

Veröffentlichung des Österreichischen Nationalkomitees für das International Geological Correlation Programme Project Nr. 73/I/4. Triassic of the Tethys Realm.

Die Seitenverschiebung an der Periadriatischen Naht auf Grund des Vergleiches der Triasfazies

Von ALEXANDER TOLLMANN, Wien

Mit 1 Abbildung

Zusammenfassung

Das vergleichende Studium einer größeren Zahl von faziell gut individualisierten permotriadischen Schichtgliedern im Drauzug in Kärnten/Osttirol einerseits und in den Südtiroler Dolomiten und Lombardischen Alpen andererseits ermöglicht es, eine im Tertiär erfolgte Rechtsseitenverschiebung entlang der Periadriatischen Naht, also entlang der Nord/Südalpen-Grenze, von mindestens etwa 150 km abzulesen, durch welche die einst zusammengehörigen Räume getrennt wurden. Es werden weitere Fakten, die auf eine derartige Versetzung entlang der Naht hinweisen, vorgebracht und wird die Entwicklung der seit langem und unter sehr verschiedenen Aspekten diskutierten Geosutur abgeleitet.

Summary

The comparison of a number of permotriassic formations with specific facies within the "Drau-unit" of the Eastern Alps in Carinthia, Austria, and in the Southern Tyrol and Lombardy, in the Southern Alps in Italy, shows, that a coherent area comprising those formations in pretertiary times was torn up along a longitudinal wrench-fault, the Periadriatic line, since the upper Eocene. The shift along this geosuture extends now to at least approximately 150 km in a dextral sense — that means a westward transport relative to the Northern ones of the Southern Alps. Further proofs of a tectonic kind are given, to confirm this tendency of movements along that fissure, primarily deduced by comparison of facies.

Inhalt

- I. Die bisherigen Auffassungen über die Bedeutung der Narbe und neue Deutungsmöglichkeiten 180

II. Der Vergleich der Triasfazies bzw. der permomesozoischen Fazies zu beiden Seiten der Naht	182
III. Weitere, für den Bewegungssinn entlang der Naht bedeutsame Fakten	186
IV. Abschließende Bemerkungen zum Bewegungssinn der Schollen an der Periadriatischen Naht	188
V. Literaturverzeichnis	189

I. Die bisherigen Auffassungen über die Bedeutung der Narbe und neue Deutungsmöglichkeiten

Die gewaltige steilstehende und tiefgreifende, vielfach von Myloniten und Trümmerbrekzien begleitete Geosutur, die in Längsrichtung den Alpenkörper zwischen Lanzo an der Poebene im Westen und Varaždin in Jugoslawien im Osten durchzieht und die Alpen der Länge nach in zwei klar individualisierte Abschnitte, die Nordalpen und Südalpen, gliedert, wird seit E. SUSS (1885, S. 328) als Periadriatische Naht bezeichnet. Schroff stoßen die Gegensätze der beiden Gebirgsstämme beidseits dieser Naht aneinander: Ein gewaltiger nordvergent geprägter Deckenstapel im Nordstamm dieses mediterranen Orogens in West- und Ostalpen steht einer wenig gestörten, vorwiegend südvergent geschuppten Tafel in den Südalpen gegenüber, die erst in ihrer Fortsetzung gegen Osten hin, in die Dinariden, zu einem südvergenten Deckenbau übergeht; faziell eigenständige mesozoische Serien der nordalpinen Fazies liegen im Drauzug nördlich der Narbe einer durchaus abweichenden südalpinen Faziesentwicklung gegenüber; eine alpidische Metamorphose hat hoch emporgreifend den Deckenstapel nördlich der Periadriatischen Linie erfaßt, eine äquivalente metamorphe alpidische Prägung fehlt in den Südalpen. Daß die beiden Flügel entlang dieser Naht demnach nicht aneinanderpassen, daß hier ein beträchtliches Stück der Kruste fehlt oder versetzt ist, haben umsichtige Großtektoniker seit langem erkannt: So hat etwa KOBER (1921, S. 129; 1931, S. 7; 1942, S. 142) an Hand dieses grandiosen Beispiels einer „Narbe“, entlang welcher ein vermittelndes „Zwischengebirge“ zwischen Nord- und Südstamm des mediterranen Kettengebirges fehlt, seinen „Narbentypus“ eines Kettengebirges dargelegt.

Der Verlauf dieser durchgehenden Linie ist heute im einzelnen bekannt: Sie endet gegen Osten hin keineswegs, wie noch CORNELIUS (1949, S. 253 ff.) wähnte, im Bereich des Gailtales, splittert auch nicht im Sinne von KAHLER (1936, S. 179) und KAHLER & PREY (1963, S. 105 ff.) im Osten auf oder setzt dort etwa in der flachen Karawanken-Überschiebung fort. Sie ist heute hingegen durch Kartierung (und Satellitenbildauswertung) als durchgehendes Element erfaßt, dessen Einzelabschnitte allerdings lokale Bezeichnungen tragen oder trugen: Die Insubrische Linie — Tonalelinie des Westens ist durch die Schrägstörung der Judicarienlinie MOJSISOVIC'S (1879, S. 106) von Male im Süden nach Mauls im Norden versetzt und läuft dann als Pusterer-Linie, Gailtalinie und Karawankenlinie weiter gegen Osten fort (über die Namengebung vgl. BÖGEL 1975, S. 164 ff.).

Besonders mit dem Einzug der Deckenlehre hat man sich mit der Bedeutung dieses großtektonischen Lineamentes näher befaßt. Eigenartig ist es zu beobachten,

wie sehr gerade an diesem Beispiel je nach der theoretischen Vorstellung, die sich die einzelnen Forscher über die Bedeutung dieser Naht zurechtgelegt hatten, eine Ablehnung und Leugnung von Fakten vorgenommen wurde, die zu einem auf anderer Basis gewonnenen Konzept nicht paßten: So bildete sich bald eine Gruppe von Forschern, die die oben kurz erwähnten großen Gegensätze zwischen Nord- und Südalpen negierten, keine faziellen Unterschiede zwischen Drauzug oder Kalkalpen und Südalpen gelten ließen und schließlich zum Teil so weit gingen, die Existenz der Periadriatischen Naht selbst wegdiskutierten, besonders in dem uns hier näher interessierenden Abschnitt der Ostalpen. In diesem Sinne äußerten sich etwa in der klassischen Ära der Deckenlehre unter den Ostalpengeologen KOSMAT (1913, S. 119), SCHWINNER (1915, S. 8 ff.) und HERITSCH (1915, S. 129). Am nachhaltigsten beeinflußt in dieser Richtung aber waren die westalpinen Geologen durch die Darstellung von TERMIER (1904, Taf. 22), der die Südalpen ohne Bruch in das Ostalpin überführte: R. STAUB (1924, S. 211 ff., 215 ff.), FALLOT (1955, S. B 152, 159; Abb. 1), ja noch TRÜMPY (1960, Taf. 1) und DEBELMAS & LEMOINE (1970, S. 223, Abb. 1) schlossen sich dieser Darstellung der Unterdrückung der Naht an. Auch CORNELIUS (1949, S. 253 ff.) glaubte, von derartigen Vorstellungen beeinflußt, im Raum des westlichen Drauzuges durch Negierung einer Periadriatischen Naht die „Trennung von Alpen und Dinariden auf vollkommenste ad absurdum“ führen zu können. Das war das eine Extrem.

