundsch., 64, 1975 im Druck (Nachtrag während der 1. Korrektur).

SALOMON seinerzeit Bezug genommen hatte, das gleiche Alter, besteht ja nicht mehr. Zudem hatte SALOMON nur die Gruppe zwischen Adamello und Bacher als „die periadriatischen granitisch-körnigen Massen“ zusammengefaßt, einschließlich Predazzo und Monzoni sowie Cima d'Asta (1897, S. 2, Fig. 1). — Hierzu Tabelle 1.

Tab. 1. Die Periadriatischen Massengesteine. Die laufenden Nummern beziehen sich auf Abb. 1.

1	Traversella Oligozän (31 my): KRUMMENACHER et al., 1960	Syenit, Diorit	F. C. MÜLLER, 1912
2	Biella Oligozän (~ 29 my): HUNZIKER et al., 1969	Syenit usw.	
3	Miagliano Oligozän (~ 31 my): CARRARO et al., 1968	„Tonalit“	BORTOLAMI et al., 1965
4	Baveno Karbon/Perm (270—290 my): JÄGER et al., 1959, 1960	Granit	GALLITELLI, 1935
5	Bergell (Morobbia, Sondrio) Oligozän (30 my Kristallisationsalter, 25—30 Biotit-Abkühlungsalter): JÄGER, 1973	Granit, Tonalit usw.	GYR, 1967 MOTICSKA, 1970 WENK, 1970
6	Grosio ?	Granit	CORNELIUS et al., 1931
7	Adamello Oligozän (30 my): BORSI et al., 1966 FERRARA et al., 1962 a	Diorit, Tonalit, Granodiorit, Granit	SALOMON, 1910 KARL, 1959 EXNER, 1961 BIANCHI et al., 1970
8	Mt. Sabion unt. Perm (269—275 my): BORSI et al. 1966	Granodiorit	OGNIBEN, 1952
9	Judikarien-Linie ?	„Tonalit“-Späne	DAL PIAZ, 1926 SCHMIDEGG, 1936 ANDREATTA, 1953
10	Kreuzberg-Iffinger-Brixen (Mt. Croce—Ivigna—Bressanone) unt. Perm (~ 250—280 my): BORSI et al., 1972 „tonalitische Randfazies“ Oligozän (30 my): BORSI et al., 1972	Granodiorit, Granit Tonalitgneis	SANDER, 1906 FAVRETO et al., 1961 ZIRPOLI (in BAGGIO et al., 1969) COMIN CHARAMONTI, 1970
11	Rensen und Mt. Alto ? jünger als Obere Schieferhülle: ZIRPOLI et al. 1972, 1973	Granodiorit, Granit	SANDER, 1906 ZIRPOLI, 1969 ZIRPOLI (in BAGGIO et al., 1969) NOLLAU, 1971
12	Predazzo und Monzoni Trias (215—230 my): BORSI et al., 1968, 1969	Monzonit bis Gabbro	GALLITELLI et al., 1971

13	Cima d'Asta unt. Perm (~ 270 my): FERRARA et al., 1962 b	Granodiorit, Tonalit u. a.	MORTEANI, 1966
14	Rieserferner (Vedretto di Ries) ?	Tonalit usw.	KARL, 1959
15	Isel- und Debanttal, Polinik ?	Tonalit-Gänge	TELLER, 1886 FOULLON, 1886
16	Hochpustertal (Valle di Pusteria) ?	„Tonalit“-Späne	DAL PIAZ, 1934
17	Hollbruck und Gailtal (Lesachtal) ?	Granodiorit, Tonalit	SASSI & ZANFERRARI, 1971, 1973
18	Finkenstein S Villach ?	„Tonalit“	TELLER, 1910
19	Karawanken-Plutone ?	Granit usw. Tonalitgneis	EXNER, 1972
20	Prävali SE Bleiburg (Prevalje) jünger als Oberjura: TELLER, 1896	„Tonalit“-Gänge	TELLER, 1896
21	Bachern (Pohorje) ?	Tonalit	KIESLINGER, 1936 FANINGER, 1970

Die Beziehungen der einzelnen Tiefengesteinskörper zur PN sind nicht immer ganz offensichtlich. Immerhin wird, sofern die radiometrischen Altersbestimmungen zutreffen, deutlich, daß das periadriatische „Lineament“ im bezug auf magmatische Ereignisse sowohl zu Ausgang der variszischen Ära, als auch während der jungalpidischen Gebirgsbildung aktiv gewesen ist. Weitere radiometrische Altersbestimmungen sowie geochemisch-petrographische Vergleichsuntersuchungen wären von größtem Interesse.

Der Vergleich zwischen Ost- und Südalpin

Im Bereich des alten Kristallins im weiteren Sinne sind die Unterschiede z. T. so gering, daß z. B. HERITSCH (1915, S. 99, 129) im Westen die Tonale-Linie als Störung nicht ohne weiteres akzeptieren wollte. ESCHER (1911, S. 96) lehnt die Trennung Alpiden-Dinariden ab und meint, es sei nicht einzusehen, warum etwa das Seengebirge etwas anderes sei als das Kristallin der „Alpiden“. DAL-PIAZ et al. (1972, S. 464) deuten in ihrem Profil 1 an, daß nicht nur das südalpine und das ostalpine, sondern auch das penninische „Altkristallin“ ursprünglich nicht allzu weit voneinander entfernt waren. Dafür spricht z. B. die Verbreitung permischer Pegmatite, die gleiche absolute Alter im ost- und südalpinen, wie penninischen Kristallin ergeben haben (HANSON et al., 1966, S. 407 ff.; FERRARA et al., 1962 c).

Dieselbe präalpine (variszische?) Schlingentektonik wie nördlich der Tonale-Linie tritt in der Ceneri-Zone auf (REINHARD, 1964, S. 10 und Taf. IV; Übergreifen von Permomesozoikum über den alten Bau). Schließlich erbrachten nach

PIDGEON et al. (1970, S. 10, vgl. auch GRAUERT, 1969, S. 128, 130) U-Pb-Studien an Gneisen der Ceneri-Zone vergleichbare Ergebnisse mit Silvretta-Gesteinen im Hinblick auf die ältere (kaledonische?) Geosynklinalgeschichte.

Die Quarzphyllit-Areale der Nord- und Südalpen ähneln sich weitgehend. Durch die Verbreitung eines sauren Vulkanismus („Porphyroide“) nähern sich die südalpinen Quarzphyllite übrigens auch der nördlichen Grauwackenzone (vgl. MOSTLER, 1970, S. 517), sofern man annimmt, daß die Porphyroide gleich alt sind. Im übrigen sind die Quarzphyllite bisher fast ausschließlich auf Grund lithologischer Vergleiche eingestuft; zudem ist ihre paläogeographische Einordnung, besonders aber ihr Verhältnis zum ostalpinen Altkristallin noch recht unklar (vgl. z. B. CLAR, 1971, S. 165). Auf die neueren italienischen Arbeiten zu diesem Thema kann hier nicht eingegangen werden (siehe dazu ANGENHEISTER et al., 1975, z. B. Abb. 12).

Bei der Betrachtung des Paläozoikums haben wir zwei Abschnitte zu unterscheiden: 1. Ordovizium bis Westfal, 2. ab zirka Westfal D bis an die Grenze Perm—Skyth (Einzelheiten siehe H. W. FLÜGEL, 1958, 1960, besonders S. 120, 1964 a, 1970 a und b; H. W. FLÜGEL & SCHÖNLAUB, 1972, Tab.; KAHLER & PREY, 1963, besonders Tab. nach S. 106, KAHLER, 1971 u. v. a.). Augenfällig ist, daß im Osten der Ostalpen sowohl nördlich wie südlich der PN die variszische Metamorphose des Altpaläozoikums (Kärntner Paläozoikum, Karnische Alpen) sehr stark zurücktritt (vgl. ANGENHEISTER et al., 1972, S. 372).

Im Vergleich des Altpaläozoikums beiderseits der PN wird namentlich von H. W. FLÜGEL darauf hingewiesen, daß im Altpaläozoikum relativ enge Beziehungen zwischen Karnischen Alpen und Nördlicher Grauwackenzone bestehen, sehr wenige hingegen zum abweichend entwickelten Grazer Paläozoikum. Umgekehrt verläuft die Entwicklung ab Karbon in den Karnischen Alpen anders als im Ostalpin (siehe Fußnote ³).

Im Jungpaläozoikum tritt als wesentlicher Unterschied zwischen Norden und Süden zunächst hervor, daß im ostalpinen Paläozoikum eine Flyschentwicklung, also ein Äquivalent der Hochwipfelschichten im allgemeinen fehlt. Dies wird von H. W. FLÜGEL & SCHÖNLAUB (1972, S. 189) mit einem möglicherweise etwas früheren Beginn der variszischen Hauptorogenese im Norden erklärt. — Das teilweise flyschartige Nötscher Karbon zeigt vielleicht die vermittelnde Stellung des Drauzuges an (H. W. FLÜGEL, Diskussionsbemerkung). Einzelheiten über den jungpaläozoischen Flysch finden sich bei SELLI (1963), KODSI & H. W. FLÜGEL (1970), TESSENHORN (1971, besonders S. 202).

Das Einsetzen der postvariszischen Serien wird sowohl in den Südalpen wie auch im Norden im allgemeinen etwa in das Westfal D verlegt (z. B. KAHLER, 1947, S. 139; KAHLER & PREY, 1963, S. 25, Westfal D = etwa D + Stephan A der alten Gliederung = etwa Miatschkovo; SELLI, 1963, Tafel II, verlegt das Einsetzen anscheinend etwas tiefer), doch gibt es hinsichtlich der genauen Einstufung des Oberkarbons der Ostalpen noch Unsicherheiten (vgl. die Tabelle von H. W. FLÜGEL und SCHÖNLAUB, 1972). Prinzipielle Unterschiede bestehen jedoch m. E. bezüglich des Einsetzens der „alpidischen Transgression“ nicht: z. B. ist wohl überall, wo ausreichende Daten vorliegen, erkennbar, daß die Schichtlücke vor der Transgression ziemlich kurz ist (KAHLER, 1971; H. W. FLÜGEL, 1970 a, S. 675). Pflanzenführendes Oberkarbon transgrediert auch auf das Kristallin der westlichen Südalpen, z. B. das Karbon von Manno (z. B. REINHARD & SPICHER, 1967, S. 433, 434, nach JONGMANS, 1960, allerdings etwa mittleres Westfal).

Markant ist der Unterschied in der Fazies des höheren Oberkarbons und des Perms der Südalpen gegenüber den Nordalpen, doch ist mit KAHLER (1947, S. 136) wohl denkbar, daß die Küstenlinie des Oberkarbon-Perm-Meeres in etwa im Bereich der PN gelegen ist. Doch dürfte hier ein gewisser Geländestreifen fehlen (s. S. 177). Man vergleiche das ziemlich rasche Verschwinden der vollmarinen Entwicklung innerhalb der Südalpen, wo bereits am Westende der Karnischen Alpen das Oberkarbon und das untere und mittlere Perm nicht mehr in vollmariner Fazies entwickelt ist, während die oberpermischen Bellerophon-Schichten etwa im Bereich der Judikarientlinie auskeilen (KAHLER & PREY, 1963, Tab. nach S. 106). Jedenfalls ist die PN — oder eine etwas nach Norden verschobene Parallele — auch eine alte paläogeographische Grenze.

Die permischen Vulkanite der Südalpen enden, wie bekannt, keineswegs an der PN: Quarzporphyr, wenn auch geringmächtig, findet sich in den Lienzer Dolomiten (GEYER, 1902, S. 24; MOSTLER, 1972 a, S. 145—146), in den Nördlichen Kalkalpen Vorarlbergs (1972 b) und in Kärnten, hier in Form saurer Tuffe (RIEHL-HERWIRSCH et al., 1972, S. 133, 134). Sehr rasches Auskeilen etwa der Bozener Quarzporphyrplatte nach Norden und Osten trifft man ja auch in den Südalpen.

Die komplizierte Perm-Paläogeographie, die TOLLMANN (1964, S. 270 ff.) und DE JONG (1967, S. 104 ff.) entwerfen, ist m. E. ziemlich unbegründet: Man vergleiche etwa das rezente Nebeneinander von Salzablagerungen, den Schotts, Wüstensedimenten und vollmarinen subrezentem Ooid-Sanden in nächster Nähe bei Djerba (FABRICIUS et al., 1970 und FABRICIUS & SCHMIDT-THOMÉ, 1972, S. 339) im Bereich der nordafrikanischen Küste. So könnte man sich wohl un-schwierig die Paläogeographie des Perm-Meeres im Bereich der Küste gegen das wüstenhafte „Roçliedland“ vorstellen.

Im Mesozoikum der Karawanken sieht BAUER (1970, 1973, Arbeitstagung Völkermarkt) wenig Unterschiede zwischen Nord und Süd. Immerhin sind die Werfener Schichten und das Karn in den Südalpen erheblich anders entwickelt als nördlich der Naht (KAHLER & PREY, 1963, Tab. nach S. 106). CADISCH et al. (1919, S. 379) hingegen finden im Karn des südlichen Silvretta-Mesozoikums mehr Beziehungen nach Süden als nach Norden. Auch sonst stellten sich im Lauf der Erforschung zunehmend Ähnlichkeiten heraus: Die Auffindung von klastischem Anis durch BRANDNER (1972, S. 150, 154) im Drauzug, die Parallelisierbarkeit der oberanisisch-unterladinischen Pietraverde (BECHSTÄDT, MOSTLER, in Untersuchug begriffen), der Vergleich von Jura und Unterkreide des Drauzuges mit jenen der Dolomiten durch MARIOTTI (1972). SCHWINNER hatte (1925, S. 3 und Tab., Taf. 1) solche Beziehungen bereits erwogen. Gleichförmig ist die Entwicklung im Jura der Nördlichen wie der Südlichen Kalkalpen, sowohl was kleinräumige Details, wie Spaltenfüllungen usw. betrifft, als auch den raschen Wechsel sehr mächtiger Beckensedimente gegenüber ganz geringmächtigen Schwellenbildungen (vgl. z. B. BERNOULLI, 1964 oder DE SITTER et al., CASTELLARIN, 1972). Nicht zu vergessen ist freilich der lebhafteste südalpine Vulkanismus in allen Zeitabschnitten.

In der Oberkreide weist OBERHAUSER (z. B. 1968, S. 129, 130) darauf hin, daß die sogenannte zentralalpine Gosau (z. B. von Kainach) eher Beziehung nach Ungarn und Dalmatien aufweist, denn zu jener der Nördlichen Kalkalpen, und

hebt hervor (OBERHAUSER, 1973, S. 104), daß in der Oberkreide die „alpin-dinarische Grenze“ keine Faziesgrenze mehr ist. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang der Fund eines Gerölles in Trogkofelfazies mit Fusuliniden vermutlich der höheren Trogkofelstufe in der Kainacher Gosau, das von KÄHLER (1973) vorsichtig mit den Kalken von Goggau (Coccau) bei Tarvis verglichen wird. In dem ebenfalls als Einzugsgebiet für dieses Gosaukonglomerat denkbaren Bakony findet sich ausschließlich klastisches Perm (TRUNKÓ, 1969, Tab. zu S. 16).

Die Bewegungen an der Periadriatischen Naht

Allenthalben sind an der PN vertikale Bewegungen erkennbar, wobei im allgemeinen jeweils der Süd- bzw. der Südwestflügel abgesenkt ist. In der Regel fällt die Störung, soweit erkennbar, nach Norden ein, wobei dahingestellt bleiben muß, ob dieses Einfallen ursprünglich ist, also Anzeichen einer südgerichteten Aufschiebung, oder lediglich eine spätere Verstellung einer ursprünglich vertikalen oder Süd-fallenden Störung. Im Osten, etwa ab oberem Gailtal, geht, wie erwähnt, die Störung aus einer Abschiebung des südlichen Teiles allmählich in eine Aufschiebung desselben über, oder aber die Abschiebung wird durch sekundäre jüngste Bewegung mit nordgerichteter Aufschiebungstendenz überlagert. Diesen Eindruck vermitteln die Profile EXNERS (1972).

