

16. Febr. 1994

DISS. ETH Nr. 10175

# Die Geologie des penninisch-ostalpinen Grenzbereichs im südlichen Berninagebirge

## ABHANDLUNG

Zur Erlangung des Titels

DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN

der

EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZÜRICH

vorgelegt von

Peter Spillmann

dipl. Natw. ETH

geboren am 5.2.1963

von Villnachern AG

Angenommen auf Antrag von:

Prof. Dr. V. Trommsdorff, Referent

Prof. Dr. S.M. Schmid, Korreferent

*Volker Trommsdorff*

1993

### Zusammenfassung

Die Region des Berninamassivs liegt im südlichsten Abschnitt der Penninikum-Ostalpin-Übergangszone der östlichen Zentralalpen. Diese Übergangszone ist im Berninamassiv kompliziert durch die Verfingerung von südpenninischen, ophiolithischen Einheiten mit unterostalpinen Grundgebirgsdecken kontinentalen Ursprungs.

Die tektonisch tiefste unterostalpine Einheit des Berninamassivs, die Margnadecke, gliedert sich in zwei Teildecken, die als liegende, antiklinale Grossfalten ausgebildet sind. Die Margnadecke ist über eine kontinuierliche, isoklinale Sedimentsynklinale (Tremoggiamulde) mit der überschobenen Berninadecke s.l. verbunden. Die tiefere Berninadecke s.l. ist durch geringmächtige Sedimenthorizonte in Teildecken gegliedert. Die tektonisch höheren Bereiche der Berninadecke s.l. sind über lokal auftretende, offene Sedimentsynkinalen mit dem Oberostalpin verbunden.

Das kristalline Grundgebirge der unterostalpinen Decken gliedert sich in altkristalline Gesteine, die eine präalpine tektonische Überprägung erfahren haben, und in postkinematische, spätvariskische Intrusionen. Die internen Bereiche der Deckenstruktur der Margnadecke enthalten zusätzlich Lithologien, die als Relikte adriatischer Unterkruste interpretiert werden. Die spät- bis postvariskischen magmatischen Gesteine beschreiben den Übergang von kalkkalischer, orogener zu alkalischer bis tholeiitischer, anorogener magmatischer Aktivität.

Die mesozoische Sedimentbedeckung des Grundgebirges setzt ein mit triadischen Plattformsedimenten, welche die Transgression der Tethys anzeigen. Die jurassische Extension, die zur Bildung des adriatischen, passiven Kontinentalrandes führte, ist durch syn-Rift-Sedimente angezeigt.

Aus der Abwicklung der alpinen Deckenstruktur und deren Kinematik kann ein gegliederter, jurassischer Kontinentalrand rekonstruiert werden. Die Margnadecke repräsentiert einen distalen, teilweise abgespaltenen Bereich des adriatischen Kontinentalrandes. Die jurassische Extensionstektonik war gebunden an eine ostgerichtete Zerscherung der kontinentalen Lithosphäre. Diese Scherbewegung exhumierte den adriatischen, subkontinentalen Mantel (Malenco-Serpentinit) und brachte adriatische Unterkruste an den stark ausgedünnten, distalsten Bereich des Plattenrandes.

Konvergente, oberkretazische Bewegungen führten zur Überprägung der Strukturen des jurassischen Kontinentalrandes und zur Bildung der Dekkenstruktur des Berninamassivs unter Grünschiefer-faziellen Metamorphosebedingungen. Aufgrund ihrer ursprünglich distalen Lage am passiven Kontinentalrand integrierte die Margnadecke Relikte adriatischer Unterkruste in ihre alpine Deckenstruktur.

Die Ausbildung der Strukturen der eotalpinen Überschiebungen variiert stark in Abhängigkeit der tektonischen Tiefe. Mit zunehmender tektonischer Tiefe und zunehmender alpiner Rekristallisation ist eine Entwicklung von lokalisierter kataklastischer und mylonitischer Verformung bis zu homogener mylonitischer Überprägung in den tiefsten tektonischen Einheiten zu beobachten.

Die Strukturen der westgerichteten Decken-Überschiebungen wurden anschliessend durch ostgerichtete Abschiebungen überprägt. Die Abschiebungszonen folgen im westlichen Berninamassiv den Überschiebungsstrukturen und vereinigen sich gegen Osten an der Basis der Berninadecke s.l. Im Liegenden der Abschiebungen ist eine Streckung der Deckenstrukturen zu beobachten.

Im Anschluss an das gravitative Zergleiten und Ausdünnen der eotalpin verdickten Kruste überprägten süd- bis südwestgerichtete Rückfalten und Rücküberschiebungen die eotalpinen Deckenstrukturen. Diese mit retrograder Rekristallisation verbundene Deformation ist Ausdruck der eotalpinen oder der mesoalpinen Gebirgsbildungsphase.