Das ander Extrem trat mit den frühen paläomagnetischen Messungen von holländischen Forschern in den Südalpen ein: VAN HILTEN (1960, S. 84; 1964, S. 47 ff.) fand die Pollagen für das Perm der Südalpen gegenüber jenen des Nordkontinentes so abweichend, daß er zur Deckung der Pollagen eine Seitenverschiebung von 5000 km entlang der Narbe und weiteren (nicht existierenden) Narben im Inneren der Ostalpen annahm. Diese „Tethys-Twist“ beeinflusste nun kurzfristig das Denken der Schule von VAN BEMMELEN (DE BOER, 1963, S. 162 f.; 1965, S. 931 ff.; DE JONG, 1967, S. 113).

Die Folge derartiger abenteuerlicher Vorstellungen aber, die durchaus durch geologische — sehr bald aber auch durch paläomagnetische Fakten selbst (HOSPERS et al. 1969, S. 28 ff.) — widerlegbar waren, war nunmehr die Ablehnung einer Seitenverschiebung überhaupt, wie sie in Arbeiten der jüngsten Zeit wiederum vielfach aufkam, so bei KAHLER & PREY (1963, S. 106), CLAR (1973, S. 254), BÖGEL (1975, S. 183) u. a., die nur eine meridionale Einengung, Pressung, vertikale Verstellung, aber keine oder keine nennenswerte Seitenverschiebung an der Periadriatischen Naht annahmen. Wir werden sehen, daß auch diese Annahme ebenso wie jene der beiden oben genannten Gruppen den entlang der Naht beobachtbaren geologischen Fakten widerspricht und demnach nicht zutrifft.

Welche Möglichkeiten bieten sich uns aber an, den Bewegungsmechanismus an dieser gewaltigen Suture kontrollieren zu können?

1. Zunächst liegt in geophysikalischer Hinsicht eine gegenüber der Pionierzeit weitaus verbesserte Meß- und Auswertungstechnik der paläomagnetischen Untersuchungen vor, die bereits seit HOSPERS et al. (1969, S. 28 ff.), ZIJDERVELD et al. (1970, S. 639), SOFFEL (1972) usw. eine seit dem Obereozän erfolgte Rotation von Norditalien um 50° entgegen dem Uhrzeigersinn gegenüber dem stabilen Europa

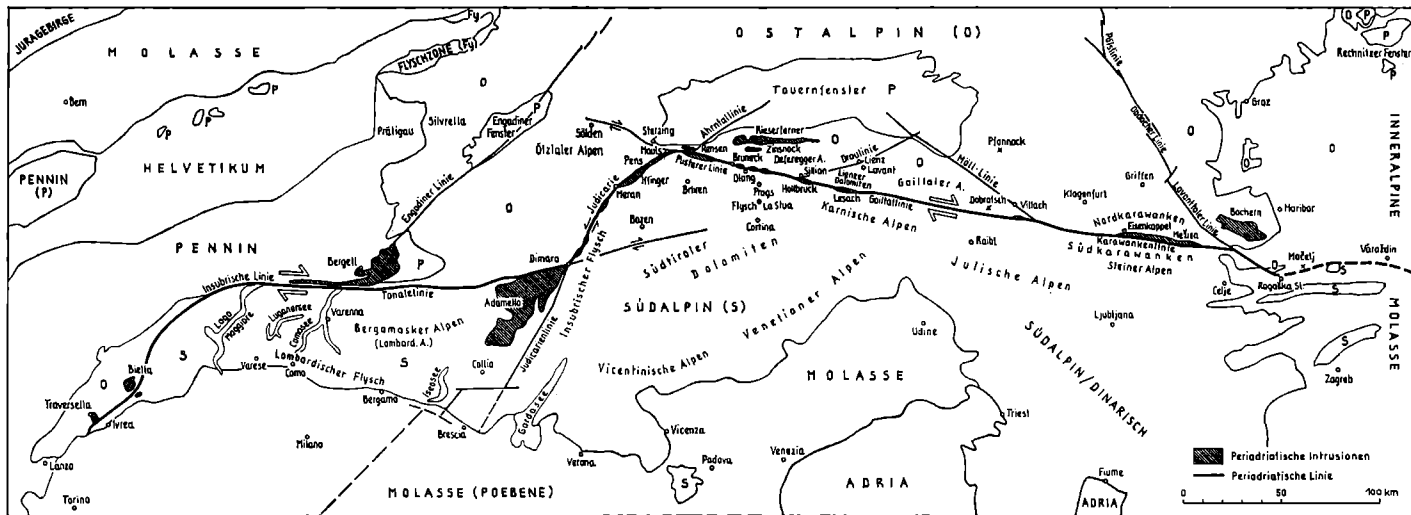
ergeben hat: Da aber die Periadriatische Naht die einzige durchgehende, steilstehende Störung nördlich der Südalpen zum übrigen Europa samt den Ostalpen (für diesen jüngeren Zeitabschnitt) darstellt, ist es unzweifelhaft, daß wir zufolge eines durch die Paläomagnetik geforderten Entlanggleitens der gegen Westen schwenkenden Drehscholle der Südalpen mit einer relativen Seitenverschiebung der Nordscholle gegen Osten, also einer Rechtsseitenverschiebung in nicht zu übersehendem Ausmaß zu rechnen haben, wie von geologischer Seite her LAUBSCHER seit 1971 a, S. 198 ff., bzw. 1971 b, S. 824) oder SEMENZA (1974, S. 210) gefordert haben und hierbei einen Seitenversatz seit dem oberen Eozän bzw. Oligozän von ungefähr 300 km angesetzt haben.