Gewaltige Ausmaße nehmen die vertikalen Verstellungen in den Westalpen an. Im Lepontin muß der Nordflügel (vgl. z. B. JÄGER et al., 1967 oder NIGGLI, 1970, S. 19 ff.) in der Größenordnung von Zehner-Kilometern gegenüber dem orobischen Kristallin herausgehoben sein: alpine Hochdruck-Metamorphose nördlich, variszische Niederdruck-Metamorphose südlich der Störung. — Ganz im Westen sind wohl zuletzt teilweise flache südgerichtete Überschiebungen wirksam geworden (ÄHRENDT, in Druckvorbereitung).

Die Bewegungen sind kaum auf einen einzigen Vorgang zu beziehen: Im Pustertal fällt auf, daß die „Tonalit“-Kerne außerordentlich stark zerrieben sind und das Altkristallin des Nordflügels, z. B. der Antholzer Granitgneis, auf viele 100 m in eine Trümmerbreccie verwandelt ist. In den hervorragend schönen Aufschlüssen im obersten Gailtal (Lesachtal, SASSI & ZANFERRARI, 1973) ist der „Tonalit“ auf beiden Seiten von Mylonit-Zonen begleitet. K/Ar wie Rb/Sr Bestimmungen an Biotiten ergaben für die „tonalitische Randfazies“ des Brixener Granites Abkühlungsalter von 31 Millionen Jahren (BORSI et al., 1972, S. 398, 399), die mit der Schieferung des „Tonalites“ zusammenhängen könnten.

Demgegenüber zeigt das Mesozoikum z. B. im Silvesterbach oder bei Winnebach im obersten Pustertal (FURLANI, 1919) eine vergleichsweise geringfügige Beanspruchung, weit weniger als die Kalksteiner oder die Maulser Trias, ebenso übrigens auch der die Pusterer Linie begleitende silurische Bänderkalk (GEYER, 1902, S. 19 ff.). Auf die nicht vorhandene oder sehr geringe Metamorphose des Mesozoikums bei teilweiser Erhaltung der Schichtverbände in der Tonale-Linie weisen auch CORNELIUS & FURLANI-CORNELIUS (1931, S. 279 ff.) hin. Man könnte erwägen, ob nicht die Auswalzung der Massengesteine in einem tieferen Niveau erfolgt ist und die Sedimentserien erst später in deren unmittelbare Nachbarschaft gerieten.

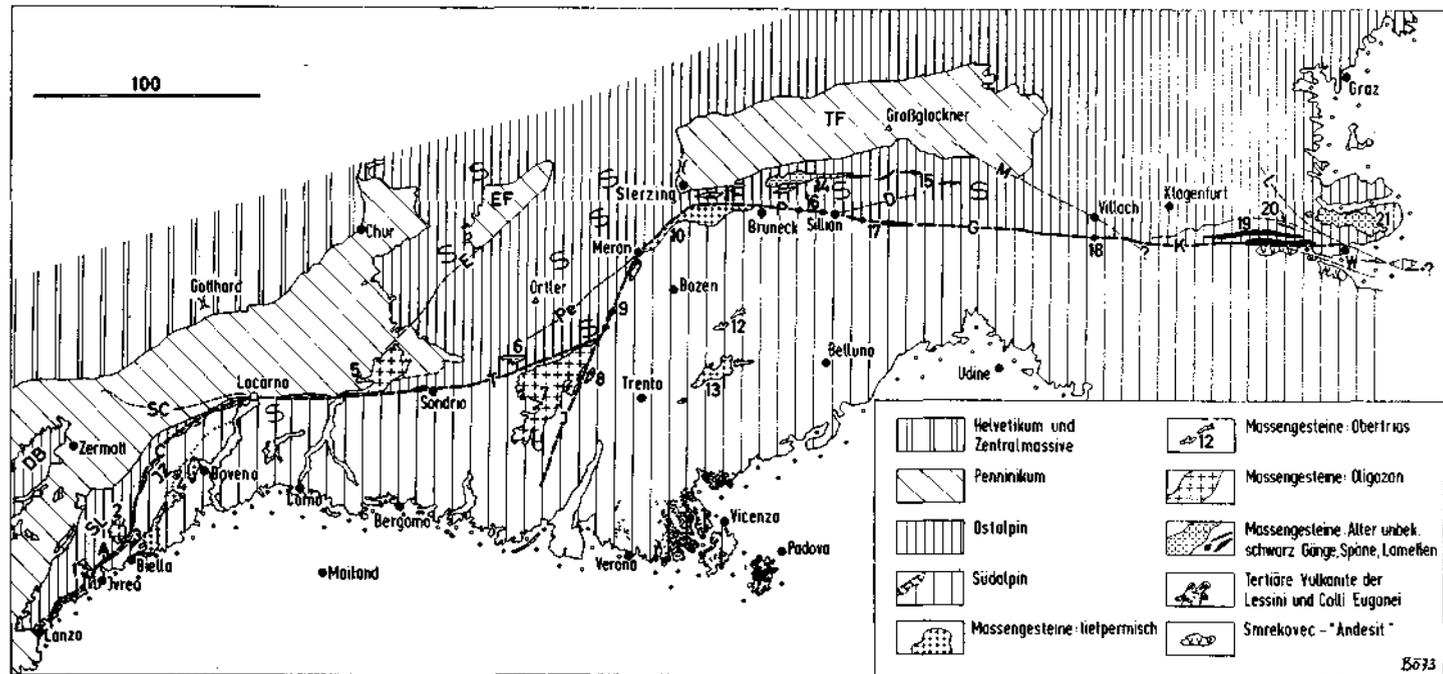


Abb. 1. Die Periadriatische Naht und die „periadriatischen“ Massengesteine.

Zeichengrundlage: STAUB, 1950, und Geologische Karte von Österreich 1 : 1.000.000 unter Verwendung von AHRENDT, 1972; ANDREATTA, 1953; BORSI et al., 1966; CORNELIUS & FURLANI-CORNELIUS, 1931; DAL-PIAZ et al., 1972; EXNER, 1972; GANSSER, 1968; JÄGER et al., 1967; SALLI & ZANFERRARI, 1971; SENARCIENS-GRANCY, 1965; TRÜMPY et al., 1969, sowie publizierter geologischer Karten.

Buchstabenerklärung: A — Andesit von Biella, C — Canavese-Zone; D — Draubbruch; DB — Dentblanche-Decke; E — Engadiner Linie; EF — Engadiner Fenster; G — Gailtal-Linie; IV — Ivrea-Zone; J — Judikarien-Linie; K — Karawanken-Linie; L — Lavanttaler Störung; M — Mölltal-Störung; P — Pusterer Linie; Pe — Peio-Linie; SC — Simplon-Centovalli-Störung; SL — Sesia-Lanzo-Zone; T — Tonale-Linie; TF — Tauernfenster; W — Weitenstein (Vitanje). — SS — Bereiche mit Schlingentektonik.

Massengesteine (siehe Tab. 1):

- | | | |
|---------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 1 Traversella | 8 Mt. Sabion | 15 Isel- und Debanttal, Polinik |
| 2 Biella | 9 Judikarien-„Tonalite“ | 16 Hochpustertal |
| 3 Miagliano | 10 Kreuzberg-Iffiner-Brixen | 17 Hollbruck und Lesachtal |
| 4 Baveno | 11 Rensen und Mt. Alto | 18 Finkenstein |
| 5 Bergell | 12 Predazzo und Monzoni | 19 Karawanken-Plutone |
| 6 Grosio | 13 Cima d'Asta | 20 Prävali |
| 7 Adamello | 14 Rieserferner | 21 Bahren |

Horizontalverschiebungen wurden und werden immer wieder in Betracht gezogen: so von CORNELIUS & FURLANI-CORNELIUS (1931, S. 286 ff.), jedoch nicht akzeptiert, ebenso lehnte sie SCHWINNER (1947, S. 110) ausdrücklich ab. E. KRAUS postuliert (1936, S. 20, 57, 58, 250) hingegen rechtshändige Seitenverschiebungen — nach dem Deckenbau — an der Insubrischen Linie wie auch im Pustertal, ohne auf Transportweiten einzugehen. Aus seinen Formulierungen, wie „Alpen-Längsstörungen“ als „Randklüftspalten großer Schollen“ (S. 57), kann man wohl schließen, daß an nicht eben kleine Transporte gedacht war. — Zur Frage der Großseitenverschiebungen siehe S. 182, zur Judikarien-Linie diesbezüglich S. 167.

Tektonische Anzeichen auf größere horizontale Bewegungen sind nicht gegeben, so finden sich keine versetzten Strukturen. Lediglich die lang hinziehende Lamelle des Bergeller „Granites“ (siehe Abb. 1) oder die Schollen zwischen Adamello und Kreuzberg (SCHMIDEGG, 1936, Taf. III) könnten auf Horizontalverschiebungen hinweisen, müssen dies aber nicht, denn die Auswalzung der Eisenkappeler Plutone wird von EXNER (1972, S. 103 ff.; vgl. auch SANDER, 1916, S. 211) als Folge einer Einengung senkrecht zur Störung erklärt.

Indirekte Hinweise auf Seitenverschiebungen erbringen Faziesvergleiche zwischen Drauzug und Dolomiten: Nach BRANDNER (1972, S. 150, 154) weist das z. T. sandige Anis der Lienzer Dolomiten Beziehungen zu den Südtiroler Dolomiten auf, ähnliche Überlegungen teilt MARIOTTI (1972, S. 127, 128) für Jura und Unterkreide mit.

Die zeitliche Einordnung der Bewegungsvorgänge ist problematisch, da junge Sedimente nur an wenigen Stellen in unmittelbare Berührung mit den PN kommen. So hat der Weitensteiner Bruch TELLERS (siehe S. 168) die „Socka-Schichten“ noch mitbetroffen und dürfte auch während deren Ablagerung tätig gewesen sein: die überwiegend fluviatilen „Socka-Schichten“ (oligozän ? und/oder miozän) nördlich des Bruches sind nicht ohne weiteres mit den marinen, oligozänen Socka-Schichten südlich der Störung gleichzusetzen (TELLER, 1896, S. 12, 163 ff.; briefliche Mitteilung F. CIMERMAN von 25. 9. 1973). TELLER spricht von zwei getrennten Senkungsfeldern.

Die ältesten Ablagerungen, die anscheinend nicht mehr generell von den Bewegungen erfaßt wurden, sind die Schotter des Plio-Pleistozäns der Po-Ebene bzw. der ungarischen Tiefebene (Abb. 1) an den beiden Enden der Störung. In der Plio- und Pleistozän-Basis westlich von Turin zeichnet sich nach der Karte von OGNIBEN (1973 a, Blatt 1) anscheinend nichts davon ab, zumindest keine wesentliche Verschiebung. Dies besagt natürlich nicht, daß nicht bis in rezente Zeit Bewegungen stattgefunden haben. Ob das Erdbeben im Jahre 1348, das Villach zerstörte, mit der PN in unmittelbarem Zusammenhang steht, ist nicht nachweisbar.

Eine Zeitmarke ist durch das Auffinden von Geröllen des Bergeller „Granites“ in der oligozänen Molasse von Chiasso und Como gegeben. Das Kristallisationsalter des Bergell ist mit 28 bis 30 Millionen Jahren erfaßt, gleiches Alter wurde an einem Geröll gemessen (JÄGER, 1973, S. 17). Wesentliche Seitenverschiebungen nach dem Oligozän sind also wenig wahrscheinlich.

Für mit Ende Oligozän nachlassende Bewegungen scheint der mäßig beanspruchte Trachyandesit von Biella („A“ in Abb. 1) zu sprechen, der nach

AHRENDT (1972, S. 32 ff.; Diskussionsbemerkung) ins Tertiär gehört (vgl. JÄGER, 1973, S. 12); alle anderen Massengesteine oligozänen Alters sind hingegen intensiv von den Bewegungen an der Naht betroffen (tieferes Niveau?, siehe S. 174).

Länger anhaltende Hebungen zeigen auch die radiometrischen Alter von 18 bis 23 Millionen Jahren knapp nördlich der Linie im Lepontin an (JÄGER et al., 1967, Taf. I; vgl. auch JÄGER, 1973, S. 14). Über den Zeitpunkt des Endes der Bewegungen hier sagen diese Daten jedoch wenig aus.

Den unmittelbar beobachtbaren Vorgängen steht eine Reihe von Überlegungen gegenüber, die indirekt auf Bewegungen schließen lassen.

Den stark ausgewalzten Tiefengesteinskörpern dürfte zur Zeit des Eindringens mehr Raum zur Verfügung gestanden haben, als nur der schmale Bereich der Störungszone (EXNER, 1972, S. 103; Vortrag am 5. 9. 1973 in Völkermarkt). Ein nicht zu kleiner Geländestreifen ist hier auf jeden Fall verschwunden.

Die frei schwimmende Steinacher Decke, aufgebaut aus Quarzphyllit (Diaphorit?) und nicht-marinem Oberkarbon kann ihre ehemalige Unterlage wohl nur im Bereich der PN verloren haben (vgl. auch CLAR, 1971, S. 165, Abb. 1). Bei der Suche nach einem Herkunftsort der Steinacher Decke sollte ein Vergleich mit dem Karbon von Manno (siehe S. 172) in Erwägung gezogen werden.

Teile des Kärntner Paläozoikums könnten auch einem variszischen, alpidisch unter Umständen neu belebtem Deckenbau ihre heutige Position verdanken. Eine umfassende Untersuchung der Diaphtorese-Zonen auf ihr Alter dürfte einigen Aufschluß geben (vgl. JÄGER, 1973, S. 17).

Die Unterschiede zwischen Ost- und Südalpen im Ablauf der Gebirgsbildung — das Fehlen einer vergleichbaren oberkretazischen Gebirgsbildung sowie einer alpidischen Metamorphose in den Südalpen (JÄGER, 1973, S. 13; GANSSER, 1968, S. 126) — lassen sich mit dem Verlust eines Geländestreifens im Bereich der PN am besten plausibel machen. Der Metamorphosesprung ließe sich allenfalls auch mit einer Hebung allein bewältigen, nicht jedoch das abrupte Ende der oberflächen-nahen Oberkreide-Tektonik, die in den Ostalpen durch die prä-gosauische Schichtlücke, vor allem, gekennzeichnet ist. Diese Diskordanz wird noch in geringer Entfernung vom Nordrand der Südalpen durch die Gosau von Kainach, vom Krappfeld oder im Lavanttal (OBERHAUSER, 1968, S. 129 ff.) deutlich markiert. Dem steht in den Südalpen eine säkular anhaltende synsedimentäre Tektonik gegenüber, die zwar erhebliche Schichtlücken vor allem durch sub-marines Abgleiten großer Sedimentmengen („frane sottomarine“) erzeugt, dicht daneben finden sich jedoch vollständige Profile, auch der gesamten Oberkreide. Beispielhaft ist dies von CASTELLARIN (1972) im Bereich des Abbruches der „Piattaforma Veneta“ (= Piattaforma Atesina BOSELLINI, 1965) gegen das „Bacino Lombardo“ etwa parallel zur Judikarien-Linie herausgearbeitet.

Für das Fehlen eines Geländestreifens sprechen auch die Nord-Süd-gerichteten, paläogeographischen Strukturen der Südalpen (DE SITTER, 1947, 1949; BOSELLINI, 1965).

