

Provenance and pre-Mesozoic evolution of the Lucomagno unit (central Swiss Alps)

a geochemical, isotopic and geochronological approach

Doctoral Thesis

Author(s):

Böhm, Christian O.

Publication date:

1996

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-001692988>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss. ETH No. 11773

**PROVENANCE AND PRE-MESOZOIC EVOLUTION OF THE
LUCOMAGNO UNIT (CENTRAL SWISS ALPS):
A GEOCHEMICAL, ISOTOPIC AND GEOCHRONOLOGICAL APPROACH**

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Christian O. Böhm

*Dipl. Natw. ETH, Geologist
born May 15, 1967
citizen of Schaffhausen, Switzerland*

*accepted on the recommendation of
Prof. Dr. R.H. Steiger, ETH Zürich, examiner
Dr. F. Oberli, ETH Zürich, co-examiner
Prof. Dr. J.F. von Raumer, University of Fribourg, co-examiner*

Zürich, July 1996

Abstract

Many studies in the central Swiss Alps have primarily focused on the Alpine and Variscan tectonometamorphic history recorded in distinct basement units and their Mesozoic cover. In order to unravel the provenance and pre-Mesozoic evolution of polymetamorphic lithologies, the present study combines classical geological techniques with geochemical, isotopic and high-resolution geochronological methods.

The case study was carried out on the *Lucomagno unit*, which forms part of the Lower Penninic basement in the Lepontine area and is located south of the Ultrahelvetic Gotthard unit and its Mesozoic cover, the Piora zone. Unlike the adjacent underlying Leventina gneiss and the overlying Simano nappe, which both contain substantial portions of I-type orthogneiss, the Lucomagno unit is dominated by *para-* and *mixed gneisses*. These gneisses contain abundant *amphibolites* mainly along the strongly deformed northern margin, whereas *augengneisses* and minor zones of *S-type orthogneiss* bodies are concentrated in the central part of the Lucomagno unit. It is suggested that the distribution of the main Lucomagno lithologies reflects an antiformal structure within the regional Chièra synform.

Geochemical discrimination methods reveal the original composition of the Lucomagno gneisses and amphibolites: *Metagranitoid S-type orthogneisses* are clearly distinct from *dacitic-rhyodacitic and pelitic mixed gneisses, pelitic-clastic paragneisses* and *coarse clastic/porphyritic augengneisses*, the latter containing a dominant metasedimentary component. Geochemical characteristics similar to metavolcanics from the Penninic Bernhard nappe and Tauern window corroborate a volcanogenic origin for the Lucomagno mixed gneisses. Lucomagno amphibolites form two groups: I) *continental-tholeiitic metabasalts*, showing similar geochemical characteristics and close association with Lucomagno paragneisses and mixed gneisses, are correlated with amphibolites from the eastern Gotthard Prato series, and II) *island-arc to continental-margin tholeiitic meta-andesites*, presumably forming the southeastern continuation of Corandoni zone amphibolites from the southern Gotthard unit.

The combination of Rb-Sr / Sm-Nd whole-rock isotopic and U-Pb zircon geochronological results yields a complex pattern of primary and secondary age components. *Orthogneisses* represent Late Variscan intrusives of $290 \pm 4/-3$ Ma and correlate with coeval S-type metagranitoids of the Gotthard unit. This implies a pre-Mesozoic juxtaposition of Lower Penninic and Ultrahelvetic basement units. Assimilation of Caledonian crustal material is documented by a 455 Ma old orthogneiss zircon. *Paragneisses*, in contrast, consist of "Grenvillian" and Late Proterozoic to Early Paleozoic ("Pan-African"/"Cadomian") components of ~ 1015 , 625 and 570 Ma. A similar distribution of ages, as well as an additional ~ 470 Ma age component, is found in *augengneiss* zircons. As the *augengneisses* are exclusively composed of Caledonian and pre-Caledonian components, and do not contain any Variscan contribution, the tectonometamorphic event giving rise to the present composition of this lithology must have occurred in the Caledonian at $\sim 460-480$ Ma. In addition, inherited *augengneiss* zircons provide evidence for the existence of components of distinct Late Archean ($\sim 2.7-2.9$ Ga) and Proterozoic ($\sim 2.0-2.1$ and ~ 1.0 Ga) provenance. Cathodoluminescence images of individual *augengneiss* zircons provide the morphological key to the polyphase evolution of the *augengneiss* samples.

