

04./05.11.2024

Spinell in Edelsteinqualität von Mogok (Myanmar) – Petrologie der Muttergesteine, Einschlüsse und Geochronologie

Leander Franz, Prof.Dr.

Zusammenfassung

Myanmar, auch bekannt unter dem Name Burma oder Birma, ist ein tropisches Land und grenzt im Westen an Indien und Bangladesch, sowie im Osten an China, Laos und Thailand (Folie 3). Grosse Teile von Myanmar sind von tropischem Regenwald bedeckt (Folie 4). Die meisten Einwohner sind Farmer, was durch grosse Schwemmlandebenen und reichlich Regenfälle begünstigt wird (Folie 5). Das Land besitzt allerdings auch reichhaltige Bodenschätze, insbesondere Edelsteine, Öl und Gas! Ein Blick auf die Geologie Myanmars zeigt straff Nord-Süd ausgerichtete Gebirgsgürtel (Folie 8), die erdgeschichtlich gesehen relativ jung sind und tertiäre Alter meist zwischen 40 und 20 Millionen Jahren aufweisen. Die Geologie Myanmars wurde sehr stark durch die Kollision des indischen Subkontinents mit Eurasien geprägt (Folie 9), was schliesslich zur Bildung des Himalaya-Gebirges führte. Unser Arbeitsgebiet in Myanmar war der Metamorphe Gürtel von Mogok (Folie 10), der durch Kollision zweier älterer Krustensegmente im Paläogen, einer Zeit vor 66-23 Ma, entstand. Der Gürtel von Mogok baut sich vorwiegend aus hochmetamorphen Tiefengesteinen, nämlich Gneisen und Charnockiten auf (rotbraune Signatur in Folie 10) und etwas jüngeren magmatischen Intrusivgesteinen (grüne Signatur in Folie 10). Dunkelbraune Gesteinszüge sind hochmetamorphe Marmore, in denen die Spinelle und ausserdem auch Rubine entstanden. Spinell, sehr edler Schmuckstein (Folie 13), ist ein Oxidmineral mit der Formel AB_2O_4 , wobei aufgrund der variablen Zusammensetzung auf der A- und B-Position zahlreiche unterschiedliche Spinell-Typen existieren (Folie 14). Der Chrom-haltige, rubinrote Spinell (Folien 15 und 16) ist ein beliebtes Handelsobjekt und wird in Myanmar auf Märkten wie in Mogok verkauft (Folie 17). Die primäre Quelle für Spinelle und auch Rubine sind in Myanmar sind hochmetamorphe Marmore (Folie 19) und die Gewinnung von Spinell und Rubin erfolgt vor allem in Marmorsteinbrüchen (Folie 23), im Untertageabbau (Folien 24 und 25), aber auch in Karsthöhlen (Folie 26) sowie in eluvialen und alluvialen und Schuttfächern (Folie 27). Zur Bestimmung der Druck- und Temperatur-Bedingungen bei der Spinellbildung in Mogok untersuchten wir die Muttergesteine, also Gneise in der Umgebung der Marmore (Folie 29). Es wurden 3 ausgewählte Proben von Gneisen aus dem Gürtels von Mogok mikroskopisch und mit der Elektronenstrahlmikrosonde (Folie 32) analysiert und es wurden dann sogenannte thermobarometrische Untersuchungen durchgeführt. Es wurde hierbei eine Kombination aus konventioneller Thermobarometrie und Phasendiagramm-Berechnungen benutzt um sowohl Drucke und Temperaturen als auch den Charakter der fluiden Phase zu bestimmen. Bei der ersten Gesteinsprobe, einem Granat-Orthopyroxen-Gneis aus dem zentralen Bereich des Mogok-Gürtels (Folien 36-38) erbrachte eine Kopplung von konventioneller Thermobarometrie mit der Phasendiagrammberechnung Temperaturen von $766^{\circ}C$, Drucke von 7.3 kbar und eine reduzierte Wasseraktivität von 0.4 (Folie 40). Zu diesem Ergebnis gelangt man durch eine Modellierung bei unterschiedlichen Wasseraktivitäten (Folien 41-46). Zwei weitere Gneisproben aus dem östlichen und westliche Teil des Arbeitsgebietes erbrachten sehr ähnliche Ergebnisse (Folien 47-54). Die hier erzielten Druck- und Temperaturabschätzungen und die Werte der Wasseraktivität widerspiegeln Bildungsbedingungen der Spinelle in den assoziierten Marmoren bei granulitfaziellen PT-Bedingungen von $750-800^{\circ}C$ in der tiefen Erdkruste (Folie 55; Phyto et al. 2022).