Die jüngeren Deformationsphasen prägten die kompliziert gegliederte Grossstruktur des Dekkenstapels im Valmalenco. Diese Struktur steht im Zusammenhang mit Deformationen an der Tonale Linie im Süden und der Platznahme der oligocänen Bergeller Intrusion im Westen des Untersuchungsgebietes. Die Verformung des mittelpenninisch bis oberostalpinen Deckensta-

pels führte zu einer unregelmässigen Dom-Beckenstruktur im Valmalenco. Diese Struktur resultiert aus der Interferenz von prä- bis ev. synintrusiven Grossfalten nördlich der Tonale Linie mit der synintrusiven Deformation des östlichen Rahmens der Bergeller Intrusion.

**Abstract**

The Bernina-Massif is located in the southernmost part of the Penninic-Austro-Alpine boundary of the eastern Central Alps. In the Bernina-Massif, this boundary is complicated by the imbrication of South-Penninic, ophiolitic units with Lower Austro-Alpine basement-nappes of continental origin.

The lowermost Austro-Alpine unit, the Margna nappe, comprises two flat-lying recumbent folds, defining a subnappe structure. The Mesozoic sediments of the Tremoggia-syncline link the basement of the Margna nappe with the overlying Bernina nappe s.l. The lower part of the Bernina nappe s.l. in the western Bernina Massif is disseminated into subnappes by thin slices of Mesozoic sediments. The upper Bernina nappe s.l. is linked with the Upper Austro-Alpine nappes by Mesozoic sediments in the cores of synclinal open folds.

The crystalline basement of the Lower Austro-Alpine nappes in the Bernina Massif consists of rocks with pre-Alpine tectonic overprints, which are intruded by late-Variscan intrusive rocks. The internal part of the Margna nappe-structure bears rocks which are interpreted as relicts of Adriatic lower crust. The late- to post-Variscan igneous rocks mark the transition from orogenic, calcalkaline to anorogenic alkaline to tholeiitic magmatic activity.

The transgression of the Tethys is recorded in the Triassic platform sediments which cover the Lower Austro-Alpine basement.

Jurassic extension which led to the formation of the Adriatic passive continental margin is indicated by the onset of syn-rift-sedimentation.

A palinspastic rearrangement of the Alpine nappe structure describes the pre-Alpine structure of the Adriatic continental margin. The Margna nappe represents a partly separated, distal part of this margin. The Jurassic extension was related to an east-dipping shear zone, transecting the continental lithosphere. East-directed shearing exhumed Adriatic subcontinental mantle at the seafloor and brought up Adriatic lower crust to the strongly thinned distal part of the continental margin.

Upper Cretaceous convergent motions overprinted the structure of the passive continental margin. The west-directed emplacement of the South-Penninic - Austro-Alpine nappe pile was accompanied by greenschist-facies metamorphism. The Margna nappe included Adriatic lower crust in its Alpine nappe structure, because of its originally distal position at the passive continental margin.

The eo-Alpine nappe structure shows a marked variety in development with increasing tectonic burial. The higher parts of the Bernina nappe s.l. exhibit localized cataclastic to mylonitic deformation, which grades into a homogenous mylonitic overprint in the lowermost tectonic units.

An extensional overprinting of the eo-Alpine nappe pile is indicated by east directed low-angle detachment zones which reactivated the subnappe-thrusts of the western Bernina nappe s.l. The east-directed detachment zones join in the southern Bernina Massif in the lowermost Bernina nappe s.l. where the base of the lower Austro-Alpine nappes is highly stretched. These low angle detachment motions are interpreted as a gravitational collapse of the eo-Alpine thickened crust.

Later deformations overprinted the thinned nappe pile with south- to southwest-directed backfolds and -thrusts. These deformations are accompanied by retrograde recrystallization. They are the expression of an eo-Alpine or meso-Alpine orogenic phase.

Deformations which are related to movements along the Tonale Line in the south and the Oligocene Bergell-Intrusion in the west formed the large scale structures of the Middle Penninic to Upper Austro-Alpine nappe pile in Valmalenco and Val Poschiavo. The dome-basin-structure of the nappe contacts in Valmalenco is the result of the interference of pre- to

syn-intrusive large scale folds north of the Tonale Line and syn-intrusive structures of the eastern country rocks of the Bergell-Intrusion.

### **Riassunto**

Il Massiccio del Bernina si trova nella parte più meridionale della zona di transizione pennidico-austroalpina delle Alpi Centrali orientali. Nel Massiccio del Bernina, questa zona di transizione è resa complessa dalla presenza di diverse imbricazioni di unità ofiolitiche del Pennidico superiore con falde dell'Austroalpino inferiore, le ultime costituite da basamento cristallino di origine continentale.

