

Hans-Ulrich Schmincke

Vulkane der Eifel

*Aufbau, Entstehung
und heutige Bedeutung*

185 Abbildungen

in dieser Form. Die Entwicklungsstufen eines Vulkans wie sie – z. B. im Eppelsberg – über Jahrzehnte sichtbar waren, können so anhand der Bilder rekonstruiert werden.

In der vorliegenden Übersicht typischer Vulkanbauten der Eifel, ihrer Ablagerungen und ihrer Entstehung habe ich auf Exkursionsvorschläge verzichtet. Ein ausführlicher Exkursionsführer ist in Vorbereitung, in dem einzelne Vulkane genauer beschrieben und umfassender illustriert werden.

Hans-Ulrich Schmincke
Lisch, im April 2008

INHALTSVERZEICHNIS

1. EIFELVULKANISMUS – EINIGE GRUNDFRAGEN	2	5. DER LAACHER SEE VULKAN	76
Die frühen Auseinandersetzungen über die wahre Natur der Eifelvulkane ..	3	Wo brach der Laacher See Vulkan aus? ..	77
Welche strittigen Fragen über den Eifelvulkanismus sind heute in der Wissenschaft gelöst, welche nicht?	9	Landschaft, Klima und Jahreszeit vor dem großen Ausbruch	77
Wo, wie und wann entsteht Magma?	11	Maar oder Krater oder Caldera?	78
Der Eifelplume und das Quellgebiet der Magmen	16	Verlauf der Eruption: Einige Begriffe	80
Das Feuerwerk an der Erdoberfläche	17	Auslösung und Anfangsphase	82
2. DIE QUARTÄREN EIFELVULKANFELDER	20	Hauptphase	86
Der Untergrund	21	Die Tephrafächer	91
Ein Riss geht durch Europa	23	Der Mendiger Graben	94
Westeifel und Osteifel	24	Die Big-Bang-Schichten	98
3. DIE BASALTISCHEN VULKANE	28	Britzbänke und die Hauptbritzbank ..	99
Feuer und Wasser: die kalte Anfangsphase	34	Die großen Glutlawineneruptionen ..	103
Lauwarm: die merkwürdigen Lapillikegel	40	Der Oberbims	112
Die heiße Hauptphase: die Schlackenkegel	44	Endphase – wieder Feuer und Wasser: Die Obere Laacher See Tephra (ULST) ..	114
Gänge	52	6. HIMMEL UND ERDE	116
Phonolithische Bimsfördergänge?	56	Der Rhein erstickt	122
Verwerfungen	58	Koblenz unter Wasser	123
Diskordanzen	58	Der Staudamm bei Brohl	124
Lavaströme	58	Dammbruch und Verwüstung des Rheintals	124
Zeitzeugen in den Kratermulden	64	Ein erstes Durchatmen.....	125
4. DIE ÄLTEREN EXPLOSIVEN VULKANKOMPLEXE	72	Der große Regen	128
Rieden	73	Das Signal aus dem Himmel: Die Klimaauswirkungen der Laacher See-Eruption	128
Wehr	75		

7. WAR'S DAS? 126

Das CO ₂ -Argument	131
Das Maarargument	132
Der zeitliche Abstand zu heute	133
Wie sieht die Zukunft aus?	133
Episodischer Vulkanismus	133
Anzeichen für bevorstehende Eruptionen	134

**8. MIT VULKANEN LEBEN –
LEBEN MIT VULKANEN
VERGANGENHEIT UND
GEGENWART 136**

Vulkane der Eifel: Über 2000 Jahre Steinindustrie	138
Steinbrüche – für und wider	140
Fenster in die Tiefe der Erde, in ihre Vergangenheit, sowie die der Natur und des Klimas in den vergangenen 500 000 Jahren	141
Steinbrüche als einzigartige Biotope...	142
Vulkane und Umwelt: Lehren aus der Vergangenheit – Perspektiven für die Zukunft	144
Danksagung	148
Literaturverzeichnis	149
Glossar	151
Bildnachweis	160

1. EIFELVULKANISMUS – EINIGE GRUNDFRAGEN

»Die rheinischen Vulkane ziehen noch immer die Aufmerksamkeit der Naturforscher auf sich, und so sehr auch frühere Reisende bemüht gewesen, sich über sie zu belehren, so scheint man doch allgemein anzuerkennen, dass sie ferner untersucht und dargestellt zu werden verdienen.«

Johann Steininger, 1820 (41)



Die frühen Auseinandersetzungen über die wahre Natur der Eifelvulkane

DIE ANZIEHUNGSKRAFT DER jungen Vulkanfelder der Eifel hat viele Gründe. Die landschaftsbestimmenden Formen der Schlackenkegel, die schwarzen bis leuchtend roten Farben der Schlacken oder die deckenartig verbreiteten hellen Bimslagen lassen keinen Zweifel, dass das vulkanische Feuerwerk noch nicht so lange her sein kann. In der Tat stellen die Eifelvulkane das mit Abstand jüngste Vulkangebiet Mitteleuropas dar.

