

An den Mittelozeanischen Rücken entstehen aber trotz der hohen vulkanischen Aktivität keine großen Vulkankegel, wie wir sie von den großen festländischen Vulkanen kennen. Einer der Gründe ist, dass die Lava basaltische Komposition hat und damit zu dünnflüssig ist, um Berge mit steilen Flanken aufzubauen. Die Auflast des darüberstehenden Wassers unterdrückt auch den Schlackenwurf, wie er an der Oberfläche maßgeblich zum Hochbau eines Kegels oder zumindest zum Aufbau eines Schlackenkegels beiträgt. Und schließlich entfernen sich die vulkanisch entstandenen Oberflächenformen an den Rücken ständig voneinander, so dass – bezogen auf einen Abschnitt der Kruste – keine über längerer Zeit ortsfeste vulkanische Aktivität gegeben ist.

Die klassischen **Vulkankegel** findet man hingegen vor allem an bzw. über den **Subduktionszonen**: Hier taucht die ozeanische Lithosphäre wieder in den Erdmantel ab. Auf dem Weg in die Tiefe geben die Gesteine unter zunehmendem Druck das Wasser ab, das sie zuvor an den Mittelozeanischen Rücken eingebaut haben. Dieses Wasser steigt nach oben, wo es die Schmelzpunkte im Erdmantel der darüberliegenden Platte so erniedrigen kann, dass sich Magmen bilden. Die Magmen der Vulkane an den Subduktionszonen unterscheiden sich von denen anderer geotektonischer Situationen tatsächlich auch durch einen bedeutend höheren Wassergehalt. Das ist auch einer der Gründe für die hohe Explosivität dieser Vulkane.

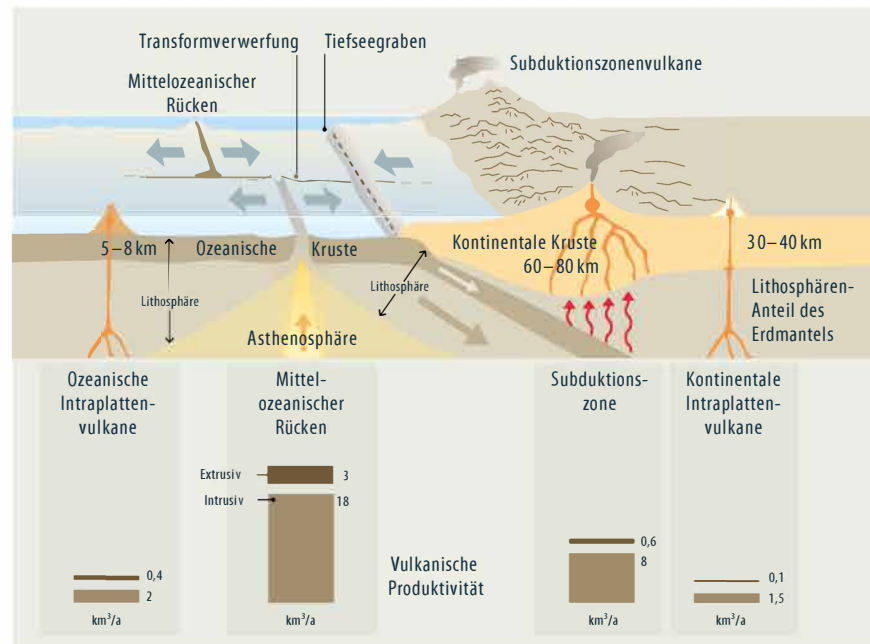
Für den Aufbau der großen Vulkankegel eines klassischen **Schichtvulkans** bedarf es aber vor allem auch eines ortsfesten magmatischen Fördersystems. Die Ausbrüche müssen über Tausende oder Zehntausende von Jahren immer wieder vom gleichen Krater kommen, während in der Tiefe – von der unteren, abtauchenden Platte – anhaltend Wasser für die Erzeugung neuen Magmas abgegeben wird. Eine solche dynamische Situation ist bei den Vulkanen in Deutschland nicht gegeben.

■ **Vulkanismus inmitten einer Lithosphärenplatte**

Vulkanismus findet auf der Erde somit im Wesentlichen an den Rändern der Lithosphärenplatten statt: an den Mittelozeanischen Rücken, an denen neue ozeanische Lithosphäre entsteht, sowie an den Subduktionszonen, an denen die Platte in den Mantel abtaucht. Die Vulkane in unserer Region liegen jedoch weit entfernt von einer

aktiven Plattengrenze. Dieser **Intraplattenvulkanismus** ist, was das Volumen eruptierten Magmas betrifft, der relativ unbedeutendste. Dazu kommt das Problem, dass seine Ursachen nicht so ohne Weiteres in allgemeiner Weise erklärt werden können wie bei den Plattenrandvulkanen, für deren Wirken man überall in den Lehrbüchern Schemata findet. Warum, so könnte man fragen, finden sich Intraplattenvulkane in Deutschland, aber nicht in England oder Skandinavien?

