

Diss. ETH Nr. 9297

**STRUCTURAL ANALYSIS OF THE SCHAMS NAPPES AND ADJACENT
TECTONIC UNITS IN THE PENNINIC ZONE (GRISONS, SE-SWITZERLAND)**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Guido Schreurs
Drs. State University Utrecht, Netherlands
born 18 August, 1959
citizen of the Netherlands

accepted on the recommendation of

Prof. S. M. Schmid,	examiner
Prof. J. G. Ramsay,	co-examiner
Prof. O. A. Pfiffner,	co-examiner

1990

ABSTRACT

This study discusses the structural analysis of the Schams cover nappes and adjacent tectonic units in the Penninic zone of the Grisons in SE-Switzerland. The low-grade Permo-Mesozoic and possibly Tertiary metasediments of the allochthonous Schams nappes have undergone a polyphase Alpine deformation history, which is superimposed on an already complicated Jurassic paleotectonic evolution. Field mapping revealed three main phases of deformation in the Schams and adjacent cover nappes. The structures of these nappes can in part be correlated with those of the Suretta basement nappe.

During the early stages of the D1 deformational event, the Schams sediments were detached from their substratum, which is most probably represented by parts of the present-day Tambo and/or Suretta basement nappes. Continued thrusting and isoclinal folding during D1 led to the development of an inclined, S-dipping, thrust and fold nappe stack, from structurally lower to higher: Tomül Bündnerschiefer and Flysch, Areua-Bruschhorn-Martegnas mélange, Schams nappes in front of their probable original substratum (Tambo and/or Suretta nappe) and Avers Bündnerschiefer. Associated with D1 in the Schams nappes is a pervasively developed first phase cleavage containing a mineral lineation, which is parallel to the tectonic X-stretching direction. For the overall shear deformation during D1 a top to the NW to NNW movement direction can be inferred. Deformation during D1 took place under lower greenschist P,T-conditions.

Geochronological dating of D1 syntectonically grown fine-grained ($<2 \mu\text{m}$) white mica of the Schams cover nappes yields Eocene to Oligocene ages. From these data a Paleogene age is concluded for D1. It is associated with the stacking of the Penninic nappe pile during final collision between the European and Apulian/Adriatic plate.

A second phase of deformation, also under lower greenschist facies conditions, produces a large-scale N-closing recumbent fold, which wraps the rootless Schams nappes around the flat-lying Suretta and Tambo basement nappes. The Areua-Bruschhorn mélange can be traced around the F2 Beverin fold and connects with the Martegnas mélange. The axial trace of the F2 Beverin fold in the cover nappes corresponds to the trace of the Niemet fold in the Suretta basement nappe. From the structural data it is concluded that the nappe pile on the present-day lower limb of the large-scale F2 Niemet-Beverin fold represents the original pre-F2 configuration (solution "infra" of the Schams dilemma). The second phase refolded, inverted and backthrusted part of the D1 stack above the subhorizontal axial trace of the large-scale Niemet-Beverin fold. Shear-sense criteria associated with D2 show dominantly top to the SE directed relative movements in tectonic units on the upper limb of the Niemet-Beverin fold. During intense deformation on the upper limb, F2 fold axes in the cover nappes are reoriented toward the approximately

NW-SE to NNW-SSE transport direction. Crystalline basement and Triassic rocks were detached from the Suretta nappe and relatively transported toward the SE. Since D2 affects Lower Eocene flysch and since the oldest pervasive cleavage in the Schams nappes has a Late Eocene to Lower Oligocene age, the D2 deformation must have occurred during Oligocene and/or Neogene times.

The F2 refolding of a previously emplaced stack of nappes can be explained by a differential subhorizontal, NW to NNW-directed tectonic transport within viscous Penninic units below a rigid orogenic lid, consisting of previously emplaced and cooled Arosa-Platta unit and Austroalpine nappes. A vertical velocity profile is proposed with decreasing NW to NNW-directed velocities near the boundary between viscous Penninic units and the overlying orogenic lid. In this case, the top to the SE directed movements in tectonic units on the upper Niemet-Beverin limb only imply relative displacements within an overall NW to NNW-directed movement regime. The late-collisional D2 reworking of the flat-lying Penninic basement and cover nappes is thought to be caused by additional shortening during the Late Oligocene and Neogene across the southern steep belt north of the Insubric Line.

Regional consistent NNW-vergent folds with generally steep axial planes developed during a third deformation phase. They did not significantly alter the overall geometry and are of minor tectonic importance. Based on correlations with adjacent areas, a Miocene age for this phase seems plausible.

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit beschreibt die Strukturen der Schamser Abscherdecken und deren angrenzenden tektonischen Einheiten im Penninikum von Graubünden (Südost-Schweiz). Die Schamser Decken bestehen hauptsächlich aus niedrig-metamorphen mesozoischen Sedimenten. Eine komplizierte paleotektonische Entwicklung während des Juras wurde von der mehrphasigen alpinen Verformungsgeschichte überlagert. Die Feldkartierung lässt auf drei Deformationsphasen in den Schamser Decken und in den angrenzenden sedimentären Abscherdecken schliessen. Die dazugehörigen Strukturen lassen sich zum grössten Teil mit denen der angrenzenden Suretta Kristallindecke korrelieren. Die Beziehungen zwischen Verformung und Metamorphose, kombiniert mit neuen geochronologischen Daten, erlauben es, die Verformungsgeschichte zeitlich einzugrenzen.

