



Doctoral Thesis

Geochemical and isotopic constraints on the evolution and age of the Late Hercynian calc-alkaline Atesina - Cima d'Asta volcano-plutonic complex (northern Italy)

Author(s):

Barth, Susanne Renate

Publication Date:

1993

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000915116> →

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 10318

GEOCHEMICAL AND ISOTOPIC CONSTRAINTS ON THE EVOLUTION
AND AGE OF THE LATE HERCYNIAN CALC-ALKALINE ATESINA -
CIMA D'ASTA VOLCANO-PLUTONIC COMPLEX (NORTHERN ITALY)

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by
Susanne Renate Barth
Dipl. Geol. University Tübingen
born January 29, 1960
citizen of the Federal Republic of Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. R.H. Steiger, examiner
Dr. F. Oberli, co-examiner
Prof. Dr. G.M. Bargossi, co-examiner

Rudolf H. Steiger
12. November 1993

1993

Chapter 1 *Geochim. Cosmochim. Acta* 57, 4285-4300 (1993)
Chapter 5 *N. Jb. Geol. Paläont. Mh. (in press)*
Chapters 2 to 4 *submitted to several journals*

ABSTRACT

Geochemical and Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb, and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ isotopic data presented for basaltic andesitic to rhyolitic and for quartz noritic to monzogranitic rock suites from the Atesina volcanic complex (AVC) and the Cima d'Asta pluton (CAP), representing the largest calc-alkaline volcano-plutonic association of Late Hercynian age in the South Alpine domain (northern Italy), provide information on both the primary magmatic processes and the effects of Triassic hydrothermal overprint.

Fluid infiltration led to mobilization of major and trace elements (mainly K_2O , Na_2O , CaO , Rb, Sr, and Ba), open-system behavior in total-rock Rb-Sr, and shift in $\delta^{18}\text{O}$ to elevated values (total rock up to 16.6 ‰ and volcanic matrix up to 17.8 ‰). Oxygen isotopic disequilibrium between quartz-feldspar pairs suggests water-rock interaction at medium/low temperatures. A large part of the secondary shifts may have been caused by infiltration of sea water during hydrothermal activity related to the Middle/Late Triassic alkaline magmatism in the South Alpine domain. It is proposed that this hydrothermal event belongs to a superregional Triassic cycle which is associated with initial rifting of the continental crust and uprise of mantle-derived magmas, and records early stages of the break-up of the Pangaeon megacontinent.

The $\delta^{18}\text{O}$ values of quartz, the REE characterized by regular LREE enrichment/HREE depletion, and the Sm-Nd isotopic signatures of the investigated AVC/CAP magmatites, however, remained virtually unaffected by secondary processes. The initial ϵ_{Nd} values (at 270 Ma) of the AVC and CAP magmatites are restricted to overlapping ranges of -3.6 to -6.5 and of -2.7 to -6.5, respectively, indicating significant crustal contribution. These values and associated T_{DM} model ages of 1.1-1.6 Ga agree well with those of typical South Alpine lower crustal magmatites. The AVC and CAP rocks do not follow the "normal" trend of increasingly crustal Nd isotopic signatures with progressive degree of magma evolution expected for a single-stage AFC-type process, but instead display an inversion of this relationship. Geochemical and isotopic constraints favor a model of a large-scale MASH-type zone at or near the mantle/crust transition where large volumes of magma were generated by extensive interaction between sub-crustal and lower crustal material. The AVC/CAP magmas derived from such lower-crustal parent magma chambers have undergone further intracrustal evolutionary processes. Distinct elemental enrichment/depletion and REE crossover

patterns displayed by high-silica as compared to less silicic AVC rhyolites suggest subsequent magma evolution within a shallow-level compositionally zoned chamber.