The new age results obtained from the Lucomagno lithologies expand our knowledge of the Proterozoic and Paleozoic geodynamic history of the central Alpine domain. The presence of both "Grenvillian" and "Pan-African"/"Cadomian" crust recorded in the Lucomagno augengneiss and paragneiss zircons documents the influence of southern and northern continental blocks during the Late Proterozoic and Paleozoic. The chronological and geodynamic pattern reflects a long lasting and complex geologic evolution of a zone primarily situated between the northern margin of the Gondwanan craton and the Eurasian/Northern Atlantic continents.

Zusammenfassung

Zahlreiche Untersuchungen in den Zentralalpen der Schweiz sind in erster Linie auf die alpine und variszische tektonometamorphe Geschichte ausgerichtet, welche vorrangig in den unterschiedlichen Kristallineinheiten dokumentiert ist. Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die prä-mesozoische Entwicklung polymetamorpher Lithologien, zu deren Entschlüsselung klassische geologisch-petrographische Methoden mit kombinierten geochemischen, isotopengeochemischen und hochauflösenden geochronologischen Methoden zur Anwendung kommen.

Das Untersuchungsgebiet umfasst die *Lucomagno-Einheit* innerhalb der unteren penninischen Kristallindecken des Lepontin, welche südlich an das ultrahelvetische Gotthard "Massiv" (Gotthard-Einheit) und dessen mesozoische Hüllgesteine der Piorazone anschliesst. Im Gegensatz zu der tektonisch tieferliegenden Leventina-Gneismasse und der im Hangenden anschliessenden Simano Decke, welche beide zu einem wesentlichen Anteil aus I-Typ Orthogneisen bestehen, weist die Lucomagno-Einheit zur Hauptsache *Para- und Mischgneise* auf. Innerhalb dieser Gneise treten, vor allem entlang der stark deformierten nördlichen Randzone, zahlreiche *Amphibolitzüge* auf. *Augengneise* und untergeordnet auch *S-Typ Orthogneise* herrschen im zentralen Teil der Lucomagno-Einheit vor. Während die regionale Struktur durch die Chièra-Synform geprägt ist, deutet die oben beschriebene Anordnung der Lithologien am ehesten auf eine Antiform-Struktur innerhalb der Lucomagno-Einheit hin.

Geochemische Diskriminationsmethoden liefern Protolith-Zusammensetzungen der Lucomagno-Gneise und -Amphibolite: *Metagranitoide S-Typ Orthogneise* unterscheiden sich geochemisch eindeutig von *dazitisch-rhyodazitisch/pelitischen Mischgneisen*, *pelitisch-klastischen Paragneisen* und *grobklastisch/porphyrischen Augengneisen*. Letztere zeigen, entgegen früheren Studien, eine dominante metasedimentäre Komponente. Vergleichbare geochemische Elementverteilungen von Metavulkaniten der penninischen Bernhard-Decke und des Tauernfensters mit solchen der Lucomagno-Mischgneise implizieren vulkanogenen Ursprung der Mischgneise. Die Lucomagno-*Amphibolite* wurden in zwei Gruppen gegliedert: I) *kontinental-tholeiitische Metabasalte* sind geochemisch vergleichbar und unmittelbar assoziiert mit den Paragneisen und Mischgneisen und zeigen ähnliche Zusammensetzung mit Amphiboliten der Prato-Serie aus der Gotthard-Einheit. Demgegenüber bilden II) *Inselbogen-bis Kontinentalrand-tholeiitische Meta-Andesite* die südöstliche Fortsetzung der Corandoni-Amphibolite der südlichen Gotthard-Einheit.