Außerst wichtig scheint mir für die Beurteilung des Zusammenhanges zwischen Nord und Süd die Beachtung der präalpidischen Strukturen zu sein. In allen

neuen großtektonischen Gedankengängen wird jedoch das alte Kristallin und das variszisch beanspruchte Paläozoikum kaum berücksichtigt.

Dies ist um so ungerechtfertigter, als gerade in den Ostalpen über das präalpidische Paläozoikum ausgezeichnete Übersichten existieren, namentlich durch die Arbeiten von H. W. FLÜGEL (1958, 1960, 1964 a, 1964 b, 1970 a), H. W. FLÜGEL & SCHÖNLAUB (1972), ferner MOSTLER (1970), SCHÖNENBERG (1970), CLAR (1971), KAHLER (1971), nicht zu vergessen den frühen Versuch von GAERTNERS (1934).

In einer soeben erschienenen Arbeit von DEWEY et al (1973, S. 3148) ist als rühmliche Ausnahme zwar die Verbreitung präalpiner Gebirgsanteile im mediterranen Raum verzeichnet, doch sind z. B. die Südalpen bis auf den Cima d'Asta-Bereich frei von altem Gebirge.

Die Hauptstrukturen des alten Gebirges passen sich dem heutigen Verlauf der PN deutlich an, so die präalpidische Krümmung der Ivrea-Zone und des damit verbundenen Laghi-Kristallins (siehe S. 166). Schlingentektonik liegt beiderseits der Linie vor (Abb. 1; Ceneri, z. B. REINHARD, 1964). Die Schlingentektonik ist aber, und damit auch die Struktur im Winkel zwischen Tonale- und Judikarien-Linie (SCHMIDEGG, 1936, S. 135), präalpidisch. Daran kann kein Zweifel sein nach den Untersuchungen von z. B. SCHWINNER (1947, S. 111), K. SCHMIDT und Mitarbeiter (ab 1965), GRAUERT (1969, S. 18), PURTSCHELLER (1969, S. 53 und Übersichtskarte, 1971, S. 44: Schlingentektonik kaledonisch!), HÖRNES (1971, S. 66, Abb. 9), BRENNEIS (1971). Letztendlich greift das Brennermesozoikum, das von der altalpidischen Metamorphose mit zirka 80 Millionen Jahren ohne wesentliche Durchbewegung betroffen ist (SCHMIDT et al., 1967; MILLER et al., 1967 und HARRE et al., 1968), transgressiv über die alten Strukturen hinweg (PURTSCHELLER, 1971, Übersichtskarte). Ebenso ist seit langem bekannt, daß die Judikarien-Richtung eine alte, paläogeographisch wirksame Struktur ist (E. KRAUS, 1936, S. 38; vgl. BOSELLINI, 1965; EPTING & SCHMIDT laufende Arbeiten). Es ist kaum denkbar, daß Ost- und Südalpen beim Vorhandensein so vieler Gemeinsamkeiten aus größerer Entfernung in genau dieser Position aneinander herangeführt wurden. — Einer alten Richtung folgt wohl auch das Kreuzberg-Iffinger-Brixener-Massiv, das kaum durch spätere Bewegungen in seine jetzige Form gepreßt worden sein kann. Der Brixener Granit aber ist alt (BORSI et al., 1972).

Man wird also schließen dürfen, daß der gesamte Verlauf der PN alten Anlagen folgt: sie ist ein Lineament im Sinne einer Struktur, die im Laufe langer Zeiträume immer wieder in Erscheinung tritt. Diese Meinung ist keineswegs neu: Alte Anlage nahm z. B. SANDER (1916, S. 21) an, VAN BEMMELN (1970, S. 144: „Die alte Schwächelinie des Periadriatischen Lineaments . . .“), EXNER (Vortrag am 5. September 1973 in Völkermarkt) usw.⁴⁾

Ein starkes, blockweises Herausdrehen (gegen Nordwest) der Öztalmasse als Folge eines alpidischen Vorschubes des „Dinaridenkopfes“ ist nicht zwingend erforderlich (dagegen spricht sich z. B. SCHWINNER, 1947, S. 112, aus unter Bezugnahme auf SCHMIDEGG, 1936, S. 130). Das eigenständige Verhalten der Ötz-

⁴⁾ KÖPPEL schreibt in einer nach Abschluß des Manuskriptes erschienenen Arbeit (Isotope U-Pb Ages . . ., Contr. Min. Petr., 43, 1974) wörtlich (S. 55): „The Insubric line which terminates the Ivrea zone towards the North must therefore be of pre Alpine age, or a precursor of the Insubric line must have existed at the time of the mantle uplift.“

talmasse mag teilweise durch den Nordost gerichteten Vorschub des Ostflügels der Engadiner Linie (erstmal erwähnt von E. KRAUS, 1936, S. 28) vorgetäuscht sein.

Selbstverständlich ist eine gewisse alpidische Einengung des Altkristallins nördlich der PN evident (Einfaltung der Trias von Mauls und Stilves, zuletzt SCHINDLMAYR, 1968). Das Ausmaß an alpidischen Zerscherungen des Altkristallins an Störungen und Diaphtorese-Zonen ist mangels dahingehender Untersuchungen noch nicht zu überschauen, es dürfte aber nicht unbeträchtlich sein (alpidische Pseudotachylithe, MASCH, 1970, S. 9; junge Längsverschiebungen an Störungen im Altkristallin zwischen Mauls und Schobergruppe, SASSI et al., Vortragsmanuskript Trento 1973).

Geophysikalische Gesichtspunkte

Sehr enge Beziehungen zwischen der PN und den derzeit bekannten geophysikalischen Daten scheinen nicht zu existieren (Abb. 2).

Der Tiefenlinienplan der Moho (z. B. MAKRIŠ, 1971, vor S. 53; OGNIBEN, 1973, Fig. 31, S. 440) bzw. der Übergangszone Kruste—Mantel — der Begriff der Moho im Sinne einer scharfen Diskontinuität muß heute zu Gunsten einer Übergangszone verlassen werden (siehe ANGENHEISTER et al., 1974) — zeigt, daß in den Ostalpen die größte Krustenmächtigkeit etwa unter der PN zu erwarten ist (Abb. 2; ANGENHEISTER et al., 1972, Texttaf. 2; GIESE et al., 1970, S. 167). In den Westalpen hingegen scheint der tiefste Bereich etwas nördlich bzw. nordwestlich der Insubrischen Linie zu finden sein, abgesehen natürlich von der Einschaltung eines Spanes aus „Mantelmaterial“ in der Kruste (GIESE et al., 1970, S. 172 ff.). GIESE leitet daraus die Vorstellung ab, daß zumindest im Osten die Südalpen einen Teil der Ostalpen unter sich begraben haben (Abb. 2; Details hierzu siehe bei GIESE, 1968, S. 198 ff.; GIESE et al., 1970, S. 186 ff.; 1972, S. 332; GÜNTHER, 1973, S. 288 ff.; ANGENHEISTER et al., 1975). Dies ist natürlich nichts anderes als die alte Vorstellung von ARGAND, nach der die Südalpen zirka 70 km weit über die Ostalpen überschoben seien (zit. nach HERITSCH, 1927, S. 177). Allerdings wird von GIESE (GIESE et al., 1972, S. 331 ff.) die Abscherung des Südalpen-Poebenen-Blockes, tief, bis an die Basis der Oberkruste, verlegt.

Die Isoanomalien der Bouguer-Anomalien (Abb. 2; ANGENHEISTER et al., 1974, Abbildung 1) zeigen, daß ein ausgesprochenes Schweretief dem morphologischen Zentralbereich der Alpen folgt, nicht undeutlich die (oberflächliche) Verbreitung des Penninikums nachzeichnend: Das Tief bleibt nördlich der PN (vergl. ANGENHEISTER et al., 1972, Texttaf. 3). Die Zone der seismischen Geschwindigkeitsinversion hat in den Ostalpen ihre größte Dicke ziemlich genau unter dem Schweretief — den Zusammenhängen wäre noch nachzugehen. — In den Westalpen fällt das bekannte Ivrea-Schwerehoch in etwa mit der Insubrischen Linie zusammen. Bemerkenswert ist, daß die Störungszone der PN selbst bis dato nicht geophysikalisch erfaßt worden ist. Demzufolge ist sie, sollte sie jemals eine Art von Benioff-Zone gewesen sein (was sehr unwahrscheinlich ist), jetzt nicht mehr als solche zu bezeichnen.

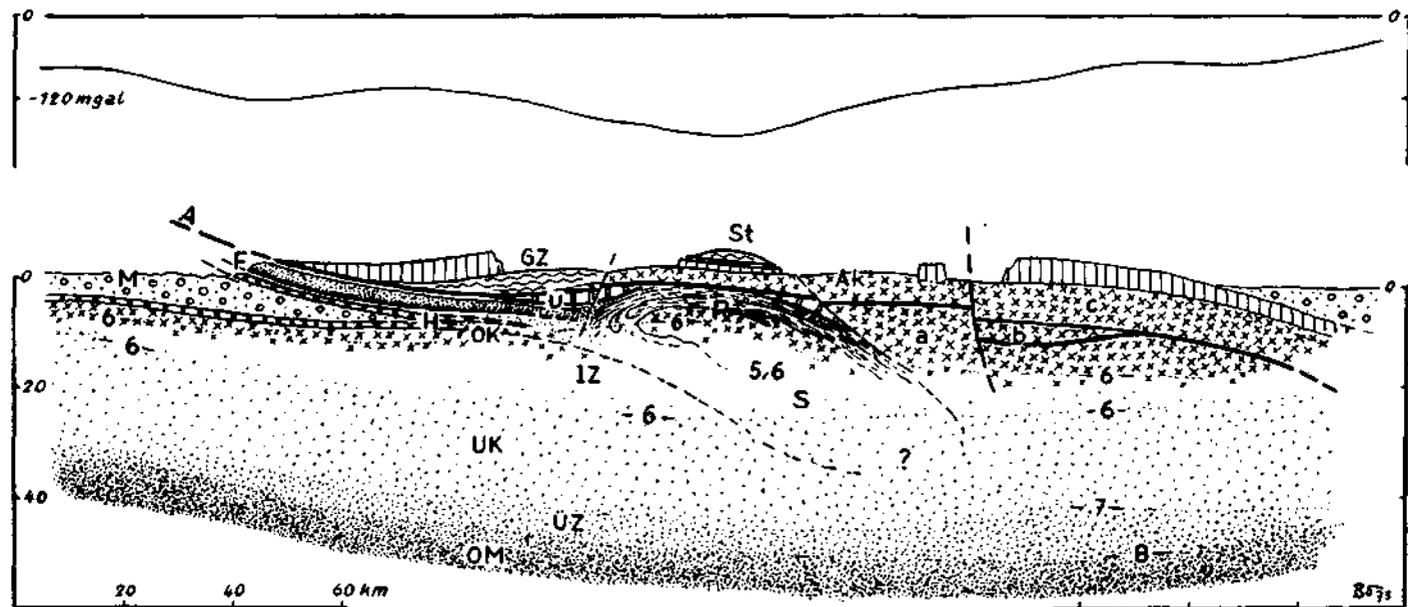


Abb. 2. Modell-Vorschlag für den Bau der Ostalpen unter Einbeziehung geophysikalischer Ergebnisse.

Grundlage: ANGENHEISTER et al., 1972, Texttafel 3, unter Verwendung von CLAR, 1953 und 1965; EXNER, 1951; GIESE, 1968 und später

Zeichen- und Buchstaben-Erklärung: Liegende Kreuze — altes Kristallin, Wellenlinien — Paläozoikum, Vertikalschraffur — Permomesozoikum; M — Molasse, H — Helvetikum, F — Flysch, P — Penninikum, U — Unterostalpin, Ak — Altkristallin, GZ — Nördliche Grauwacken-Zone, St — Position der Steinacher Decke usw.; S — ? ehemalige Position einer „Subduktion-Zone“; A — Hauptabscherfläche; a — Trägermasse der Nordalpen, b — Trägermasse der Steinacher Decke usw.; c — abgesichertes Kristallin der Ost- und Südalpen; OK — Oberkruste, UK — Unterkruste, IZ — Inversions-Zone, UZ — Übergangszone, OM — Oberer Mantel. — Die Linien gleicher Geschwindigkeit (Zahlen: Geschwindigkeit in km/sec) der Longitudinalwellen sind nur angedeutet, um Verwechslung mit Strukturlinien zu vermeiden. Über dem Profil die Bouguer-Schwere. Zeichnung in etwa maßstäblich. Neben „Ak“ ist „c“ in die Zeichnung einzusetzen.

Plattentektonik, Groß-Seitenverschiebungen, Rotationen

Es ist nicht möglich, in diesem Rahmen auf die Flut von Veröffentlichungen einzugehen, die versucht, Alpen und Mittelmeerraum in das Konzept der Plattentektonik einzubauen. Daß dieses Konzept vorerst eine Arbeitshypothese ist, wird vielfach übersehen.

Hier nur einige Anmerkungen (letzte Literatur: referierend GÜNTHER, 1973; ferner DEWEY et al., 1973; JOHNSON, 1973; VETTER, 1973): Naturgemäß bietet sich die PN als Plattengrenze an, einmal, weil die meisten Autoren der zugegebenermaßen schwer zugänglichen Literatur über alpine Detailgeologie ferner stehen (z. B. LAUBSCHER, 1970—1973; DEWEY & BIRD, 1970; DEWEY et al., 1973), zum anderen, weil auf Grund der S. 165 erwähnten Gepflogenheiten, die „Süd-alpen“ oder „Dinariden“ von den „Alpen“ abzutrennen, die PN auf den meisten Darstellungen (jene des Verfassers eingeschlossen) als dicke Linie in Erscheinung tritt. In diesem Sinne wird die PN zu einer Plattengrenze z. B. bei LAUBSCHER (1970, Taf. I; 1971 a, S. 198 ff.), DEWEY & BIRD (1970, S. 2643), JOHNSON (1973, S. 116).

Eine „Plattengrenze“ bzw. eine „Benioff-Zone“ sahen, natürlich ohne Gebrauch des „modernen“ Vokabulars, z. B. E. KRAUS (1936, S. 57, siehe S. 165) und SCHWINNER (1947, S. 113: die alpinodinarische Grenze als Ausgehendes einer „Grenzschfläche“ ähnlich jener an den Kontinentalrändern). SALOMON-CALVI (1930, S. 18 ff. und 1937, S. 117 ff.) hatte die Tonale-Linie als Grenze zwischen Afrika und Eurasien aufgefaßt.

Selbstredend dient die PN auch als Subduktionszone. „Subduction“ ist ein anderes Wort für AMPFERERS „Verschluckungszone“ und soll, einer freundlichen, mündlichen Mitteilung EISBACHERS zufolge nur deswegen eingeführt worden sein, weil die Angelsachsen das Wort „Verschluckung“ nicht aussprechen können, worüber die grundlegenden Anteile AMPFERERS, E. KRAUS' und SCHWINNERS an diesem Gedankengebäude oftmals in Vergessenheit gerieten (vgl. die Bemerkung EXNERS, Verh. Geol. B.-A., 1973, S. 355).

Den Subduktionszonen entsprechen, zumindest teilweise, die sogenannten Wurzelzonen. Ich glaube nicht, daß man, wenigstens etwa vom Bergell an nach Osten, die PN als „Subduktionszone“ in diesem Sinne ansehen kann. Was soll etwa zwischen Drauzug und Karnischen Alpen verschluckt sein? Die Nördlichen Kalkalpen und die Grauwacken-Zone mitsamt ihrer heute gänzlich verschwundenen Trägermasse können kaum südlich des Drauzuges paläogeographisch beheimatet werden. Nördlich des Drauzuges findet sich aber keine einheitliche Störung mehr (vgl. Abb. 1). Insbesondere auch im Osten, in den Karawanken, steht in Frage, welche der vielen Störungen man heranziehen will, alle haben eher lokalen Charakter. Auch bei Annahme eines Mittelostalpins im Sinne von TOLLMANN (1963 und später, vgl. auch H. W. FLÜGEL & SCHÖNLAUB, 1972, S. 188) kommt die PN schwerlich als Rest einer ehemaligen „Wurzelzone“ in Frage: Im Gailtal und in den Karawanken ohnehin nicht und im Pustertal nicht, da sich dann die der Gail-Linie entsprechende Pusterer Linie zerteilen müßte und ab Sillian der Teil, der als Wurzelzone für das Mittelostalpin dienen soll,

irgendwo unter dem Drauzug zu suchen wäre. Daß die alte Judikarien-Struktur nicht als Wurzelzone dienen kann, ist evident⁵⁾.

