



Ruhr Universität Bochum, Institut für Geologie, Mineralogie und Geophysik

Thermochronological Evolution of an Intra plate Magmatic Event in the Westerwald, Germany

vorgelegt von

Kevin Rokitta

zur Erlangung des akademischen Grades Master of Science, Geowissenschaften

Ruhr Universität Bochum, Institut für Mineralogie

- 1. Betreuer: Dr. Massimiliano Tirone**
- 2. Betreuer: Prof. Dr. Sumit Chakraborty**

Mönchegladbach, 05.11.2014

Content

Abstract.....	3
Zusammenfassung.....	3
1. Introduction.....	5
1.1 State of Research.....	5
1.2 Geological Background.....	7
2. Analytical study.....	10
2.1 Sample Preparation.....	10
2.2 Analytical Methods.....	11
2.2.1 Polarisation Microscopy.....	11
2.2.2 X-ray fluorescence (XRF).....	11
2.2.3 X-ray diffraction (XRD).....	11
2.2.4 EMP (Electron micro probe).....	12
2.2.5 Electron backscatter diffraction (EBSD).....	12
2.3 Petrology.....	13
2.3.1 Petrography.....	13
2.4 Geochemistry.....	19
2.5 XRD.....	23
2.6 Mineral chemistry.....	24
2.6.1 Olivine.....	25
2.6.2 Pyroxene.....	25
2.6.3 Feldspar.....	26
3. Theoretical Background.....	27
3.1 (Intra-plate) Basalts.....	27
3.2 Mixing of Magmas.....	28
3.3 Determination of the primary melt composition.....	30
3.4 Determination the crystallization process.....	31
4. Diffusion.....	35
4.1 Determining the diffusion profile of olivine and the globules.....	35
4.2 Diffusion- General Theory.....	41
4.3 Modeling- Diffusion in Olivine to determine the time scale of magmatic process	42
4.4 Results- Fe-Mg diffusion in olivine.....	45
4.5 Diffusion- multi component diffusion	48
4.6 Determining the multi component diffusion of the globules-host rock melt	50
4.7 Results- Multi component diffusion	51
5. Discussion.....	55
5.1 Interpretation of the results in relation to the magmatic event of intra plate volcanism in the Westerwald.....	55
5.2 Discussing the results of modeling the diffusion in olivine.....	58
5.3 Discussing the results of multi component diffusion	59
5.4 Discussing the crystal growth rate.....	60
5.5 Discussing the depth of the magmatic event.....	62
5.6 Discussion about the possibility of forming a new magma by mixing of two magma.....	62
References.....	66

Abstract

A suite of basaltic samples from the Westerwald were studied using various analytical techniques and numerical models to understand the thermochronological evolution of these rocks. One interesting feature of the samples is that two chemically distinct lavas coexist. The first is the host rock magma, the second one is characterized by a spherical shape (globules). These fabrics are thought to be caused by a unfinished mix-process of two different magmas. The first melt has a geochemical character of basalt, the second melt is more or less trachytic. Samples were analysed by X-ray diffraction, x-ray fluorescence, electron microscope and electron backscatter diffraction. Primary melt was determined using HERZBERG model (2008). Crystallization path and mineral amount (chemistry) were modelled and compared to measured sample by doing a thermodynamic calculation using MELTS. Numerical simulation of Fe-Mg diffusion in 3D olivine were performed to retrieve the timescale and cooling rate of the host lava.. A multi component diffusion model (8 oxides) was applied to understand the timescale of coexisting of the two lavas before eruption. The results of this study show that fractional crystallization takes place in a first stage before turning into a batch crystallization in a second stage. The duration of process of batch crystallization was determined to be 5.6 years from the olivine diffusion model. The time of mixing of two determined by the multi component diffusion model was 5.4 hours. The process of mixing was very short in a shallow level within the earth crust. One possible scenario is, that the first melt intrude into a magma chamber where it started to cool down. In a subsequent step the globules were incorporated in the host lava. After that, a rapid ascent (4m/s (Snelling, 2009)) extracted the mixed magma to the surface.

Zusammenfassung

Es wurde eine Diffusion in Olivin und eine Multikomponenten-Diffusion in einem Basalt durchgeführt. Analysiert wurden die Proben mit der Röntgenbeugung, Röntgenfluoreszenz, Elektronenstrahl-Mikrosonde, sowie dem Rasterelektronenmikroskop mit dem EBSD Zusatz zur Messung von Orientierungen in Mineralen. Die erste Schmelze, aus der der spätere Basalt resultierte, wurde mit dem Excel-Spreadsheet von Herzberg (2008) bestimmt. Der Kristallisationspfad sowie der Gehalt an Mineralen und deren Chemismus zu den jeweiligen Temperaturen wurde mit dem thermodynamischen Kalkulationsprogramm MELTS bestimmt. Diese Daten wurden mit den jeweils gemessenen Daten verglichen. Numerische Simulation der Diffusion in Olivin wurde mittels der „approximate factorization method“ (Tannehill et al., 1997) durchgeführt. Die Multikomponenten-Diffusion wurde mit dem ionic common force model (Liang, 2010) durchgeführt. Es gibt zwei unterschiedliche Bereiche innerhalb des Gesteins. Ein Bereich bildet die Wirtsschmelze, die einen basaltischen Chemismus aufweist, ein zweiter, rundlich ausgebildeter Bereich (Globuid) besitzt einen trachytischen Chemismus. Diese Art von Gefüge zeigt einen unvollständigen Mischungsprozess. Fraktionierte Kristallisation findet zunächst statt, danach wechselt dieser Prozess in eine gleichmäßige Kristallisation, d.h. die gebildeten Kristalle bleiben in ständigem Kontakt mit der umgebenden Schmelze, also im Gleichgewicht. Der Prozess der gleichmäßigen (Gleichgewicht) Kristallisation dauerte 5.6 Jahre, der Prozess des Kontaktes der zwei sich mischenden Magmen dauerte 5.4 Stunden. Dies geschah in einem niedrigen Krustenniveau. Ein mögliches Szenario ist, dass die erste Schmelze in das Reservoir der zweiten Schmelze intrudierte, dadurch das Globuid-Gefüge entstand und anschließend die gemischte Schmelze mit einer Rate von 4m/s (Snelling, 2009) zur Oberfläche aufstieg und die heute zu sehenden Basaltströme bildete.