Während der frühen Stadien der ersten Deformationsphase (D1), wurden die Schamser Decken von ihrer Unterlage abgeschert, welche wahrscheinlich aus Teilen der heutigen Tambo und/oder Suretta Kristallindecken bestand. Kontinuierliche Scherung und Isoklinalfaltung während der ersten Deformationsphase führte zur Entstehung eines "thrust and fold" Deckenstapels. Dieser besteht aus folgenden Einheiten (von unten nach oben): Tomül Bündnerschiefer und Flysch, Areua-Bruschhorn-Martegnas mélange, Schamser Decken und die Averser Bündnerschiefer. Die Schamser Decken liegen während D1 zum grössten Teil vor ihrer möglichen ursprünglichen Unterlage (Tambo und/oder Suretta Kristallindecke). Während D1 bildet sich eine penetrative Schieferung, welche ein Streckungslinear enthält. Für die D1-Deformation wurde ein NNW bis NW-gerichteter Transport ermittelt, welcher unter niedrig grünschieferfaziellen Bedingungen stattfand. Geochronologische Datierungen an syntektonisch (D1) gewachsenen Hellglimmer (fraktion $< 2\mu\text{m}$) aus den Metasedimenten der Schamser Decken ergeben eozäne bis oligozäne Alter.

Aus diesen Daten kann ein paleogenes Alter für die erste Deformationsphase gefolgert werden. Diese hängt mit der Bildung des penninischen Deckenstapels während der finalen Kollision zwischen der Europäischen und der Apulischen/Adriatischen Platte zusammen.

Eine zweite Deformationsphase (D2), ebenfalls unter niedrig grünschieferfaziellen Bedingungen, führte zur Entstehung einer grossräumigen, nordschliessenden liegenden Falte, welche die wurzellosen Schamser Decken um die flachliegenden Suretta und Tambo Kristallindecken einwickelt. Das Areua-Bruschhorn mélange kann um die Stirnzone dieser Falte mit dem Martegnas mélange korreliert werden. Die Achsenebenespur der Beverinfalte in den Abscherdecken kann mit der Spur der Niemetfalte in der Suretta Kristallindecke verbunden werden. Aus den strukturellen Daten folgt, dass der D1-Deckenstapel im heutigen unteren Schenkel der grossräumigen Niemet-Beverinfalte die ursprüngliche prä-F2 Lage darstellt (Lösung "infra" des Schamser Dilemmas). Während D2 wird ein Teil des D1-Deckenstapels invertiert und oberhalb der subhorizontalen Achsenebene der

grossräumigen Niemet-Beverinfalte überschoben. Schersinnindikatoren, assoziiert mit D2 in den tektonischen Einheiten auf dem oberen Schenkel der Niemet-Beverinfalte, zeigen überwiegend SE-gerichtete Bewegungen. Während der D2-Scherdeformation werden die F2 Faltenachsen reorientiert und richten sich subparallel zur NW-SE bis NNW-SSE verlaufenden D2-Transportrichtung aus. Altkristallin und Permotriadische Gesteine werden während diesen intensiven D2-Verformungen vom frontalen Teil der Suretta Decke losgelöst und in SE Richtung transportiert. Weil F2 unter-eozäne Flysche verfaltet und weil die älteste Schieferung in den Schamser Decken ein ober-eozänes bis oligozänes Alter hat, wird der D2-Verformungsphase ein oligozänes bis neogenes Alter zugeteilt.

Die grossräumige F2 Verfaltung des während D1 angelegten Deckenstapels kann mit einem differentiellen, subhorizontalen, NW bis NNW-gerichteten Transport innerhalb der viskösen penninischen Einheiten erklärt werden. Dieser fand unter einem "rigid orogenic lid" statt, welches aus der Arosa-Platta Einheit und ostalpinen Decken besteht. Die NW bis NNW-gerichteten Transportgeschwindigkeiten nehmen vertikal gegen oben zum Kontakt zwischen penninischen und ostalpinen Einheiten ab. In diesem Fall würden die SE-gerichteten Bewegungen in den tektonischen Einheiten auf dem oberen Schenkel der Niemet-Beverinfalte nur relative Bewegungen bezüglich dem generellen NW bis NNW-gerichteten tektonischen Transport andeuten. Die nach der finalen Kollision zwischen Europa und Apulia/Adria stattgefundenen D2-Verformungen in den flachliegenden penninischen Decken stehen möglicherweise in direktem Zusammenhang mit zusätzlichen Verkürzungen des heute steilstehenden Gebietes nördlich der Insubrische Linie während des Oligozäns und Neogens.

Regional konsistente NNW-vergente Falten mit generell steilstehenden Achsenebenen bilden sich während einer dritten Deformationsphase. Sie ändern die grossräumige Geometrie kaum und sind von geringer tektonischer Bedeutung. Eine Korrelation mit angrenzenden Gebieten macht ein miozänes Alter für diese Phase wahrscheinlich.