2. Die entscheidendsten Argumente liefern uns nähere Vergleiche von faziell spezifisch ausgebildeten, lokal begrenzten Schichtgliedern des Mesozoikums, besonders der Trias, zu beiden Seiten der Naht. Aus dem Zusammenfügen von stark individualisierten, nur lokal auftretenden, heute durch diese Störung auseinandergerissenen Schichttypen kann man den Bewegungssinn für jedes einzelne Glied rekonstruieren und dann aus dem Résumé der Einzelvergleiche die allgemeine Tendenz ablesen und auch das Ausmaß der Verstellung abschätzen. Erste derartige Versuche sind in neuerer Zeit — zunächst auf Grund einiger weniger oder etlicher Schichtglieder — etwa durch NIEDERMAYR (1975, S. 124: Permoskyth), durch den Verfasser (Diskussion anlässlich des Vortrages von EXNER über die Periadriatische Naht in der Österreichischen Geologischen Gesellschaft, 26. 11. 1976) und durch SCHERIAU-NIEDERMAYR (1977, S. 70 f.) angestellt worden, mit dem Ergebnis einer Bestätigung einer Rechtsseitenverschiebung entlang der Naht. Zweck der folgenden Zeilen ist es, über diese skizzenhaften Vergleiche hinaus hier an Hand eines etwas eingehenderen Faziesvergleiches der Triasschichtglieder bzw. des Permomesozoikums überhaupt die näheren Einzelheiten dieser Seitenverschiebung zu erfassen und ihre Existenz und ihr Ausmaß besser zu belegen.

3. Eine Reihe weiterer Beobachtungen aus neuester Zeit, unabhängig von dem Triasfaziesvergleich, soll abschließend die gewonnenen Resultate erhärten.

II. Der Vergleich der Triasfazies bzw. der permomesozoischen Fazies zu beiden Seiten der Naht

Die enge Beziehung der Fazies des Drauzuges zu jener der Nördlichen Kalkalpen auf der einen Seite (Einzelheiten in der Ausbildung bestimmter Horizonte im Wettersteinkalk, den dreigliederten Nordalpinen Raibler Schichten, den Seefelder Schichten, den Kössener Schichten, dem Oberrhätalk usw.), aber auch der Einfluß der südalpinen Fazies im Drauzug auf der anderen Seite ist vom Verfasser bereits früher (1963, S. 173 f.; 1965, S. 129 usw.) wiederholt behandelt worden. Aus einem derartigen Vergleich ergibt sich deutlich die Zugehörigkeit des Drauzugmesozoikums (Lienzer Dolomiten, Gailtaler Alpen und Nordkarawanken) samt Mittelkärntner Trias zum Raum der „Nordalpinen Fazies“, ferner aber auch die sich in bestimmten Zügen unter dem südalpinen Einfluß darbietende Eigenständigkeit, welcher durch die Abgrenzung einer eigenen Subfaziesregion des nordalpinen Großfaziesraumes,



Erläuterung zu Abb. 1

Die Periadriatische Linie als Grenze zwischen West-Ost-Alpen und Südalpen-Dinariden stellt eine bedeutende Rechtsseitenverschiebung dar, an der seit dem Alttertiär ein Verschiebungsbetrag von mindestens 100 km, maximal 300 km, eingetreten ist. Darstellung auf Grund der im Text angeführten Literatur unter Eintragung der im Bereich der Naht im Oligozän aufgedrungenen periadriatischen Intrusionen. Die im Text für den Faziesvergleich angeführten Lokalitäten im Drauzug nördlich der Narbe (Lienzer Dolomiten, Gailtaler Alpen und Nordkarawanken samt Mittelkärntner Vorland) sind in der Skizze ebenso wie jene der korrespondierenden Faziesräume südlich der Narbe im Raum der Lombardischen Alpen und Südtiroler Dolomiten aufgenommen.

der sogenannten „Licischen Fazies“, vom Verfasser Rechnung getragen worden ist (hierüber wird des näheren getrennt berichtet werden). Die sich aus der heutigen Kenntnis ergebende vermittelnde Stellung des Licischen Faziesraumes zwischen der übrigen nordalpinen und der südalpinen Entwicklung bestätigt in hervorragender Weise die von der Deckenlehre geforderte Position des Drauzuges als Bindeglied zwischen Oberostalpin und Südalpen.

Hier soll uns nun der in bestimmten Niveaus deutlich greifbare südalpine Einfluß im Drauzug näher beschäftigen und soll der Vergleich der entsprechenden Schichtglieder für die Rekonstruktion von einst zusammengehörigen Arealen und damit für die „Abwicklung“ der Seitenbewegung an der Naht verwendet werden. Ein solcher eingehender Vergleich ist gerade heute, nach detaillierter Durcharbeitung der Schichtglieder des Drauzuges seitens verschiedener Forschergruppen, auf einer neuen, gegenüber früher entscheidend verbesserten Basis möglich und nötig. Die eigene Kenntnis der faziellen Entwicklung der Schichtglieder der verglichenen Regionen unterstützt dieses Vorhaben.

1. Eine sorgfältige Analyse der permoskythischen Serie des Drauzuges in lithologischer und sedimentologischer Hinsicht verdanken wir NIEDERMAYR (et al.) 1975, 1977, der diesen detritischen Komplex mit Hilfe sedimentologischer Merkmale, Granulometrie, Schwermineralanalysen und Florenbestimmung in eine Unterrotliegendserie, in Grödener Schichten in der Form der geröllreichen Griffener Schichten des höheren Perm, in einen Bundsandstein mit basalen Konglomeratlagen des tieferen Skyth und in Werfener Schichten des höheren Skyth trennen konnte. Hierdurch ist der Rückschritt, der sich durch eine Zusammenziehung des Hauptteils dieser zum Teil schon früher bekannten Glieder zum „Permoskythsandstein“ durch RIEHL-HERWIRSCH (1965, S. 246, 251) eingestellt hatte (vgl. TOLLMANN, 1972, S. 91), überwunden und die Basis für einen detaillierten Vergleich mit analogen Serien gegeben. NIEDERMAYR (l. c.) hat schon gezeigt, daß diese Sonderausbildung dieser Permoskythserie, insbesondere die Art dieser Grödener Schichten auf Grund vieler Merkmale einschließlich der Schwermineralführung und des markanten Schwermineralumschlages an der Permoskythgrenze von zirkonreichen zu apatitreichen Spektren auffällig mit jener der Collio-Serie der Lombardischen Senke der Südalpen übereinstimmt, so daß man hier eine mindestens 120 km betragende Rechtsseitenverschiebung anzunehmen hätte.

2. Eine dem nordalpinen Faziesraum sonst fremde Spezialität der anisischen Entwicklung stellt der 150 m mächtige sandige Anisanteil des Drauzuges dar, der besonders in den Lienzer Dolomiten hervortritt. Ein zwangsloser Anknüpfungspunkt in den Südalpen ergibt sich nur in den sandreichen Peresschichten der Pragser Dolomiten, worauf nach Neuuntersuchungen (BECHSTÄDT & BRANDNER, 1970, S. 42) BRANDNER 1972, S. 156 ff. verwiesen hat. Während sich bei einem solchen Vergleich der nächstgelegenen Abschnitte eine Rechtsseitenverschiebung von nur 50 km ergäbe, darf aber nicht vergessen werden, daß dieses sandige, fossilbelegte Anis ja vom Drauzug weg bis in die gleichartigen Pfannockschiechten in der Pfannockscholle der Gurktaler Alpen fortsetzt (TOLLMANN, 1975, S. 36, 40) und bei dieser größeren Längserstreckung in der Nordscholle demnach ebenfalls mit einem Versetzungsbetrag von 120 km gerechnet werden kann.