Auch in der Geschichte der Erdwissenschaften hat die Eifel, speziell das Laacher See-Gebiet eine zentrale Rolle gespielt: kaum ein anderes Vulkangebiet auf der Erde ist seit über 200 Jahren wissenschaftlich so intensiv erforscht worden. Das liegt nicht nur daran, dass die Wiege der Erdwissenschaften in Europa stand. Wenige Vulkangebiete auf der Erde sind durch Steinbrüche so gut aufgeschlossen wie die Eifel; den Aufbau und die Entstehung von Vulkanen kann man daher selten so gut studieren wie hier. Wer also heute mit wachen Augen einen Steinbruch in der Eifel aufsucht, wird von der historischen Dimension, dem Wandel der Anschauungen, den Irrtümern und wegweisenden neuen Ideen über die Entstehung von Vulkanen nicht wenig Nutzen ziehen können.

[Abb. 1] Mächtige Tephraablagerungen des Laacher See Vulkans am Wingertsberg bei Mendig. Über einer hellen massigen Schicht (Ablagerung von Glutlawinen – Ignimbrit (örtlich Trass genannt)) folgen 3 markante Falloutlagen aus Bimslapilli, die von dunklen feinkörnigen Tuffen voneinander getrennt sind. Die obere Doppellage – von uns zur leichten Wiedererkennung Autobahn (AB1 und 2) genannt, weil sie sich regional als Tandemschichten gut verfolgen lassen – können über weite Gebiete korreliert werden. Darüber folgen über 15 m mächtige graue unregelmäßig geschichtete (Dünen) Tephraschichten der oberen Laacher See Tephra (ULST). Sie bestehen aus sehr dichten und kristallreichen Lapilli und Aschen. Abkürzungen siehe Glossar.

Der Laacher See-Vulkan, unter den jungen Vulkanen Mitteleuropas einzigartig und oft gerühmt, ist kein aufragender, klassischer Vulkanberg, sondern ein von älteren Schlackenkegeln kranzförmig umgebener Krater, aus dem im späten Frühjahr vor ziemlich genau 12 900 Jahren gewaltige Mengen an Bims, Asche und Gesteinsfragmenten eruptiert wurden (Abb. 1). Diese legten sich als weiße Decke über die hügelige Landschaft des Neuwieder Beckens und füllten die Täler zwischen den Vulkankegeln, welche das Laacher See-Becken umgeben. Es war dieser sanfte Aschenschleier, der Goethe, welcher den Laacher See im Jahre 1815 zusammen mit dem Freiherren vom Stein besuchte (Abb. 2, 3), an der vulkanischen Natur des Laacher See-Beckens zweifeln ließ „... so muss es mir mit Gewalt abgenötigt werden, wenn ich etwas für vulkanisch halten soll, ich kann nicht aus meinem Neptunismus heraus; das ist mir am auffallendsten gewesen am Laacher See und zu Mendig; da ist mir nun alles so allmählich erschienen, das Loch mit seinen gelinden Hügeln und Buchenhainen; und warum sollte denn das Wasser nicht auch löcherige Steine machen können, wie die Bimssteine?“

[Abb. 2] Halbrelief (aus Weiberner Tuff) von Goethe und dem Freiherren von Stein zur Erinnerung an ihren Besuch am Laacher See am 27. 7. 1815. Hotel Maria Laach.



Allerdings hatte schon Collini (1777) fast 40 Jahre vor Goethes Besuch eine ganz andere Auffassung vertreten, nämlich „... dass der Laacher See aus einem sehr wichtigen Vulkan entstanden wäre, der sich hier selbst versenkt hätte und verloschen sei“ (12). Diese Vorstellung, die auch von anderen Wissenschaftlern jener Zeit geteilt wurde, ist umso bemerkenswerter, als sich in den siebziger Jahren des 18. Jahrhunderts der erste und gleichzeitig heftigste und längste große wissenschaftliche Meinungsstreit in der Geschichte der damals entstehenden Erdwissenschaften noch gar nicht in seiner ganzen Schärfe entfaltet hatte. Dieser Streit ging darum, ob säulige Basalte (Abb. 4–7) aus Wasser – aus dem Urmeer – auskristallisiert seien, wie Abraham Gottlob Werner, der führende Geognost seiner Zeit, und seine zahlreichen Schüler behaupteten – man nannte sie daher die *Neptunisten* – oder aus heißen, an die Erdoberfläche getretenen Gesteinsschmelzen, wie die so genannten *Vulkanisten* aufgrund von Geländebeobachtungen meinten, die zuerst die Franzosen Guettard 1745 und

Desmarest 1765 in der Auvergne gemacht hatten. Während Neptunisten und Vulkanisten noch glaubten, das Feuer in der Tiefe, das man ja seit Jahrtausenden aus den aktiven Vulkanen des Mittelmeerraumes, z. B. von Stromboli und Ätna, kannte, durch brennende Kohleflöze in der Tiefe erklären zu können, entwickelte erst der schottische Privatgelehrte Hutton (1788), der Ahnherr der so genannten *Plutonisten*, die Vorstellung, dass Granite in der Tiefe durch Aufsteigen heißer Gesteinsschmelzen entstehen und dass sich sowohl Granit wie Basalt jederzeit während der gesamten Erdgeschichte bilden können, d. h. seit 4,6 Milliarden Jahren (35).