The best approximation to the time of emplacement of the AVC and CAP is given by allanite Th-Pb ages of 276.3 ± 2.2 Ma and 275.5 ± 1.5 Ma (mean ages at 95% c.l.) obtained on rhyolitic and granodioritic lithologies, respectively. Although the investigated AVC/CAP magmatites have been overprinted by a Triassic hydrothermal event, the Th-Pb isotopic system in allanite remained virtually undisturbed, whereas the U-Pb systems display variable degree of open-system behavior. The allanite Th-Pb ages are conformable to published Rb-Sr and K-Ar biotite and Rb-Sr total-rock isochron ages and are interpreted to closely approximate the Early Permian emplacement ages of the AVC/CAP volcano-plutonic rock suites which - based on the present data - are essentially coeval. The results underline the importance of the allanite Th-Pb isotopic system as an accurate chronometer and show that even hydrothermally altered magmatites can successfully be dated by this technique.

Palynological investigations were performed on lacustrine sediments from the Tregiovo sedimentary complex (TSC). The TSC sediments are stratigraphically intercalated between rhyolitic ignimbrites near the top of the Monte Luco volcanic sequence, exposed at the northwestern periphery of the main portion of the AVC. Based on palynostratigraphic evidence, deposition of the TSC sediments at the boundary between Early and Late Permian - corresponding to a Kungurian to Ufimian age - is suggested. Direct comparison of the palynostratigraphic and radiometric age constraints presented in the following for the TSC sedimentary and AVC volcanic rocks, respectively, results in an age discrepancy which favors a largely independent evolution of the neighbouring Atesina and Monte Luco volcanic complexes.

ZUSAMMENFASSUNG

Geochemische und Rb-Sr, Sm-Nd, U-Th-Pb und $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ Isotopendaten, welche in der vorliegenden Arbeit für basaltische Andesite bis Rhyolithe vom Atesina Vulkanitkomplex (AVC) sowie für Quarznorite bis Monzogranite vom Cima d'Asta Pluton (CAP) vorgestellt werden, liefern wichtige Hinweise sowohl auf die primär-magmatischen Prozesse als auch auf die durch hydrothermale Überprägung während der Trias hervorgerufenen Sekundäreffekte. Der AVC/CAP Komplex stellt das größte kalk-alkalische vulkano-plutonische Vorkommen spätherzynischen Alters im Bereich der Südalpen (Norditalien) dar.

Die Infiltration von wäßrigen Lösungen führte zu einer Mobilisierung von bestimmten Haupt- und Spurenelementen (hauptsächlich K_2O , Na_2O , CaO , Rb, Sr, und Ba), zum Öffnen des Rb-Sr Isotopensystems im Gesamtgestein sowie zu einer Erhöhung der $\delta^{18}\text{O}$ Werte (Gesamtgestein bis 16.6 ‰ und vulkanische Matrix bis 17.8 ‰). Das beobachtete Sauerstoff-Isotopen Ungleichgewicht zwischen Quarz und Feldspat weist auf eine mittel- bis niedrigtemperierte Wasser/Gesteins Interaktion hin. Ein großer Teil der Sekundärverschiebungen könnte durch Infiltration von Meerwasser während hydrothermalen Tätigkeit, welche in Zusammenhang mit dem mittel- bis spätriassischen alkalischen Magmatismus im Südalpin steht, bedingt sein. Es erscheint als wahrscheinlich daß dieses hydrothermale Ereignis einem überregionalen triassischen Zyklus angehört, welcher mit dem initialen Aufbrechen der Kontinentalkruste sowie mit dem Aufstieg von Magmen aus dem Erdmantel assoziiert ist und welcher ein frühes Stadium des Zerbrechens des Pangaea Megakontinentes anzeigt.