3. Auch weitere anisische Schichtglieder lassen eine analoge Anknüpfung zwischen Drauzug und Pragser/Olanger Dolomiten zu: Riffkalke in den Lienzer Dolomiten mit einer Fauna reich an *Olangocoeilia otti* BECHST. & BRANDNER (z. B. Alpelspitze) trifft man ebenso wie den sogenannten anisischen „Zwischendolomit“ in den Olanger Dolomiten wieder, letzterer in Südtirol allerdings als Oberer Sarldolomit (Mendoladolomit) bezeichnet.

4. Die gegenüber den Nördlichen Kalkalpen hier vom Ladin noch in das Oberanis hinabreichenden Partnachschichten des Drauzuges, die nach Ausbildung und abweichendem Altersumfang hier von BECHSTÄDT & MOSTLER (1974, S. 45 ff.) sogar mit eigenem Namen, der in stratigraphischer Hinsicht allerdings ungeeigneten Bezeichnung „Plattenkalk“ bedacht worden waren, haben ihr Gegenstück unter der Bezeichnung „Varenna-Perledokalk“ des höheren Anis bis Ladin im Lombardischen Becken in der Südscholle. Neben der Lithologie verbindet eine gleichartige Fischfauna mit *Ophiopsis lariensis* DE ALESSANDRI (Drauzug: STEBER, 1955, S. 92 f.) die beiden durch die Seitenverschiebung kräftig versetzten Teilstücke dieses einst wohl zusammengehörigen Areals, zu dem auch noch der Plattenkalk von Besano am Luganer See (TREVISAN, 1955, S. 103) mit seinen Fischlagen des Lombardischen gehört. Ein Vergleich mit den lokal auch in der Mitteltrias auftretenden dunklen plattigen Kalke der Julischen Alpen und Steiner Alpen hingegen, die ausschließlich dem Anis angehören (ARTHABER, 1906, S. 267), wäre auch auf Grund der Altersdifferenz unpassend.

5. Im Jahre 1958 wurde von PILGER & SCHÖNENBERG der 25 m mächtige Tuffhorizont im oberanisischen Zwischendolomit sowie der 120 m mächtige Tuff- und Agglomerat-Horizont an der Anis/Ladin-Grenze am Dobratsch entdeckt und damit erstmalig auf die Bedeutung der Vulkanite im Drauzug aufmerksam gemacht. In der Zwischenzeit wurden zahlreiche weitere Vulkanite im westlichen Drauzug aus dem Zeitraum von Oberanis bis Karn gefunden, so z. B. in anderen Abschnitten des Dobratsch (STREHL, 1960, S. 28 ff.; COLINS & NACHTMANN, 1974, S. 24 ff.), in den übrigen Gailtaler Alpen (WARCH, 1965, 1966) und in den Lienzer Dolomiten (SCHLAGER, 1963, S. 58). Die beste Beziehung dieser stratigraphisch über einen bedeutenden Zeitraum sich erstreckenden Vulkanite ergibt sich an Hand dieses Merkmals zu den Südtiroler Dolomiten, also ebenfalls einem im Westen gelegenen Raum, wo das Zentrum vulkanischer Tätigkeit in Mitteltrias bis Karn gelegen war.

6. Die Untersuchung der Makrofauna des norischen Hauptdolomits des Dobratsch durch TICHY (1975) hat gezeigt, daß hier auf Grund des Auftretens zahlreicher aus den Dolomiten und den Lombardischen Alpen erstbeschriebener Arten wie z. B. *Neomegalodon triquetus acuminatus* (FRECH), *N. hoernesii* (FRECH), *N. complanatus* (GÜMBEL), *N. guembeli* (STOPP.), *N. seccoii* (PARONA) usw. sehr enge Beziehungen zu diesem in den Südalpen westlich von unserem Gebiet gelegenen Areal bestehen, so daß wiederum gleichsinnige und etwa gleich große Versetzungsbeträge in einer Rechtsseitenverschiebung an der Naht diese Anordnung der Verteilung des vom übrigen Hauptdolomit der Nordalpen durch seine Fauna extrem abweichenden Hauptdolomit-Typus erklären können.

Auch ist an der Verbreitung der vom Hauptdolomit beherrschten Faziesentwicklung zu beiden Seiten der Periadriatischen Naht der gewaltige Rechtsseiten-

Verschiebungssinn an dieser Linie abzulesen. Während südlich der Naht der Hauptdolomit die Obertrias in den Südtiroler Dolomiten beherrscht, tritt in den Südkarawanken und Steiner Alpen bereits Dachsteinkalk auf. Dem gegenüber stellt sich im Drauzug nördlich der Naht von den Lienzer Dolomiten bis zu den Nordkarawanken Hauptdolomit und kein Dachsteinkalk in der Obertrias ein — nachdem ja der Gipfelkalk im Dobratsch als Wettersteinkalk erkannt worden ist.

7. Der im westlichen und östlichen Drauzug mächtig entfaltete Plattenkalk hat in den Südalpen im östlichen Abschnitt keine Parallele, wohl aber in dem in der lombardischen Fazies über dem Hauptdolomit auftretenden dünn-schichtigen Kalk mit bituminöser Fazies und mit Fisch- und anderen Wirbeltierresten, dem von CASATI (1964, S. 448 ff., 465) beschriebenen *Calcare di Zorzino*.

8. Während durch großräumigen Faziesausgleich im Jura sich hier weniger scharf begrenzten individuelle Schichtglieder, die sich für unseren Vergleich anbieten, entwickelt haben, bietet noch der südlich von Lienz in der Amlacher Mulde in den Lienzer Dolomiten erhaltene Kreideflysch einen interessanten Anhaltspunkt für den Vergleich zu den Südalpen, um so mehr, als er ebenfalls jüngst von MARIOTTI (1972 a, b) und von FAUPL (1977) studiert und beschrieben worden ist. Diese als *Lavanter Flysch* bezeichnete Serie mit typischen Flyschmerkmalen reicht in der Unterkreide mindestens bis in das durch Mikrofossilien belegte Oberalpin empor, die Schüttung des noch oberhalb der Kompensationstiefe abgelagerten Materials erfolgte von Ost (zu Süd) nach West (zu Nord), im Schwermineralspektrum herrscht Chromspinell, Zirkon und Granat.