Collini war also seiner Zeit um Jahrzehnte voraus gewesen – und Goethe in dieser Beziehung hinterher. Denn schon vor Ende des 18. Jahrhunderts hatte sich gezeigt, dass die Auffassung der Neptunisten – was die Entstehung der Basalte, des Granits und der Vulkane betraf – nicht zu halten war. Werner verteidigte seine Lehrmeinung zwar bis zu seinem Tode im Jahre 1817. Danach zerfiel das Theorien-

[Abb. 3] Bimsschichten aus der Achse des Hauptfächers der Laacher See Tephra am Bürgerhaus zwischen Nicenich und Plaidt. Die dunklen feinkörnigen Tuffe (Hauptbritzbank) werden später diskutiert. Graue Bimslapilli im Oberteil der Bimswand.



gebäude der Neptunisten jedoch rasch; seine bedeutendsten Schüler, J. F. d'Aubuisson, Alexander von Humboldt und Leopold von Buch, bekannten sich jetzt auch öffentlich zum Plutonismus.

Auseinandersetzungen dieser Art kennzeichnen alle Wissenschaften. Denn Wissenschaft entwickelt sich immer aus dem Widerstreit unterschiedlicher Auffassung. Neue Ideen haben es meist zunächst schwer, sich durchzusetzen – und finden oft erst nach dem Tode der Verfechter der alten Anschauungen breitere Anerkennung.

Ich bin auch deshalb auf diese frühen Auseinandersetzungen näher eingegangen, weil sie zeigen, dass die Frage nach der wahren Natur des Laacher See-Vulkans eine große Rolle in der Geschichte der Vulkanologie, ja der Erdwissenschaften insgesamt gespielt hat.

Dass wissenschaftliche Auseinandersetzungen über die wahre Natur von Vulkanen mit klassischer deutscher Dichtung verwoben sind, wird für manchen Leser vielleicht neu sein, dem auf der anderen Seite die Vorstellung vertraut sein mag, dass Vulkaneruptionen und Vulkane, auch die der Eifel, nicht erst seit den Tagen der Romantik in Mythen und Sagen vieler Kulturkreise eine zentrale Rolle spielten – und auch heute noch spielen. Das Spannungsfeld zwischen Gesellschaft und den bedrohlichen und nützlichen Aspekten von Vulkaneruptionen, diesen dramatischsten aller Naturereignisse, lässt sich bis in die Anfänge der Menschheit zurückverfolgen: Die ersten Spuren unserer etwa 3,6 Millionen Jahre alten ostafrikanischen Vorfahren sind als Fußabdrücke in feuchter, vulkanischer Asche erhalten. Ähnliche, aber viel besser erhaltene Fußspuren findet man auch in anderen Vulkangebieten, wie z. B. in

[Abb. 4] Eingang zu einem Tunnel im Niedermendiger Lavastroms (Laacher See-Gebiet). Über Hunderte von Jahren wurden aus den Säulen des tephritischen Lavastroms unterirdisch Mühlsteine gehauen, die in weit entfernte Gebiete exportiert wurden. Heute ein beliebter Werkstein für Bildhauer.



Nicaragua (Abb. 8). Der *homo erectus* lebte schon vor über 200 000 Jahren in den Kratermulden von Schlackenkegeln im Laacher See-Gebiet (7, 8). In der Eifel zeigt sich der Gegensatz in anderer Weise; am Ende dieses Buches (Kapitel 8) möchte ich daher auch auf einige aktuelle Konflikte eingehen, die direkt mit der vulkanischen Natur der Eifelvulkane zu tun haben.

Zu den Wissenschaftlern, die im 19. und in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts die vulkanologische Erforschung der Eifelvulkanwelt wesentlich vorangetrieben haben, gehören nach dem schon erwähnten Collini (12) Steininger (41), van der Wyck (45), Hibbert (19), Vogelsang (42), Mitscherlich (26), von Dechen (13), Dressel (14) und im 20. Jahrhundert Ahrens (2). Die erste und für ihre Zeit moderne

