

## Ergänzung 2 zu Posten 10

## Das Jahr ohne Sommer und die römische Stadt Pompeji

Im Zentrum von Posten 10 stehen die gewaltigen Vulkanausbrüche, die zur Entstehung des Bozener Rhyolithes geführt haben. Jetzt interessiert uns, was diese mit dem Jahr ohne Sommer 1816 und mit der römischen Stadt Pompeji verbindet.

## Der Vulkan Tambora

Im Jahr 1815 ereignete sich auf der indonesischen Insel Sumbawa mit dem Ausbruch des Tambora der gewaltigste Vulkanausbruch seit Menschengedenken. Mit einer riesigen, über 30 km hohen Aschewolke schleuderte der Vulkan geschätzte 160 Kubikkilometer vulkanische Asche in die Atmosphäre, die noch auf Borneo in einer Distanz von 900 km auf Dörfer und Felder niederging. Dies entspricht in Europa der Entfernung zwischen Hamburg und Mailand. Die Explosionen des Ausbruchs wurden noch in über 2600 Kilometern Entfernung auf Sumatra gehört.



Abb. 1: Karte von Südostasien

An den direkten Folgen des Vulkanausbruchs (Zerstörung von Siedlungen und Landwirtschaft, Hunger, Seuchen etc.) starben im südostasiatischen Raum Zehntausende Menschen, doch auch die indirekten, globalen Folgen waren verheerend. Durch den Ausbruch waren feinste Ascheteilchen sowie Schwefeldioxidgas ( $\text{SO}_2$ ) derart hoch in die Atmosphäre geschleudert worden, dass sie durch Winde weltweit verteilt wurden.  $\text{SO}_2$  reagierte mit dem Wasser in der Atmosphäre zu Schwefelsäuretröpfchen, die sich wie ein Schleier um den gesamten Erdball legten und einen Teil des Sonnenlichts zurück ins All reflektierten. Dadurch konnte die Erdoberfläche weniger Sonnenenergie aufnehmen und die Temperaturen in der unteren Atmosphäre sanken im Folgejahr 1816 um durchschnittlich  $3^\circ\text{C}$ .

Besonders stark waren Nordamerika und Mitteleuropa von Kälte, Nässe, Missernten und dadurch bedingten Hungersnöten betroffen. Im Juli und August 1816 schneite es in der Schweiz hinunter bis ins Mittelland, in Süddeutschland zählte man in acht Monaten nur gerade 29 regenffreie Tage. Das Jahr 1816 blieb deshalb in Europa als **"das Jahr ohne Sommer"** in Erinnerung. Was nicht dem Schnee und Frost zum Opfer fiel, verfaulte auf den durchnässten Feldern.

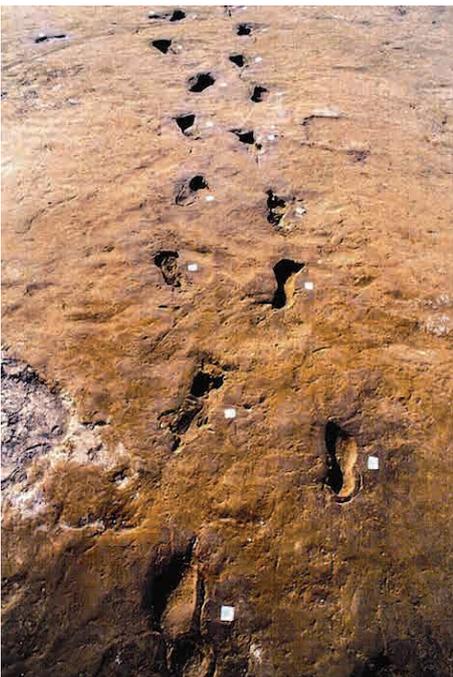
1817 stiegen die Getreidepreise bis auf das Vielfache des normalen Wertes. Mangelnde staatliche Vorsorge und Händler, die durch Spekulation versuchten, die Preise zusätzlich in die Höhe zu treiben, trugen zur Verschlimmerung der Lage bei. *«In der Not fressen die Menschen die eckelhaftesten Speisen»*, wie ein Chro-

nist berichtet, z. B. Gras, Rinde, Brei aus Knochenmehl oder zerriebenem Heu sowie Katzen und Hunde. An den Spätfolgen des Vulkanausbruchs wie Hunger und Seuchen starben in Europa unzählige Menschen, Tausende wanderten danach aus, oft nach Amerika. In China und Indien hingegen fiel der Regen aus, sodass die Saat verdorrte und ebenfalls Hungersnöte und Seuchen ausbrachen.