Vergleicht man nun diesen Flysch mit den Resten von Flyschvorkommen in den Südalpen, so bieten sich nach CASTELLARIN (1976, Fig. 1) folgende Flyschserien hierfür an: 1. Der Lombardische Flysch zwischen Lago Maggiore und Iseosee mit einem Alter Turon-Eozän und Schüttungsrichtungen vorwiegend aus NE; 2. Der Insubrische Flysch zwischen Gardasee und Judicarienlinie mit einem Alter Turon-Maastricht und Schüttungsrichtung aus Norden; 3. Der Flysch von La Stua im Oberen Boite-Tal bei Cortina in den Ampezzaner Dolomiten, der nach Neuuntersuchung von SCUDELER-BACCELLE & SEMENZA (1974) nach Mikro- und Makrofossilien ein Albien-Alter aufweist. 4. Der Karnisch-Julische Flysch auf der Südseite der gleichnamigen Gebirgsstöcke mit Senon-Alter. Wie bereits SCUDELER-B. et al. (1974, S. 173) festgestellt haben, könnte der Lienzer Flysch am ehesten im Flysch von La Stua seine Fortsetzung gehabt haben, während die Lombardisch-Insubrischen Flysche ja anderes Alter und andere Lithologie aufweisen. Während ein solcher Vergleich auf einen rechtsseitigen Versatz von bloß 50 km hinwies, muß aber berücksichtigt werden, daß ja von dem aus lithologischen Befunden bedeutenden Flyschtroge des Albien der Südalpen nur der kleine Rest von La Stua durch seine zufällige Erhaltung für den Vergleich zur Verfügung steht und wir ja keineswegs gerade an diesen heute willkürlich erhaltenen Flysch des einstigen Gesamttroges direkt anknüpfen müssen.

III. Weitere für den Bewegungssinn entlang der Naht bedeutende Fakten

1. Die bei dem Aufreißen der Periadriatischen Naht entlang dieser Suture aufdringenden Intrusiva oligozänen Alters — vom Massiv von Traversella, Biella und

Miagliano im Westen angefangen über Bergell, Adamello, Rensen und Rieserferner im Mittelabschnitt bis zum Bachergebirge (und eventuell auch noch dem in seinem Alter umstrittenen Eisenkappeler Tonalitgneis) im Osten — sind im unmittelbaren Bereich der Naht zu langen Spänen verschleift, was wohl bereits auf kräftige seitliche Bewegung hinweist. Den Sinn dieser Seitenverschiebung kann man dort ablesen, wo ein etwas abseits liegender Hauptkörper mit einem Ausläufer (nahe) an die Nahtlinie herankommt und an ihr entlang verschleppt wird: das ist beim Bergeller Granit im Nordstamm der Alpen der Fall, dessen gegen SW gerichteter Ausläufer den Bewegungsbereich der Narbe erreicht und dort zu langem, gegen Westen ausdünnendem Schwanz ausgezogen wird, was auf die Rechtsseitenverschiebung der Nordscholle hinweist.

2. Die Auswertung der Landsat-Bilder durch GUPTA (1977, S. 306, Abb. 4) hat auf Grund der deutlichen Mündungsschleppung aller Seitenbäche im Bereich der Insubrischen Linie bzw. Tonalelinie nach rechts gezeigt, daß eine Rechtsseitenverschiebung der Schollen beiderseits der Naht bis in die Gegenwart anhält.

3. Auf die Analogien bestimmter Cu-führender Eisenspatlagerstätten im Raum der westlichen Gailtaler Alpen einerseits, im Raum von Brixen in der Südscholle andererseits, hat SCHERLAU-NIEDERMAJR (1977, S. 71) hingewiesen.

Der Vergleich der beiden Hauptlagerstätten von Blei-Zink-Erzen im Unterkarn (Wettersteinkalk/Raibler Schichten) beiderseits der Naht, nämlich Bleiberg am Dobratsch und Raibl am Westrand der Julischen Alpen im Süden, der als Einwand gegen eine Rechtsseitenverschiebung an der Narbe verwendet werden könnte, wäre willkürlich: Abgesehen davon, daß die vollkommen andersartige Ausbildung der Nordalpinen Raibler Schichten in Bleiberg gegenüber den Raibler Schichten von Raibl gegen eine solche Verbindung spricht, ist diese Blei-Zink-Vererzung im Grenzniveau Mittel/Obertrias ein überregionales Phänomen, so daß man ebensogut die Lagerstätte Raibl mit Mežica (Mieß) in den Ostkarawanken vergleichen könnte und dann die Rechtsseitenverschiebung auf dieser Basis annehmen würde. Darüber hinaus aber ist noch zu berücksichtigen, daß die in der nördlichen Fortsetzung des Drauzuges, den Nördlichen Kalkalpen auftretende zeitgleiche und gleichartige Vererzung von den Bayerischen und Tiroler Kalkalpen bis in die Niederösterreichischen Kalkvor-alpen (WERNECK, 1974) hinüberreicht, so daß zusammenfassend zu sagen ist, daß aus einem Vergleich dieses weit verbreiteten Lagerstättentypus nichts Sicheres über den Versetzungssinn an der Periadriatischen Naht ausgesagt werden kann.

4. Ebenfalls auf einen rechtsseitigen Versatz an der Naht um mindestens 130 km, maximal 300 km, würden die im Kristallin des Nordstammes erhaltenen altvariszischen Schlingen im Raum Silvretta, Ötztaler, Penser und Defregger Alpen hinweisen, wenn man sie mit den Ceneri-Schlingen im Altkristallin der Südalpen parallelisiert (vgl. Abb. 1 bei BÖGEL, 1975). Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, daß in altalpidischer Zeit noch das breite Oberostalpin zwischen diesen Kristallin-arealen eingeschaltet gewesen ist.

5. Auf den Satellitenbildern dieser Region kann man erkennen, daß die beiden Hauptstücke der Periadriatischen Naht — nach ihrer Schrägversetzung an der Judicarienlinie — offenbar unter weiterem Anhalten von Seitenverschiebung an der Nahtlinie, sich über die Querstörung der Judicarie hinaus weiter fortgepflanzt haben:

So ist einerseits die Pusterer Linie gegen Westen hin über Mauls hinaus an Sterzing vorbei bis nördlich von Sölden in den Öztaler Alpen verfolgbar (TOLLMANN, 1976, Abb. 16 bei S. 31; 1977, S. 18, Taf. 1), andererseits die Tonalelinie scheinbar auch noch jenseits östlich der Judicarie bis durch den Bozener Quarzporphyr trassierbar (GUPTA, 1977, S. 307, Abb. 1). Auch das spricht jedenfalls für eine andauernde Seitenverschiebungstendenz der Blöcke entlang der Narbenzone.