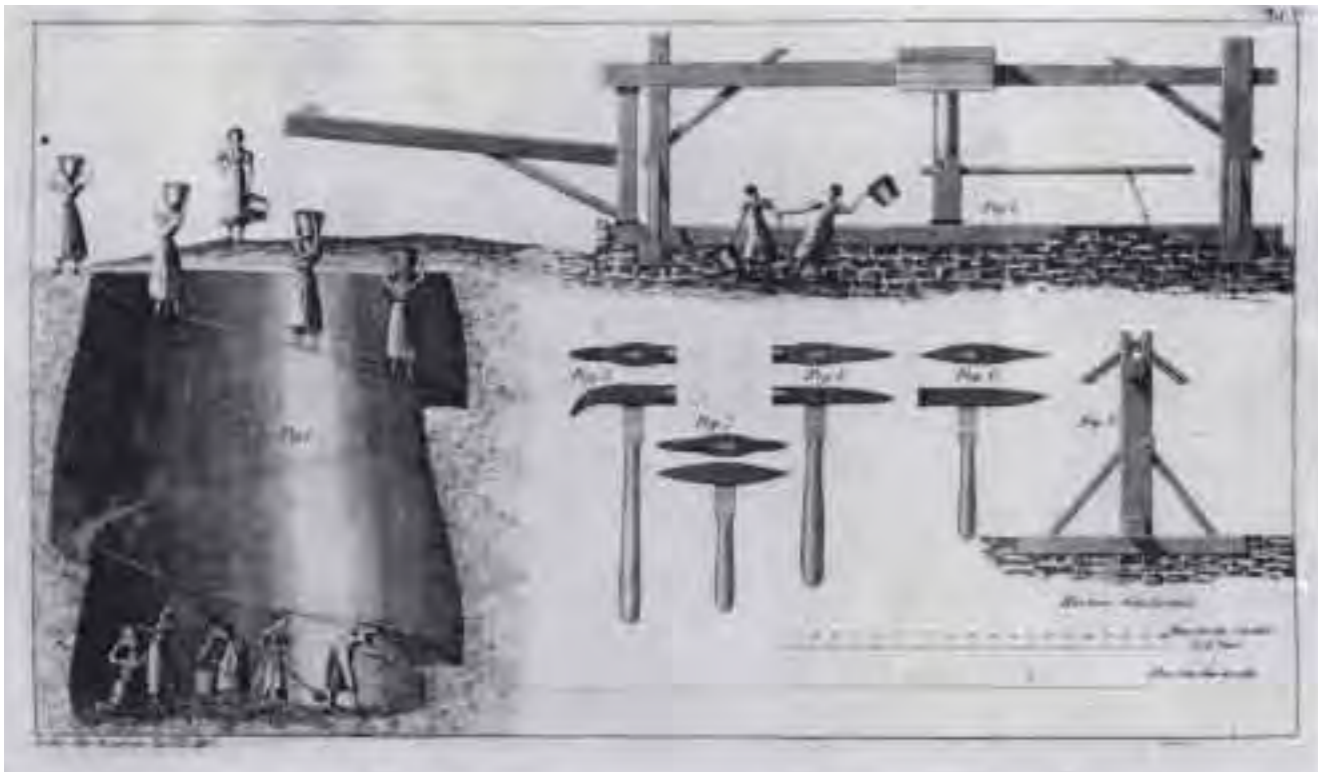
Dissertation über den Laacher See-Vulkan wurde von Samuel Hibbert, einem schottischen Studenten, im Jahre 1832 vorgelegt (19). Seine farbige Karte des engeren Laacher See-Gebiets ist ein für jene Zeit eindruckvolles Zeugnis anspruchsvoller geologisch-vulkanologischer Geländearbeit (Abb. 9).



[Abb. 5] Nephelinitischer Lavastrom bei Hohenfels östlich Gerolstein. Bei der Abkühlung der flüssigen Lavaschicht wanderten die Abkühlungsrisse, welche die Säulen begrenzen, in die erstarrende Lava von oben nach unten (schnell) und langsam von unten und treffen sich ungefähr ein Drittel über dem Erdboden. Die Mittelzone, die am längsten flüssig blieb, ist in diesem Lavastrom durch eine massige Zone charakterisiert. Beliebter Werkstein für Bildhauer. WEVF.



[Abb. 6] Historischer Stich aus dem 19ten Jahrhundert, der den Untertageabbau des Niedermendiger Lavastroms und die Herstellung von Mühlsteinen zeigt. Deutlich ist zu erkennen, dass die unteren Säulen dicker sind als die oberen. Paris 1802.



[Abb. 7] Die schweren Mühlsteine wurden wie hier in Niedermendig mit Pferdegepeln aus der Tiefe gefördert, während die Frauen die Abschläge in Eimern auf Wendeltreppen in Schächten nach oben trugen.

Welche strittigen Fragen über den Eifelvulkanismus sind heute in der Wissenschaft gelöst, welche nicht?

LAIEN ODER SELBSTERNANNTEN Vulkanologen möchten häufig gerne an den spektakulären Aspekten, die Vulkanen nun einmal innewohnen, teilhaben und glauben es häufig genauer bzw. besser zu wissen. Auf diese Weise werden wissenschaftlich längst widerlegte Auffassungen manchmal jahrzehntelang weiter verbreitet. Wissenschaftlich kontroverse Themen sind jedoch für Nichtfachleute meistens überhaupt nicht zu beurteilen. Man kann als Laie natürlich versuchen herauszuhören, welcher der Kontrahenten seine Auffassung am überzeugendsten begründet. Da das generell schwer ist, verhält man sich lieber neutral und nimmt an, die jeweilige wissenschaftliche Streitfrage sei noch nicht gelöst.

