

Zur Tektonik der Lienzer Dolomiten

Von
Thomas SCHMIDT

1. Einleitung

Anläßlich der diesjährigen Arbeitstagung wird eine Manuskriptkarte der Lienzer Dolomiten vorgestellt. Es sollen deshalb hier die wichtigsten Merkmale der an tektonischen Strukturen so reichhaltigen Lienzer Dolomiten beschrieben werden, um den strukturellen Baustil des Gebirges zu charakterisieren.

Die Tektonik der Lienzer Dolomiten wurde in der Vergangenheit äußerst unterschiedlich interpretiert. So wurde von den verschiedenen Autoren einerseits der Faltenbau (GEYER, 1903; FURLANI, 1912; SCHLAGER, 1963), andererseits die Schuppenstruktur der Lienzer Dolomiten betont (CORNELIUS & FURLANI-CORNELIUS, 1943; HERITSCH, 1943; CORNELIUS-FURLANI, 1953; 1955). Wohl unter dem Einfluß der Deckenlehre wurde der Drauzug von STAUB (1924) und KOBER (1938; 1955) als nordvergentes Gebirge bezeichnet. Im Gegensatz dazu bestritt SCHLAGER (1963) eine einheitliche Vergenz und verwies auf eine aufrechte Faltung mit südvergenter Schuppung im N und nordvergenter Schuppung im S.

Während die tektonische Ausgestaltung der Lienzer Dolomiten von den genannten Autoren als Ergebnis alpidischer Einengungstektonik gesehen wurde, stellten v. BEMMELEN (1957; 1961) und v. BEMMELEN & MEULENKAMP (1965) dieses das Prinzip der Gravitationstektonik gegenüber. Danach glitten im Zuge einer alttertiären Grabenbildung im Bereich des Drauzuges große Schichtpakete entlang muschelförmiger (Istrischer) Brüche ab. Bereits während des Eingleitens wurde demnach die Faltenstruktur angelegt, die durch einen späteren Zuschub des Drauzuggrabens ausgestaltet wurde.

Bereits SCHLAGER (1963) und v. BEMMELEN & MEULENKAMP (1965) erwähnten die Existenz von Seitenverschiebungen, deren Bedeutung allerdings eher gering bewertet wurde, wohingegen in neuerer Zeit der entscheidende Einfluß von Seitenverschiebungen auf den tektonischen Bau der Lienzer Dolomiten unterstri-

chen wurde (SPERLING, 1990; SCHMIDT et al., 1991; 1993).

2. Geologischer Rahmen

Die Lienzer Dolomiten werden im NW durch die Drautal Linie und im NE durch die Iseltal Linie vom zentralalpinen Kristallin getrennt. Im S grenzen sie mit einem tektonisch überprägten Transgressionskontakt an das Gailtalkristallin (SCHLAGER, 1963; v. BEMMELEN & MEULENKAMP, 1965). Das Gailtalkristallin selbst wird durch die Gailtal Linie, als einem Teil des Periadriatischen Lineaments (PAL), vom südalpinen Paläozoikum der Karnischen Alpen getrennt. Die Lienzer Dolomiten stellen also, gleich den anderen Teilen des Drauzuges, einen tektonisch (und faziell) isolierten Teil des Ostalpins dar.

Bevor wir den Internbau des Gebirges näher betrachten, soll zunächst kurz auf das Gailtalkristallin eingegangen werden, dessen (alpidischer) tektonischer Baustil Rückschlüsse auch auf die Tektonik des sedimentären Auflagers zulassen sollte.

