

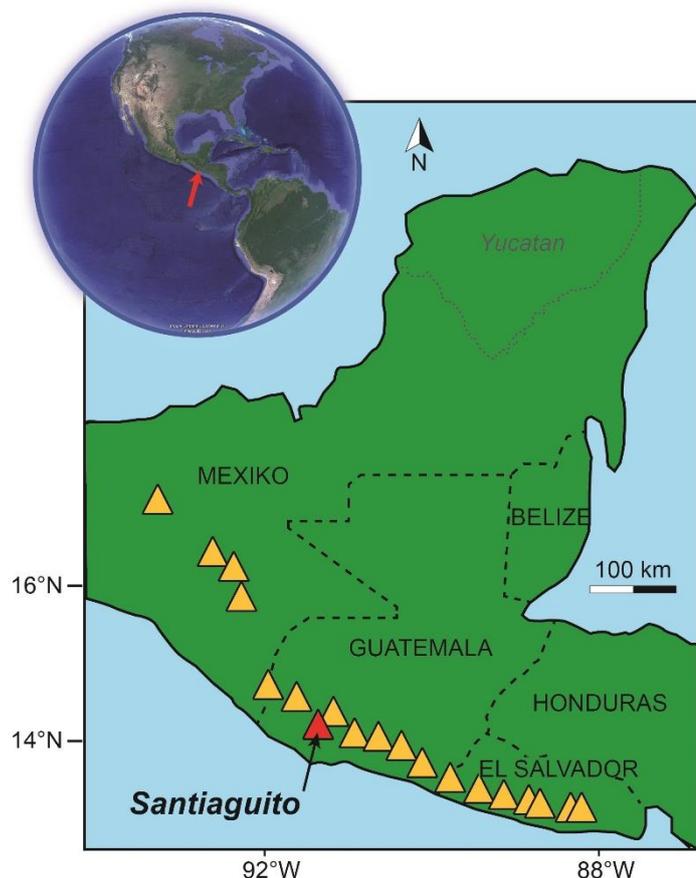
## Die Magmakammer des Santiaguito Vulkans – Was geht da vor sich?

### Warum und wie erforschen wir Magmakammern?

Viele Vulkane weltweit brechen in regelmäßigen kleineren oder größeren Abständen explosiv aus, und einige dieser Ausbrüche stellen immer wieder eine Gefahr für die in der Umgebung lebende Bevölkerung dar. Die Explosivität von Vulkaneruptionen wird von der Zusammensetzung des Magmas und dem Gehalt an Volatilen (flüchtigen Stoffen, z.B. Kohlenstoffdioxid = CO<sub>2</sub>) kontrolliert. Magmen mit einem hohen Silikatgehalt und einem hohen Volatilgehalt sind besonders explosiv, wie z.B. die des Santiaguito Vulkans in Guatemala. Daher ist es wichtig, die thermische und chemische Entwicklung von Vulkansystemen zu untersuchen und die Prozesse, die in einer Magmakammer ablaufen, zu verstehen. Mit diesen Informationen können dann Modellierungen vom zukünftigen Eruptionsverhalten der untersuchten Vulkane durchgeführt werden, wodurch eine Verbesserung der Gefahreinschätzung ermöglicht wird. Dies ist wichtig, um lokal und global ein gesteigertes Bewusstsein für die Risiken explosiver Eruptionen zu schaffen und so Todesfälle zu vermeiden, wie sie am Vulkan Fuego (Guatemala) 2018 aufgrund Unterschätzung der Vulkanrisiken vorgekommen sind.

Ein direkter Blick in aktive Magmakammern bleibt leider auch uns Wissenschaftlern verwehrt, da diese meist zu tief im Erdinneren liegen und viel zu heiß sind. Daher bleibt uns nur die Untersuchung von Produkten, die direkt aus der Magmakammer stammen – den Gesteinen und der Asche, die von einem Vulkan eruptiert wurden. In diesen Gesteinen und dieser Asche befinden sich Minerale (z.B. Zirkone), die wir mit verschiedenen Methoden analysieren können, und die uns dann Aufschluss über die chemischen und physischen Bedingungen des Magmas während der Kristallisation oder während der Eruption geben.

Die Untersuchung von Zirkonen des Santiaguito Vulkans, also das „Santiaguito-Projekt“, ist Teil einer Doktorarbeit, die sich mit Vulkanismus in Mittelamerika befasst.



## Geologie des Santiaguito Vulkans

Der Santiaguito Vulkan in Guatemala ist seit ca. 100 Jahren aktiv und eruptiert fast durchgehend Lava und pyroklastisches Material. Seine Geschichte ist eng mit der des Santa María Vulkans verknüpft, dessen Entstehung vor 103.000 Jahren begann und 75.000 Jahre andauerte. Nach einer langen Ruhephase sprengte der Santa María 1902 bei einer katastrophalen Explosion einen Krater in seine Flanke. In diesem Krater erwachte nur kurze Zeit später, 1922, der Santiaguito Vulkan zum Leben, dessen Förderschlot seitdem immer weiter nach Westen wanderte und dabei vier Lavadome bildete.