An dieser Stelle müssen wir festhalten, dass der Intraplattenvulkanismus nicht durchweg eine nur schwach entwickelte Erscheinung ist. Es gibt punktuell auch innerhalb der Platten einige volumenreiche und lange aktive Vulkansysteme. Musterbeispiele hierfür sind **Hawaii** oder **Yellowstone** – das erste innerhalb einer ozeanischen Platte, das zweite in kontinentaler Umgebung. Für solche hochaktiven vulkanischen Zentren gibt es auch eine weithin akzeptierte Erklärung: Diese Intraplattenvulkane liegen offenbar über eng begrenzten Aufstiegszonen heißen Mantelgesteins. Durch die



▲ 6 Die vulkanische Produktivität in verschiedenen plattentektonischen Situationen. Der intrakontinentale Intraplattenvulkanismus hat im globalen Durchschnitt die schwächste Produktivität. Weiterhin gilt, dass nur der kleinere Teil der im Erdmantel erzeugten Magmen auch die Oberfläche erreicht und dort Vulkanausbrüche auslöst – der größere Teil bleibt im Grenzbereich von Kruste und Mantel oder auch höher in der Kruste stecken. Verändert nach Schmincke (2013).

beim Aufstieg resultierende Druckentlastung kann es schließlich zur teilweisen Aufschmelzung des Gesteins und damit zur Bildung von Magma kommen.

Solche Aufstiegszonen wurden bereits in der frühen Zeit der nach 1960 formulierten Plattentektoniktheorie vermutet und **Hot Spots** genannt. Indem die Platte über den – relativ ortsfesten – Hot Spot wandert, entsteht eine Vulkankette: Während der aktive vulkanische Bereich gerade direkt über dem Hot Spot sitzt, sind ältere Vulkane bereits mit der Platte über diesen Punkt hinweggewandert und erloschen. Je weiter sie vom Hot Spot entfernt sind, desto älter sind sie. Dies kann an der Hawaii-Kette lehrbuchartig demonstriert werden. Auch die Spur des Hot Spots unter dem amerikanischen Kontinent lässt sich über 18 Millionen Jahre verfolgen. Gewaltige Volumen basaltischer Lava schufen das Columbia Plateau (vor 17 bis 14 Millionen Jahren), nachfolgend das Snake River Plateau und im jüngsten Abschnitt den Yellowstone-Vulkan. Beide Hot Spots sind also auch geologisch langlebige Systeme, wobei der unter Hawaii sitzende Hot Spot sogar seit 85 Millionen Jahren aktiv ist.

Das äußerst erfolgreiche Erklärungspotenzial dieses plattentektonischen Konzepts hat Geologen dazu geführt, auch für die Entstehung der Vulkanregionen in Deutschland einen Hot Spot zu postulieren (Duncan et al. 1972). Doch mit zunehmender Zahl und Genauigkeit radiometrischer Datierungen wurde bald deutlich, dass die Verteilung der Vulkangebiete keiner geordneten raum-zeitlichen Entwicklung folgt. Zudem sind die Volumen eruptierter Lava in den meisten Vulkangebieten relativ gering, sodass ein Vergleich mit der vulkanischen Tätigkeit an charakteristischen Hot Spots wie den oben genannten auch in dieser Hinsicht wenig überzeugend erscheint.

■ Der junge europäische Vulkangürtel

Die Hot-Spot-Hypothese als Ursache des jungen Vulkanismus in Deutschland wurde aufgegeben, ohne anfangs gleich plausible Ansätze zur Hand zu haben. Im Laufe der letzten ein bis zwei Jahrzehnte haben die Erklärungsversuche allerdings eine Richtung genommen, die die regionalen geologischen und erdgeschichtlichen Verhältnisse als wesentlichen Faktor ansehen.