Das Gailtalkristallin besteht aus polymetamorphen Gesteinen sehr unterschiedlichen Deformations- und Metamorphosegrades (HEINISCH, 1986; 1987b; HEINISCH et al., 1984) und kann in vier tektonische Einheiten untergliedert werden (HEINISCH, 1987a). Diese grenzen entlang vertikaler, etwa E-W-streichender Scherzonen kataklastischer oder duktiler Natur aneinander und weisen eine jeweils andere Deformations- und Metamorphose-Geschichte auf. Wichtig ist eine mindestens zweiphasige Diaphthorose, die bereichsweise zur Bildung von Phylloniten führte und zumindest teilweise alpidisches Alter hat (HEINISCH, 1987a). Eine praealpidische Diaphthorose wird durch Komponenten von diaphthoritischen Gailtalkristallin in permischen Konglomeraten der Lienzer Dolomiten belegt (SCHLAGER, 1963; v. BEMMELEN & MEULENKAMP, 1965; MOSTLER, 1972). Diese dienen auch als Argument für den ursprünglichen sedimentären Kontakt von Drauzug-Permo-Mesozoikum und Gailtalkristallin.

Durch die polyphase Schertektonik wurde das Gefügeinventar in vertikale Position rotiert und die E-W-streichenden Gesteinseinheiten in phacoidförmig aneinandergereihte Segmente zerlegt. Daß hierbei auch alpidische Bewegungen beteiligt waren, zeigt die laterale Verschuppung

von Gailtalkristallin und Permo-Trias z.B. E' des Gailbersattels (HEINISCH, 1986; 1987b). In die gleiche Richtung weisen km-lange Späne von permo-skythischen Siliziklastika, die entlang der Gailtal Linie in das Gailtalkristallin eingeschuppt sind (ZANFERRARI, 1976). Es liegt nahe, für die Dislozierung dieser Späne ebenfalls laterale Bewegungen zu postulieren, zumal die Sedimente von Pseudotachyliten intrudiert wurden. Diese Zeugnisse kataklastischer Deformation sind geochemisch von friktionell aufgeschmolzenen, höchstwahrscheinlich oligozänen, Tonaliten herzuleiten (HEINISCH & SPRENGER, 1988), die als Phacoide entlang der Gailtal Linie aufgeschlossen sind (SASSI et al., 1974). Die Aufschmelzprodukte durchdrangen neben den permo-skythischen Sedimenten auch Gailtalkristallin und die Tonalite selbst.

Wie aus den Untersuchungen an den Pseudotachyliten hervorgeht, erlebte diese Zone im Zeitabschnitt von ca. 30 Mio. Jahren bis heute (nach der Tonalitintrusion) mindestens vier unterscheidbare bruchhafte Deformationsphasen (K1-K4), wobei die beiden ersten die Pseudotachylite in einer geschätzten Bildungstiefe von 10 bis 15 km lieferten und eine bedeutende seismische Aktivität am PAL dokumentieren (HEINISCH & SPRENGER, 1988; SPRENGER & HEINISCH, 1992). Wegen der starken Überprägung durch die späteren Deformationsphasen kann für K1 und K2 kein Schersinn ermittelt werden, wohingegen K3 ein sinistraler und K4 ein dextraler Schersinn mit jeweils aufschiebender Komponente (Transpression) zugeordnet werden kann (SPRENGER & HEINISCH, 1992).

Diese kurze Zusammenstellung der jüngsten Forschungsergebnisse beleuchtet die äußerst komplizierte Geschichte des Gailtalkristallins, dessen (zumindest alpidische) Genese von der polyphasen Aktivität des PAL entscheidend beeinflusst wurde. Die komplexe praealpidische Geschichte legt außerdem den Schluß nahe, daß hier eine alte Schwächezone angelegt ist, die wiederholt für Bewegungsvorgänge unterschiedlicher Art (?Deckenüberschiebungen, ?Seitenverschiebungen) reaktiviert wurde.