Der Santa María-Santiaguito Vulkankomplex ist einer der aktivsten Vulkane im gesamten Mittelamerikanischen Vulkanbogen. Sein Gefahrenpotential für die Menschen wurde bei der Santa María Eruption 1902 deutlich, die als die 3.-tödlichste Eruption des 20. Jahrhunderts gilt.

In 2016 nahm die explosive Aktivität des Santiaguito Vulkans im Juli zu und eine so starke Explosion, wie die des 16. August 2016, bei der die Aschewolke eine Höhe von 6 km erreichte und sich über 100 km weit ausbreitete, war ungewöhnlich verglichen mit der Aktivität der letzten Jahre.

Die Prozesse, welche in der Magmakammer des Santa María-Santiaguito vor einer Eruption ablaufen, sind noch umstritten und über die Verweildauer des Magmas in der Magmakammer ist wenig bekannt. Die Untersuchung von Zirkonen soll nun zu einem besseren Verständnis der Vorgänge unter dem Vulkan beitragen, um auf lange Sicht sein Gefahrenpotential besser einschätzen zu können.



Foto: INSIVUMEH Observatorium

## Zirkone als „Geschichtsbuch“ über die Magmakammer-Entwicklung

Zirkone ( $ZrSiO_4$ ) sind sehr robuste Minerale, die auch bei Temperaturen und Drucken, die in Magmakammern auftreten, stabil sind. Während ihrer Kristallisation speichern sie die chemischen und physikalischen Bedingungen, die zu dieser Zeit in der Magmakammer vorherrschten. Aufgrund ihrer Robustheit verändern sie sich auch über Jahrtausende und Jahrmillionen nicht und sind daher Archive längst vergangener Zeiten, die sozusagen als „Geschichtsbücher“ das „Leben“ bzw. die Entwicklung der Magmakammer dokumentieren.



Zirkone bilden sich in sehr silikatreichen Magmen und sind daher auch in der Asche des Santiaguito Vulkans zu finden. Aus der Asche, die wir während unserer Expedition (siehe erstes Poster) gesammelt haben, mussten die Zirkone im Labor heraussepariert werden. Das war nicht ganz einfach, da sie sehr winzig (meist  $<100-150\ \mu\text{m}$  lang) waren und nur in geringen Mengen ( $<1\%$ ) in den Aschen vorkamen. Aber mit einer Methode, die dem Goldwaschen ähnlich ist, und viel Geduld funktionierte es recht gut.

Anschließend wurden die Zirkone dann in einen Halter eingebettet und mit der Ionensonde ihre Alter (U-Th- und U-Pb-Datierung) sowie ihre Geochemie bestimmt. Durch die Korrelation von Alter und Geochemie kann eine Aussage über den Zustand der Magmakammer zu einer jeweiligen Zeit getroffen werden.