Das ist aber häufig nicht der Fall, weil manche ältere Interpretationen, die sich nach naturwissenschaftlichen Kriterien längst als unbegründet und daher falsch herausgestellt haben, oft noch jahrzehntelang von manchen Verfechtern aus der Wissenschaft verteidigt werden. Wer behauptet, eine Streitfrage sei gelöst, muss das natürlich penibel begründen. Ausführliche wissenschaftliche Diskussionen



[Abb. 8] Etwa 2000 Jahre alt Fußabdrücke in frisch gefallenen feuchten Aschen. Die Menschen flüchteten vor einem großen Ausbruch des Masayavulkans zum nah gelegenen Lago de Managua. Acahualinca bei Managua (Nicaragua).

sind aber in einem Einführungsbuch wie dem vorliegenden nicht angebracht. Hier zunächst einige aktuelle Beispiele für gelöste Streitfragen, von denen einige später ausführlich diskutiert, andere durch Literaturhinweise belegt werden.

- 1) Die Frage nach dem Eruptionszentrum der Bimsmassen vor allem östlich des Laacher Sees ist seit über 30 Jahren gelöst: das heutige Laacher See-Becken ist das *einzigste* Eruptionszentrum. Es ist allein rein physikalisch völlig unmöglich, die riesigen Bimsmassen aus kleinen Schloten zu fördern, wie sie früher für Gebiete außerhalb des Beckens postuliert wurden. Auch die von Obermendig über den Wingertsberg bis zum Fuß des Krufter Ofens durchzufolgende Schichten, die zum Laacher See hin mächtiger und gröber werden, sind eindeutige Beweise. Frühere, nie belegte Auffassungen über mehrere kleine Schlotte außerhalb des Beckens werden allerdings auch heute noch hier und da vertreten (23, 24).
- 2) Die frühere Behauptung, die ausschließliche Verbreitung der Bimsdecken östlich des Laacher See-Beckens – im Westen nur in geringer Mächtigkeit – sei auf geneigte Schlotte zurückzuführen, war physikalisch nie begründet. Es waren die vorherrschenden Westwinde, die die Eruptionswolken nach Osten bzw. Südosten und in größerer Entfernung überwiegend nach Nordosten verfrachtet haben.
- 3) Die früher und von manchen Wissenschaftlern auch heute noch geäußerte Vorstellung, der Trass im Brohltal sei aus Schlammströmen entstanden, war nie begründet. Der Trass stellt Ablagerungen von heißen pyroklastischen Strömen (Glutlawinen) dar, die vorwiegend durch die Seitentäler im Umkreis des Laacher See-Beckens hangabwärts, an manchen Stellen sogar bis in den Rhein, geflossen sind.
- 4) Man glaubte früher, die Verfestigung von lockeren Aschenstromablagerungen (Trass) wie im Neuwieder Becken oder in den älteren Riedener Ablagerungen (Rodderhöfe, Weibern) durch neu gebildete Minerale (Zeolithe) habe noch während der Abkühlung der heißen Ablagerungen stattge-

funden. Diese so genannte *Zeolithisierung* entstand aber ausschließlich bei niedrigen Temperaturen im Grundwasserbereich über einen längeren Zeitraum, also lange nach der Abkühlung.

- 5) Lange Zeit galt die Auffassung, Maare seien durch reine CO₂-Explosionen entstanden. Heute weiß man, dass das Zusammentreffen von aufsteigendem Magma mit Grundwasser entscheidend war. Aktuelle Untersuchungen zeigen allerdings, dass auch CO₂ wahrscheinlich eine nicht unbedeutende Rolle bei der Bildung der Westeifelmaare gespielt hat.
- 6) Bis in die 1990er-Jahre des vorigen Jahrhunderts herrschte – auch in Teilen der Wissenschaft – die Auffassung vor, der Eifelvulkanismus sei gänzlich erloschen, sozusagen mausetot. Das war eine Wunschvorstellung; wissenschaftlich begründet war sie nie.

Gelöste wissenschaftliche Streitfragen werden allerdings immer durch neue Fragestellungen ersetzt. Die Wissenschaft ist wie die sagenhafte Hydra: wenn man ihr einen Kopf abschlägt, wächst gleich der nächste. Beispiele für aktuelle ungelöste wissenschaftliche Probleme in der Eifel:

- Warum steigt Magma gerade in der Eifel an die Erdoberfläche, warum nicht im Harz oder in Oberbayern?
- Aus welchen Erdtiefen steigt das Magma, das flüssige Gestein, in der Eifel auf?
- Gibt es oberflächennahe Magmakammern und – wenn ja – in welcher Tiefe?
- Sind die Maare – wie heute meistens angenommen – ausschließlich durch Wechselwirkung von aufsteigendem Magma mit Grundwasser entstanden oder haben magmatische Gase auch eine wichtige Rolle gespielt?
- Wann genau sind die Eifelvulkane ausgebrochen?
- Können wir mit einem neuen Ausbruch rechnen und, wenn ja, wann, wo und wie?