Die Menschen in Europa lernten jedoch aus der Katastrophe. Man vergrösserte die landwirtschaftliche Anbaufläche und optimierte die Anbaumethoden. Um in zukünftigen Versorgungskrisen Nahrungsmittelimporte zu erleichtern, wurde in der Schweiz das Verkehrsnetz modernisiert. Es wurden zum Beispiel neue Strassen über Alpenpässe gebaut, damit einfacher Getreide aus Südeuropa importiert werden konnte. Massive Überflutungen durch den Rhein förderten auch die Bereitschaft, mit den Arbeiten für die Rheinkorrektur nördlich von Basel zu beginnen. Alle diese Massnahmen trugen schliesslich zur allgemeinen wirtschaftlichen Entwicklung in Zentraleuropa bei.

### Der Vesuv

Der Vulkan Vesuv bei Neapel ist der gefährlichste Vulkan Europas. Obwohl nur 1'281 Meter hoch, ist er ein schlummernder Gigant, von dem niemand abschätzen kann, wann seine zerstörerische Kraft das nächste Mal erwacht. Im Gegensatz zum 3'357 Meter hohen sizilianischen Vulkan Ätna, der regelmässig und fast jedes Jahr etwas Lava ausspuckt (Posten 10, Abb. 5) und dabei gelegentlich begrenzte Schäden an Häusern, Feldern oder Strassen anrichtet, bricht der Vesuv nur selten aus, dafür umso gewaltiger. Kommt hinzu, dass der Vesuv, so wie wir ihn heute kennen, nur ein kleiner Teil eines viel grösseren Vulkans ist, des sogenannten Campi Phlegraei-Vulkans, der seit mindestens 400'000 Jahren aktiv ist. Vor etwa 37'000 und 15'000 Jahren brach dieser dermassen gewaltig aus, dass seine Asche heute sogar in Rumänien nachgewiesen werden kann. Bis heute ist seine Magmenkammer in der Tiefe aktiv.



**Abb. 3:** 3'800 Jahre alte Fussspuren zeugen von der Flucht vor dem ausbrechenden Vesuv.



**Abb. 2:** Feier zu Ehren des Einzugs der ersten Erntewagen nach der grossen Hungersnot von 1816–1817 am 4. August 1817 in Ravensburg, von G. J. Edinger, Stadtarchiv Ravensburg

Überreste eines bronzezeitlichen Dorfes unter dicken Schichten von Vulkanasche und Glutströmen deuten darauf hin, dass der Vesuv auch vor ca. 3'800 Jahren heftig ausgebrochen sein musste. Es wurden auch Fussspuren flüchtender Menschen in der damals weichen, mittlerweile erhärteten Vulkanasche gefunden (Abb. 3).

Der erste Ausbruch, von welchem eine schriftliche Beschreibung erhalten ist, fand im Jahr 79 n. Chr. statt, als die Römer über Italien herrschten. Die Römer bauten ihre Siedlungen sehr nahe an den Vulkan. Dieser war vorher seit Hunderten von Jahren nicht mehr ausgebrochen, sodass sich niemand der Gefahr bewusst war.

Beim Ausbruch im Jahr 79 wurden die vier römischen Orte Pompeji, Herculaneum, Oplontis und sogar das 15 Kilometer entfernte Stabiae (Abb. 4) vollständig zerstört. Der römische Schriftsteller Plinius schildert zahlreiche Einzelheiten des Ausbruchs, die zu den Gesteinsschichten passen, die man heute untersuchen kann. Zuerst wurden die Häuser mit einer bis zu 50 cm dicken Schicht schwerer Vulkanasche zugedeckt, welche die Dächer zum Einsturz brachte. Danach wurden die Ortschaften von mehreren Glutströmen überrollt. Wem nicht zu Beginn des Ausbruchs die Flucht gelang, wurde spätestens von diesen Glutströmen getötet. In den ca. 18 Stunden des Ausbruchs hatte der Vulkan mehr als 3 km<sup>3</sup> Gestein ausgeworfen. Ascheregen und Glutströme häuften bis zu 25 Meter



**Abb. 4:** Satellitenbild (Copernicus-Sentinel Data 2017) der Region von Neapel mit dem Vesuv. Rote Quadrate zeigen die Lage der im Jahr 79 n. Chr. zerstörten Römerstädte. Gelb markiert ist das Areal der Campi Phlegraei mit seinem versteckten, aber sehr gefährlichen Vulkan. Blau umrandet ist der Siedlungsraum der Region Neapel, der heute bei einem Ausbruch des Vesuvus oder der Campi Phlegraei zumindest teilweise gefährdet wäre.