Es ist daher wohl einfacher, die Nördlichen Kalkalpen mitsamt der Grauwacken-Zone an einer schrägen Fläche von ihrer Trägermasse abzuscheren, die im Sinne von Abbildung 2 zurückbleibt und unter den Südalpen zu liegen kommt (siehe S. 179). Im Bereich der PN wäre dann nur die ehemalige Unterlage der Steinacher Decke und vergleichbarer Schollen zu „verschlucken“ in Verbindung mit der Auswalzung (im Sinne von EXNER, 1972) der „periadriatischen“ Massengesteine.

Was an Subduktionszonen im Detail vor sich gehen soll (im Bereich der Alpen), wird gemeinhin nicht überdacht (z. B. LAUBSCHER, 1970), mit Ausnahme des Modells von DAL-PIAZ et al. (1972, vor allem Profile 1—7). Meist begnügt man sich mit der Feststellung, daß der (höchst hypothetische) Ozeanboden der penninischen Ablagerungsbereiche abtaucht, wobei die Subduktionszone bald nach Norden (OXBURGH, 1972, S. 203), bald nach Süden (LAUBSCHER, 1970, Tafel I) einfällt.

Großseitenverschiebungen wurden seit 1960 in den Alpen wie auch im Gesamtgebiet der Tethys vielfach diskutiert und z. T. an die PN verlegt (VAN HILTEN, 1960; DE BOER, 1963 und 1965; zusammenfassend DE JONG, 1967; VAN BEMMELEN & BEMMELEN, 1966; LAUBSCHER, 1970—1973). Hierbei werden teilweise paläomagnetische Untersuchungen zu Grunde gelegt (Schule VAN BEMMELEN), teilweise rein theoretische Erwägungen (LAUBSCHER, 1970—1973), die regionalen, geologischen Verhältnisse werden weniger berücksichtigt, besonders gilt dies für die stratigraphischen, faziellen und namentlich, wie S. 165 erwähnt, die metamorpho-tektonischen Gegebenheiten der präalpinen Gebirge.

Die holländische Schule kam zu Seitenverschiebungen mit Beträgen bis zu 5000 km (z. B. DE BOER, 1965), wobei meist unterstellt wird, man ließe diese Bewegungen allein an der PN vor sich gehen: vielmehr hatten VAN BEMMELEN & MEULENKAMP (1965, S. 250) die Verschiebungen auf mehrere Zonen innerhalb des gesamten Ablagerungsraumes der Alpen und auf lange Zeiträume verteilt (vgl. auch DE JONG, 1967, S. 108 ff.).

LAUBSCHERS „Insubrische Platte“ (1971 a, S. 198 ff.) bewegte sich zwischen Burdigal und Pont (!) längs der PN um zirka 300 km nach Westen, wobei im Bereich der Ivrea-Zone und der Judikarienlinie größere Zusammenstauungen (LAUBSCHER, 1970, S. 574; 1971 b, S. 824, 827; 1973, S. 302 ff.) stattfinden und die Bewegungen in die Massen beiderseits der Platten „hineindiffundieren“ (LAUBSCHER, 1973, S. 296 ff.).

Eigentümlich ist, daß LAUBSCHER die Rotation größerer Schollen, die für den Bereich des westlichen Mittelmeeres durch eine große Anzahl paläomagnetischer Messungen der letzten 15 Jahre wahrscheinlich gemacht wurden, nicht in seine Konstruktionen einbaut. Nach Aussage dieser Messungen muß z. B. Oberitalien gemeinsam mit Korsika und Sardinien eine Rotation im Gegenuhrzeigersinn um

⁵⁾ Zu den teils nomenklatorischen Problemen „Wurzel“, „Wurzelzone“ und „Gebirgs Wurzel“ siehe z. B. CORNELIUS, 1940; TOLLMANN, 1963 und 1968 b; SCHMIDT-THONÉ, 1972 und 1973 (Deutsches Handwörterbuch der Tektonik, Stichwort „Gebirgs Wurzel“ in Druck).

zirka 50° durchgeführt haben. Der Drehpunkt wäre nach WUNDERLICH (1965, S. 706) etwa bei Genua zu suchen. Details finden sich in dem ausgezeichneten Überblick von GÜNTHER (1973, S. 267 ff., siehe vor allem die Karte S. 37).

Aus der Literatur über paläomagnetische Messungen und deren Auswertung sei in Kürze folgendes mitgeteilt: Nach anfänglichen Mißerfolgen und Fehlinterpretationen (VAN HILTEN, 1960, 1964; DE BOER, 1963, 1965) bleibt als sicheres Beobachtungsergebnis eine Abweichung der Deklination der remanenten Magnetisierung in „Oberitalien“ um 50° bis in das höhere Eozän bestehen (zuletzt SOFFEL, 1972, S. 263 ff., Colli Euganei, nach freundlicher mündlicher Mitteilung 9. 11. 1973, inzwischen in den Lessinischen Alpen bestätigt). Diese Abweichung scheint bereits im tiefen Oligozän durch Rotation im Gegenuhrzeigersinn beseitigt zu sein. Hingegen weicht die Inklination nicht signifikant vom gleichzeitigen Referenzwert ab, im Gegensatz zur Annahme VAN HILTENS und DE BOERS, die dadurch zu den erwähnten Riesentransporten bewogen worden waren. HOSPERS & VAN ANDEL (1969, S. 28, 29) hatten dies berichtet und ZIJDERVELD et al. (1970, S. 656) stellen fest, daß jedenfalls paläomagnetische Belege für „megatektonische“ Horizontalverschiebungen in der Größenordnung des „Tethys-Twist“ (z. B. DE JONG, 1967, S. 108 ff.) nicht existieren.

Nördlich der PN liegen verwertbare paläomagnetische Messungen derzeit nicht vor, so daß unbekannt ist, ob das Ostalpin zu „stable Europe“ gehört oder noch mitrotiert wurde. Erste Messungen (SOFFEL, Kurzvortrag Trento 10. 10. 1973) lassen zumindest die Möglichkeit zu, daß letzteres der Fall ist⁶⁾. — Hier liegt noch ein weites Feld für paläomagnetische Untersuchungen offen. Auch der Frage relativer Drehbewegungen einzelner Schollen (Ötztalmasse!) könnte noch nachgegangen werden. Selbstverständlich muß die Probenahme unter Berücksichtigung aller geologischen Imponderabilien erfolgen.

Schlußwort

Die vorstehenden Ausführungen mögen den Anschein erwecken, es sei dem Verfasser darauf angekommen, mehr die gegen große Bewegungen sprechenden Gegebenheiten hervorzuheben. Dies ist nicht der Fall. Vielmehr soll angedeutet werden, daß sich derzeit eine Reihe von beobachtbaren Tatsachen nicht ohne weiteres miteinander vereinbaren lassen. Gewisse tektonische Strukturen und namentlich der Metamorphosesprung (zeitlich und faziell) an der PN sprechen für eine scharfe Trennung, verwandte Züge, vor allem der präalpidischen Gebirge, aber auch der Fazies im Mesozoikum und der länger anhaltende Magmatismus im unmittelbaren Bereich der Naht machen vor allem größere Horizontaltransporte eher unwahrscheinlich.

Nachtrag

Nach Ablieferung des Manuskriptes erschien eine Arbeit von E. CLAR, mit dem Titel „Review of the Structure of the Eastern Alps“ (siehe Literaturverzeichnis),

⁶⁾ Inzwischen haben neue paläomagnetische Ergebnisse Hinweise gebracht (SOFFEL im Druck), daß die Ostalpine Decke eine den Südalpen vergleichbare Rotation mitgemacht hat (Nachtr. 2. Korr.).

auf die hier ausdrücklich verwiesen sei. Die in ihr dargestellte Auffassung von den Beziehungen zwischen Ost- und Südalpen (z. B. S. 254) deckt sich wohl weitgehend mit der im Vorstehenden vertretenen.

Literatur

- AHRENDT, H.: Tertiärer Vulkanismus in der Canavese-Zone? — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1969, S. 513—516, Stuttgart 1969.
- AHRENDT, H.: Zur Stratigraphie, Petrographie und zum tektonischen Aufbau der Canavese-Zone und ihrer Lage zur Insubrischen Linie zwischen Biella und Curogné (Norditalien). — Göttinger Arb. Geol. Paläont., 11, 89 S., Göttingen 1972.
- ANDERLE, N.: Stratigraphische und tektonische Probleme im Bereich des österreichischen Anteiles der Westkarawanken zwischen Rosenbach und Thörl unter Berücksichtigung der alpinen Orogenese. — Geologija, 13, S. 116—132, Ljubljana 1970.
- ANDREATTA, C.: La „Linea di Peio“ nel massiccio dell'Ortler e le sue miloniti. — Acta Geol. Alp., 1, S. 1—63, Bologna 1948.
- ANDREATTA, C.: Syntektonische und posttektonische magmatische Erscheinungen der Ortlergruppe in Beziehung zum alpinen Magmatismus. — Tschermaks Min. Petr. Mitt., 3, S. 93—114, Wien 1953.
- ANGENHEISTER, G., BÖGEL, H. et al.: Recent investigations of surficial and deeper crustal structures of the Eastern and Southern Alps. — Geol. Rdsch., 61, 2, S. 349—395, Stuttgart 1972.
- ANGENHEISTER, G., BÖGEL, H., & MORTEANI, G.: Die Ostalpen im Bereich einer Geotraverse vom Chiemsee bis Vicenza. — Nachr. Deutsch. Geol. Ges., H. 9, 1974.
- ANGENHEISTER, G., BÖGEL, H., & MORTEANI, G.: Die Ostalpen im Bereich einer Geotraverse vom Chiemsee bis Vicenza. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 148, S. 50—137, Stuttgart 1975.
- ARTINI, E., & MELZI, G.: Ricerche petrografiche e geologiche sulla Valsesia. — Mem. R. Ist. Lomb. Sc. et Arti Milano, 3, 9, S. 219—392, Mailand 1900.
- Autorenkollektiv: „Tiefenbrüche“, Bibliographisches Verzeichnis der Literatur 1950—1970. — Abh. Akad. Wiss. USSR, Isd. Nauk, Moskau 1972.
- BAGGIO, P. et al.: Note illustrative della carta geologica d'Italia, 1 : 100.000, foglio 1 Passo del Brennero/4 a Bressanone, S. 1—120, Rom 1969.
- BAUER, F. K.: Zur Fazies und Tektonik des Nordstammes der Ostkarawanken von der Petzen bis zum Obir. — Jahrb. Geol. B.-A., 113, S. 189—246, Wien 1970.
- BEARTH, P., & NIGGLI, E.: Exkursion Nr. 20 a: Domodossola-Baveno-Ornavasso-Piedimulera. — Geol. Führer Schweiz, 5, S. 351—358, Wepf & Co., Basel 1967.
- BECK-MANNAGETTA, P.: Eisenvererzung und Tektonik in den östlichen Zentralalpen — ein Deutungsversuch. — Montan-Rundschau, 1, S. 1—3, Wien 1960.
- BECK-MANNAGETTA, P.: Über das Westende der Pannonischen Masse. — Mitt. Geol. Ges. Wien, 59, 2, Jg. 1966, S. 139—150, Wien 1967.
- BERNOULLI, D.: Zur Geologie des Monte Generoso. — Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, 118, S. 1—134, Bern 1964.
- BERNOULLI, D.: North-Atlantic and Mediterranean Mesozoic Facies: a comparison. — Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 11, S. 801—871, Washington 1972.
- BIANCHI, A.: Studi petrografici sull'Alto Adige Orientale e regioni limitrofe. — Mem. Ist. Geol. Univ. Padova, 10, S. 1—240, Padua 1934.
- BIANCHI, A., CALLEGARI, E., & JOBSTRABITZER, P. G.: I tipi petrografici fondamentali del plutone dell'Adamello. — Mem. Ist. Geol. Min. Univ. Padova, 27, Padua 1970.
- BIRKENMAJER, K.: Geology of the Pieniny Klippen Belt of Poland. — Jahrb. Geol. B.-A., 103, S. 1—36, Wien 1960.
- BORSI, S., FERRARA, G., & TONGIORGI, E.: Rb/Sr and K/Ar ages of intrusive rocks of Adamello and M. Sabion (Trentino Italy). — Earth and Planetary Science Letters, 1, S. 55—57, Amsterdam 1966.
- BORSI, S., & FERRARA, G.: Determinazione dell'età delle rocce intrusive di Predazzo con i metodi dell'Rb/Sr e K/Ar. — Min. Petr. Acta, 13, S. 45—66, Bologna 1967.