Die $\delta^{18}\text{O}$ Werte von Quarz, die Seltenen Erden Elemente, welche charakterisiert sind durch eine Anreicherung in den leichten und eine Verarmung in den schweren Seltenen Erden, und die Sm-Nd Isotopensignaturen der untersuchten AVC/CAP Magmatite blieben jedoch völlig unbeeinflußt von sekundärer Überprägung. Die initialen ϵ_{Nd} Werte (bei 270 Mio. J.) liegen in überlappenden Bereichen von -3.6 bis -6.5 für die AVC Vulkanite und von -2.7 bis -6.5 für die CAP Plutonite. Diese Werte, welche auf einen bedeutenden Beitrag seitens der Kontinentalkruste hinweisen, sowie assoziierte T_{DM} Modellalter von 1100 bis 1600 Mio. J. stimmen mit den Werten von typisch unterkrustalen Magmatiten des Südalpin überein. Die AVC und CAP Gesteine folgen keinem "normalen" Trend von zunehmend krustaleren Nd Isotopensignaturen mit fortschreiten-

dem Grad der Magmenentwicklung, wie es für einen einstufigen AFC-Prozess zu erwarten wäre, sondern zeigen stattdessen eine Inversion dieser Beziehung. Die geochemischen und isotopengeochemischen Resultate sind in Einklang mit dem Modell einer großräumigen MASH-artigen Zone im Grenzbereich von Erdmantel und -kruste, so daß für die Entstehung der AVC/CAP Magmen eine extensive Mischung von subkrustalem und unterkrustalem Material in diesem Bereich angenommen werden kann. Die aus solchen unterkrustalen Magmenkammern aufsteigenden Magmen haben weitere intrakrustale Entwicklungsprozesse erfahren. Charakteristische Muster in den Seltenen Erden sowie bestimmte Elementanreicherungen und -verarmungen weisen darauf hin, daß sich die rhyolithischen Magmen in einer chemisch zonierten Magmenkammer weiterentwickelt haben.

Die beste Datierung des AVC/CAP Komplexes ist gegeben durch Allanit Th-Pb Alter (Mittelwerte, 95% c.l.), welche 276.3 ± 2.2 Mio. J. für einen Rhyolith und 275.5 ± 1.5 Mio. J. für einen Granodiorit anzeigen. Obwohl die untersuchten AVC/CAP Magmatite durch ein triassisches Hydrothermalereignis überprägt wurden, blieb das Th-Pb Isotopensystem im Allanit völlig unbeeinflußt, während die U-Pb Isotopensysteme hingegen in unterschiedlichem Maße geöffnet wurden. Die Allanit Th-Pb Alter stimmen mit publizierten Rb-Sr und K-Ar Biotit- und Rb-Sr Gesamtgesteins-Isochronenaltern überein und werden als unterpermisches Alter des in einem sehr engen Zeitraum entstandenen AVC/CAP vulkano-plutonischen Komplexes interpretiert. Die vorliegenden Resultate betonen die Bedeutung des Th-Pb Isotopensystems als genaues Chronometer und zeigen, daß sogar hydrothermal alterierte Magmatite erfolgreich mit dieser Methode datiert werden können.

Palynologische Untersuchungen wurden an lakustrischen Sedimenten des Tregiovo Sedimentkomplexes (TSC) durchgeführt. Die TSC Sedimente sind stratigraphisch rhyolithischen Ignimbriten nahe des Top der Monte Luco Vulkanitsequenz, welche nordwestlich des AVC Vulkanitkomplexes aufgeschlossen ist, zwischengelagert. Die palynostratigraphischen Ergebnisse weisen auf eine Ablagerung der TSC Sedimente nahe der Unter-/Ober-Perm Grenze und somit auf ein Alter hin, welches den Stufen Kungur bis Ufim entspricht. Aus einem direkten Vergleich der vorliegenden palynostratigraphischen Alter der TSC Sedimente mit den radiometrischen Altern der AVC Vulkanite resultiert ein Altersunterschied, welcher auf eine weitgehend unabhängige Entwicklung der benachbarten Atesina und Monte Luco Komplexe hinweisen mag.