Meter mächtige Gesteinsschichten über den zerstörten Ortschaften auf. Die Gesamtzahl der Todesopfer wird auf bis zu 15'000 geschätzt.

Im 18. Jahrhundert wurde damit begonnen, die verschütteten römischen Ortschaften auszugraben. Pompeji ist heute eine bedeutende historische Stätte, die Einblick in das städtische Leben zur Römerzeit gibt. Der Vulkan hat zwar alles Leben zerstört, unter der schützenden Ascheschicht blieben jedoch viele Mauern gut erhalten (Abb. 5). Bei den Ausgrabungen fand man merkwürdige Hohlräume. Als man diese mit Gips ausgoss, stellte sich heraus, dass sie von menschlichen und tierischen Körpern stammten, die grösstenteils zersetzt waren, sich jedoch noch in jener Stellung befanden, in der sie beim Vulkanausbruch starben (Abb. 6). Nach dem Ausbruch im Jahr 79 blieb der Vulkan weiterhin aktiv und brach in grösseren Abständen immer wieder aus (Abb. 7 - 10). Der Ausbruch von 1631 war besonders heftig. Dabei starben 4'000 Menschen in den Dörfern am Fuss des Vulkans, Neapel wurde mit einer 30 cm dicken Schicht aus Vulkanasche zugedeckt. Bis ins 20. Jahrhundert brach der Vesuv weitere zwanzig Mal aus, das letzte Mal 1944. Seither verhält sich der Vesuv ruhig, der Vulkan ist aber nicht erloschen und bleibt gefährlich, ebenso der



**Abb. 5:** Strasse in Pompeji mit römischem «Fussgängerstreifen», der dazu diente, die Strasse zu überqueren, ohne in Fäkalien zu treten, da auf den Strassen auch alle Abfälle entsorgt wurden.



**Abb. 6:** Gipsausgüsse von Hohlräumen, welche nach der Zersetzung menschlicher Körper entstanden, die von vulkanischen Ablagerungen umschlossen wurden (Foto von Giorgio Sommer, ca. 1875).

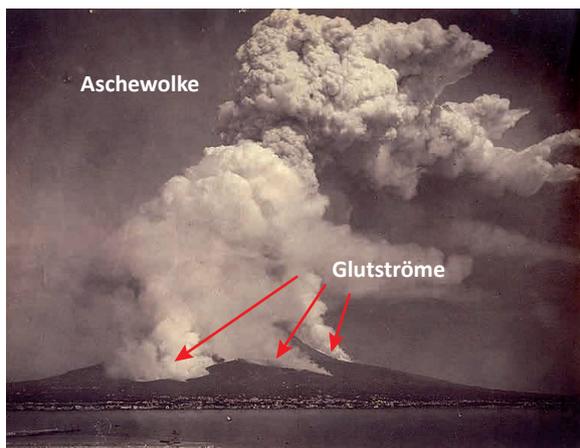
nahe gelegene, versteckte Vulkan der Campi Phlegraei (Abb. 4). Es gibt zwar Evakuierungspläne für jene Einwohner der Grossregion Neapel, die im Fall eines Ausbruchs unmittelbar bedroht wären, diese sind jedoch weitgehend nutzlos. Die Vulkanologie kann bis heute keine genügend zuverlässigen und frühzeitigen



**Abb. 7:** Ausbruch des Vesuvs vom Dezember 1760 bis Januar 1761, nach einer Zeichnung von Pietro Fabri



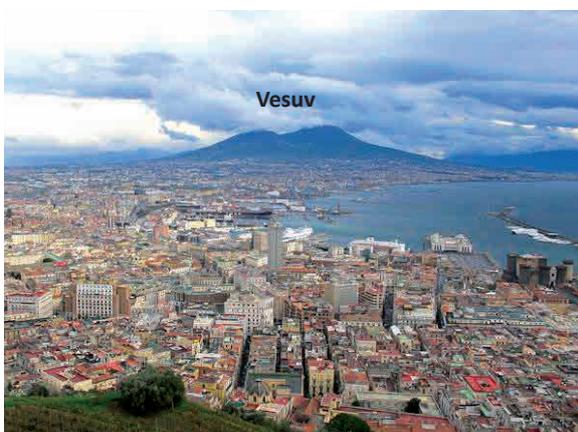
**Abb. 8:** Ausbruch des Vesuvs im Jahr 1822 (Antoine Jean Baptiste Thomas). Die Menschen versuchen, den Vulkan durch eine Prozession mit einer Heiligenstatue zu besänftigen.