- BORSI, S., FERRARA, G. et al.: Isotopic age measurements of the Monzoni intrusive complex. — *Min. Petr. Acta*, 14, S. 171—183, Bologna 1968.
- BORSI, S., DEL MORO, A., & FERRARA, G.: Età radiometriche delle rocce intrusive del Massiccio di Bressanone-Ivigna-Monte Croce (Alto Adige). — *Boll. Soc. Geol. It.*, 91, S. 387—406, Rom 1972.
- BORTOLAMI, G., CARRARO, F., & SACCHI, R.: Le migmatiti della Zona Diorito-kinzigitica nell' Biellese ed il loro inquadramento geotettonico. — *Boll. Soc. Geol. It.*, 84, 2, S. 5—21, Rom 1965.
- BOSELLINI, A.: Lineamenti strutturali delle Alpi Meridionali durante il Permo-Trias e alcune considerazioni sui possibili rapporti con la tettonica alpida. — *Mem. Mus. St. Nat. Ven. Trid.* 15, 3, S. 1—68, Trient 1965.
- BRANDNER, R.: „Südalpinen“ Anis in den Lienzer Dolomiten (Drauzug) (Ein Beitrag zur alpin-dinarischen Grenze). — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, 21, S. 143—162, Innsbruck 1972.
- BRENNEIS, P.: Zur Geochemie und Genese der Ultramafite im Bergzug südlich des Ultental (Südtirol). — *Dissertationsdruck, Univ. Saarland*, S. 1—129, Saarbrücken 1971.
- CADISCH, J., LEUPOLD, W. et al.: Geologische Untersuchungen in Mittelbünden. — *Viertelj. d. Naturf. Ges.*, 64 (Heimfestschrift), S. 359—417, Zürich 1919.
- CARRARO, F., & FERRARA, G.: Alpine „Tonalite“ at Miagliano, Biella (Zona Diorito-kinzigitica). — *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 48, 1, S. 75—80, Zürich 1968.
- CASTELLARIN, A., & FERRARI, A.: Evoluzione paleotettonica sinsedimentaria del limite tra „Piattaforma Veneta“ e „Bacino Lombardo“, a nord di Riva del Garda. — *Giorn. Geol.*, (2), 38, 1, S. 11—212, Bologna 1972.
- CLAR, E.: Zur Einfügung der Hohen Tauern in den Ostalpenbau. — *Verh. Geol. B.-A.*, S. 93—104, Wien 1953.
- CLAR, E.: Zum Bewegungsbild des Gebirgsbaues der Ostalpen. — *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 116, Jg. 1964, 2, S. 267—291, Hannover 1965.
- CLAR, E.: Bemerkungen für eine Rekonstruktion des variskischen Gebirges in den Ostalpen. — *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 122, S. 161—167, Hannover 1971.
- CLAR, E.: Review of the Structure of the Eastern Alps. — In: DE JONG, K. A., & SCHOLTEN, R. ed., „Gravity and Tectonics“, S. 253—270, New York, London, Sidney, Toronto 1973.
- COMIN CHIARAMONTI, P.: Il sistema filonino del Massiccio granodioritico di Ivigna nella parte prossima a Merano. — *Atti Accad. Roveretana Agiati Cl. fis. mat. nat.* 218, s. 6, 8, Jg. 1968, S. 57—72, Rovereto 1970.
- CORNELIUS, H. P.: Zur Auffassung der Ostalpen im Sinne der Deckenlehre. — *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 92, S. 271—310, Berlin 1940.
- CORNELIUS, H. P.: Gibt es eine „alpin-dinarische Grenze“? — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 36—38, S. 231—244, Wien 1949.
- CORNELIUS, H. P., & FURLANI-CORNELIUS, M.: Die Insubrische Linie vom Tessin bis zum Tonalepaß. — *Denkschr. österr. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl.*, 102, Jg. 1930, S. 207—301, Wien 1931.
- CORNELIUS-FURLANI, M.: Gedanken zur tektonischen Stellung der Lienzer Dolomiten in Osttirol (Österreich). — *Kraus-Festschrift, Abh. dtsh. Akad. Wiss., Berlin, Kl. 3*, 1, S. 36—39, Berlin 1960.
- DAL-PIAZ, G.: Il confine alpino-dinarico dall' Adamello al massiccio di Monte Croce nell' Alto Adige. — *Atti. Acc. Sc. Vent. Trent. Istr. s. 3*, 17, S. 3—7, Padua 1926.
- DAL-PIAZ, G.: Studi geologici sull' Alto Adige Orientale e regioni limitrofe. — *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova*, 10, S. 1—242, Padua 1934.
- DAL-PIAZ, G. V., HUNZIKER, J. C., & MARTINOTTI, G.: La zona Sesia-Lanzo e l'evoluzione tettonico-metamorfica delle Alpi nordoccidentali interne. — *Mem. Soc. Geol. It.*, 11, S. 433—460, Pisa 1972.
- DEBELMAS, J., & LEMOINE, M.: The western Alps: paleogeography and structure. — *Earth-Science Rev.*, 6, 4, S. 221—256, Amsterdam 1970.
- DE BOER, J.: Geology of the Vicentinian Alps (NE-Italy). — *Geologica Ultraiectina*, 11, S. 1—178, Utrecht 1963.
- DE BOER, J.: Paleomagnetic indications of megatectonic movements in the Tethys. — *J. Geophys. Research*, 70, 4, S. 931—944, Washington 1965.

- DE JONG, K. A.: Paläogeographie des ostalpinen oberen Perms, Paläomagnetismus und Seitenverschiebungen. — *Geol. Rdsch.*, 56, 1, S. 103—115, Stuttgart 1967.
- DE SITTER, L. U.: Antithesis Alps-Dinarides. — *Geol. en Mijnb.*, 9, 1, S. 1—13, s'Gravenshage 1947.
- DE SITTER, L. U., & DE SITTER-KOOMANS, C. M.: The Geology of the Bergamasc Alps, Lombardia, Italy. — *Leidse Geol. Mededeelingen*, 14 B, S. 1—257, Leiden 1949.
- DEWEY, J. F., & BIRD, J. M.: Mountain Belts and the New Global Tectonics. — *J. Geophys. Research*, 75, 14, S. 2625—2647, Washington 1970.
- DEWEY, J. F., PITMAN, W. C. (III) et al.: Plate Tectonics and the Evolution of the Alpine System. — *Geol. Soc. America Bull.*, 84, 10, S. 3137—3180, Boulder/Colorado 1973.
- DIETZEL, G. F. L.: Geology and Permian paleomagnetism of the Merano region, province of Bolzano, N. Italy. — *Geol. Ultraiectina*, 4, 58 S., Utrecht 1960.
- DIMITRIJEVIĆ, M. D., & DIMITRIJEVIĆ, M. N.: Olistostrome mélange in the Yugoslavian Dinarides and late mesozoic plate tectonics. — *J. Geol.*, 81, 3, S. 328—340, Chicago 1973.
- DUMITRESCU, I., & SANDULESCU, M.: Esquisse tectonique de la Roumanie. — *Anuarul Comitetului le Stat al Geologiei*, 36, Bukarest 1968.
- ESCHER, B. G.: Über die prätriassische Faltung in den Westalpen mit besonderer Berücksichtigung des Karbons an der Nordseite der Tödi. — *Promotionsarbeit*, S. 1—174, Zürich 1911.
- EXNER, C.: Der rezente Sial-Tiefenwulst unter den östlichen Hohen Tauern. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 39—41, S. 75—84, Wien 1951.
- EXNER, C.: Der Adamello-Pluton und seine Kontakte im Lichte der neueren italienischen Forschungen. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 54, Jg. 1961, S. 261—265, Wien 1962.
- EXNER, C.: Geologie von Österreich, in: BECK-MANNAGETTA et al. ed. Erläuterungen zur Geologischen und zur Lagerstättenkarte 1 : 1,000,000 von Österreich. — S. 67—75, *Geol. B.-A.*, Wien 1966.
- EXNER, C.: Geologie der Karawankenplutone östlich Eisenkappel, Kärnten. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 64, S. 1—108, Wien 1972.
- FABRICIUS, F. H., BERDAU, D., & MÜNNICH, K.-O.: Early Holocene Ooids in Modern Littoral Sands Reworked from a Coastal Terrace, Southern Tunisia. — *Science*, 169, S. 757—760, Washington 1970.
- FABRICIUS, F., & SCHMIDT-THOMÉ, P.: Contribution to Recent Sedimentation on the Shelves of the Southern Adriatic, Ionian, and Syrtis Seas. — In: STANLEY, D. J. ed., *The Mediterranean Sea*, S. 333—343, Stroudsburg, Pa. 1972.
- FALLOT, P.: Les dilemmes tectoniques des Alpes Orientales. — *Ann. Soc. Géol. de Belg.* 78, Jg. 1954/55, S. 147—170, Lüttich 1955.
- FANINGER, E.: Tonalit von Pohorje und seine Differentiate. — *Geologija*, 13, S. 90—104, Ljubljana 1970.
- FAVRETTO, L., & NARDI, M.: Il Granito di Bressanone nella zona compresa fra la Valle di Dosso e l'Alpe Valnisa. — *Boll. Soc. Adriatica Sci. Trieste*, 51, 1960, 1 n. s., S. 1—41, Trieste 1961.
- FERRARA, G.: Primi risultati e considerazioni sulla datazione assoluta delle rocce intrusive del Massiccio dell'Adamello. — *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, s. A, 2, Pisa 1962 a.
- FERRARA, G., HIRT, B. et al.: Datazione assoluta di alcune rocce del Massiccio intrusivo di Cima d'Asta. — *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, s. A, 2, Pisa 1962 b.
- FERRARA, G., HIRT, B. et al.: Rb-Sr and U-Pb Age Determinations on the Pegmatite of I Mondei (Penninic Camughera-Monucco-Complex, Italian Alps) and some Gneisses from the Neighbourhood. — *Eclogae geol. Helv.*, 55, 2, S. 443—450, Basel 1962 c.
- FLÜGEL, H.: 140 Jahre geologischer Forschung im Grazer Paläozoikum. Ein Beitrag zum Erzherzog-Johann-Jahr 1959. — *Mitt. naturw. Ver. Stmk.*, 88, S. 51—78, Graz 1958.
- FLÜGEL, H.: Übersicht über die Profile durch die Silur/Devon-Grenze im westlichen Europa, in: SVOBODA, J.: *Prager Arbeitstagung über die Stratigraphie des Silurs und des Devons (1958)*, S. 115—121, Prag 1960.
- FLÜGEL, H.: Das Paläozoikum in Österreich. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 56/2, S. 401—443, Wien 1964 a.
- FLÜGEL, H.: Versuch einer geologischen Interpretation einiger absoluter Altersbestimmungen aus dem ostalpinen Kristallin. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, S. 613—625, Stuttgart 1964 b.

- FLÜGEL, H. W.: Fortschritte in der Stratigraphie des ostalpinen Paläozoikums (1964—1969). — Zbl. Geol. Paläont., I 4/5, S. 661—687, Stuttgart 1970 a.
- FLÜGEL, H. W.: Die Eingliederung des Grazer Paläozoikums in die Paläogeographie des ostalpinen Variscikums. — Nachr. Deutsch. Geol. Ges., 2, S. 34 Hannover 1970 b.
- FLÜGEL, H. W., & SCHÖNLAUB, H. P.: Geleitworte zur stratigraphischen Tabelle des Paläozoikums von Österreich. — Verh. Geol. B.-A., 72, 2, S. 187—198, Wien 1972.
- FOULLON, H. VON: Über Porphyrite aus Tirol. — Jahrb. Geol. R.-A., 36, S. 747—777, Wien 1886.
- FRECH, F.: Die Gebirgsformen im südwestlichen Kärnten und ihre Entstehung. — Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 27, S. 349—396, Berlin 1892.
- FRECH, F.: Die Tribulaungruppe am Brenner in ihrer Bedeutung für den Gebirgsbau. — Richtig-hofen-Festschrift, S. 77—114, Berlin 1893.
- FURLANI, M.: Studien über die Triaszonen im Hochpustertal, Eisack- und Pensertal in Tirol. — Denkschr. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl., 97, S. 33—53, Wien 1919.
- GAERTNER, H. R. VON: Die Eingliederung des ostalpinen Paläozoikums. — Z. Deutsch. Geol. Ges., 86, 5, S. 241—265, Berlin 1934.
- GALLITELLI, P.: Ricerche petrografiche sul granito di Baveno. — Atti Soc. Sc. Nat. 45, Pisa 1935.
- GALLITELLI, P., & SIMBOLI, G.: Petrological and Geochemical Research on the Rocks of Predazzo and Monzoni (North Italy). — Verh. Geol. B.-A., 2, S. 326—343, Wien 1971.
- GANSSEER, A.: The Insubric Line, a Major Geotectonic Problem. — Schweiz. Min. Petr. Mitt., 48, 1, S. 123—143, Zürich 1968.
- GEYER, G.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Österr.-ungar. Monarchie, 1 : 75.000, Sillian und St. Stefano del Comelico, S. 1—50, Geol. R.-A., Wien 1902.
- GIESE, P.: Versuch einer Gliederung der Erdkruste im nördlichen Alpenvorland, in den Ostalpen und in Teilen der Westalpen mit Hilfe charakteristischer Refraktions-Laufzeitkurven sowie eine geologische Deutung. — Inst. f. Meteorol. u. Geophys. d. Freien Univ. Berlin, Geophys. Abh. 1, 2, S. 1—214, Berlin 1968.
- GIESE, P., GÜNTHER, K., & REUTTER, K.-J.: Vergleichende geologische und geophysikalische Betrachtungen der Westalpen und des Nordapennins. — Z. Deutsch. Geol. Ges., 120, S. 151—195, Hannover 1970.
- GIESE, P., GÜNTHER, K., & REUTTER, K.-J.: Versuch einer Synthese zwischen dem geotektonischen Bauplan und der Krustenstruktur der Alpen. — DFG Forschungsbericht — Unternehmen Erd-mantel, S. 330—335, Wiesbaden 1972.
- GRÄSER, S., & HUNZIKER, J. C.: Rb-Sr- und Pb-Isotopen-Bestimmungen an Gesteinen und Mineralien der Ivrea-Zone. — Schweiz. Min. Petr. Mitt. 48, 1, S. 189—204, Zürich 1968.
- GRAUERT, B.: Die Entwicklungsgeschichte des Silvretta-Kristallins auf Grund radiometrischer Altersbestimmungen. — Dissertationsdruck, Univ. Bern, 166 S., München 1969.
- GÜNTHER, K.: Ergebnisse meeresgeologischer und geophysikalischer Untersuchungen in der nördlichen Tyrrhenis und im Ligurischen Meer und ihre Konsequenzen für die Deutung der Orogenese des Nordapennins. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 142, 3, S. 265—296, Stuttgart 1973.
- GYR, TH.: Geologische und petrographische Untersuchungen am Ostrande des Bergeller Massivs. — Dissertationsdruck Zürich 1967 (Mitt. Geol. Inst. ETH/Univ. Zürich, 66), S. 1—124, Zürich 1967.
- HÖFER, H.: Die geologischen Verhältnisse der St. Pauler Berge in Kärnten. — Sitz.-Ber. österr. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl., 1, S. 467—488, Wien 1894.
- HANSON, G. N., EL-TAHLAWI, M. R., & WEBER, W.: K-Ar and Rb-Sr ages of pegmatites in the South Central Alps. — Earth and Planetary Science letters, 1, S. 407—413, Amsterdam 1966.
- HARRE, W., KREUZER, H. et al.: Rb/Sr- und K/Ar-Altersbestimmungen an Gesteinen des Ötztal-kristallins (Ostalpen). — Geol. Jahrb., 86, S. 797—826, Hannover 1968.
- HERITSCH, F.: Die österreichischen und deutschen Alpen bis zur alpino-dinarischen Grenze (Ost-alpen). — Handb. der reg. Geologie, H. 18, Bd. II/5, 153 S., Heidelberg 1915.
- HERITSCH, F.: Die Grundlagen der alpinen Tektonik. — 259 S., Borntraeger, Berlin 1923.
- HERITSCH, F.: Die Deckentheorie in den Alpen (Alpine Tektonik 1905—1925). — Fortschr. Geol. Paläont., 6, 17, S. 75—210, Berlin 1927.
- HERITSCH, F.: Die Karnischen Alpen. Monographie einer Gebirgsgruppe der Ostalpen mit variszischem Bau. — 205 S., Geol. Inst. Univ., Graz 1936.

