**Methoden der Früherkennung**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |
| **1. Bimsstein** | **2. Erdbeben** | **3. Gas** | **4. Verformung** | **Seismische Wellen** |
| Vor einem Ausbruch fliesst Magma an die Erdoberfläche. Dabei werden Kristalle gebildet, welche sich in Bimssteinen finden lassen. Der Wissenschaftler Jonathan Castro sammelt diese Bimssteine und isoliert die Kristalle im Labor. Es ist ihm gelungen den Entstehungsprozess dieser Kristalle umzukehren, was ihm Informationen über die Fliessgeschwindigkeit des Magmas liefert. Mit diesen Erkenntnissen lässt sich feststellen wie nahe der Vulkan vor einer Eruption steht. | Ein Eruptionsprozess wird zunächst vom Aufstieg des Magmas eingeleitet. Wenn das [Magma](http://de.wikipedia.org/wiki/Magma) auf vorgezeichneten oder neuen Bruchlinien, Spalten oder Rissen zur Erdoberfläche emporsteigt, entstehen durch Spannungen im Umgebungs-gestein und durch Entgasungs-prozesse des Magmas charakteristische seismische Signale. Gestein zerbricht dabei und Risse beginnen zu vibrieren. Die Zerstörung von Gestein löst [Erdbeben](http://de.wikipedia.org/wiki/Erdbeben) mit hoher [Frequenz](http://de.wikipedia.org/wiki/Frequenz) aus, die Bewegung der Risse dagegen führt zu niedrig frequenten Beben, dem so genannten **vulkanischen Tremor**. Um Tiefe und Herd der vulkanischen Beben zu ermitteln, wird in der Regel ein Netz von äußerst empfindlichen Seismo-metern rund um den Vulkan eingerichtet. Denn gerade die schwachen Erdbeben, die eine Stärke von weniger als 1 haben, sind häufig Anzeichen dafür, dass ein Vulkan aktiv wird. Zum Beispiel wurden am betroffenen Südwesthang des [Ätna](http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%84tna) in den 12 Stunden vor dem 1981er Ausbruch etwa 2‘800 kleinere Erdstöße durch die vor Ort installierten [Seismometer](http://de.wikipedia.org/wiki/Seismometer) als Tremor registriert. Über ein automatisches Übertragungs-system wurden die Daten direkt zum [Istituto Internazionale di Vulcanologia](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Istituto_Internazionale_di_Vulcanologia&action=edit&redlink=1) in [Catania](http://de.wikipedia.org/wiki/Catania) weitergeleitet. Mit Hilfe moderner Technik werden Veränderungen der seismischen Aktivität heute in Echtzeit ermittelt. Strukturen und Vorgänge unter der Erdoberfläche können damit unmittelbar und exakt dargestellt und analysiert werden.  (Quelle Wikipedia) | Eruptive Gase sind die Haupttriebkraft der vulkanischen Aktivität. Änderungen ihrer Menge, ihrer Temperatur und ihrer chemischen Zusammensetzung sind für die Vorhersage eines Vulkanausbruchs von grundlegender Bedeutung. Generell sind die Schwankungen im Chemismus der Gase umso höher, je heißer die Gase sind und je reger die vulkanische Aktivität ist. Bei hohem Gasausstoß lässt sich die Konzentration gewisser Gase mit Hilfe ihres [Absorptionsspektrums](http://de.wikipedia.org/wiki/Absorptionsspektrum) im sichtbaren Licht auch durch [Fernerkundung](http://de.wikipedia.org/wiki/Fernerkundung) bestimmen. Die geochemische Überwachung erstreckt sich auch auf die Beobachtung von [Grundwasser](http://de.wikipedia.org/wiki/Grundwasser) und von [Quellen](http://de.wikipedia.org/wiki/Quelle). Denn unterirdisches Wasser wird oft von vulkanischen Gasen kontaminiert, die dem Magma entweichen und sich im Boden ausbreiten. Eine besondere Rolle spielen dabei Helium und Radon. Beide Gase entstammen dem Erdmantel. Steigt eine Magmakammer auf, so erhöhen sich auch die Gehalte dieser Gase. So hat man zum Beispiel nach der Erdbebenkrise auf der griechischen Insel [Nisyros](http://de.wikipedia.org/wiki/Nisyros) (1996) begonnen, die Gase und andere Faktoren genau zu überwachen, da man befürchtete, es könne ein Vulkanausbruch bevorstehen. Im Rahmen des EU-Programms *Geowarn* haben sich europäische Universitäten zusammengeschlossen und beobachten Nisyros, den Vesuv und andere potentiell gefährliche Vulkane in Europa.  Im Rahmen der internationalen Dekade zur „Schadensminimierung bei Naturkatastrophen 1990–2000“ wurden 15 Vulkane weltweit als Forschungsobjekte ausgewählt und kontinuierlich überwacht, darunter auch der [Vesuv](http://de.wikipedia.org/wiki/Vesuv) und der [Ätna](http://de.wikipedia.org/wiki/%C3%84tna).  (Quelle Wikipedia) | Dringt Magma aus der Tiefe nach oben, so können in bestimmten Bereichen des Vulkans Deformationen der Erdoberfläche in Form von Aufbeulungen, Absenkungen, Neigungen, Buckeln und Rissen entstehen. Diese Deformationen können mit meist in Bohrlöchern des Gesteins fest installierten Neigungsmessern (Klinometern) und Dehnungsmessern (Extensiometern) vor Ort gemessen werden. Diese Phänomene können aber auch schon mit einfachen Mitteln wie zum Beispiel mit einem Bandmaß oder durch aufgesprühte Linien erkannt werden.  Anfang August 1982 hatten Geologen im Kraterboden des Mount St. Helens viele schmale Bodenrisse entdeckt und sie mit Farblinien markiert. Zwei Tage später bereits waren die Linien deutlich gekrümmt, was eine Veränderung der Risse durch aufsteigendes Magma anzeigte. Wenige Tage später kam es zu einer heftigen Eruption des Vulkans. Im Oktober 2004 wurde am Mount St. Helens eine Aufbeulung einer Vulkanflanke von mehr als 100 m beobachtet, die auch mit bloßem Auge sichtbar war.  Eine komplexere und exaktere Methode zur Erfassung morphologischer Veränderungen ist zum Beispiel die Messung horizontaler Entfernungen mit Elektronischer Distanzmessung (EDM). Ein EDM kann elektromagnetische Signale senden und empfangen. Die Wellenphase verschiebt sich dabei in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen EDM und reflektierendem Objekt und gibt damit das Ausmaß der entstandenen Verschiebung an. EDMs haben Reichweiten bis zu 50 km und hohe Messgenauigkeiten von wenigen Millimetern. Oberflächenveränderungen vor allem größerer Gebiete und abgelegener Vulkane werden mit Hilfe von satellitengestützten geodätischen Messverfahren beobachtet.  Da sich in Folge von Deformationen des Geländes auch Grundwasser- und Oberflächenwasserstände relativ zueinander verändern können, werden oft Grundwassermessstellen eingerichtet und in gewässernahen Gebieten Fluss- und Seewasserpegel installiert. Man setzt inzwischen auch Satellitenbilder zur Überwachung von Vulkanen und deren Verformung bzw. Aufwölbung ein  (Quelle Wikipedia) | Von einem Forschungsschiff werden seismische Wellen durch den Vulkan geschossen. Die Wellen durchdringen die verschiedenen Gesteinsarten und Magmakammern mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Dies macht es den Wissenschaftlern möglich ein Bild des Inneren des Vulkans zu erstellen. |