**Abb. 9:** Ausbruch des Vesuvs im Jahr 1872. Von Neapel aus fotografiert von Giorgio Sommer. Beachten Sie die Glutströme, die sich den Abhang hinunter wälzen (Pfeile).



**Abb. 10:** Bisher letzter Ausbruch des Vesuvs im Jahr 1944, während des zweiten Weltkriegs, fotografiert aus einem Bomber der US Army



**Abb. 11:** Die Region Neapel mit dem Vesuv heute. Ein Ausbruch wie jener im Jahr 79 hätte verheerende Folgen in einem derart dicht besiedelten Gebiet.



**Abb. 12:** Computersimulation der Auswirkungen auf die heutige Situation eines Ausbruchs des Campi Phlegraei-Vulkans in der Stärke wie jener des Vesuvs im Jahr 79. Beachten Sie die mächtigen Glutströme (Nationales Institut für Geophysik und Vulkanologie Italiens, INGV).



**Abb. 13:** Bisher bekannte Supervulkane der höchsten Gefährlichkeitsstufen VEI-7 und VEI-8 (VEI: Volcanic Explosivity Index)

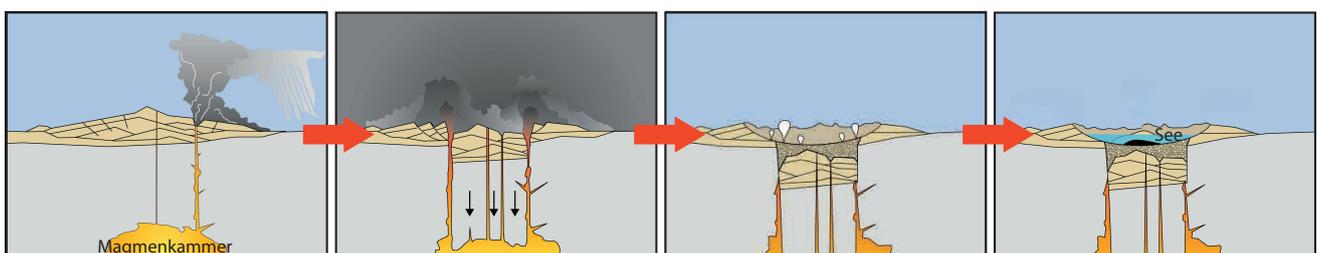
Prognosen zum Ausbruchverhalten von Vulkanen machen, ausserdem begegnet die ansässige Bevölkerung der Gefahr mit weitgehendem Desinteresse bzw. mit der Hoffnung auf die Wirkung des Glaubens. Zudem: Würde ein Ausbruch vorausgesagt, der nicht eintrifft, hätte eine Massenpanik verheerende Auswirkungen. Ziel müsste es deshalb sein, die Bevölkerungsdichte in der am stärksten gefährdeten Zone zu reduzieren (Abb. 11, 12). In diesem ca. 200 km<sup>2</sup> grossen Gebiet leben 600'000 Einwohner. Obwohl neuere Erkenntnisse darauf hinweisen, dass der Vesuv oder der Campi Phlegraei - Vulkan wieder erwachen könnten, sind in den letzten 20 Jahren allein in der am stärksten gefährdeten Zone 50'000 neue Häuser gebaut worden, meist ohne behördliche Bewilligung.