Um diese Ergebnisse zu erhärten wurden Mineraleinschlüsse in 113 Spinellen aus dem Gürtel von Mogok (Folie 57) mit Hilfe von Lichtmikroskopie, Elektronenmikroskopie und Raman-Spektroskopie untersucht (Folien 58 & 59). Hierbei wurden insgesamt 54 verschiedene Einschlusstypen gefunden von denen 17 Stück bisher noch nicht in Spinell beschrieben wurden (Folie 68). Neben Karbonat-Mineralen, Zirkon und gediegen Schwefel traten eine Reihe von Hochtemperatur-Silikaten und Oxiden auf (Folien 60-69), welche nur bei granulitfaziellen Bedingungen stabil sind. Das bestätigt einerseits die vorher durchgeführten Druck-Temperatur-Untersuchungen und lässt nun aufgrund von spezifischen Einschlüssen in Spinell sogar eine Aussage über die Herkunft der Spinelle aus unterschiedlichen Lagerstätten zu (Folie 70; Phyo et al. 2010).

An Zirkonen aus Spinellen, Rubinen und aus metamorphen Gesteinen des Gürtels von Mogok wurden geochronologische Untersuchungen durchgeführt (Folien 74 und 75), um das genaue Alter der Spinellentstehung zu ermitteln. Zirkone liefern durch den Gehalt an den radiogenen Uranisotopen ^{238}U und ^{235}U (Folie 72) sehr präzise Alter ihrer Entstehung. Bei der Untersuchung der Zirkone zeigte es sich jedoch, dass diese sehr unterschiedliche Kern- und Randbereiche aufwiesen (Folien 75 & 76), was auf ein komplexes, langanhaltendes Wachstum schiessen liess. Punktmessungen der Isotope im Kernbereich der Zirkone mit Hilfe eines Laserablation-ICP-Massenspektrometers (Folie 77) zeigte ein weites Altersspektrum zwischen 1000 und 65 Millionen Jahren an (Folie 78), was auf die frühe Entstehung der Zirkonkerne vom Präkambrium bis in die Kreidezeit hinwies. Die Zirkonränder hingegen waren sehr homogen und lieferten paläogene Alter zwischen 35 und 23 Millionen Jahren (Folie 79). Dies belegt, dass die metamorphe Überprägung der Gesteine wie auch die Entstehung der Spinelle und Rubine im Oligozän stattfand und somit eine Folge der Kollision von Indien mit Eurasien war. Der Einfluss der jüngeren magmatischen Intrusivgesteine im Gürtel von Mogok auf die Entstehung der Spinelle und Rubine kann grösstenteils ausgeschlossen werden. Nur an zwei Lokationen zeigen Aufwachsungen des Minerals Zirkonolith um die Zirkone (Folie 80) noch etwas jüngere Alter von 19 und 22 Millionen Jahren an (Folie 81), was als Folge der thermischen Beeinflussung durch die nahegelegenen Granite gedeutet wird (Folie 82; Phyo et al. 2020).

Literatur und Internetlinks

Phyo, M.M.; Bieler, E.; Franz, L.; Balmer, W. & Krzemnicki, M.S. (2019): Spinel from Mogok, Myanmar – A detailed inclusion study by Raman microspectroscopy and scanning electron microscopy. *The Journal of Gemmology*, 36 (5), 432-446.

Phyo, M.M.; Wang, H.A.O.; Guillong, M.; Berger, A.; Franz, L.; Balmer, W. & Krzemnicki, M.S. (2020): U–Pb dating of zircon and zirconolite inclusions in marble-hosted gem-quality ruby and spinel from Mogok, Myanmar. *Minerals*, 10 (2), 195 (18 pp.).

Phyo, M.M.; Franz, L.; Romer, R.L.; De Capitani, C.; Balmer, W.A.; Krzemnicki, M.S. (2022): Petrology, geothermobarometry and geochemistry of granulite facies wall rocks and hosting gneiss of gemstone deposits from the Mogok area (Myanmar). *Journal of Asian Earth Sciences*: X, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaesx.2022.100132>

Kontakt

Prof. Dr. Leander Franz

Mineralogie und Petrologie, Universität Basel, Departement Umweltwissenschaften
Bernoullistrasse 30, 4056 Basel

leander.franz@unibas.ch

<https://duw.unibas.ch/de/personen/leander-franz/>