Rb-Sr Isotopendaten an Gesamtgesteinsproben sowie die geochronologischen U-Pb Resultate an Einzelzirkonen ergeben zusammen ein komplexes Muster primärer und sekundärer Alterskomponenten. Ein spät-variszisches Intrusionsalter von $290 \pm 4/-3$ Ma der Lucomagno-Orthogneise entspricht demjenigen gleichaltriger S-Typ Metagranitoide aus der Gotthard-Einheit, was auf gemeinsame Krustenbildung und vor-mesozoische Verknüpfung penninischer und ultrahelvetischer Kristallinsegmente hinweist. Assimilation kaledonischer Kruste ist durch einen 455 Ma alten Orthogneis-Zirkon dokumentiert. Paragneise bestehen demgegenüber aus "Grenville"-, spät-proterozoischen und früh-paläozoischen ("panafrikanischen"/"kadamischen") Komponenten von ~ 1015 , 625 und 570 Ma. Augengneis-Zirkone weisen entsprechende spät-proterozoische und früh-paläozoische sowie ein kaledonisches Alter von ~ 470 Ma auf. Da Augengneise ausschliesslich kaledonische und prä-kaledonische, jedoch keine variszischen Komponenten enthalten, muss das tektonometamorphe Ereignis, welches zur Bildung der Augengneise führte, um $\sim 460-480$ Ma stattgefunden haben.

Zusätzlich belegen ererbte Augengneis-Zirkone mit Altern von $\sim 2.7\text{-}2.9\text{ Ga}$, $2.0\text{-}2.1\text{ Ga}$ und 1.0 Ga die Präsenz unterschiedlicher archaischer und proterozoischer Komponenten. Kathodolumineszenz-Aufnahmen von Augengneis-Einzelzirronkristallen dienen als morphologischer Schlüssel zur Identifikation einzelner Phasen der mehrstufigen Evolution der Augengneise.

Die im Rahmen dieser Studie gewonnenen Altersdaten verschiedener Lucomagno-Hauptlithologien tragen zu einer wesentlichen Erweiterung unseres Verständnisses der proterozoischen und paläozoischen geodynamischen Entwicklung der Zentralalpen bei. Insbesondere das Spektrum verschiedener Augengneis- und Paragneis-Zirkone liefert eindeutige Evidenz für die Präsenz von Krustenkomponenten, die sowohl auf "Grenville"- wie auch auf "panafrikanisch"/"kadmische" Herkunft hinweisen, und belegt den Einfluss südlicher und nördlicher Kontinentalmassen während des Proterozoikums und des Paläozoikums. Eine chronologische und geodynamische Synthese spiegelt die polyphase Krustenentwicklung der Lucomagno-Einheit im Einflussbereich zwischen dem Nordrand von Gondwana und dem eurasischen/nordatlantischen Kraton wieder.

Riassunto

Molti studi eseguiti nelle Alpi Centrali Svizzere furono principalmente finalizzati allo sviluppo tettonometamorfico, tra l'altro ben custodito nelle unità basali e nel loro rispettivo ricoprimento mesozoico, dei periodi alpino e varistico. Al fine di far luce circa la provenienza e l'evoluzione premesozoica delle diverse litologie affette da polimetamorfismo, nello studio in oggetto si è cercato di combinare le tecniche della geologia classica con dei metodi geochimici, di geologia degli isotopi e di geocronologia ad alta risoluzione.

In quest'ottica si è scelta come zona di ricerca l'unità *Lucomagno*. Essa definisce una parte del basamento penninico inferiore nell'area lepontinica ed è ubicata a sud dell'unità ultraelvetica del Gottardo e del suo rispettivo ricoprimento mesozoico, il quale è pure indicato come 'zona di Piora'. Diversamente dalla sottostante unità dello gneiss Leventina e da quella sovrastante del Simano, contenenti delle sostanziali porzioni di gneiss ortho del tipo I, l'unità del Lucomagno è dominata da *gneiss misti oppure di origine para*. Questi gneiss contengono una quantità importante di *anfiboliti* che sono per lo più disposte lungo il margine fortemente deformato di settentrione. Gli *gneiss occhiadini*, come pure alcune zone di minore importanza e costituite da *gneiss ortho del tipo S*, sono concentrati nella parte centrale dell'unità Lucomagno. Verosimilmente, questo tipo di distribuzione delle principali litologie dell'unità Lucomagno riflette una struttura del tipo antiforme e risulta essere in contrasto con la struttura macroscopica a carattere regionale conosciuta come sinforme di Chièra.

