



Doctoral Thesis

Developing a three-dimensional structural model of the lower Lepontine nappes Central Alps, Switzerland and Northern Italy

Author(s):

Maxelon, Michael

Publication Date:

2004

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004833149> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss ETH No. 15598

DEVELOPING A THREE-DIMENSIONAL
STRUCTURAL MODEL OF THE
LOWER LEPONTINE NAPPES
— CENTRAL ALPS, SWITZERLAND AND NORTHERN ITALY —

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ZÜRICH
for the degree of Doctor of Natural Sciences

Presented by MICHAEL MAXELON
Diplom-Geologe, Geologisches Institut der
Johannes Gutenberg-Universität, Mainz
Born June 12, 1973
Citizen of Germany

Accepted on the recommendation of

| | | |
|---------------------------|-------------------------------------|------------|
| PD Dr. Neil S. Mancktelow | ETH Zürich | Referee |
| Dr. Philippe Renard | Université de Neuchâtel | Co-referee |
| Prof. Dr. Philip A. Allen | ETH Zürich | Co-referee |
| Prof. Dr. Niko Froitzheim | Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn | Co-referee |

Abstract

The Pennine units in the Central Alps of Switzerland are world-renowned as a classic example of polyphase deformation at mid-crustal levels. The Alpine orogeny resulted in the development of typically north-closing flat-lying recumbent anticlines (termed nappes). Despite the long tradition of structural geology in this area, the regional tectonostratigraphy is neither unequivocally established nor is it completely understood in three dimensions. The present study addresses this topic and focusses on the following tasks:

1. To establish a workflow and develop complementary software routines geared to the production of internally consistent and testable three-dimensional models in structurally intricate areas.
2. To establish a three-dimensional model of the Lepontine units in the area bordered by Val Calanca and Valle Antigorio to the east and west and by the Gotthard region and Lago Maggiore to the north and south.

Structural field work confirmed a comparatively consistent five-phase deformation history throughout the study area. At least four deformation phases (D_1 - D_4) are of regional importance:

- D_1 entailed km-scale isoclinal folding (i.e. nappe formation; development of a tectonostratigraphy).
- D_2 caused isoclinal refolding also on the regional scale (i.e. post-nappe folding).
- D_3 warped the whole tectonostratigraphy into wavy to open poly- to disharmonic folds.
- D_4 is similar in style to D_3 , but restricted to the Northern and Southern Steep Belts.

In the study area, the principal (D_1) tectonostratigraphic levels corresponding to nappe units are (from top to bottom) Adula/Cima Lunga level, Maggia/Simano level (also including the Composite Lepontine Series and Monte Leone unit), Leventina/Antigorio level, Lebedun/Soja level and Gotthard/Verampio level. All these units formed part of the passive continental margin of Europe prior to the onset of the Alpine Orogenesis.

Three-dimensional models of this tectonic pile indicate that D_2 affected the tectonostratigraphic levels in part diachronously. The most prominent D_2 structures are the Antigorio/Wandfluhhorn Fold, the Lebedun Fold and the Mogno Synform. The most important D_3 structures are the Maggia Steep Zone, separating the Simplon

ABSTRACT

and Ticino subdomes and the Mergoscia Synform immediately north of the Insubric Fault. The Northern and Southern Steep Belts are of D₄ origin.

The workflow developed to establish a model like this is characterised by the combined usage of Database Management Systems (DBMS, e.g. MS Access[®]), Geographic Information Systems (GIS, e.g. ESRI ArcGIS[®]) and software packages for Computer Aided Earth Modelling (CAEM, e.g. Editeur Géologique). The data structure suggested here is adapted to raw data typically resulting from structural field work. Interfaces allowing for complementary input, such as data or cross-sections from other workers, are also established.

Software routines critical for this modelling process have been developed in the course of this thesis and are presented and explained. These programmes allow for data exchange between the software packages and provide means for preparative data processing and data evaluation.

The actual three-dimensional modelling procedure regards polyphase deformation, which often involves the development of a new pervasive planar fabric. Therefore the workflow embarks on a stepwise, partially iterative course of actions, assessing only the orientation field in the first step and constructing the real geometries under strict consideration of the foliation field in the next step, which may be repeated in order to optimise the result.