Die Lage der deutschen Vulkangebiete verläuft gürtelförmig vor dem nördlichen Außenrand der Alpen. Nimmt man die jungen Vulkangebiete Frankreichs dazu, erweitert sich dieses Muster stimmig bis in das

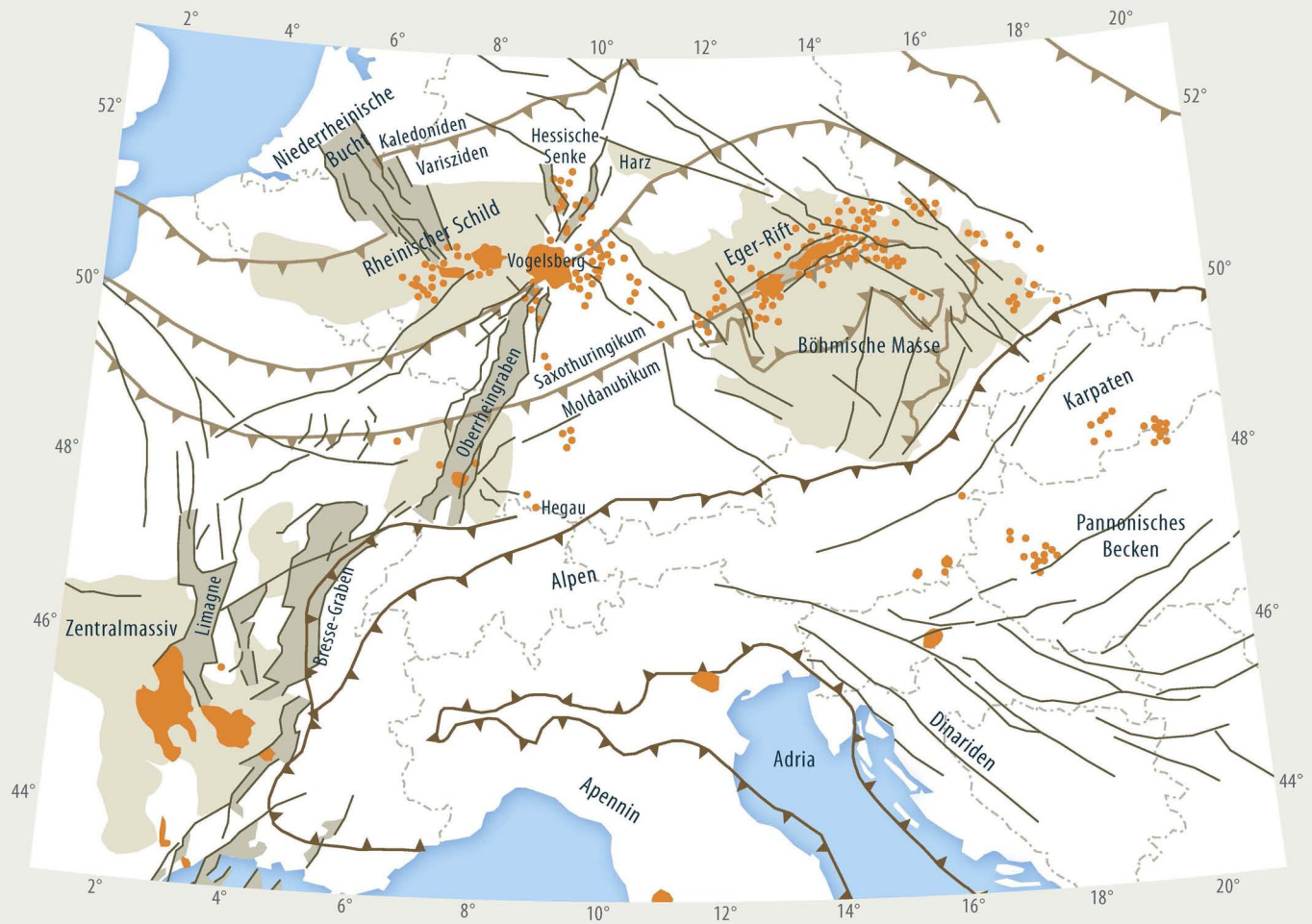
Vorland westlich der Alpen. In dieser Anordnung kann der Vulkanismus in eine kausale Beziehung mit den vom Alpenraum ausgehenden Spannungen gebracht werden. Um die gemeinsame Anlage dieser Vulkangebiete zum Ausdruck zu bringen, haben Geologen sie unter der Bezeichnung *European Cenozoic Volcanic Province* (ECVP), also Europäische erdneuzeitliche Vulkan-Provinz, zusammengefasst (Meyer & Foulger 2007 u. a.). Neben dem räumlichen Aspekt kommt darin auch ein erdgeschichtlicher Faktor zum Ausdruck: Der Vulkanismus ist im Wesentlichen auf das Känozoikum, also die Erdneuzeit konzentriert. Diese umfasst mit dem Tertiär und dem Quartär die letzten 65 Millionen Jahre.