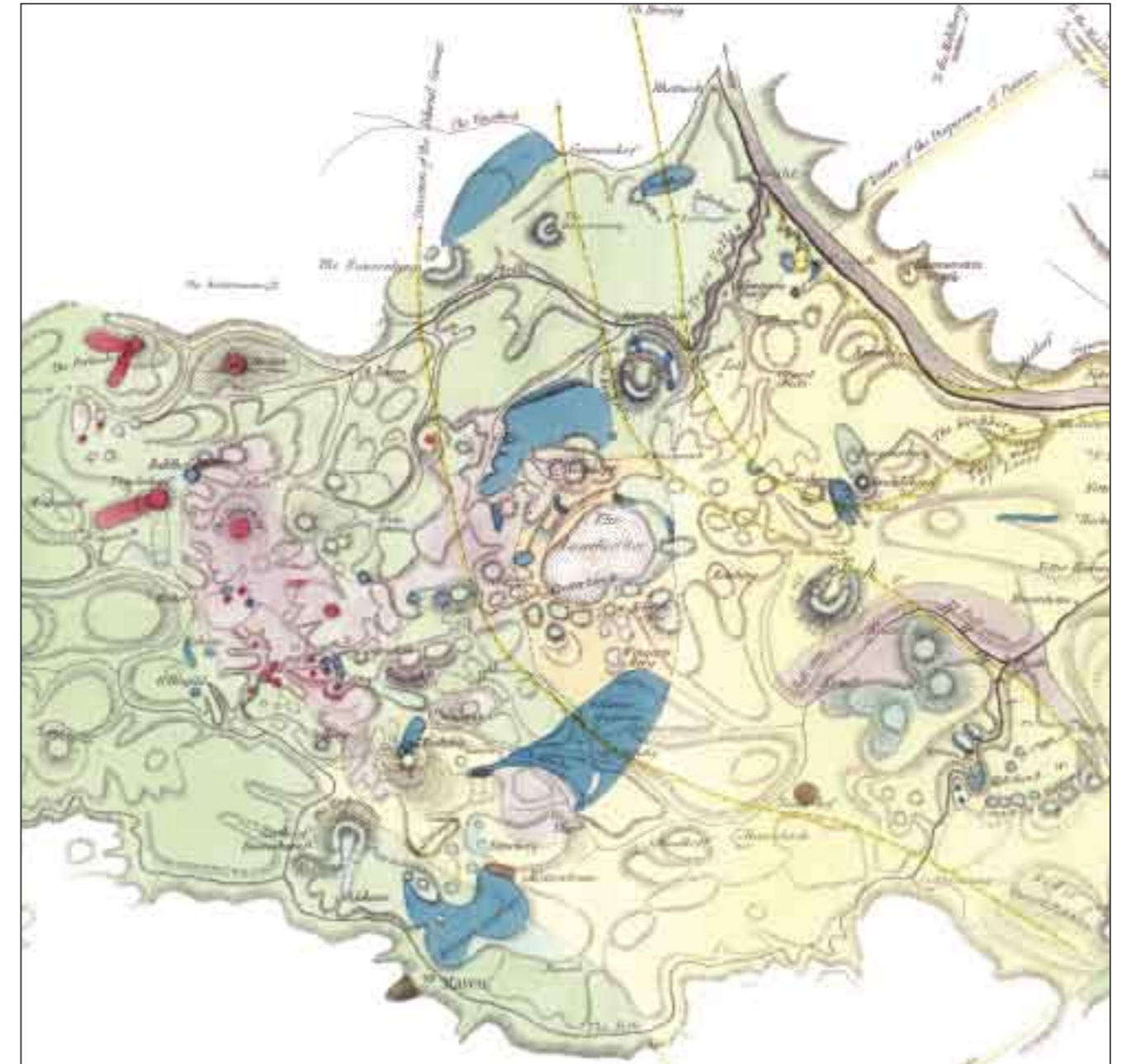
Zunächst ein kurzer Ausflug in die Vulkanologie, also in die Wissenschaft von der Entstehung der Magmen und der Vulkane.

Wo, wie und wann entsteht Magma?

WIR LEBEN NICHT auf einer starren brüchigen Eierschale über einem Magma Meer, das manchmal in Vulkanen angezapft wird. Die Erdkruste, sozusagen der verfestigte Gesteinsschaum auf dem Erdmantel, hat sich während der 4,6 Milliarden Jahre Erdgeschichte dadurch gebildet, dass immer wieder aus der Tiefe Magmen aufstiegen, abkühlten, zu Gebirgen verformt wurden, die durch Ero-

sion zu Sedimenten wurden und so weiter. In der Eifel ist diese – im Vergleich zum schweren Erdmantel spezifisch leichte – Kruste etwa 30 km dick. Nicht nur die Erdkruste, auch der darunter folgende *Erdmantel* besteht im Wesentlichen aus festen Gesteinen, ist also starr, vor allem in den oberen etwa 50–100 km, die mit der Erdkruste gekoppelt sind. Beide zusammen bilden die *Lithosphärenplatten* (Abb. 10). Die sich bewegenden Erdplatten (Plattentektonik) sind also nicht dasselbe wie die

[Abb. 9] Erste geologisch-vulkanologische Karte des Laacher See-Gebietes mit einzelnen Vulkankegeln, basaltischen (blau) und phonolithischen (rot) Lavaströmen, Begrenzung des Bimsfächers der Laacher See Tephra (hellgelb) und Tuffablagerungen (rosa) (19).