Zusammenfassung

Die Penninischen Einheiten der Schweizer Zentralalpen sind für mehrphasige Deformation in mittelkrustalen Niveaus berühmt. Die alpine Orogenese führte hier zur Entstehung subhorizontal gelagerter, isoklinaler und nord-schliessender Antiklinalen, für die sich die Bezeichnung 'Decken' eingebürgert hat. Ungeachtet der weit zurückreichenden strukturgeologischen Erforschungsgeschichte in diesem Gebiet sind bislang weder die regionale Tektonostratigraphie noch deren dreidimensionale Geometrie unzweideutig erarbeitet worden. Die vorliegende Studie nimmt sich dieses Themas an und konzentriert sich dabei auf die folgenden Punkte:

1. Entwicklung eines Ablaufplanes sowie ergänzender Software zur Konstruktion in sich stimmiger und testbarer dreidimensionaler Modelle in strukturell komplexen Gebieten.
2. Erstellung eines dreidimensionalen Modells der Lepontinischen Einheiten in dem östlich und westlich von Val Calanca und Valle Antigorio, beziehungsweise nördlich und südlich von der Gotthard-Gegend und dem Lago Maggiore begrenzten Gebiet.

Durch strukturgeologische Feldarbeit konnte eine vergleichsweise konsistente fünfphasige Deformationsgeschichte im gesamten Untersuchungsgebiet bestätigt werden. Wenigstens vier Deformationsphasen (D_1 - D_4) sind hierbei von regionaler Bedeutung:

- D_1 erzeugte Isoklinalfalten im Kilometermassstab (d.h. Deckenbildung und Entwicklung einer Tektonostratigraphie).
- D_2 bewirkte isoklinale Wiederverfaltung in identischer Grössenordnung (sog. 'post-nappe folding').
- D_3 verfaltete die gesamte Tektonostratigraphie mit wellig-offener, poly- bis disharmonischer Faltengeometrie.
- D_4 zeigt identische Geometrien wie D_3 , ist aber räumlich auf die südliche und nördliche Steilzone begrenzt.

Im Untersuchungsgebiet sind die wichtigsten tektonostratigraphischen – und mithin Deckeneinheiten entsprechenden – Niveaus folgende (von Hangend nach Liegend): Adula/Cima Lunga Niveau, Maggia/Simano Niveau (das ebenso die Composite Lepontine Series und die Monte Leone Einheit beinhaltet), Leventina/Antigorio Niveau, Lebendun/Soja Niveau und Gotthard/Verampio Niveau.

Es ist zu betonen, dass all diese Einheiten Bestandteile des passiven Kontinentalrandes Europas vor Beginn der alpinen Orogenese sind.

Dreidimensionale Modelle dieses tektonischen Stapels deuten darauf hin, dass D₂ zwar alle tektonostratigraphischen Niveaus überprägt hat, legen jedoch auch nahe, dass dies nicht überall zeitgleich geschah. Die ausgeprägtesten D₂-Strukturen sind die Antigorio/Wandfluhhorn Falte, die Lebendun Falte und die Mogno Synform. Die wichtigsten D₃-Strukturen stellen die Maggia-Steilzone, die die Simplon- und Ticino-Subdome voneinander trennt und die Mergoscia Synform, direkt nördlich der Insubrischen Störung, dar. Die nördliche und südliche Steilzone entstanden während D₄.

Der zur Konstruktion eines solchen dreidimensionalen Modells entwickelte Ablaufplan zeichnet sich durch die verteilte Nutzung von Datenbanksystemen (wie MS Access[®]), Geographischen Informationssystemen (GIS, z.B. ESRI ArcGIS[®]) und dreidimensionalen geowissenschaftlichen Modellierungsprogrammen (z.B. Editeur Géologique) aus. Die empfohlene Datenstruktur orientiert sich an den typischen Rohdaten-Ergebnissen strukturgeologischer Feldforschung. Schnittstellen zur zusätzlichen Berücksichtigung der Ergebnisse anderer Forscher (bspw. Messungen oder Profilschnitte) stehen ebenso zur Verfügung.

Entsprechend angepasste Software-Routinen sind im Verlauf dieses Dissertationsprojektes entwickelt worden und werden in dieser Monographie sowohl präsentiert als auch erläutert. Diese Programme ermöglichen den Datenaustausch zwischen den einzelnen Softwarepaketen und stellen Methoden zur mitunter notwendigen präparativen Datenbearbeitung und zur Datenbeurteilung zur Verfügung.

Der eigentliche dreidimensionale Modellierungsvorgang berücksichtigt mehrphasige Deformationsgeschichten, die häufig die Entstehung einer neuen regional entwickelten Planartextur mit sich bringen. Aus diesem Grunde verfolgt der hier präsentierte Arbeitsablauf einen sukzessiv-iterativen Ansatz, bei welchem zunächst lediglich das Orientierungsfeld ermittelt wird und erst später die Konstruktion der eigentlichen Geometrien unter fortwährender Berücksichtigung des Foliationsfeldes vorgesehen ist. Zur Optimierung des Ergebnisses kann dieser zweite Schritt gegebenenfalls mehrfach wiederholt und modifiziert werden.