- HERITSCH, F., & BOSWELL, P. G.: The Nappes Theory of the Alps. — London 1929
- HÖRNES, S.: Petrographische Untersuchungen an Paragneisen des polymetamorphen Silvretta-kristallins. — *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 15, S. 56—70, Wien 1971.
- HOSPERS, J., & VAN ANDEL, S. I.: Palaeomagnetism and tectonics, a review. — *Earth-Sci. Rev.*, 5, S. 5—44, Amsterdam 1969.
- HUNZIKER, J. C., & BEARTH, P.: Rb-Sr-Altersbestimmungen aus den Walliser Alpen. Biotitalterswerte und ihre Bedeutung für die Abkühlungsgeschichte der alpinen Metamorphose. — *Eclogae geol. Helv.*, 62, 1, S. 205—222, Basel 1969
- JÄGER, E.: Die alpine Orogenese im Lichte der radiometrischen Altersbestimmung. — *Eclogae geol. Helv.*, 66, 1, S. 11—21, Basel 1973.
- JÄGER, E., & FAUL, H.: Age measurements on some granites and gneisses from the Alps. — *Geol. Soc. America Bull.*, 70, S. 1563—1558, Boulder/Colorado 1959.
- JÄGER, E., & FAUL, H.: Altersbestimmungen an einigen Schweizer Gesteinen und dem Granit von Baveno. — *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 40, S. 10—12, Zürich 1960.
- JÄGER, E., NIGGLI, E., & WENK, E.: Rb-Sr Altersbestimmungen an Glimmern der Zentralalpen. — *Beitr. Geol. Karte Schwarz, N. F.*, 134, S. 1—67, Bern 1967.
- JOHNSON, M. R. W.: Displacement on the Insubric Line. — *Nature Phys. Sc.*, 241, S. 116—117, London 1973.
- JONGMANS, W. J.: Die Karbonflora der Schweiz. Mit einem Beitrag von E. RITTER: Die Karbonvorkommen der Schweiz. — *Beiträge z. Geol. Karte Schweiz, N. S.* 108, S. 9—97, Bern 1960.
- KAHLER, F.: Über den Verlauf der periadriatischen Naht östlich von Villach. — *Anz. österr. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl.*, 73, S. 179—182, Wien 1936.
- KAHLER, F.: Die Oberkarbon-Permschichten der Karnischen Alpen und ihre Beziehungen zu Südosteuropa und Asien. — *Carinthia II*, 136, S. 58—76, Klagenfurt 1947.
- KAHLER, F.: Die Überlagerung des variszischen Gebirgskörpers der Ost- und Südalpen durch jungpaläozoische Sedimente. — *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 122, S. 137—143, Hannover 1971.
- KAHLER, F.: Beiträge zur Kenntnis der Fusuliniden der Ostalpen: Ein Kalkgeröll mit permischen Fusuliniden aus der Oberkreide der Weststeiermark. — *Palaeontographica Abt. A*, 141, 5—6, S. 143—153, Stuttgart 1973.
- KAHLER, F., & PREY, S.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen. — *Geol. B.-A.*, 116 S., Wien 1963.
- KARL, F.: Vergleichende petrographische Studien an den Tonalitgraniten der Hohen Tauern und den Tonalitgraniten einiger periadriatischer Intrusivmassive. Ein Beitrag zur Altersfrage der zentralen granitischen Massen in den Ostalpen. — *Jb. Geol. B.-A.*, 102, 1, S. 1—192, Wien 1959.
- KIESLINGER, A.: Die Lavanttaler Störungszone und ihre Beziehungen zur ostalpinen Tektonik. — *Anz. österr. Akad. Wiss. Wien*, 65, S. 78—80, Wien 1928.
- KIESLINGER, A.: Zur Geologie des südöstlichen Bachers. — *Anz. österr. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl.*, 73, S. 53—61, Wien 1936.
- KODSI, M. G., & FLÜGEL, H. W.: Lithofazies und Gliederung des Karbons von Nötsch. — *Carinthia II*, 160/80, S. 7—17, Klagenfurt 1970.
- KOSSMAT, F.: Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltenregion. — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 6, S. 61—165, Wien 1913.
- KÖRÖSSY, L.: Geologischer Bau der ungarischen Becken. — *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 116, 2, S. 292—307, Hannover 1965.
- KRAUS, E.: Der Abbau der Gebirge. Bd. 1, Der alpine Bauplan. — S. 1—352, Berlin 1936.
- KREBS, N.: Länderkunde der österreichischen Alpen. In: *Bibliothek länderkundlicher Handbücher.* — 556 S., Stuttgart 1913.
- KRUMMENACHER, J. D., & EVERNDEN, J. F.: Déterminations d'âge isotopique faites sur quelques roches des Alpes par la méthode Potassium-Argon. — *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 40, S. 267—277, Zürich 1960.
- KÜNZLI, E.: Die Kontaktzone um die Ulten-Iffingermasse. — *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 18, S. 412—443, Wien 1899.
- LANGHEINRICH, G., SCHÄLICHE, W., & SCHMIDT, A. E.: Zur Geologie des Tauernwestendes zwischen Brenner-Paß und Gossensaß (Colle Isarco), Südtirol/Italien. — *Göttinger Arb. Geol. Paläont.*, 5, H. Martin-Festschrift, S. 51—75, Göttingen 1970.

- LAUBSCHER, H. P.: Bewegung und Wärme in der alpinen Orogenese. — Schweiz. Min. Petr. Mitt., 50, 3, S. 565—596, Zürich 1970.
- LAUBSCHER, H. P.: The large-scale kinematics of the western Alps and the northern Apennines and it's palinspastic implications. — Amer. J. Sc., 271, 3, S. 193—226, New Haven 1971 a.
- LAUBSCHER, H. P.: Das Alpen-Dinariden-Problem und die Palinspastik der südlichen Tethys. — Geol. Rdsch., 60, S. 813—833, Stuttgart 1971 b.
- LAUBSCHER, H.P.: Alpen und Plattentektonik. Das Problem der Bewegungsdiffusion an kompressiven Plattengrenzen. — Z. Deutsch. Geol. Ges., 124, S. 295—308, Hannover 1973.
- LENSCH, G.: Die Zone von Ivrea und der Obere Mantel. — In Druckvorbereitung.
- MAHEL, M.: Attitude to some aspects of the folding process in the Alpes and it's course in the Eastern Alps, Carpathians and Dinarides. — Geol. Sbornik, Geologica carpathica 22, Bratislava 1971.
- MAKRIS, J.: Aufbau der Kruste in den Ostalpen aus Schweremessungen und die Ergebnisse der Refraktionsseismik. — Hamburg. Geophys. Einzelschr., 15, 65 S., Hamburg 1971.
- MARIOTTI, A.: Précisions sur la stratigraphie des Lienz Dolomiten. Hypothèses sur les relations paléogéographiques entre les Alpes orientales et les Alpes méridionales: conséquences structurales. — Géologie Alpine, 48, 1, S. 121—129, Grenoble 1972.
- MASCH, L.: Die Pseudotachylite der Silvretta, eine Untersuchung ihrer Deformation und Aufschmelzung. — Dissertationsdruck, Univ. München, 63 S., München 1970.
- MILLER, D. S., JÄGER, E., & SCHMIDT, K.: Rb-Sr-Altersbestimmungen an Biotiten der Raibler Schichten des Brenner Mesozoikums und am Muskovitgneis von Vent (Ötztaler Alpen). — Eclogae geol. Helvet., 60, 2, S. 529—541, Basel 1967.
- MOJSISOVICS, E. VON: Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien. — S. 1—552, Hölder, Wien 1879.
- MORGANTE, S. et al.: Carta geo-petrografica del massiccio granitico di Bressanone, M 1 : 50.000. — Ist. Min. Petr. dell'Univ. di Trieste, Triest 1965.
- MORGANTE, S. et al.: Carta geo-petrografica del massiccio granodioritico di Ivigna (Alto Adige), M 1 : 50.000. — Ist. Min. Petr. dell'Univ. di Trieste, Triest 1970.
- MORTEANI, G.: Petrographisch-geologische und lagerstättenkundliche Untersuchungen im Cima d'Asta-Kristallin. — Mem. Mus. Trid. Sci. Nat., 16 (2), S. 1—136, Trient 1966.
- MOSTLER, H.: Struktureller Wandel und Ursachen der Faziesdifferenzierung an der Ordoviz/Silur-Grenze in der Nördlichen Grauwackenzone (Österreich). — Festband d. Geol. Inst., 300-Jahr-Feier Univ. Innsbruck, S. 507—522, Innsbruck 1970.
- MOSTLER, H.: Die permoskythische Transgressions-Serie der Gailtaler Alpen. — Verh. Geol. B.-A., 1972, S. 143—149, Wien 1972 a.
- MOSTLER, H.: Postvariscische Sedimente im Montafon (Vorarlberg). — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 20, S. 171—174, Wien 1972 b.
- MOTICSKA, P.: Petrographie und Strukturanalyse des westlichen Bergeller Massivs. — Schweiz. Min. Petr. Mitt. 50, 2, S. 355—443, Zürich 1970.
- MÜLLER, F. C.: Die Erzlagerstätten von Traversella in Piemont. — Z. prakt. Geologie, 20, S. 209—240, Berlin 1912.
- NAGY, E.: Der Stand der Forschungen im Bereiche des Paläozoikums in Ungarn. — Verh. Geol. B.-A., 2, S. 199—213, Wien 1972.
- NIGGLI, E.: Alpine Metamorphose und alpine Gebirgsbildung. — Fortschr. Mineral., 47, S. 16—26, Stuttgart 1970.
- NOLLAU, G.: Petrographische und tektonische Untersuchungen am periadriatischen Rensgranit in Südtirol. — Unpublizierte Habilitationsschrift, Univ. Erlangen, S. 1—215, Erlangen 1971.
- OBERHAUSER, R.: Beiträge zur Kenntnis der Tektonik und der Paläogeographie während der Oberkreide und dem Paläogen im Ostalpenraum. — Jb. Geol. B.-A., 111, S. 115—145, Wien 1968.
- OBERHAUSER, R.: Stratigraphisch-paläontologische Hinweise zum Ablauf tektonischer Ereignisse in den Ostalpen während der Kreidezeit. — Geol. Rundsch., 62, S. 96—106, Stuttgart 1973.
- OGNIBEN, L.: Studio chimico-petrografico sul Monte Sabion. — Ist. Min. dell'Università di Padova, S. 1—83, Padua 1952.
- OGNIBEN, L.: Modello Strutturale d'Italia, Foglio 1 e 2, 1 : 1,000,000, Rom 1973 a.

- OGNIBEN, L.: Conclusioni sullo stato attuale delle conoscenze nella geologia dell'Appennino. — *Acc. Naz. Lincei*, 370, Quad. N. 183, S. 367—445, Rom 1973 b.
- OSBURN, E. R.: Flake Tectonics and Continental Collision. — *Nature*, 239, S. 202—204, London 1972.
- PEIVE, A. V.: Die Tiefenbrüche in den Geosynklinalgebieten. — *Abh. Akad. Wiss. USSR, Fests. Geol.*, 5, S. 22—46, Moskau 1945.
- PIDGEON, R. T., KÖPPEL, V., & GRÜNENFELDER, M.: U-Pb Isotopic Relationship in Zircon Suites from a Para- and Ortho-Gneis from the Ceneri Zone, Southern Switzerland. — *Contr. Mineral. and Petrol.*, 26, 1, S. 1—11, Heidelberg 1970.
- PURTSCHELLER, F.: Petrographische Untersuchungen an Alumosilikatgneisen des Ötztaler-Stubai-er Altkristallins. — *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 13, S. 35—54, Wien 1969.
- PURTSCHELLER, F.: Ötztaler und Stubai-er Alpen. — *Sammlung Geologischer Führer*, 53, 111 S., Borntraeger, Berlin/Stuttgart 1971.
- REINHARD, M.: Über das Grundgebirge des Sottoceneri im Süd-Tessin und die darin auftretenden Ganggesteine. — *Beitr. Geol. Karte Schweiz, N. F.*, 117, S. 1—39, Bern 1964.
- REINHARD, M., & SPICHER, A.: Exkursion Nr. 25. Bellinzona—Monte Ceneri—Ligano—Manno—Malcantone—Monte Caslano. Val Colla. Morcote-Halbinsel. — *Geol. Führer d. Schweiz*, Heft 5, S. 431—440, Basel 1967.
- RIEHL-HERWIRSCH, G., & WASCHER, W.: Die postvariszische Transgressionsserie im Bergland von Magdalenberg. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, 20, S. 127—138, Wien 1972.
- ROST, F.: Ultramafite in der Kruste. — *DFG Forschungsbericht — Unternehmen Erdmantel*, S. 274—279, Wiesbaden 1972.
- SALOMON, W.: Neue Beobachtungen aus den Gebieten der Cima d'Asta und des Monte Adamello. — *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 12, S. 408—415, Wien 1891.
- SALOMON, W.: Nuove osservazioni nelle regioni di Cima d'Asta e dell'Adamello. — *Giorn. Min., Crista. e Petro.*, 3, S. 141—148, Pavia 1892.
- SALOMON, W.: Über Alter, Lagerungsform und Entstehungsart der periadriatischen granitisch-körnigen Massen. — *Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, 17, H. 2/3, S. 109—284, Wien 1897.
- SALOMON, W.: Über das Alter der periadriatischen granitisch-körnigen Massen. — *Eclogae geol. Helv.*, 5, S. 33—38, Lausanne 1898.
- SALOMON, W.: Die alpine-dinarische Grenze. — *Verh. Geol. R.-A.*, S. 341—343, Wien 1905.
- SALOMON, W.: Die Adamellogruppe. — *Abh. Geol. R.-A.*, 21, 1, 2, S. 1—603, Wien 1908/1910.
- SALOMON-CALVI, W.: Epeirophorese Tl. 1. — *Sitzber. Heidelberger Akad. Wiss., mathem.-naturwiss. Kl.*, 6. Abh., S. 1—26, Berlin/Leipzig 1930.
- SALOMON-CALVI, W.: Die Fortsetzung der Tonalinie in Kleinasien. — *Anz. österr. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl.*, 74, S. 117—119, Wien 1937.
- SANDER, B.: Geologische Beschreibung des Brixner Granits. — *Jahrb. Geol. R.-A.*, 56, S. 707—744, Wien 1906.
- SANDER, B.: Zur Geologie der Zentralalpen. I. Alpidinarische Grenze in Tirol. — *Verh. Geol. R.-A.*, S. 206—215, Wien 1916.
- SASSI, F. P., & ZANFERRARI, A.: Osservazioni sulla granodiorite affiorante lungo la linea della Gail presso Hollbruck (Tirol Orientale, Austria). — *Stud. Trent. Sci. Nat., Sez. A*, 48, 2, S. 271—281, Trient 1971.
- SASSI, F. P., & ZANFERRARI, A.: Sulla presenza di una massa tonalitica lungo la linea della Gail fra Obertilliach e Liesing (Austria). — *Boll. Soc. Geol. It.*, 92, Rom 1973.
- SCHERING, B., & AHRENDT, H. et al.: Palaeobotanical and geochronological evidence for the alpine age of the metamorphism in the Sesia-Zone. — *Geol. Rdsch.*, 63, 1, Stuttgart 1974.
- SCHINDLMAYR, W.-E.: Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Mauis-Stilfes in Südtirol. — *Dissertationsdruck Univ. München*, 113 S., München 1968.
- SCHMID, R.: Excursion Guide for the Valle d'Ossola Section of the Ivrea-Verbano-Zone. — *Schweiz. Min. Petr. Mitt.*, 48, 1, S. 305—314, Zürich 1968.
- SCHMIDEGG, O.: Steilachsige Tektonik und Schlingenbau auf der Südseite der Tiroler Zentralalpen. — *Jahrb. Geol. B.-A.*, 86, S. 115—149, Wien 1936.
- SCHMIDT, K.: Zum Bau der südlichen Ötztaler und Stubai-er Alpen. — *Verh. Geol. B.-A.*, S. 199—213, Wien 1965.