Erdkruste, was selbst von Wissenschaftlern aus Nachbardisziplinen immer wieder wechselt wird. Magma entsteht überwiegend im Erdmantel, nur in Ausnahmefällen in der Erdkruste.

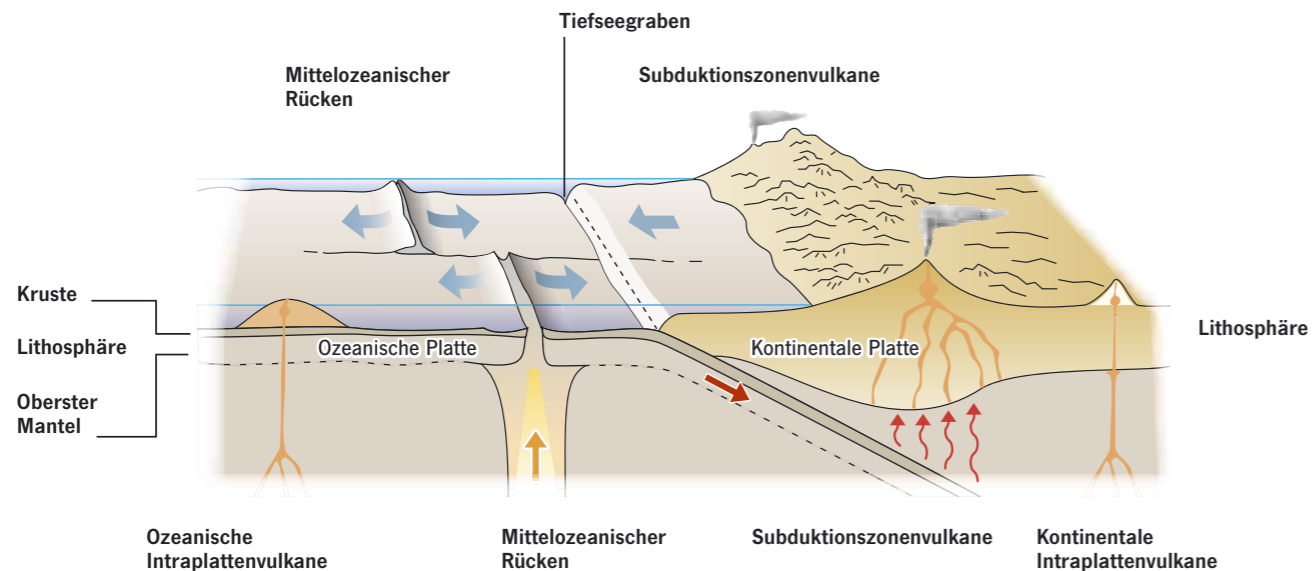
Der Erdmantel besteht aus *Kristallen*, vor allem dem olivfarbenen *Olivin*, der auch in vielen dunklen *Basalten* der Eifel vorkommt, kompakt vor allem in den so genannten *Olivinbomben* oder *Mantelknollen* (vgl. Abschnitt Das Feuerwerk) (Abb. 11). Die Eifel ist berühmt für Bruchstücke dieses grünen Mantelgesteins, den Zeugen aus der Tiefe. Man findet sie nicht nur in den klassischen Ablagerungen der Westeifelmaare, wie denen vom Dreiser Weiher und vom Meerfelder Maar, sondern auch im Laacher See-Gebiet, z. B. bei Rieden, Kempenich und Weinberg bei Kruft. Diese Bruchstücke des Erdmantels enthalten auch etwas Kalzium (Ca-) und Aluminium (Al)-reiche grüne *Klinopyroxene* (Abb. 12), leicht bräunliche *Orthopyroxene* und dunklen *Chromspinell*. Insgesamt gibt es eine große Vielfalt derartiger so genannter *ultramafischer* Gesteinsbrocken, die zeigen, dass der Erdmantel unter der Eifel äußerst komplex aufgebaut ist. Eine Beschreibung und Diskussion der komplizierten mikroskopischen Strukturen und der einzelnen Mineralphasen ist in diesem Buch nicht angebracht. Im Mikroskop erschließt sich aber bei

ganz- oder teilpolarisiertem Licht in den 0,03 mm dicken Gesteinspräparaten dieser Zeugen aus der Tiefe eine faszinierende Farbwelt (Abb. 12–16).