3. Tektonik der Lienzer Dolomiten

Der Bau der Lienzer Dolomiten wird beherrscht von einer großen E/W- bis ESE / WNW -streichenden Sattelstruktur, der Lienzer Antiklinale, welcher im N (Amlacher Wiese Mulde) und S (Tscheltcher Mulde) Muldenstrukturen ange-

gliedert sind. Die Sattelachse zieht vom oberen Pirkner Tal im E über das Böse Weibele und den Zochen Pass bis zur Kerschbaumer Alm in WNW' Richtung und von dort weiter in W' Richtung bis zum Sandeck. Sie taucht mit 15 bis 30 Grad nach WNW bzw. W ab (LEIST, 1974), so daß im E noch Wetterstein Dolomite aufgeschlossen sind, die weiter W' im Bereich der Kerschbaumer Alm unter Raibler Schichten und Hauptdolomit abtauchen. Die N' Sattelflanke geht kontinuierlich in die Amlacher Wiese Mulde über und kann fast über die gesamte Länge der Lienzer Dolomiten verfolgt werden; sie bildet die eindrucksvollen, steil N-fallenden Felswände (Hauptdolomit) z.B. des Spitzkofel, der Laserzwand oder des Hochstadel. Dagegen wird die S' Sattelflanke, sowie der E' und W' Sattelkern von zwei Störungen bzw. Störungszonen (Pirkner Bruch im E, Oberalpl Störung im W) amputiert, sodaß der im N so mächtig in Erscheinung tretende Hauptdolomit teilweise fast völlig unterdrückt ist.

Der Pirkner Bruch streicht vom Wildsender Bach N' Tuffbad in ENE' Richtung als subvertikale Störung über Soleck, um dann nach W über das obere Pirkner Tal, hier den Sattelkern schneidend, über die Klause und das Raneck nach NE drehend wieder in W' Richtung bis in das Drautal zu ziehen. Die Ober Alpl Störung streicht vom Wildsender Bach N' Tuffbad in NW' Richtung und spaltet in ein Störungsbündel auf, wobei die einzelnen Störungsäste linsenförmige Körper unterschiedlichen stratigraphischen und strukturellen Inventars einschließen. Vom Kofelpaß streicht dieses anastomosierende Störungssystem in W' Richtung über das obere Griesbachtal bis zum Herolder Rastl. Weiter W' ist der Störungsverlauf unklar: entweder nach W ins Drautal oder sie biegt um in SW' Richtung, um sich mit dem E/W-streichenden Störungssystem weiter S' (Schlucke) zu verbinden. Das Einfallen der einzelnen Störungen ist in der Regel steil bis vertikal mit flacheren Werten in Krümmungszonen.

Hervorzuheben ist, daß das Störungssystem am Kofelpass den Sattelkern der nach W abtauchenden Lienzer Antiklinale schneidet, sodaß W' des Kofelpasses nur noch die Nordflanke des Sattels erhalten ist. Es treten also unmittelbar S' dieser Nordflanke in der W' Verlängerung des Sattelkerns die oben angesprochenen Phacoide auf, die hier charakteristischerweise Schichten des Rhät bis Unterkreide enthalten.

Das geschilderte Störungssystem wird im S von

Störungen ähnlicher Art subparallel begleitet, wobei die Gesteinsserien, die von diesen Störungen begrenzt werden, nicht mehr in ihrem stratigraphischen und strukturellen Zusammenhang stehen. Mulden- und Sattelstrukturen sind, wenn überhaupt, nur noch rudimentär vorhanden. Meist werden von den Störungen subvertikal stehende mittel- bis obertriassische Schichtpakete eingeschlossen. Dabei keilen diese tektonisch an den sich wieder vereinigenden Störungen lateral aus, sodaß sich insgesamt das Bild eines aus länglichen Scherkörpern zusammengesetzten Gebirges ergibt. Am südlichsten der Störungssysteme (Südrand-Störung nach v. BEMMELEN & MEULENKAMP, 1965) sind W' des Gontrunsattels Phacoide von Amphibolith und Granatglimmerschiefer eingeschuppt. Diese Vorkommen von Gailtalkristallin innerhalb des Mesozoikums erinnern an die Phacoide von Permo-Mesozoikum entlang der Gailtal Linie.