### Was sind Supervulkane?

Der Begriff Supervulkan ist kein wissenschaftlicher Begriff, er wurde vielmehr aus Medienberichten übernommen, sodass es auch keine wissenschaftlich exakte Definition gibt. Supervulkane besitzen eine besonders grosse Magmakammer, aus der bei einem Ausbruch besonders viel Magma gefördert wird in Form von flüssiger Lava, vor allem aber in Form vulkanischer Asche (feine Partikel), die besonders hoch in die Atmosphäre geschleudert wird (bis zu 50 km) und dadurch das Klima über Jahrzehnte weltweit beeinflusst («vulkanischer Winter»). Die mit vulkanischer Asche bedeckte Fläche umfasst Millionen km<sup>2</sup>. Supervulkane der zweithöchsten Explosivitätsstufe VEI 7 (Volcanic Explosivity Index) stossen bei Ausbrüchen mindestens 100 km<sup>3</sup> Lava und Asche aus, jene der höchsten Explosivitätsstufe VEI 8 sogar mindestens 1'000 km<sup>3</sup>. Nicht jeder Ausbruch eines solchen Vulkans muss jedoch eine derart hohe Explosivitätsstufe erreichen, meist sind die Ausbrüche deutlich schwächer. Der Ausbruch des Vesuvs im Jahr 79 z. B. erreichte Stufe VEI 5 (> 1km<sup>3</sup>), jener des Campi Phlegraei -Vulkans vor etwa 37'000 Jahren hingegen dürfte die Stufe VEI 7 erreicht gehabt haben, ebenso wie jener des Tambora 1815. Mit Campi Phlegraei (I) und Santorin im Ägäischen Meer (GR) existieren zwei Supervulkane mit VEI 7 in Europa, wogegen sich auffällig grosse Ansammlungen von Vulkanen der höchsten Gefahrenstufe in Süd- und Nordamerika befinden (Abb. 13).

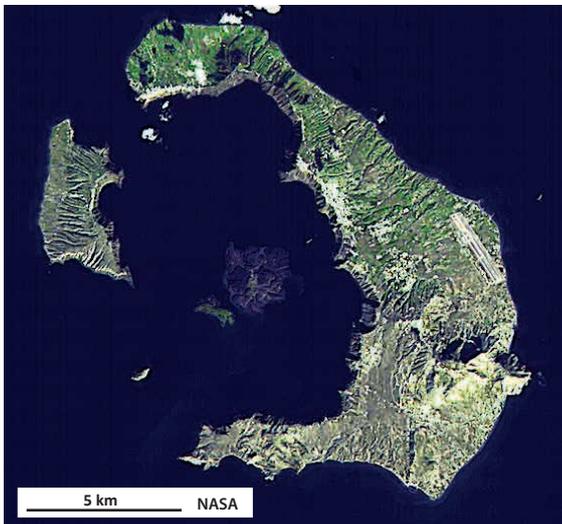
So liegt z. B. unter dem Yellowstone -Vulkan im US-Bundesstaat Wyoming eine Magmakammer mit einem Volumen von rund 10'000 km<sup>3</sup>, weitere geschätzte 46'000 km<sup>3</sup> Magma können jederzeit aus der Tiefe nachströmen. Aus der Tiefe heraufdringendes Magma vermag die Erdkruste messbar zu heben. Zusätzlich entmischt sich im heraufdringenden Magma das darin enthaltene Gas (hauptsächlich H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>), bildet Blasen und vergrössert so sein Volumen, wodurch ein grosser Druck im Untergrund aufgebaut wird. Im Fall des Campi Phlegraei -Vulkans wurde der Boden seit der Römerzeit in mehreren Episoden um gesamthaft sechs Meter gehoben, 2024 und 2025 betrug die Hebungsrate teils sogar über 3 cm pro Monat.

Durch ihre hohe Explosivität wird bei Supervulkanen der grösste Teil des gefördertten Magmas als Asche in die Atmosphäre geschleudert, klassische Vulkankegel bilden sich höchstens als Randerscheinungen, wie z.B. der Vesuv. Bei solchen Explosionen wird auch ein grosser Teil des umgebenden Erdkrustengesteins pulverisiert, sodass nach der Explosion ein Krater in der Erdkruste zurückbleibt. Meist rutscht das verbleiben-

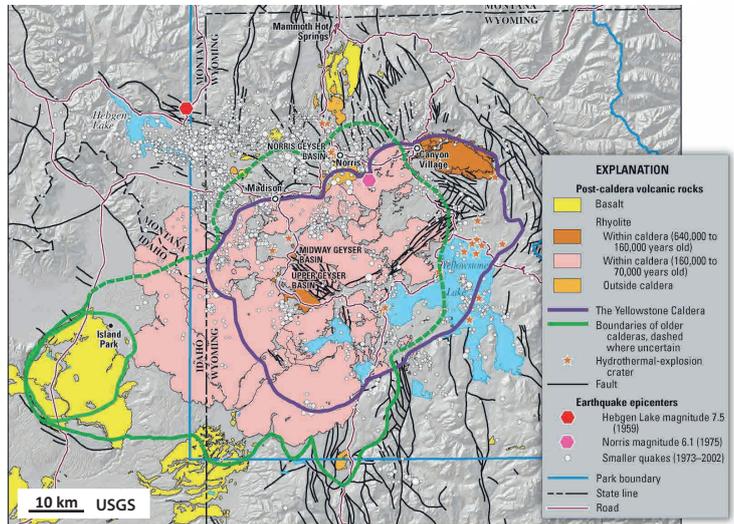


**Abb. 14:** Entstehung einer Caldera durch Einbrechen der Erdkruste über einer Magmenkammer und Füllung der Caldera mit Wasser am Bsp. des Mt. Mazama in Oregon, USA (US Geological Survey)