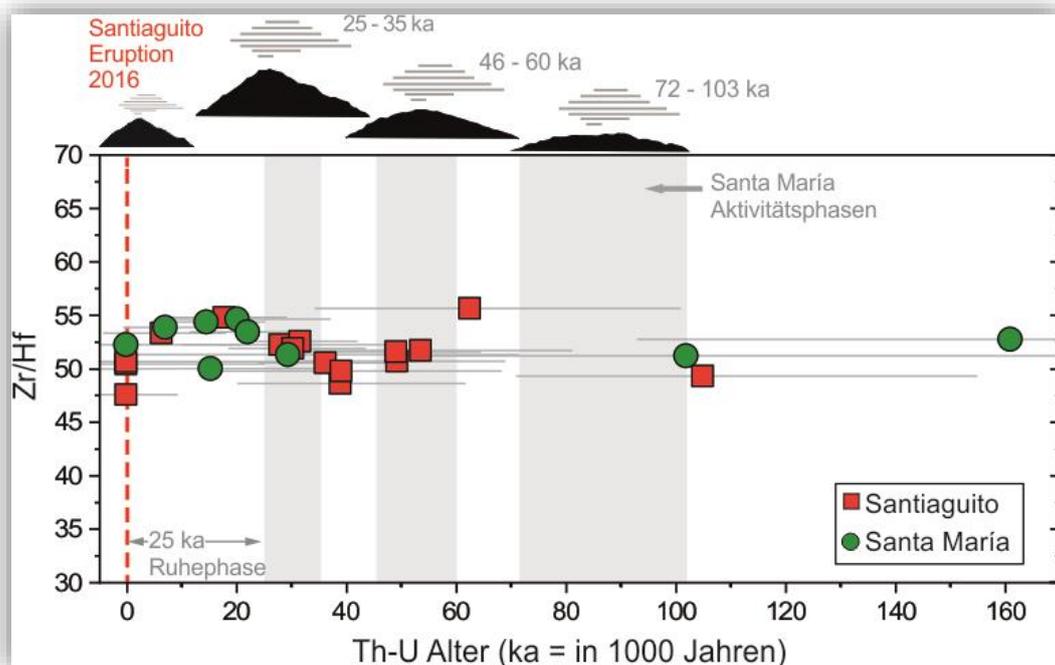
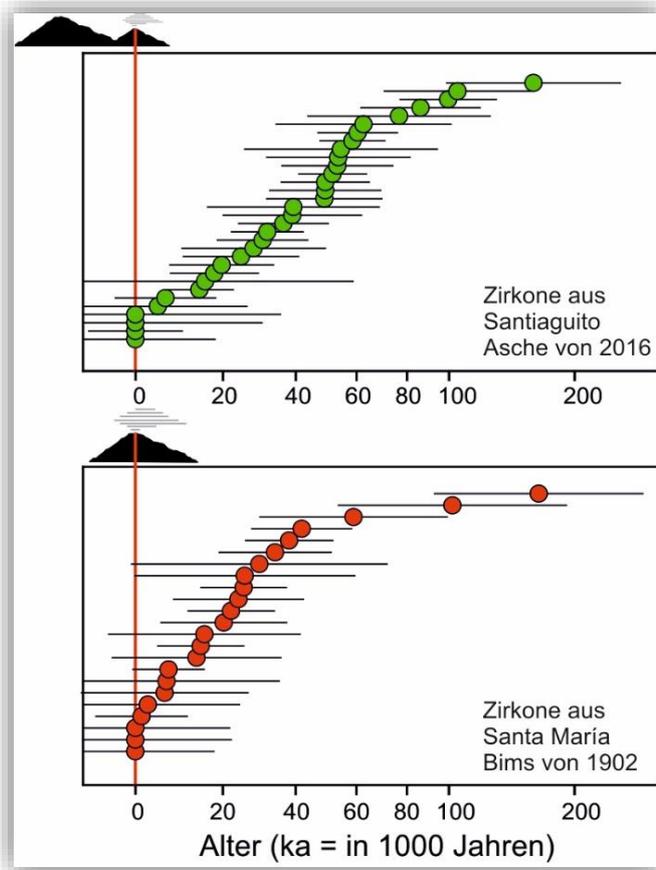
Foto: Janet Harvey

## Alter und Geochemie der Santiaguito Zirkone

Die Alter der Santiaguito Zirkone decken eine große Zeitspanne zwischen 0 (= Eruption) und 235.000 Jahren ab. Dies zeigt, dass die Magmakammer, aus der die Zirkone bei der explosiven Eruption im August 2016 an die Erdoberfläche transportiert wurden, schon viele Jahrtausende existierte, bevor der Santiaguito Vulkan (und sogar auch der Santa María Vulkan) überhaupt entstand.

Die Santa María Zirkone weisen ein ähnliches Spektrum an Altern auf wie die Santiaguito Zirkone und kristallisierten sogar während der 25.000-jährigen Ruhephase vor der gewaltigen Eruption 1902.

Statistische Berechnungen zeigen, dass die Gesamtheit der Santiaguito und Santa María Zirkone gleichalt ist. Auch die Geochemie der Zirkone beider Vulkane ist sehr ähnlich und unterscheidet sich nur geringfügig in den Konzentrationen einiger Spurenelemente. Die Kristallisationstemperaturen liegen bei 726 °C (Santiaguito), mit Höchstwerten um 1050 °C, und bei 713 °C (Santa María).



## Was die Santiaguito Zirkone uns über die Magmakammer unter dem Vulkan erzählen

Die Ähnlichkeit der Alter und Geochemie der Santiaguito und Santa María Zirkone deutet darauf hin, dass sich die Magmen der beiden Vulkane zur gleichen Zeit am gleichen Ort entwickelt haben. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Eruptionen von Santiaguito und Santa María aus derselben Magmakammer gespeist werden. Die Verweildauer des Magmas in der Magmakammer beträgt viele Jahrtausende und umfasst auch Zeiten, in denen der Vulkan nicht aktiv ist.

Die Konzentration und Verteilung der Spurenelemente in den Zirkonen sprechen für eine geschichtete Magmakammer, in der sich die weniger entwickelten (weniger silikatreichen), heißeren Magmen unten befinden und nach oben hin immer weiter entwickelte (zunehmend silikatreiche) und kühlere Magmen auftreten. Bei der Entwicklung des Magmas, bzw. seiner chemischen und thermischen Eigenschaften, spielen mehrere Prozesse eine Rolle:

- 1) die Kristallisation von Mineralen mit der Folge, dass sich die Zusammensetzung der übrig bleibenden Schmelze verändert
- 2) die Aufnahme und Aufschmelzung von 40 Millionen Jahre alter Kruste, die die Magmakammer umgibt
- 3) die Zufuhr von heißem, silikatarmer Magma, das aus größeren Tiefen stammt.