Die Störungen werden oft von Kataklysezonen von bis zu mehreren Dekametern Breite begleitet, wie z.B. N' des Breitenstein. Das solchermaßen völlig vergrusste Gestein liefert die mächtigen Schutthalden z.B. in der Schlucke oder im oberen Gamsbachtal. In anderen Fällen ist das zerriebene Gestein solcher Kataklysezonen sekundär verfestigt (z.B. erste Rinne N' der Mündung des Birnbaches). Hier ist auch eine völlig blankpolierte Hauptstörungsfläche entwickelt.

Die meisten dieser Störungen zeigen eindrucksvolle Zeugnisse für Lateralverschiebungen, wie Spiegelharnische mit Horizontalstriemung (Griesbach), horizontale Faserharnische (Griesbach, Jochbach, Gamsbach), steilstehende Schlepplalten (Jochbach) sowie synthetische und antithetische Riedel-Scherflächen (Rinne vom Eggenbach zum Sonntagsrastel, erste Rinne N' Mündung Birnbach). Soweit eindeutig erkennbar, lassen sich den Scherkriterien dextrale Bewegungen entlang der Hauptstörungsflächen zuordnen. Die WNW- bis NW- streichenden Störungen können als synthetische Riedel-Scherflächen einer ca. E/W- streichenden, dextralen Haupt-Scherrichtung interpretiert werden (HANCOCK, 1985), während die E/W- streichenden Störungen als Y-Scherflächen (MORGENSTERN & TCHALENKO, 1967) bezeichnet werden können.

Im Profilschnitt zeigt sich ein nach oben divergierender Störungsverlauf, sodaß sich die von den anastomosierenden Störflächen begrenzten Scherkörper als positive Blumenstrukturen

(sensu EISBACHER [1991] übersetzt aus 'flower structure' WILCOX et al. [1973]) zu erkennen geben (SPERLING, 1990; SCHMIDT & GRÖSSER, 1992; SCHMIDT et al., 1993). Dies ist im Gelände an tief eingeschnittenen Quertälern (z.B. Jochbach, Griesbach, Sturzelbach) sehr schön zu sehen. Die eindrucksvollste Blumenstruktur (Rainer Berg zwischen Jochbach und Griesbach) läßt sich am besten vom Schluckenriegel aus beobachten. Deutlich werden aus dieser Perspektive die sich auf dem Niveau des Griesbaches auf ca. 200 m annähernden N- und S-Störungen und die sich nach oben öffnende Struktur.

Der tektonische Baustil der SW' Lienzer Dolomiten läßt sich nicht mit einem Sattel- und Muldenbau erklären, sondern wird W' und S' der Oberalpl Störung durch ein für Seitenverschiebungsregime typisches (z.B. SYLVESTER, 1988), anastomosierendes Störungssystem beherrscht und zeigt so charakteristische Erscheinungen wie z.B. Blumenstrukturen.

Dabei kann das Störungsmuster auf eine dextrale ca. E/W- streichende Hauptscherrichtung bezogen werden. Die dextrale Zerscherrung hat ein eventuell vorhandenes, sinistrales Störungssystem (siehe oben) völlig überprägt.

Unabhängig von der tektonischen Interpretation deutet die laterale Zerlegung des mitteltriassischen (SPERLING, 1990) und unterliassischen Faziesmusters (BLAU & SCHMIDT, 1988; SCHMIDT et al. 1991; 1993) ebenfalls auf dextrale Seitenverschiebungen in der Größenordnung von mindestens 10 km.

Ein sinistrales Störungssystem scheint dagegen im SE der Lienzer Dolomiten erhalten zu sein. Der oben beschriebene Pirkner Bruch wird weiter S' von der Silbergraben-Störung subparallel begleitet, die schon SCHLAGER (1963) als sinistrale Störung bezeichnet hat. Sie zweigt S' des Lumkofel von der Südrand-Störung ab, welche meist das siliziklastische Permoskyth vom karbonatischen Mesozoikum trennt (v. BEMMELEN & MEULENKAMP, 1965). Von hier aus zieht sie in ENE' Richtung über den oberen Gailberg Bach und den Silbergraben weiter über die Gailbergpaßstraße in das Drautal. Entlang der Silbergraben-Störung finden sich ebenfalls verschleifte Gesteinseinheiten (HENRICH & HEIER, 1991) (z.B. Raibler Schichten auf der Mukulin Alm) oder mächtige tektonische Brecien (am Haberjoch).