- SCHMIDT, K., & JÄGER, E. et al.: Rb-Sr- und U-Pb-Altersbestimmungen an Proben des Ötztal-kristallins und des Schneeberger Zuges. — *Eclogae geol. Helv.*, 60, 2, S. 529—536, Basel 1967.
- SCHMIDT-THOMÉ, P.: Tektonik. In: BRINKMANN ed. *Lehrbuch der Allgemeinen Geologie*, Bd. II, S. 1—579, Stuttgart 1972.
- SCHÖNENBERG, R.: Das variszische Orogen im Raume der Südoostalpen. — *Geotekt. Forsch.*, 35, S. 1—22, Stuttgart 1970.
- SCHÖNLAUB, H. P. red.: Arbeitstagung österr. Geologen. Völkermarkt/Kärnten 1. 9.—5. 9. 1973, S. 1—40, Wien 1973.
- SCHWINNER, R.: Der Südostrand der Brentagruppe (S. W. Tirol). — *Mitt. Geol. Ges. Wien*, 6, S. 197—223, Wien 1913.
- SCHWINNER, R.: Dinariden und Alpen. — *Geol. Rdsch.*, 4, H. 1/2, S. 1—22, Leipzig 1915.
- SCHWINNER, R.: Homologien und Analogien in der Tektonik der Ostalpen. — *Jb. Geol. B.-A.* 90, 3 u. 4 (1945), S. 95—115, Wien 1947.
- SCOLARI, A., & ZIRPOLI, G.: Filoni tardoalpini metamorfici negli scisti austridici e pennidici della Val di Valles (Alto Adige). — *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova*, 29, S. 1—32, Padua 1972.
- SCOLARI, A., & ZIRPOLI, G.: Effetti del metamorfismo alpino sugli scisti austridici della Val di Valles (Alto Adige) e confronto con l'evoluzione dei contigui scisti pennidici. — *Mem. Acc. Pat. SS. LL. AA.*, 85, S. 19—48, 1973.
- SELLI, R.: Schema geologico delle Alpi Carniche e Giulie Occidentali. — *Ann. Mus. Geol. di Bologna*, S. 2 a, 30 (1962), S. 1—121, Bologna 1963.
- SENARCLENS-GRANCY, W.: Zur Grundgebirgs- und Quartärgeologie der Deferegger Alpen und ihrer Umgebung. — *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 116, 2, S. 502—511, Hannover 1965.
- SIKOŠEK, B., & MEDWENITSCH, W.: Neue Daten zur Fazies und Tektonik der Dinariden. — *Z. Deutsch. Geol. Ges.*, 116, 2, S. 342—358, Hannover 1965.
- SOFFEL, H.: Anticlockwise rotation of Italy between the Eocene and Miocene: Palaeomagnetic evidence from the Colli Euganei, Italy. — *Earth and Planetary Science Letters*, 17, S. 207—210, Amsterdam 1972.
- SPITZ, A.: Fragmente zur Tektonik der Westalpen und des Engadins. — *Verh. Geol. R.-A.*, S. 104—122, Wien 1919.
- SPITZ, A.: Die Nonsberger Störungsbündel. — *Jb. Geol. R.-A.*, 69 (1919), S. 205—220, Wien 1920.
- STAUB, R.: Betrachtungen über den Bau der Südalpen. — *Eclogae geol. Helv.*, 42, 2, S. 215—408, Basel 1950.
- STINY, J.: Gesteinsklüftung und alpine Aufnahmegeologie. — *Jb. Geol. B.-A.*, 75, S. 97—127, Wien 1925.
- STINY, J.: Zur Geologie der Umgebung von Warmbad Villach. — *Jb. Geol. B.-A.*, 87, S. 57—110, Wien 1937.
- SUËSS, E.: *Das Antlitz der Erde*, Bd. I. — 1. Aufl., 778 S., Wien 1885.
- SUËSS, E.: *Das Antlitz der Erde*, Bd. III/1. — 508 S., Wien 1901.
- TARAMELLI, T.: *Geologia delle Province Venete*. — *Mem. R. Acc. Lincei*, 13, Rom 1882.
- TELLER, F.: Über porphyrische Eruptivgesteine aus den Tiroler Zentralalpen. — *Jb. Geol. R.-A.*, 36, S. 715—746, Wien 1886.
- TELLER, F.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen, 1 : 75.000, S. 1—262, *Geol. R.-A.*, Wien 1896.
- TELLER, F.: Erläuterungen zur Geologischen Karte der Österr.-ungar. Monarchie, 1 : 75.000, Prassberg an der Sann, S. 1—170, *Geol. R.-A.*, Wien 1898.
- TELLER, F.: Geologie des Karawankentunnels. — *Denkschr. Akad. Wiss. Wien, mathem.-naturwiss. Kl.* 82, S. 1—108, Wien 1910.
- TESSENSOHN, F.: Der Flysch-Trog und seine Randbereiche im Karbon der Karawanken. — *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 138, 2, S. 169—220, Stuttgart 1971.
- TOLLMANN, A.: Der Deckenbau der Ostalpen auf Grund der Neuuntersuchungen des zentral-alpinen Mesozoikums. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, 10, S. 3—62, Wien 1959.
- TOLLMANN, A.: *Ostalpensynthese*. — 1. Auflage, 256 S., 11 Tfl., Verlag Deuticke, Wien 1963.
- TOLLMANN, A.: Das Permoskyth in den Ostalpen sowie Alter und Stellung des „Haselgebirges“. — *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, S. 270—299, Stuttgart 1964.

- TOLLMANN, A.: Bemerkungen zu faziellen und tektonischen Problemen des Alpen-Karpaten-Orogens. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 18 (1967), S. 207—248, Wien 1968 a.
- TOLLMANN, A.: Die Grundbegriffe der deckentektonischen Nomenklatur. — Geotekt. Forsch., 29, S. 26—59, Stuttgart 1968 b.
- TOLLMANN, A.: Die tektonische Gliederung des Alpen-Karpaten-Bogens. — Geologie, 18, 10, S. 1131—1155, Berlin 1969.
- TOLLMANN, A.: Die bruchtektonische Zyklenordnung im Orogen am Beispiel der Ostalpen. — Geotekt. Forsch., 34, S. 1—90, Stuttgart 1970.
- TOLLMANN, A.: Die Neuergebnisse über die Trias-Stratigraphie der Ostalpen. — Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud., 21, S. 65—113, Innsbruck 1972.
- TRÜMPY, R.: Paleotectonic evolution of the Central and Western Alps. — Soc. Geol. America Bull., 71, S. 843—908, Boulder/Colorado 1960.
- TRÜMPY, R., FUMASOLI, M. et al.: Aperçu général sur la géologie des Grisons. — C. R. Soc. Geol. France, 9, S. 330—396, Paris 1969.
- TRUNKÓ, L.: Geologie von Ungarn. Beitr. z. regionalen Geologie der Erde. — Bd. 8, S. 1—257, Berlin und Stuttgart 1969.
- VAN BEMMELEN, R. W.: The Structural Evolution of the Southern Alps. — Geol. Mijnbouw, 45, S. 405—444, s'Gravenhage 1966.
- VAN BEMMELEN, R. W.: Tektonische Probleme der östlichen Südalpen. — Geologija, 13, S. 133—158, Ljubljana 1970.
- VAN BEMMELEN, R. W.: Geodynamic models for the Alpine type of orogeny (Test-case II: the Alps in Central Europe). — Tectonophysics, 18, 1/2, S. 33—79, Amsterdam 1973.
- VAN BEMMELEN, R. W., & MEULENKAMP, J. E.: Beiträge zur Geologie des Drauzuges (Kärnten, Österreich) (Dritter Teil). Die Lienzer Dolomiten und ihre geodynamische Bedeutung für die Ostalpen. — Jb. Geol. B.-A., 108, S. 213—268, Wien 1965.
- VAN HILTEN, D.: Geology and Permian paleomagnetism of the Val-di-Non area, W. Dolomites, N. Italy. — Geologica ultraiectina, 5, S. 1—95, Utrecht 1960.
- VAN HILTEN, D.: Evaluation of some geotectonic hypotheses by paleomagnetism. — Tectonophysics 1, 1, S. 3—71, Amsterdam 1964.
- VETTER, U.: Plattentektonik im Mittelmeer? — Umschau, 73, 5, S. 146—149, Frankfurt a. M. 1973.
- WENK, H.-R.: Geologische Beobachtungen im Bergell. I. Gedanken und Genese des Bergeller Granits. Rückblick und Ausblick. — Schweiz. Min. Petr. Mitt., 50, 2, S. 321—348, Zürich, 1970.
- WINKLER, A.: Die Bedeutung des Alpen-Dinariden-Problems für den Alpenbau. — Jb. Geol. B.-A., 78, S. 221—240, Wien 1928.
- WINKLER, A.: Dinariden und Alpen. — C.-R. XIV^e Congrès Géologique International, 1926, S. 1—30, Madrid 1929.
- WUNDERLICH, H.-G.: Maß, Ablauf und Ursache orogener Einengung am Beispiel der Westalpen und des Nordapennin. — Geol. Rdsch., 55, 3, S. 699—715, Stuttgart 1965.
- ZIJDERVELD, J. D. A., HAZEU, G. J. A. et al.: Shear in the Tethys and the Permian Paleomagnetism in the Southern Alps, including new results. — Tectonophysics, 10, S. 639—661, Amsterdam 1970.
- ZIRPOLI, G.: La massa intrusiva di Monte Alto (Alto Adige). — Mem. Acc. Pat. SS. LL. AA., 82, S. 5—31, 1969.

Diskussionsbemerkungen

H. AHRENDT (Göttingen):

Über den Verlauf der „Periadriatischen Naht“ westlich des Lago Maggiore war man bisher lediglich auf Vermutungen angewiesen, da eine ähnlich umfassende Arbeit wie die von CORNELIUS über den östlich anschließenden Abschnitt (Tonale-Linie) bisher fehlte. Dieser westlichste Teil, allgemein als Insubrische Linie bezeichnet, führt auch den Namen Canavese-Linie nach einem Streifen

mesozoischer Sedimente, die sich zwischen die Sesia-Zone im Nordwesten und die Ivrea-Zone im Südosten einschalten.

In der neueren Literatur und auf Kartendarstellungen nun hatte sich die Auffassung von der Lage der Insubrischen Linie nördlich der Ivrea-Zone (also zwischen Ivrea-Zone und Canavese-Zone) allgemein durchgesetzt, mit Ausnahme einiger Autoren, die die Linie, wohl in Anlehnung an STAUB, südöstlich der Ivrea-Zone suchten.

Einziger Grund für die Verlegung der Insubrischen Linie an die Grenze Canavese-Ivrea-Zone waren gut gerundete Einschlüsse von Sesia-Gneis in Vulkaniten, die nordwestlich Biella in der streichenden Verlängerung der Canavese-Zone auftreten. Für diese Effusiva (Trachyandesite) postulierte man ein permisches Alter und vermutete damit eine stratigraphische, nicht-tektonische Auflagerung des Effusivkomplexes und damit der gesamten Canavese-Zone auf die Sesia-Gneise. Detaillierte tektonische Untersuchungen im südöstlichen Bereich der „Naht“ führten aber zu dem eindeutigen Ergebnis, daß die Insubrische Linie nicht zwischen der Ivrea- und Canavese-Zone, sondern zwischen Canavese- und Sesia-Zone verläuft (AHRENDT, 1972). Damit war auch gleichzeitig das permische Alter der Vulkanite in Frage gestellt (AHRENDT, 1969). Neue Untersuchungen mit Hilfe von Geochronologie und Paläobotanik erbrachten den Beweis für ein oligozänes Alter des Vulkanitkomplexes (SCHEURING et al., im Druck).

Damit bestätigte sich auch gleichzeitig der Geländebefund, daß nämlich westlich des Lago Maggiore die Insubrische Linie zwischen der Canavese- und Sesia-Zone verläuft, denn nur hier trennt die Linie die alpin-metamorphen Zentralalpen von den alpin-nichtmetamorphen Südalpen. Damit ist auch westlich des Lago Maggiore zumindest erstmals der genaue Verlauf der „Periadriatischen Naht“ festgelegt. Eine umfangreiche Arbeit über den Gesamtverlauf der Linie westlich des Lago Maggiore, die sich im einzelnen mit dem Verlauf, den tektonischen Erscheinungsformen sowie dem Ausmaß und zeitlichen Ablauf der Bewegungen auseinandersetzt, ist gerade in Vorbereitung.

Angesichts der großen Bedeutung der „Periadriatischen Naht“ für den Gesamtbau der Alpen wäre eine engere Zusammenarbeit der einzelnen Bearbeiter unbedingt erforderlich. Ich möchte daher vorschlagen, diese engere Zusammenarbeit mit einer größeren Exkursion zu beginnen (eventueller Termin: Herbst 1974, die entlang der gesamten „Naht“ von West nach Ost (oder umgekehrt) führen sollte.

N. ANDERLE (Wien):

Die Frage, inwieweit man die Begriffe „Alpin-dinarische Narbe“ oder „Grenzzone“ verwenden soll bzw. man von „Naht“ oder „Wurzelzone“ sprechen kann, ist nach meiner Auffassung nur ein Nomenklaturproblem. Alle Begriffe haben ihre Bedeutung und sind inhaltlich in verschiedenen Zusammenhängen entstanden und verwendet worden. So hat die Anwendung des Begriffes „Wurzelzone“ für die „Alpin-dinarische Narbe“ oder „Linie“ deshalb seine Bedeutung, weil es in diesem Raum tatsächlich Wurzeln gibt, wenngleich sie auch nicht überall an der Oberfläche sichtbar sind oder durch jüngere tektonische Ereignisse

überprägt worden und daher heute als Wurzeln nicht mehr erkennbar sind. Da die Begriffe „Narbe“ und „Wurzelzone“ sich inhaltlich koordinieren lassen, ist auch die Verwendung des Begriffes „Narbe“ sachlich genügend begründet. Zwischen den Ausdrücken „Naht“ und „Narbe“ gibt es keine Unterschiede in ihren Aussagewerten. Der Ausdruck „Naht“ ist vor allem deshalb entstanden, weil tektonische Bauelemente sowohl nördlich als auch südlich dieser Linie transversal abgeschnitten werden, ohne daß sie jenseits dieser Linie eine Fortsetzung haben. Beispiele liefern im östlichen Raum die Karnischen Alpen, die Gailtaler Alpen, das Gailtaler Kristallin und die Karawanken.

Es kommt mir in diesem Zusammenhang nicht darauf an, welcher Begriff für die zur Diskussion stehende größte Störungslinie der Alpen jetzt angewendet werden soll, sondern es ist vielmehr die Tatsache hervorzuheben, daß durch diese Linie oder Grenze zwei verschiedene tektonische Elemente im Alpenbau entsprechend getrennt werden. Es muß daher der auf S. 173 (H. BÖGEL) angeführten Feststellung bzw. Vorstellung, daß zwischen dem Ostalpin und dem Südalpin in fazieller Hinsicht nur geringe Unterschiede vorhanden sind, widersprochen werden. Die von den kartierenden Feldgeologen — die in diesem Raum gearbeitet haben — immer wieder neu aufgefundenen Tatsachen lassen sich nur im Lichte der regional-tektonischen Ereignisse erklären. In diesem Zusammenhang können diese beiderseits der Alpin-dinarischen Grenzzone im Zuge der geologischen Ereignisse entstandenen Unterschiede und Gegensätzlichkeiten nur auf Grund der geologisch-historischen Ereignisse und Schicksale, welche in das Zeitgeschehen zwischen dem Beginn der Entwicklung einer Geosynklinale und dem Erscheinungsbild der zur Zeit bestehenden Gebirgseinheiten einzuordnen sind, erklärt werden.

Es war für die Deutung des tektonischen Gebirgsbaues der Alpen noch immer jener Grundsatz das beste Hilfsmittel, daß Gleiches zusammengehört und Verschiedenes getrennt werden muß. Es soll also in diesem Zusammenhang hervorgehoben werden, daß das Querprofil der Alpen zwischen der Molassezone im Norden und der Lombardei—Adria im Süden den besten Hinweis dafür liefern kann. Man muß nur einmal die tektonischen Bauelement, vom Tauernfenster (Tauernhauptkamm) ausgehend, nördlich und südlich davon miteinander vergleichen. Man kann dabei feststellen, daß die Anordnung der tektonischen Bauelemente des Nordens niemals mit der Anordnung der Bauelemente des Südens verglichen werden kann. Im Norden befindet sich keine Narbenzone. Im Süden ist sie als trennendes Element zwischen Dinariden und Alpiden durch viele Beobachtungen und Tatsachen nachgewiesen. Daß die Narbe im Norden, vielleicht begraben in größerer Tiefe, vorhanden sein könnte, kann auf Grund der durch Bohrungen festgestellten Beobachtungen im Bereich der Nördlichen Kalkalpen nicht mehr angenommen werden. Es hat sich durch die im Bereich der Nördlichen Kalkalpen durchgeführten Tiefbohrungen bisher immer Flysch oder Molasse unter den Kalkalpen nachweisen lassen. Die Ablagerungsräume des Flysches und der Molasse können niemals am gleichen Platz gelegen sein, wie etwa eine vermutlich in der Tiefe liegende begrabene Narbenzone. An der Vorarlberger — Deutschen — Grenze wurde durch eine Tiefbohrung am Nordrand der Alpen das germanische Mesozoikum in 4000 m Tiefe angetroffen, so daß

noch nicht einmal bekannt ist, wie weit die Südgrenze des germanischen Mesozoikums unter die Alpen hineinreicht. So verschieden geartete geosynklinale Ablagerungsräume können niemals übereinander gelegen sein, sondern haben in bestimmten Entfernungen nebeneinander gelegen. Damit das ganze Geschehen erklärt werden kann, müssen für die Nördlichen Kalkalpen große Überschiebungsweiten angenommen werden und diese müssen daher irgendwo hergekommen sein. Die Faziesverhältnisse sprechen dafür, daß sie aus dem Süden gekommen sind, und die Abgrenzung dieser tektonischen Ereignisse kann durch die Annahme einer alpin-dinarischen Grenzzone am besten gedeutet werden, weil dadurch die Gegensätzlichkeit im Ablauf der geologisch-tektonischen Ereignisse im Bereich der *Alpiden* und der *Dinariden* erklärt werden kann.