IV. Abschließende Bemerkungen zum Bewegungssinn der Schollen an der Periadriatischen Naht

Wir haben im Vorstehenden gezeigt, daß aus allen erwähnten Fakten einhellig eine namhafte Rechtsseitenverschiebung entlang der Periadriatischen Naht abzuleiten ist. Überblicken wir die Teilphasen des Geschehens, so läßt sich folgende Gliederung vornehmen:

1. Kretazischer Deckenbau im Bereich der West- und Ostalpen. Trotz vieler gegenteiliger Meinungen meines Erachtens nach keine eindeutigen Beweise für die Existenz der Narbe vor der Kreidezeit bzw. in voralpidischer Zeit.

2. Kräftige Rechtsseitenverschiebung mit dem Einsatz der gegenuhrzeiger-sinnigen Rotation der Südalpenscholle (Insubrische Scholle LAUBSCHERS) im höheren Eozän entlang der aufreißenden Narbe. Diese Bewegung dauert kräftig im Alttertiär an, im Oligozän dringen die Intrusiva und ihr Gangfolge im Raum dieser Narbe auf und werden bei anhaltender weiterer Bewegung noch entlang der Naht verschleift.

3. Kräftiger nördlicher Vorstoß des mittleren Teilstückes der Südalpenscholle (Venezianische Scholle) an der NNE gerichteten, nunmehr entstehenden Judicarienlinie, die zu einem NNE-Versatz des Ostabschnittes der Periadriatischen Naht gegenüber ihrem Westabschnitt führt. Für die Fortsetzung dieser Judicarie im Untergrund der Poebene gibt es mehrfache Hinweise. Dieses Geschehen wird von SEMENZA (1974, S. 213), der eine ausführliche graphische Darstellung der Vorgänge in den einzelnen Phasen nach seiner Vorstellung bringt, in das Miozän verlegt. Der Vorstoß dieser Venetianischen Scholle gegen Norden entlang der Judicarie hat zweifellos den Knick im Tauernfenster bewirkt, der heute allerdings durch die weiter anhaltende Rechtsseitenverschiebung der Nordscholle um 70 km von Mauls gegen Osten hin verschoben ist.

4. Durch die weitere Rechtsseitenverschiebungstendenz an der nunmehr bajonettartig versetzten Periadriatischen Naht kommt es durch den neu entstehenden, vorspringenden Brixener Kopf zu einer gewaltigen Druckübertragung auf das Ötzmassiv (die vielleicht den jungen Ausbau des Nord- und West-Vorstoßes der Ötztaler Alpen bewirkte). Es kommt hierbei jedenfalls zu dem oben erwähnten, auf den Satellitenbildern deutlich wahrnehmbaren jungen Weiterbau der Pusterer Linie gegen Westen.

Daß die Bewegungen auch sonst in junger Zeit an dieser Naht weiter anhalten, zeigt sich dort, wo sie in die tertiären Schichten am Alpenostrand übertritt: Im Satellitenbild kann man die Narbe im tertiären Hügelland nördlich am Rogaška Slatina und am Mačelj-Gebirge vorbei bis SW Varaždin verspüren.

Zu vermerken ist ferner, daß außer der während des Tertiärs anhaltenden Seitenbewegung an der Nahe außerdem die weiter wirkende Einengung des alpinen Orogens sich bemerkbar macht, indem diese Seitenverschiebung überlagernd in jüngerer Zeit noch eine meridionale Pressung und Vertikalverstellung zu einer gewaltigen Heraushebung der Nordscholle im Westen (Westalpen), zu einer Tieferhaltung der nördlichen Scholle im Mittelabschnitt (westlicher Drauzug) und einer mäßigen Anhebung des Nordflügels im Osten (Bachergebirge) geführt hat. Die Resultierende aus Westdrängen und Nordpressen der Südscholle ist in der Gegenwart etwa beim Abwandern des Gebirges beim Bau des Karawankentunnels in Richtung NNW wiederholt direkt beobachtet worden (TELLER, 1910, S. 249).

Das Ausmaß des gesamten Seitenversatzes entlang der Naht zwischen Nord- und Südscholle ist auf Grund der Abtragung großer Teile des wurzelnahen nordalpinen Mesozoikums in Kärnten aus der Versetzung der einzelnen Faziesglieder nur schwer genau zu erfassen. Je nachdem, ob man den westlichen oder östlichen Abschnitt des Drauzuges in Vergleich mit den in den Südtiroler Dolomiten oder im Lombardischen Faziesraum wiederauftretenden Faziesgliedern setzt, ergeben sich Beträge von 100—150 km bis zu 300 km. Hierbei erscheinen die erstgenannten Beträge auf Grund der zahlreicheren Einzelheiten der erwähnten südalpinen Räume zum Westteil des Drauzuges den Verhältnissen am ehesten gerecht zu werden.

Schließlich sei noch vermerkt, daß von VANDENBERG & WONDERS (1976, S. 318 und Abb. 1) im Untergrund der Poebene eine ähnlich bedeutende Störungszone wie die Periadriatische Linie vermutet worden ist, an der eine kräftige Bewegung in der Oberkreide und im Alttertiär vor sich gegangen sei.

V. Literaturverzeichnis

- ARTHABER, G. v.: Die alpine Trias des Mediterrangebietes. — *Frechs Lethaea geognost.*, 2. Tl., 1. Bd., 3. Lief., 223—472, zahlr. Abb. u. Tab., Taf. 34—60, Stuttgart 1906.
- BECHSTÄDT, T., & BRANDNER, R.: Das Anis zwischen St. Vigil und dem Höhlensteintal (Pragser und Olang Dolomiten, Südtirol). — *Festbd. geol. Inst. 300-J.-Feier Univ. Innsbruck*, 9—103, 4 Abb., 1 Tab., Taf. 1—18, Beil. 1—3, Innsbruck 1970.
- BECHSTÄDT, T., & MOSTLER, H.: Fossilagerstätten im mitteltriadischen Plattenkalk der Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich). — *Schriftenr. erdwiss. Komm. österr. Akad. Wiss.*, 2, 45—55, 2 Abb., 2 Taf., Wien 1974.
- BOER, J. DE: The geology of the Vicentinian Alps (NE-Italy). — *Proefschrift Wiskd. Natuurwet. Univ. Utrecht*, 178 S., 52 Abb., 5 Tab., 2 Taf., Utrecht 1963.
- Paleomagnetic indications of megatectonic movements in the Tethys. — *J. Geophys. Res.*, 70, 931—944, Washington 1965.
- BÖGEL, H.: Zur Literatur über die „Periadriatische Naht“. — *Verh. geol. B.-A.*, 1975, 163—199, 2 Abb., 1 Tab., Wien 1975.
- BRANDNER, R.: „Südalpines“ Anis in den Lienzer Dolomiten (Drauzug). — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, 21, 143—162, 2 Abb., Taf. 1—3, Beil. 1, Innsbruck 1972.
- CASATI, P.: Il trias in Lombardia. VI. Osservazioni stratigrafiche sull'„Infraretico“ delle Prealpi Bergamasche. — *Riv. Ital. Paleont. Stratigr.*, 70, 447—465, 10 Abb., Milano 1964.