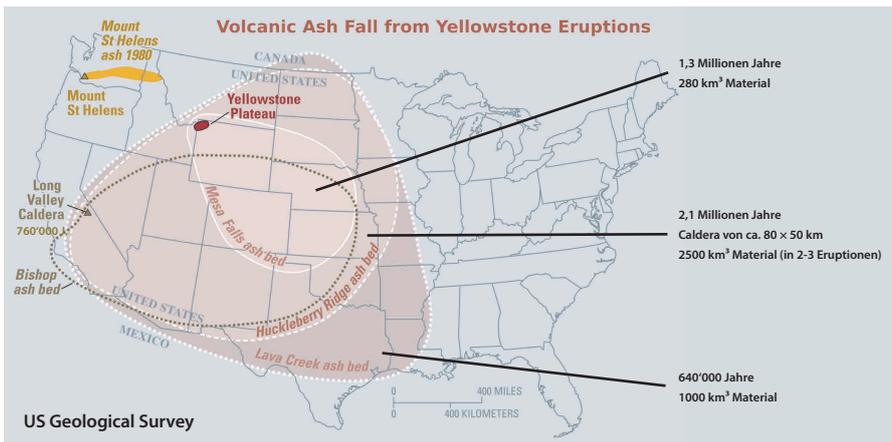
de Krustenmaterial zum Schluss in die grösstenteils entleerte Magmenkammer nach, wobei eine **Caldera** entsteht (Abb. 14). Manchmal entstehen inmitten der Caldera neue, kleine Vulkankegel. Grosse Calderen sind denn auch typische Anzeichen für die Existenz von Supervulkanen. Die Caldera des Santorin-Vulkans ist mit Meerwasser gefüllt (Abb. 15), jene des Yellowstone-Vulkans teilweise mit Süsswasser aus dem umliegenden Gebirge (Abb. 16-18).



**Abb. 15:** Caldera der Insel Santorin mit dem Kameni-Vulkan im Zentrum. In den vergangenen 200'000 Jahren fanden zwölf explosive Eruptionen mit einem VEI-Wert von 5 bis 7 statt. Besonders kräftigen Eruptionen folgte viermal die Bildung einer Caldera. Die heutige Caldera entstand vor etwa 3'600 Jahren, verursacht durch die sog. Minoische Eruption. Unterseeische Eruptionen mit Lavaausflüssen liessen in den vergangenen 2'200 Jahren den «jungen» Kameni-Vulkan vom Caldera-Grund in 500 m Meerestiefe entstehen. Mit Kolumbos hat Santorin auch einen nahen, submarinen Nachbarn.



**Abb. 16:** Calderen des Yellowstone-Vulkans im gleichnamigen Nationalpark im US-Bundesstaat Wyoming. Die jüngste Caldera (violett umrandet) hat einen Durchmesser von beinahe 60 km und ist teils mit Wasser gefüllt. Die rosa Farbe in der geologischen Karte zeigt, dass der Vulkan in den letzten 160'000 Jahren vor allem Rhyolith förderte, vergleichbar also mit dem Bozener Rhyolith von Posten 10. Ältere Calderen (grün umrandet) befinden sich weiter westlich, der Vulkan brach also nicht immer an derselben Stelle aus. Dies ist der Tatsache geschuldet, dass sich der Yellowstone-Vulkan über einem ortsfesten Hot Spot im Erdmantel befindet, über den die nordamerikanische tektonische Platte in westlicher Richtung hinweg drifft, wobei der Vulkan scheinbar ostwärts wandert (Abb. 18).



**Abb. 17:** Verbreitung der Vulkanasche über dem Gebiet der heutigen USA während der drei letzten grossen Ausbrüche des Yellowstone-Vulkans

**Abb. 18:** Wanderung des Yellowstone-Vulkans in Richtung Osten im Laufe der vergangenen 16 Mio. Jahre durch die Westdrift der Nordamerikanischen Platte