Unmittelbar S' des Pirkner Bruches finden sich am Weg zur Scharnalm in den Kössener Schichten sinistrale Schleppepfalten. Vom W-Hang des Bösen Weibele beschreibt LEIST (1984) Spezialfalten mit nach N verdrehten B-Achsen, die er auf sinistrale Seitenverschiebung am Pirkner Bruch zurückführt. Aufgrund der Streichrichtung sind die beiden Störungen als synthetische Riedel-Scherflächen einer ca. E/W-streichenden Haupt-Scherrichtung interpretierbar. So ist es plausibel, hier das erhaltene ältere, sinistrale Störungssystem zu postulieren, welches im W durch die spätere dextrale Tektonik völlig zerstört wurde (siehe oben, SPRENGER & HEINISCH, 1992).

Die auffällige Verdrehung der B-Achse der Lienzer Antiklinale aus der ursprünglichen E/W-Richtung in ESE/WNW-Richtung (die ursprüngliche E/W-Richtung ist an der vollständig erhaltenen E/W-streichenden Nordflanke der Lienzer Antiklinale erkennbar) wäre ebenfalls durch sinistrale Lateralbewegungen erklärbar.

Das Gebiet zwischen Pirkner Bruch und Silbergraben-Störung wurde von SCHLAGER (1963) bezeichnenderweise als Tscheltscher Graben bezeichnet. So ergeben sich am Pirkner Bruch (Wettersteindolomit im N gegen Kössener Schichten im S) und an der Silbergraben-Störung (Kössener Schichten im N gegen Fellbacher Kalke im S) scheinbare Abschiebungsbeträge von schlecht vorstellbaren mehreren km, zumal sich im Streichen die scheinbaren Abschiebungsbeträge auf kurze Entfernung beträchtlich verringern können. Eine Interpretation des Bereiches zwischen obigen Störungen als sinistrale "pull-apart"-Struktur ergäbe eine sinnvolle Erklärung der angesprochenen Komplikation.

Zusammenfassend betrachtet ist zu konstatieren, daß sich die Bereiche S' des Pirkner Bruches und der Oberalpl-Störung als ein sinistral bzw. dextral zerscherter, ursprünglich E/W-streichender Faltenbau zu erkennen geben. Auffallenderweise wird die Grenze zum Gailtalkristallin von den als synthetische Riedel-Scherflächen interpretierten Seitenverschiebungen nicht versetzt, sodaß sie nicht von der PAL abzweigen können. Es muß sich also unter den Lienzer Dolomiten eine separate Scherzone befinden haben, die ähnlich den Verhältnissen an der San Andreas Störung als räumlich und zeitlich "unabhängiger" Ausdruck einer Mega-Scherzone zu verstehen ist.

Wie bereits oben erwähnt geht der N-Flügel der Lienzer Antiklinale in die Amlacher Wiese Mulde über. Im N wird die Amlacher Wiese Mulde von einer steilstehenden Störung vom Hauptdolomit des Rauchkofel getrennt, an welcher im Bereich der Galitzenklamm (Stadtweg) Kristallinspäne eingeschuppt sind. N' des Rauchkofel steht eine unvollständige Abfolge steil NNW-fallender permoskythischer Siliziklastika und Knollenkalke des Anis an. Im Bereich des Tristacher Sees schiebt sich von Osten ein Keil von Kristallin zwischen Permo-Trias und Hauptdolomit, sodaß in diesem teilweise von Quartär überdeckten Gebiet ein stark verschuppter Bereich mit auf-schiebendem Charakter vorzuliegen scheint.