- CASTELLARIN, A.: Paleogeographic hypothesis on the cretaceous sudalpine Flysch basin. — *Boll. Soc. geol. Ital.*, 95, Roma 1976.
- CLAR, E.: Review of the Structure of the Eastern Alps. — [In:] JONG, K. DE, & SCHOLTEN, E. [Hrsg.]: *Gravity and Tectonics*, 253—270, 9 Abb., New York etc. (Wiley) 1973.
- COLINS, E., & NACHTMANN, W.: Die permotriadische Schichtfolge der Villacher Alpe (Dobratsch), Kärnten. — *Geol. paläont. Mitt. Innsbruck*, 4, H. 2, 1—43, 4 Abb., 1 Tab., Taf. 1—3, Innsbruck 1974.
- CORNELIUS, H. P.: Gibt es eine „alpin-dinarische Grenze?“ — *Mitt. geol. Ges. Wien*, 36—38 (1943—1945), 231—244, Wien 1949.
- DEBELMAS, J. & LEMOINE, M.: The western Alps: Palaeogeography and structure. — *Earth-Sci. Rev.*, 6, 221—256, 4 Abb., 1 Tab., Amsterdam 1970.
- EXNER, CH.: Geologie der Karawankenplutone östlich Eisenkappel, Kärnten. — *Mitt. geol. Ges. Wien*, 64 (1971), 1—108, 17 Abb., 1 Tab., Taf. 1, Wien 1972.
- Die geologische Position der Magmatite des periadriatischen Lineamentes. — *Verh. geol. B.-A.*, 1976, 3—64, 13 Abb., Wien 1976.
- EXNER, CH., & SCHÖNLAUB, H.: Neue Beobachtungen an der Periadriatischen Narbe im Gailtal und im Karbon von Nötsch. — *Verh. geol. B.-A.*, 1973, 357—365, 1 Abb., Wien 1973.
- FALLOT, P.: Les dilemmes tectoniques des Alpes Orientales. — *Ann. Soc. géol. Belgique*, 78, B 147—B 170, Taf. 1—2, Liège 1955.
- FAUPL, P.: Sedimentologische Studien im Kreideflysch der Lienzer Dolomiten. — *Anz. Österr. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl.*, 113 (1976), 131—134, Wien 1977.
- GUPTA, R.: Delineation of active faulting and some tectonic interpretations in the Munich-Milan section of the Eastern Alps—use of Landsat-1 and 2 imagery. — *Tectonophysics*, 38, 297—315, 8 Abb., Amsterdam 1977.
- HERITSCH, F.: Die österreichischen und deutschen Alpen bis zur alpino-dinarischen Grenze (Ostalpen). — *Handbuch der regionalen Geologie*, II, 5. Abt., 153 S., 26 Abb., Taf. 1—2, Heidelberg (Winter) 1915.
- HILTEN, D. VAN: Geology and Permian paleomagnetism of the Val-di-Non area, W. Dolomites, N. Italy. — *Geologica ultraiect.*, 5, 1—95, 51 Abb., 5 Photos, 6 Tab., Utrecht 1960.
- Evaluation of some geotectonic hypotheses by paleomagnetism. — *Tectonophysics*, 1, 3—71, 8 Abb., 1 Tab., Taf. 1—3, Amsterdam 1964.
- HOSPERS, J., & ANDEL, S. VAN: Paleomagnetism and tectonics, a review. — *Earth Sci. Rev.*, 5, 5—44, 8 Abb., 2 Tab., Amsterdam 1969.
- JONG, K. DE: Paläogeographie des ostalpinen oberen Perms, Paläomagnetismus und Seitenverschiebungen. — *Geol. Rdsch.*, 56, 103—115, 4 Abb., Stuttgart 1967.
- KAHLER, F.: Über den Verlauf der periadriatischen Naht östlich von Villach. — *Anz. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl.*, 73, 179—182, Wien 1936.
- KAHLER, F., & PREY, S.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Naßfeld-Gartnerkofel-Gebietes in den Karnischen Alpen. — 116 S., 26 Abb., 3 Tab., 5 Taf., Wien (Geol. B.-A.) 1963.
- KOBER, L.: Über Bau und Entstehung der Ostalpen. — *Mitt. geol. Ges. Wien*, 5, 367—480, Taf. 7—14, Wien 1912.
- Der Bau der Erde. — IV, 324 S., 46 Abb., 2 Taf., Berlin (Borntraeger) 1921.
- Das alpine Europa. — 310 S., 33 Abb., 3 Taf., Berlin (Borntraeger) 1931.
- KOSSMAT, F.: Die adriatische Umrandung in der alpinen Faltenregion. — *Mitt. geol. Ges. Wien*, 6, 61—165, 9 Abb., Taf. 3—5, Wien 1913.