Metodi di discriminazione geochimici rilevano la composizione all'origine degli gneiss e delle anfiboliti dell'unità Lucomagno. Gli *gneiss ortho (metagranitoidi) del tipo S* sono chiaramente distinguibili dagli *gneiss misti a composizione dacitico-rhyodacitica sino a pelitica*. Gli *gneiss para hanno un'origine pelitico-clastica*, mentre gli *gneiss occhiadini* presentano un'origine *clastico-grossolana*. Quest'ultimi contengono una componente predominante di tipo metasedimentario. Delle caratteristiche geochimiche simili a quelle della coltre di Bernhard e della finestra del Tauern potrebbero corroborare un'origine vulcanogenica per gli gneiss misti dell'unità Lucomagno. Le *anfiboliti* dell'unità Lucomagno formano due gruppi: I) *metabasalti a composizione tholeiitico-continentale*, denotanti caratteristiche geochimiche simili - oltre ad esserne intimamente associati - agli gneiss para ed a quelli misti dell'unità Lucomagno; essi si possono inoltre ben confrontare con le anfiboliti della parte orientale della Serie di Prato (unità Gottardo). II) *metaandesiti a composizione tholeiitica di ambiente d'arco insulare sino a marginale-continentale* che costituiscono presumibilmente la continuazione sudorientale delle anfiboliti appartenenti alla Zona di Corandoni nell'area meridionale dell'unità ultraelvetica del Gottardo.

La combinazione dei risultati di analisi isotopiche eseguite su roccia totale e riguardanti i sistemi di datazione Rb-Sr e Sm-Nd con i valori geocronologici ricavati per singoli individui di zircone e concernenti il sistema U-Pb, genera un complesso panorama costituito da età primarie e secondarie. Gli gneiss ortho rappresentano le vestigia di corpi intrusivi tardovaristici di $290 \pm 4/-3$ Ma e possono essere correlati alle rocce della stessa età definite da metagranitoidi del tipo S appartenenti all'unità Gottardo. Questo implica, durante periodi premesozoici, una posizione di contatto tra unità basali del penninico inferiore e dell'ultraelvetico. L'assimilazione di materiale crostale del periodo caledoniano è documentata da uno zircone di ca. 455 Ma prelevato da uno gneiss ortho. In contrasto, gli gneiss ad affinità para consistono in componenti di ca. 1015, 625 e 570 Ma del periodo grenvilliano e di quello compreso tra il tardoproterozoico ed il paleozoico precoce (panafricano/cadomiano).

Una simile distribuzione d'età, a cui si somma una componente addizionale di *470 Ma*, è stata registrata per gli zirconi degli gneiss a tessitura occhiadina. In ragione della composizione esclusivamente caledoniana e precaledoniana, denotante inoltre l'assenza assoluta di contribuzioni varistiche, degli gneiss a tessitura occhiadina, l'evento tettonometamorfico che ha dato l'impronta alla composizione odierna di questa litologia deve risalire a *ca. 460-480 Ma*, durante il periodo caledoniano. Inoltre le parti di zircone ereditate e presenti negli gneiss a tessitura occhiadina determinano l'evidenza circa l'esistenza di componenti esternanti una chiara provenienza di tipo tardoarcaica (*ca. 2.7-2.9 Ga*) e proterozoica (*ca. 2.0-2.1 e ca. 1.0 Ga*). Le immagini di singoli individui di zircone generate dall'esame alla luminescenza catodica definiscono la chiave morfologica di un'evoluzione polifasica per i campioni di gneiss a tessitura occhiadina.

I nuovi dati geocronologici rilevati per diverse litologie dell'unità Lucomagno allargano le nostre conoscenze riguardo all'evoluzione geodinamica dell'arco centro-alpino durante il proterozoico ed il paleozoico. La presenza di entrambe le componenti cristalline del grenvilliano e del panafricano/cadomiano, registrate per gli zirconi degli gneiss a tessitura occhiadina e per le rocce ad affinità para, documentano l'influsso che hanno avuto i blocchi continentali settentrionale e meridionale durante il proterozoico tardivo ed il paleozoico. La sintesi cronologica e geodinamica riflette una durevole e complessa evoluzione crostale di una zona (l'odierna unità Lucomagno) originariamente ubicata tra il bordo settentrionale del continente Gondwana ed il continente Euroasiatico/Nordatlantico.