Andere Autoren verwenden stattdessen die Bezeichnung *Central European Volcanic Province* (CEVP), also Zentral-Europäische Vulkanprovinz, womit die zeitliche Einordnung vernachlässigt, auf der andere Seite aber die räumliche Position präzisiert wird (Wimmer 1974, Kolb et al. 2012, Jung et al. 2012 u. a.). Der Einfachheit halber werden wir im Folgenden etwas abgekürzt von der **Europäischen Vulkanprovinz (EVP)** sprechen – und dabei weder ihre geologische Jugend noch ihre Beschränkung auf den vor den Alpen gelegenen Gürtel vergessen.

Sieht man von ersten schwachen vulkanischen Aktivitäten in der Oberen Kreide ab, war die Hauptaktivität in allen Gebieten der EVP in der Tertiärzeit, vor allem im Oligozän und Miozän. Nach Unterbrechungen hat die Aktivität dann in Deutschland wie auch in Frankreich in der jüngsten Vergangenheit, also erst wieder im Quartär, erneut zugenommen. In Frankreich gehören die *Chaîne des Puys*, der *Mont Dore* und der *Devès* zu diesen jungen aktiven Gebieten, in Deutschland sind es die West- und Osteifel sowie der westliche Egergraben.

Dem Vulkanismus der EVP ging eine lange Zeit magmatischer Ruhe voraus. Um in Deutschland frühere vulkanische Epochen zu finden, müssen wir weit in die Erdgeschichte zurückgehen. Erst zur Zeit des Perms treffen wir wieder auf umfangreiche Zeugnisse vulkanischer Aktivität, weitere folgen in noch älteren Perioden. Vielfach prägen selbst diese erdgeschichtlich alten Formen noch die heutige Landschaft – der **Rotenfels** an der Nahe oder der südlich davon in der Pfalz gelegene **Donnersberg** sind markante Beispiele für den permzeitlichen Vulkanismus.

Die vulkanischen Zeugnisse der geologischen Vergangenheit sind also definitiv nicht gleichmäßig in der Erdgeschichte verteilt. Nach dem Unteren Perm – vor



▲ 7 Die Lage des jungen Europäischen Vulkangürtels vor den Alpen ist mit mehreren großen Rift-Strukturen verknüpft. Die Skizze zeigt auch strukturelle Grenzen innerhalb der Lithosphäre, wie sie beim Zusammenbau Europas seit dem Erdaltertum (kaledonische, variskische und alpidische Gebirgsbildung) entstanden sind. Nach Ulrych et al. (2011).

270 bis 260 Millionen Jahren – herrschte in unserer Region über etwa 200 Millionen Jahre weitgehend vulkanische Ruhe. Aus Trias und Jura gibt es in Deutschland nur ganz wenige, kaum nennenswerte Relikte. Das trifft auch noch für weite Abschnitte der Kreide zu, in der dann erst gegen Ende erste, schwache Aktivitäten nachzuweisen sind.

Der eigentliche Schwerpunkt der nun wieder zunehmenden vulkanischen Aktivität war jedoch im Tertiär, insbesondere im Oligozän und Miozän. Plattentektonisch betrachtet ist das die Zeit, in der die Alpen aus den ozeanischen Bereichen zwischen der Eurasischen und Afrikanischen Platte herausgehoben und nach Norden und Nordwesten auf die kontinentale europäische Kruste geschoben wurden. Die Deformationen reichten – und reichen – dabei weit in das nördlich-nordwestliche Vorland der Alpen hinein. Ein augenfälli-

ger Ausdruck der dabei aufgebauten Spannungen ist die Deformation und Aufschichtung des **Französisch-Schweizer Faltenjuras** vor erst 10 bis 5 Millionen Jahren.

Die jüngste, in die Gegenwart reichende vulkanische Phase ist nicht überall scharf von älteren zu trennen, denn Pausen von mehreren Millionen Jahren hat es in einigen Regionen auch schon zwischen den älteren Aktivitätsphasen gegeben. Im westlichen Alpenvorland, also in Frankreich, scheint die junge bzw. gegenwärtige Aktivität im Vergleich zu Deutschland durchgängiger mit den früheren Phasen verbunden zu sein (Nowell et al. 2006).

In Deutschland sind die jungen aktiven Gebiete zeitlich schärfer von den vorangehenden, älteren abzugrenzen. Räumlich liegen diese jungen Gebiete aber dennoch in der Nähe der älteren Vulkangebiete. Im



Die Schlackenkegel der Monte Silvestri (Ätna, Südhang)



Foto: antonio2114 - Fotolia.com