- LAUBSCHER, H.: The large-scale kinematics of the Western Alps and the Northern Apennines etc. — *Amer. J. Sci.*, 271, 193—226, 11 Abb., New Haven 1971.
- Das Alpen-Dinariden-Problem und die Palinspastik der südlichen Tethys. — *Geol. Rdsch.*, 60, 813—833, 6 Abb., Stuttgart 1971.
- MARIOTTI, A.: Précisions sur la stratigraphie des Lienzer Dolomiten etc. — *Géol. alp.*, 48, 121—129, 2 Abb., Grenoble 1972.
- Sur la série post-triasique des Lienzer Dolomiten: existence d'un flysch crétacé au Nord de la ligne du Gail (Autriche). — *C. R. Soc. géol. France*, 1972, 31—34, Paris 1972.
- MOJSISOVICS, E. v.: Die Dolomit-Riffe von Südtirol und Venetien. — 552 S., 110 Abb., 30 Taf., 3 Kt., Wien (Hölder) 1879.
- NIEDERMAYR, G.: Gedanken zur lithofaziellen Gliederung der postvariszischen Transgressions-Serie der westlichen Gailtaler Alpen, Österreich. — *Mitt. geol. Ges. Wien*, 66—67 (1973/74), 105—126, 4 Abb., 2 Tab., Wien 1975.
- NIEDERMAYR, G., SEEMANN, R., & SCHERIAU-NIEDERMAYR, E.: Die Perm-Trias-Grenze im westlichen Drauzug, Kärnten/Osttirol. — *Ann. nathist. Mus. Wien*, 81, Wien 1977.
- NIEDERMAYR, G., SUMMESBERGER, H., & SCHERIAU-N., E.: Über zwei Coelestinvorkommen in der Mitteltrias der Gailtaler Alpen, Kärnten. — *Ann. nathist. Mus. Wien*, 79, 1—7, 3 Abb., Taf. 1—2, Wien 1975.
- OGNIBEN, L. et al. [Hrsg.]: Structural Model of Italy. — *Quaderni Ricerca sci. Consiglio naz. Ricerche*, 90, 502 S., zahlr. Abb. u. Kt., Roma 1975.
- PILGER, A. & SCHÖNENBERG, R.: Der erste Fund mitteltriadischer Tuffe in den Gailtaler Alpen (Kärnten). — *Z. dt. geol. Ges.*, 110 (1958), 205—215, 3 Abb., Taf. 9—11, Hannover 1958.
- RIEHL-HERWIRSCH, G.: Die postvariscische Transgressionsserie im Bergland östlich vom Magdalensberg. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, 14—15, 229—266, 3 Abb., Taf. 10, Wien 1965.
- SASSI, F., & ZANFERRARI, A.: Osservazioni sulla granodiorite affiorante lungo la linea della Gail presso Hollbruck (Tirolo Orientale, Austria). — *Studi Trent. Sci. Nat.*, N. S., sez. A, 48, 271—281, 5 Abb., 1 Tab., Trento 1971.
- Sulla presenza di una massa tonalitica lungo la linea della Gail fra Obertilliach e Liesing (Austria). — *Boll. Soc. geol. ital.*, 92, 605—620, 10 Abb., Taf. 1, Roma 1973.
- SCHERIAU-NIEDERMAYR, E.: Das periadriatische Lineament — Gedanken zur Seitenverschiebung. — *Berg- u. hüttenmänn. Mh.*, 122, H. 2a, 70—72, 1 Abb., Wien 1977.
- SCHLAGER, W.: Zur Geologie der östlichen Lienzer Dolomiten. — *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, 13 (1962), 41—120, Taf. 3—6, Wien 1963.
- SCHWINNER, R.: Dinariden und Alpen. — *Geol. Rdsch.*, 6, 1—22, Taf. 1, Leipzig 1915.
- SCUDELER-BACCALLE, L., & SEMENZA, E.: Flysch terrigeno con „struttura contornitiche“ nel Cretacico delle Dolomiti Ampezzane. — *Ann. Univ. Ferrara*, sez. IX, Sc. Geol. Paleont., vol. 5, No. 9, 165—179, 2 Abb., Ferrara 1974.
- SEMENZA, E.: La fase giudicariense, nel quadro di una nuova ipotesi sull'orogenesi alpina nell'area italo-dinarica. — *Mem. Soc. geol. Ital.*, 13, 187—226, 12 Abb., Pisa 1974.
- SIEBER, R.: Ein bemerkenswerter Fischfund aus der Mitteltrias Kärntens. — *Carinthia*, 145 bzw. (II) 65, 91—96, 1 Abb., Klagenfurt 1955.
- SOFFEL, H.: Anticlockwise rotation of Italy between the Eocene and Miocene etc. — *Earth and Planetary Sci. Letters*, 17, 207—210, Amsterdam 1972.
- STAUB, R.: Der Bau der Alpen. — *Beitr. geol. Kt. Schweiz*, 52 (N. F. 82), 272 S., 70 Abb., 2 Prof.-Taf., 1 tekt. Kt., Bern 1924.
- STREHL, E.: Neue Funde mitteltriadischer Tuffe in den Gailtaler Alpen (Kärnten). — *Carinthia*, 150 bzw. (II) 70, H. 1, 28—35, 2 Abb., 1 Taf., Klagenfurt 1960.

- SUCESS, E.: Das Antlitz der Erde. 1. Bd. — 778 S., 48 Abb., 2 Taf., 4 Kt., Prag-Wien-Leipzig (Tempky-Freytag) 1885.
- TELLER, F.: Geologie des Karawankentunnels. — Denkschr. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., 82, 145—250, 29 Abb., 2 Tab., 3 Taf., Wien 1910.
- TERMIER, P.: Les nappes des Alpes Orientales et la synthèse des Alpes. — Bull. Soc. géol. France, (4) 3 (1903), 711—765, 4 Abb., Taf. 22—23, Paris 1904.
- TICHY, G.: Fossilfunde aus dem Hauptdolomit (Nor, Trias) der östlichen Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich). — Ann. nathist. Mus. Wien, 79, 57—100, 3 Abb., Taf. 1—13, Wien 1975.
- TOLLMANN, A.: Ostalpensynthese. — VIII, 256 S., 22 Abb., 11 Taf., Wien (Deuticke) 1963.
- Faziesanalyse der alpidischen Serien der Ostalpen. — Verh. geol. B.-A., Sdh. G, 103—133, 1 Abb., Wien 1965.
- Alter und Stellung des Alpinen Verrucano in den Ostalpen. — Verh. geol. B.-A., 1972, 83—95, 1 Abb., Wien 1972.
- Die Bedeutung des Stangalm-Mesozoikums in Kärnten für die Neugliederung des Oberostalpins in den Ostalpen. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 150, 19—43, 7 Abb., Stuttgart 1975.
- [in:] BECKEL, L.: Österreich im Satellitenbild. — 107 S., 69 Abb., Salzburg (O. Müller) 1976.
- Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. — N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 153, 1—27, Taf. 1, Stuttgart 1977.
- TREVISAN, L.: Strati di Besano. — Lexique stratigraphique international, vol. 1, Europe, fasc. 11, Italia, S. 103, Paris (CNRS) 1955.
- TRÜMPY, R.: Paleotectonic Evolution of the Central and Western Alps. — Bull. geol. Soc. Amer., 71, 843—908, 14 Abb., 2 Taf., New York 1960.
- VANDENBERG, J., & WONDERS, A.: Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-basin. — Tectonophysics, 33, 301—320, 9 Abb., 2 Tab., Amsterdam 1976.
- WARCH, A.: Carditaschiefer und Tuffe aus den zentralen Gailtaler Alpen. — Carinthia 155 bzw. (II) 75, 63—69, 2 Abb., Klagenfurt 1965.
- Weitere triassische Tuffe und Tuffite in den zentralen Gailtaler Alpen. — Carinthia, 156 bzw. (II) 76, 141—157, 2 Abb., Klagenfurt 1966.
- WERNECK, W.: Faciesdifferenzierung und Erzvorkommen im oberen Wettersteinkalk der nördlichen Kalkalpen zwischen Traun und Enns (Oberösterreich). — Berg- u. hüttenmänn. Mh., 119, 211—221, 7 Abb., Wien 1974.
- ZANFERRARI, A.: On the occurrence of a Permo-Scythian syncline outcropping in the middle Lesachtal along the Gailtal line (Carinthia, Austria). — N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 1976, 109—117, 3 Abb., Stuttgart 1976.
- ZIJDERVELD, J., & HAZEU, G. et al.: Shear in the Tethys and the Permian Paleomagnetism in the Southern Alps, including new results. — Tectonophysics, 10, 639—661, 11 Abb., 3 Tab., Amsterdam 1970.