Die enggefaltete Amlacher Wiese Mulde erweist sich bei näherer Betrachtung als wesentlich komplizierter strukturiert als dies zunächst scheinen mag. Zwar liegt die Mulde noch als zusammenhängende, nur von wenigen Störungen beeinträchtigte Struktur vor, doch zeigen sich besonders auf dem S-Flügel interessante Strukturen. So sind im Oberhätalk und den ihm auflagernden jurassischen Sedimenten links- und rechtstretende en echelon angeordnete Falten ausgebildet, die mit ihren B-Achsen um bis zu 30 Grad von der generell herrschenden E/W-Richtung abweichen. Sehr schöne rechtstretende en echelon-Falten finden sich in der Galitzenklamm im Bereich der Einmündung der Arlinger Riese. Linkstretende en echelon-Falten lassen sich zwischen Lavant und der Lienzer Dolomiten Hütte beobachten. Außerdem finden sich dextrale und sinistrale Riedel-Scherflächen syn- und antithetischer Natur, die sich entsprechend den Verhältnissen im S auf eine jeweils ca. E/W-orientierte Haupt-Scherrichtung beziehen lassen.

Interessanterweise wird eine der angesprochenen sinistralen en echelon-Falten von einer dextralen synthetischen Riedel-Scherflächen versetzt, sodaß sich die zeitliche Abfolge der gegenläufigen Seitenverschiebungen festlegen und sich mit den Erkenntnissen von SPRENGER & HEINISCH (1992) zur Deckung bringen läßt.

Es zeigt sich also, daß auch der N der Lienzer Dolomiten von Seitenverschiebungs-Tektonik betroffen wurde. Allerdings brach hier, anders als im S, kein durchgehendes, anastomosierendes Störungssystem bis zur Oberfläche durch, wie es für voll entwickelte Seitenverschiebungssysteme typische ist (z.B. SYLVESTER, 1988).