L'unità Austroalpina tettonicamente più profonda del Massiccio del Bernina, la falda Margna, si suddivide in due falde secondarie che formano due grandi anticinali a giacitura orizzontale. La falda Margna è collegata alla sovrastante falda Bernina in senso lato (s. l.) mediante una sinclinale sedimentaria di raccordo (Sinclinale del Tremoggie). Nella parte occidentale del Massiccio del Bernina, la parte più profonda della falda Bernina s. l. è suddivisa in falde secondarie da orizzonti sedimentari mesozoici di limitato spessore. Le parti tettonicamente meno profonde della falda Bernina s. l. sono collegate alle unità dell'Austroalpino superiore mediante sedimenti mesozoici, situati nel nucleo di sinclinali di raccordo aperte.

Il basamento cristallino delle falde Austroalpine inferiori è composto da rocce cristalline antiche, interessate da un overprint tettonico di età prealpina, e da corpi intrusivi tardo Ercinici post-cinematici. Nelle parti interne dell'assetto strutturale che contraddistingue la falda Margna sono inoltre presenti rocce interpretate come relitti di crosta continentale inferiore Adriatica. I corpi intrusivi tardo Ercinici dal canto loro descrivono il passaggio da un'attività magmatica orogenica a carattere calccalino ad un'attività magmatica anrogenica alcalino-tholeitica.

La base della copertura sedimentaria mesozoica è costituita da sedimenti di piattaforma di età Triassica che documentano la trasgressione marina della Tetide. Sedimenti di tipo sin-rift testimoniano della fase estensiva di età Giurassica che ha reso possibile la formazione di un margine continentale passivo Adriatico.

Con l'aiuto di una ricostruzione palinspatica in cui si precede la formazione dell'edificio a falde alpino è possibile descrivere l'assetto strutturale prealpino del margine continentale Adriatico in età Giurassica. In questa ricostruzione, la "futura" falda Margna rappresenta un segmento distale, in parte isolato, del margine continentale. L'estensione Giurassica è legata ad una zona di shear emergente ad est ed ha per effetto un assottigliamento della litosfera continentale. Questo movimento di shear diretto ad est provocò l'esumazione del mantello subcontinentale Adriatico (serpentiniti della Valmalenco) e dislocò crosta inferiore Adriatica verso la parte distale fortemente assottigliata del margine continentale.

Movimenti convergenti durante il Cretacico superiore provocarono un overprint sulle strutture prealpine del margine continentale Giurassico e formarono, accompagnati da un metamorfismo regionale in facies degli Scisti Verdi, l'edificio tettonico a falde del Massiccio del Bernina. A causa della sua posizione distale rispetto al margine continentale passivo, la falda Margna integrò nel proprio assetto strutturale alpino relitti di crosta inferiore Adriatica.

La manifestazione di strutture relative ai processi di sovrascorrimento eo-alpini dipende in gran misura dalla profondità tettonica del complesso di falde. Le parti tettonicamente più superficiali della falda Bernina s. l. mostrano localmente una deformazione cataclastica fino a milonitica. Penetrando nei livelli tettonicamente sempre più profondi, si osserva un graduale ed omogeneo overprint milonitico.

Un overprint tettonico estensionale sulla struttura a falde eo-alpina è indicato dalla presenza di faglie di scollamento emergenti ad est. Esse riattivarono le discontinuità tettoniche (formatesi durante i processi di sovrascorrimento delle falde in direzione ovest) eo-alpine separanti le diverse falde secondarie nella falda Bernina s. l. occidentale. Nella parte meri-

dionale del Massiccio del Bernina, le zone di scollamento immergenti ad est si riuniscono alla base fortemente assottigliata della falda Bernina s. l. La presenza di queste zone di scollamento è imputabile ad un processo di collasso gravitazionale della crosta continentale, ispesitasi con il formarsi dell'edificio a falde eo-alpino

La struttura a falde fù poi interessata da processi di retroscorrimento e di retropiegamento con pieghe a vergenza sud e sud-occidentale. Questa fase deformativa, accompagnata da recristallizzazioni retrograde, è attribuita alla fase orogenica eo-alpina oppure a quella meso-alpina.

Deformazioni dovute a movimenti lungo la Linea del Tonale a sud ed all'intrusione oligoceneica del Massiccio del Bregaglia ad ovest caratterizzano complesse strutture a larga scala nel complesso di falde Pennidico-Austroalpino nella Valmalenco e nella Val Poschiavo. Queste strutture a larga scala deformano il complesso di falde e formano strutture d'interferenza di culminazioni e depressioni (*dome and basin*). In particolare, esse risultano dall'interferenza di grandi pieghe di età pre-intrusiva ed eventualmente anche sin-intrusiva a nord della Linea del Tonale con deformazioni sin-intrusive del margine orientale dell'intrusione del Bregaglia.