Wir Geologen, die schon seit etwa 40 Jahren in diesem Raum geologisch arbeiten, ständig Vergleichsexkursionen durchführen, immer wieder neue Beweistatsachen als Grundlage für die vorhandene Existenz der alpin-dinarischen Störungszone feststellen können, sind also gezwungen, diese Störungszone als Fundament für die Deutung des Alpenbaues zu verwenden und zu interpretieren.

P. BECK-MANNAGETTA (Wien):

Zweifellos stellt die alpin-dinarische Narbe innerhalb der gesamten Alpen ein grundlegendes tektonisches Element dar, das infolge seiner Längserstreckung über hunderte Kilometer einen bedeutenden Einfluß auf den Bau des gesamten Gebirges nimmt.

Charakter und Einfluß auf den Bau der Alpen wechseln jedoch innerhalb der streichenden Abschnitte beträchtlich: Ist es im Westen möglich, die Herkunft der ostalpinen Decken aus dieser Narbe abzuleiten, so geht diese tektonische Gegebenheit gegen Osten zu immer mehr verloren und ihr Einfluß als tektonische Grenze verschwindet zu Gunsten einer eher stratigraphischen, die sich vor allem in der Begrenzung der jungvariszischen Paläotethys bemerkbar macht (F. KAHLER, 1936).

Die Richtungsänderung dieser Tiefenstörung (A. V. PEIVE et al., 1965; als mehr neutrale Bezeichnung) im Bereich der Tonale Linie dürfte nach der Verbreitung der Gesteinsplatte mit dem Auftreten des Bozener Quarzporphyres zusammenhängen. Weiter ostwärts im Gailtal und in den Karawanken ist diese steil gegen Norden angepreßte Störungszone (CH. EXNER, 1972) keinesfalls mit der Herkunft der Nördlichen Kalkalpen zu verbinden (P. BECK-MANNAGETTA, 1971). Der Charakter als Wrenchfault im Ausmaß einer Verschiebung auf tausende Kilometer ist mehr als Hypothese (K. DE JONG, 1967) und der ablenkende Einfluß bedeutender Querstörungen der Ostalpen, wie der des Griffene Verwurfes (H. HÖFER, 1894), noch viel mehr der der Lavanttaler Störung (A. KIESLINGER, 1928; P. BECK-MANNAGETTA, 1960) führt zum Verschwinden bedeutender Gebirgszüge (Nordkarawanken). An letzterer Störung sind jedoch Seitenverschiebungen beträchtlichen Ausmaßes nachweisbar, womit diese Querstörung in den Alpen der längs verlaufenden Narbe auch in dieser Hinsicht anzureihen ist, ohne auf extreme Werte Bezug zu nehmen.

Die Aufsplitterung der Periadriatischen Narbe in Störungsbündel ist mehrfach gegeben: Die Tonale—Judikarien Linie ist eine Stelle, die mit dem Verschwin-

den der Westalpen in Verbindung zu bringen wäre: die Nordgrenze der westlichen Lienzer Dolomiten stellt eine weitere Wirkungsabschwächung dar, die im Villacher Raum einer kräftigen Bündelung von Störungen verschiedenster Richtung und Intensität weicht. Daß das heutige Flußsystem jederzeit derartige junge Störungen nachformt, ist eine klar ablesbare Tatsache (J. STINY, 1926, 1938). Eine Störung solcher Art ist an sich allein kaum befriedigend auflösbar, da ihr Erscheinungstypus abschnittsweise zu sehr wechselt und die jeweilige Wirkung auch zu den verschiedenen geologischen Zeiten verschieden war.

Deshalb scheint eher ein Vergleich mit anderen derartigen Lineamenten des mediterranen Kettenbaues von Nutzen, da diese Störungen ja auch untereinander teilweise in Verbindung zu stehen scheinen. Solcherart ist innerhalb der Westkarpaten die *pieninische Klippenzone* ein kalkalpiner Grenzstreifen zwischen dem externen Flysch und dem zentralen Deckenraum der Karpaten. Die Deckennatur der Teile dieser Klippenzone ist von verschiedener Seite (H. BIRKENMAYER, 1953; D. ANDRUSOV, 1968; M. MAHEL, 1971; S. PREY, 1968) unabhängig voneinander nachgewiesen worden; die Grenzlage dieser Zone wird im Westen durch die weiterreichenden Überschiebungen der Nördlichen Kalkalpen teilweise verdeckt; im Osten endet sie bzw. zerschlägt sie sich durch ein Eingreifen in die zentralkarpatischen Deckeneinheiten von der Ostslowakei bis nach Rumänien. Vielleicht markiert sie im Untergrund im Westen die Grenze der Böhmisches Masse zum ostalpin-karpatischen Kristallin?

Ein weiteres tiefgreifendes Störungselement im alpin-mediterranen Bau stellt die sogenannte Vardarzone zwischen Dinariden und Balkan dar (SIKOŠEK, B. & MEDWENITSCH, W., 1965), in die eine Fortsetzung der alpin-dinarischen Narbe gegen Südosten einmünden dürfte. Diesem Zwischenstück fehlt — soweit dies bekannt ist — überhaupt der einheitliche Charakter, und die \pm N-S-angordnete Reihung der stark wechselnden, verschiedengroßen Baustücke ergibt erst die Möglichkeit einer einheitlichen Bezeichnung. Eine einengende Pressung ist ihr als Wurzelzone der Dinariden gegeben, und gegen Norden könnten Bauelemente der inneren Karpatenzonen in der Pannonischen Ebene in diese Richtung stückweise einbezogen sein. Weiter nordwärts könnte die Hernad-Störung mit dem aufgelockerten Bauplan der Vardarzone verbunden werden, an der die zentralen Westkarpaten enden, und als letzte Auswirkung wäre — gegen Nordosten abgelenkt — die Flysch-Sigmoide von Přezemysl zu deuten, nachdem dort Nordost-Störungen innerhalb des Karpatenflysches größere Verbreitung erlangen.

Alle diese drei bedeutsamen Baustellen innerhalb des östlichen mediterranen alpidischen Astes liegen \pm im Streichen der Gebirgszüge an grundlegenden Grenzstellen des Gebirgsbaues. Jede Form entwickelt zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Abschnitten andere Wirkungen sowie Erscheinungstypen und ist als Tiefenelement vermutlich im wesentlichen primär voralpidischer Entstehung. Sie sind weder aus normalen Störungen, geschweige denn durch den erwiesenen Deckenbau aller dieser Gebirgssteile ausreichend erklärbar.

Jede dieser Tiefenstörungen zeigt bezeichnende eigentümliche Bauformeln, die der anderen fehlen, oder dort unterdrückt sind. Hier wäre z. B. besonders auf die zugeordneten Tiefengesteinskomplexe hinzuweisen. Auch der heutige Abschnitt dieser Grenzlinien dürfte in einem wesentlich verschieden tiefem Niveau

liegen. Dabei dürfte dieser Anschnitt auch innerhalb dieser der Länge nach ausgedehnten Störungselemente schwanken. Inwiefern diese Tiefenstörungen noch gegenwärtig wirksam sind, ist auch verschieden zu beantworten. Sprunghafte Änderungen des Wärmeflusses wären in größeren Tiefenlagen nicht auszuschließen. Die Größe der vertikalen Verstellung dieser Störungselemente ist kaum greifbar und bisher nicht berücksichtigt worden.

Somit reiht sich an den ausgezeichneten Überblick der Darstellung durch H. BÖGEL (1973) eine Fülle von Fragen, die Grundsätzliches für den Bau des alpinen Orogens aufwerfen.

E. CLAR (Wien):

a) Angesichts der im Referat ausgezeichnet herausgearbeiteten Ungewißheit der großtektonischen Funktion der Störungszone soll die **B e n e n n u n g** keine Deutung vorwegnehmen. Eine Bezeichnung „Naht“ beinhaltet die Vorstellung, daß an dieser Linie irgendwelche vorher getrennten Einheiten, wie z. B. Alpen und Dinariden, aneinandergesetzt worden wären, die Bezeichnung „Narbe“ ist durch die Vorstellung historisch belastet, daß in diesem Streifen andere Strukturen, wie Deckenwurzeln oder eine Verschluckungszone verheilt und unerkennbar gemacht wären. Ich glaube, man soll ganz neutral „Störungszone“ oder auch „Linie“ sagen und hat dann auch kein Problem unmißverständlicher Übersetzung in andere Sprachen.

b) Herr BÖGEL hat leider in seinem mündlichen Referat die anfangs unter „Definition“ gegebene Feststellung seines schriftlichen Textes unterdrückt, daß unsere Störungszone die definitive Südgrenze des Bereiches darstellt, in dem alpidische Metamorphoseeinflüsse nachweisbar sind. Diese Feststellung scheint mir genetisch ungeheuer wichtig und ist vielleicht das Merkmal, das neben den jungen periadriatischen Magmatiten eine Funktion unserer Störungszone im Tiefbau, als Südrand des aufsteigenden alpinen Deckenstapels, am direktesten beschreibt.

CH. EXNER (Wien):

In den **K a r a w a n k e n** haben sich Zerrung und Einengung senkrecht zur Periadriatischen Naht mehrfach wiederholt. Die Karawanken-Tonalitplutone dürften ihre Amplatzstellung frühen Zerrungsvorgängen verdanken. Sie wurden dann mitsamt ihrem altkristallinen Dach beträchtlich eingeeignet und postkristallin deformiert. Im Zuge späterer Zerrungsvorgänge erfolgte die Intrusion des Karawanken-Granitplutons. Abermalige Einengung verursachte die tektonische Lamellierung auch dieses Granitkörpers. Der N-vergente tektonische Lamellenbau der Kristallinzone von Eisenkappel hat heute in S-N-Richtung eine Breite von 2 bis 5 km. Überlegt man sich die Rückwicklung der Bewegungsbilder, der tektonisierten Kontakthöfe um die Plutone und der Zonaranordnung der magmatischen Differentiate des Granitzuges, so ergibt sich eine ursprüngliche Breite dieses Raumes von mehreren Zehnern von Kilometern.

Außer den oligozänen Andesiten in Slowenien bestätigen auch junge Ganggesteine die alpidische Aktivität der Magmenförderung im nördlichen Randbereich der Periadriatischen Naht zwischen Eisack und Bachern. Genannt seien

die diskordanten Aplite in den Bündner Schiefern des Valser Tales als Gangfolge des Granodioritplutons der Rensenspitze. Der diskordante Lamprophyr mit Hornfelskontakt im Kreideschiefer der Lienzer Dolomiten. Und als besonders eindrucksvolles Beispiel die schon von TELLER (1896, S. 241) aufgefundenen granatführenden Tonalitporphyrite vom Rieserferner-Typus im Jura des Ursulaberges (Ostkarawanken).

H. W. FLÜGEL (Graz):

1. Ich glaube nicht, daß dem Problem der Periadriatischen Naht allein durch Faziesvergleiche nördlich und südlich der Naht beizukommen ist. Dazu ist die biostratigraphische Einordnung vieler Folgen, besonders im Paläozoikum, noch zu ungenau und die Vergleichsbasis meist mehrdeutig, so daß Vergleiche heute noch auf Modellvorstellungen beruhen.

2. Im Raum von Nötsch deutet die Transgression von klastischem Perm über einem vorpermischen zusammengeschweißten verschieden alten und zum Teil metamorphen Untergrund auf eine variszische Anlage der E-W-verlaufenden Strukturen hin. Andererseits zeigt die Einbeziehung von Perm in den Schuppenbau, daß diese Nahtlinien alpidisch zum Teil erneut betätigt wurden. Haben wir darin einen Hinweis auf eine alte Anlage der alpinodinarischen Naht? Wie können wir diese Beobachtungen mit der Annahme kräftiger alpidischer Einengung und horizontaler Verfrachtung in Übereinklang bringen?

3. Wo endet im Osten die Periadriatische Naht: An der Lavanttallinie, im Untergrund des pannonischen Beckens, in den Dinariden oder wo?

Wir werden kaum zu einer Deutung dieser Struktur kommen, bevor wir nicht in ihr Alter mit ihrem Verlauf sowie das sedimentologisch-tektonisch-metamorphe Geschehen beiderseits der Naht besser kennen, als dies heute der Fall ist.

Da diese Struktur die Landesgrenzen quert, wäre sie ein dankenswertes Untersuchungsobjekt im Rahmen des IGCP.

W. FRISCH (Wien):

Betrachtet man die Periadriatische Linie als ein voralpidisches Element — wofür einige Tatsachen sprechen, die sich vor allem aus den radiometrischen Altersbestimmungen ergeben — und waren somit ostalpines und südalpines Kristallin eine ursprünglich zusammenhängende Masse, dann scheint die Beheimatung der Nördlichen Kalkalpen nur noch auf dem Nordteil des ostalpinen Altkristallins möglich. Die Periadriatische Linie ist demnach ein altes Lineament, das alpidisch reaktiviert wurde, aber keine Verschluckungs- oder Wurzelzone im Sinne TOLLMANN'S. In alpidischer Zeit waren (mit Ausnahme der Judikarientlinie) Vertikalbewegungen das vorherrschende Merkmal.

Die Schwierigkeiten, die sich dabei aus der Divergenz in den Bewegungsrichtungen zwischen Ostalpin und Südalpin ergeben — Ostalpin N-vergent mit großen Überschiebungsweiten, Südalpin S-vergent — fallen weg, wenn man das ostalpine Kristallin von Norden her durch das Penninikum unterschiebt, wie es schon mehrfach, z. B. von CLAR (Verh. Geol. B.-A. Wien, 1953 : 99) dargestellt wurde. Die Südalpen als Block südlich eines bereits lange existierenden (voralpidischen) Lineaments dienen bei dieser Unterschiebung als Widerlager,

wobei S-gerichtete Überschiebungen zustandekommen. Das Ostalpin als der vom Penninikum unterschobene Teil zeigt naturgemäß Nordvergenz (S-gerichtete Überschiebung gleicht im Erscheinungsbild N-gerichteter Überschiebung).

Nachtrag April 1975:

Folgende, seit der 1. Korrektur erschienenen, für die angeschnittenen Fragen sehr wesentlichen Arbeiten:

CLIFF, R. A., HOLZER, H. F., & REX, D. C.: The Age of the Eisenkappel Granite, Carinthia and the History of the Periadriatic Lineament. — *Verh. Geol. B.-A.* 1974, S. 347—350, Wien 1975.
FLÜGEL, H. W.: Einige Probleme des Variszikums von Neo-Europa. — *Geol. Rdsch.*, 64, 1, S. 1—62, Stuttgart 1975.

ROLSER, J., & TESSENHORN, F.: Alpidische Tektonik im Variszikum der Karawanken und ihre Beziehung zum Periadriatischen Lineament. — *Geol. Jahrb.*, A 25, S. 23—53, Hannover 1974.

konnten nicht mehr berücksichtigt werden.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 29. November 1973.