Literatur

- BLAU, J. & SCHMIDT, T.: Tektonisch kontrollierte Sedimentation im Unterlias der Lienzer Dolomiten (Österreich, Osttirol, Kärnten). - Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., 34/35, 185-207, Wien 1988.
- BLAU, J., BLIND, W., GRÜN, B., SCHMIDT, T. & SENFF, M.: Bericht 1990 über geologische Aufnahmen in den Lienzer Dolomiten auf den Blättern 178 Hopfgarten, 178 Lienz, 195 Sillian und 196 Obertilliach.- Jb. Geol. B.-A., 134 (3), 527-530, Wien 1991.
- CORNELIUS-FURLANI, M.: Beiträge zur Kenntnis der Schichtfolge und Tektonik der Lienzer Dolomiten. Erster Teil.- Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-natw. Kl., Abt. I, 162, 279-294, Wien 1953.
- CORNELIUS-FURLANI, M.: Beiträge zur Kenntnis der Schichtfolge und Tektonik der Lienzer Dolomiten. Zweiter Teil.- Sitzber. Österr. Akad. Wiss., math.-natw. Kl., Abt. I, 164, 131-144, Wien 1955.
- CORNELIUS, H.P. & FURLANI-CORNELIUS, M.: Zur Schichtfolge und Tektonik der Lienzer Dolomiten.- Ber. Reichsamt Bodenforsch. Zweigst. Wien, 1943, 1-6, Wien 1943.
- EISBACHER, G.H.: Einführung in die Tektonik.- 310 S., Stuttgart (Enke) 1991.
- FURLANI, M.: Der Drauzug im Hochpustertal.- Mitt. geol. Ges. Wien, 5, 252-271, Wien 1912.
- GEYER, G.: Zur Geologie der Lienzer Dolomiten.- Verh. geol. R.-A., 1903, 165-196, Wien 1903.
- HANCOCK, P.L.: Brittle microtectonics: principles and practice.- J. Struct. Geol., 7/3-4, 437-457, 1985.
- HEINISCH, H.: Das Gailtalkristallin.- In: Geol. B.-A. (Hrsg.): Arbeitstagung der geologischen Bundesanstalt 1985. (Kötschach-Mauthen, Gailtal, Kärnten, 15. - 21. September 1985).- Wien 1985.
- HEINISCH, H.: Bericht 1985 über geologische Aufnahmen im Gailtalkristallin auf Blatt 196 Obertilliach. - Jb. Geol. B.-A., 129 (2), 469, Wien 1986.
- HEINISCH H.: Concepts for the geological evolution of Gailtalkristallin (Kärnten - Austria).- In: H.W. FLÜGEL, F.P. SASSI & P. GRECULA (Hrsg.): Pre-Variscan and Variscan events in the Alpine-Mediterranean mountain belts.- Mineralia slovacica - Monogr., 293-312, Alfa Publ., Bratislava, 1987a.
- HEINISCH, H.: Bericht 1986 über geologische Aufnahmen im Gailtalkristallin auf Blatt 196 Obertilliach. - Jb. Geol. B.-A., 130 (3), 355, Wien 1987b.
- HEINISCH, H., SCHMIDT, K. & SCHUH, H.: Zur geologischen Geschichte des Gailtalkristallins im unteren Leachtal westlich von Kötschach-Mauthen (Kärnten, Österreich). - Jb. Geol. B.-A., 126 (4), 477-486, Wien 1984.
- HEINISCH H. & SPRENGER W.: Mehrphasige Deformation und Pseudotachylitbildung im Gailtalkristallin und am Periadriatischen Lineament zwischen Sillian und Kötschach-Mauthen (Osttirol/ Kärnten, Österreich).- Erlanger geol. Abh., 116, 41-52, Erlangen, 1988.
- HENRICH, M. & HEYER, T.: Bericht 1990 über geologische Aufnahmen in den südöstlichen Lienzer Dolomiten auf Blatt 197 Kötschach.- Jb. Geol. B.A., 134 (3), 552-553, Wien 1991.
- HERITSCH, F.: Die Südalpen.- In: F.X. SCHAFFER: Geologie der Ostmark.- 136-201, Wien 1943.
- KOBER, L.: Der geologische Aufbau Österreichs.- 204 S., Wien 1938.
- KOBER, L.: Bau und Entstehung der Alpen.- 2. Aufl., 379 S., Wien (Deuticke) 1955.
- LEIST, B.: Geologie und Tektonik des Kreuzkofel-Grubenspitze-Gebietes in den zentralen Lienzer Dolomiten mit Untersuchungen an ladinisch-karnischen Wettersteindolomiten.-Dipl.-Arbeit, Ludwig-Maximilians-Univ. München, 107 S., München 1984.
- MORGENSTERN, N.R. & TCHALENKO, J.S.: Microscopic structures in kaolin subjected to direct shear.- Geotechnique, 17, 309-328, 1967.
- MOSTLER, H.: Die permo-skythische Transgressionsserie der Gailtaler Alpen.- Verh. Geol. B.-A., 1972, 143-149, Wien 1972.
- SASSI, F.P., ZANFERRARI, A., ZIRPOLI, G., BORSI, S. & DEL MORO, A.: The Austrides to the south of the Tauern Window and the periadriatic lineament between Mules and Mauthen.- N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 7, 421-434, Stuttgart 1974.
- SCHLAGER, W.: Zur Geologie der östlichen Lienzer Dolomiten.- Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Wien, 13, 41-120, Wien 1963.
- SCHMIDT, T., BLAU, J. & KAZMÉR, M.: Large scale strike-slip displacement of the Drauzug and the Transdanubian Mountains in Early Alpine history: evidence from Permo-Mesozoic facies zones.- Tectonophysics, 200, 213-232, Amsterdam 1991.
- SCHMIDT, T. & GRÖSSER, J.: Bericht 1991 über geologische Aufnahmen in den Lienzer Dolomiten auf den Blättern 178 Hopfgarten, 179 Lienz, 195 Sillian und 196 Obertilliach.- Jb. Geol. B.A., 135 (3), 755-756, Wien 1992.
- SCHMIDT, T., BLAU, J., GRÖSSER, J. & HEINISCH, H.: Die Lienzer Dolomiten als integraler Bestandteil der dextralen Periadriatischen Scherzone.- Jb. Geol. B.-A., 136/1, 223-232, Wien 1993.
- SPERLING, M.: Stratigraphie und Strukturgeologie der westlichen Lienzer Dolomiten (Drauzug, Osttirol).- Dipl.-Arbeit, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck, 142 p., Innsbruck 1990.

SPRENGER W. & HEINISCH H.: Late Oligocene to recent brittle deformation along the Periadriatic Lineament in the Lesach Valley (Eastern Alps) due to transpression; remote sensing and paleo-stress analysis.- Ann. Tect., 6 (2), 134-149, Florenz 1992.

STAUB, R.: Der Bau der Alpen - Beitr. geol. K. Schweiz, N.F., 52, 272 S., Bern 1924.

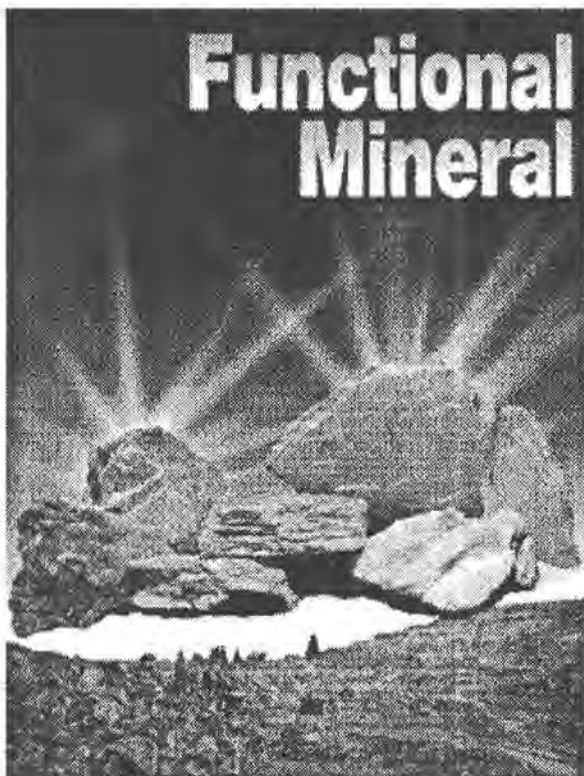
SYLVESTER, A.G.: Strike-slip faults.- Geol. Soc. Am. Bull., 100, 1666-1703, Boulder 1988.

VAN BEMMELEN, R.W.: Beitrag zur Geologie der westlichen Gailtaler Alpen (Kärnten, Österreich).- Jb. Geol. B.-A., 100, 179-212, Wien 1957

VAN BEMMELEN, R.W. & MEULENKAMP, J.E.: Beiträge zur Geologie des Drauzugs (Kärnten, Österreich). Die Lienzer Dolomiten und ihre geodynamische Bedeutung für die Ostalpen.- Jb. Geol. B.-A., 108, 213-268, Wien 1965.

WILCOX, R.E., HARDING, T.P. & SEELY, D.R.: Basic wrench tectonics.- Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., 57, 74-96, Tulsa 1973.

ZANFERRARI, A.: On the occurrence of a Permo-Scythian syncline in the middle Lesachtal along the Gailtal line (Carinthia, Austria).- N. Jb. Geol. Paläont. Mh., 2, 109-117, Stuttgart 1976.



**Wir bieten Problemlösungen
für die Hersteller von:**

**Papier
Farbe & Lack
Bitumen
Kunststoff
Keramik**

**74 LUZENAC
NAINTSCH**

NAINTSCH MINERALWERKE GmbH, A 8045 Graz, Statteggerstraße 60 Tel. (0316) 69 36 50, Fax (0316) 69 36 55

ISO 9002  APPROVED