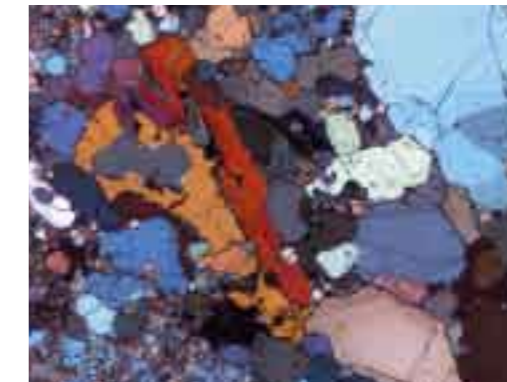
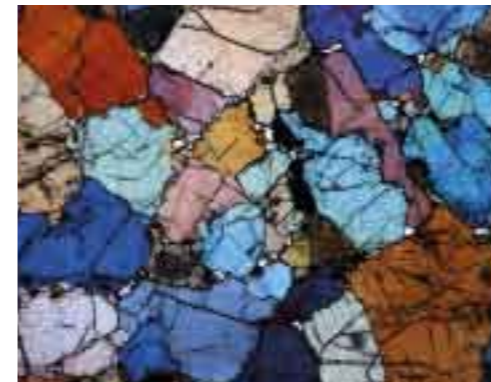
Der unter der Erdkruste folgende, viel dichtere „schwerere“ Erdmantel erstreckt sich bis in Tiefen von etwa 2900 km. Er ist ganz langsam in Bewegung, obwohl er aus Kristallen besteht, er *konvektiert*. An einigen Stellen steigt wärmeres Mantelgestein auf (vielleicht aufgeheizt an der Grenze zum eigentlichen *Erdkern*), während kühlere Partien an anderer Stelle absinken, vor allem rings um den Pazifik, dem so genannten *Feuerring*. Wenn heiße *Mantelströme* bis in Tiefen von etwa 100 km aufgestiegen sind (also in Zonen mit geringem Überlastungsdruck), können einige Minerale anfangen aufzuschmelzen. Das sind aber immer nur wenige Prozent des Mantelgesteins, meist unter 10%. Die entstehende *basaltische Gesteinsschmelze*, das eigentliche *Magma*, ist leichter als das umgebende Gestein und steigt auf wie Öl in Wasser.

Die meisten Magmen entstehen an den Rändern der *Lithosphärenplatten*. Hauptzonen sind die *Mittelozeanischen Rücken*, die auseinander reißen und sich ständig voneinander fort bewegen und durch neu aufgestiegenes Magma immer wieder verheilt werden und die *Subduktions- oder Verschluckungszonen*, die

[Abb. 10] Globales plattentektonisches Schema mit den drei tektonischen Hauptzonen, die auch durch ganz unterschiedliche Mechanismen der Magmenentstehung und Vulkantypen gekennzeichnet sind. Die Eifel ist ein typisches kontinentales Intraplatten Vulkanfeld.



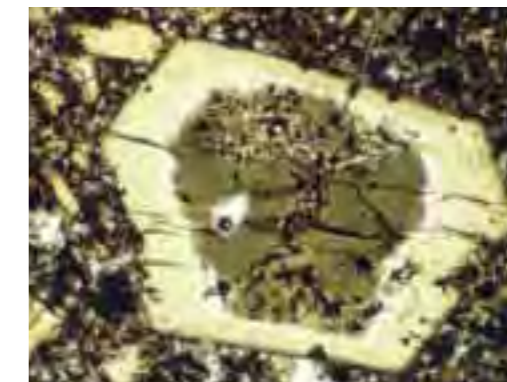
[Abb. 11] Eine kleine *Olivinbombe*, d. h. ein Bruchstück vom Mantelgestein (Peridotit) aus dem Quellgebiet der Magmen, das vom aufsteigenden Magma mitgerissen wurde. Die Ablagerungen des Meerfelder Maars bestehen zu über 90% aus Bruchstücken von devonischen Schiefen und Sandsteinen. Grube Leyendecker, Deudesfeld. WEVF.



[Abb. 12] Mikroskopisches Dünnschliffbild von Klinopyroxenen, der häufigsten mit dem bloßen Auge sichtbaren Mineralphase in den dunklen basaltischen Eifelaven. Die grünen Kerne sind unter hohen Drücken gebildet, vermutlich in einem früheren Stadium des Magmenaufstiegs in über 30 km Tiefe an der Grenze Erdkruste-Erdmantel. Sie wurden später instabil und von einem neuen Magma schub mitgerissen, aus dem die hellen Säume auskristallisierten. Durchmesser des Kristalls etwa 5 mm. WEVF.



[Abb. 15] Mikroskopisches Dünnschliffbild einer aus Pyroxen und Olivin bestehenden Mantelknolle, in die später Magma eingedrungen ist, aus dem sich Glimmer gebildet haben (die im halb polarisierten Licht rot gefärbten Kristalle). Bilddurchmesser 4 mm.



[Abb. 16] Mikroskopisches Dünnschliffbild eines aus Titanit, Apatit, Hauyn und Feldspat bestehenden höher differenzierten Gesteins (Syenit), das sich in einer Magmakammer in der Kruste aus einem phonolithischen Magma bei langsamer Abkühlung gebildet hat. Teilpolarisiertes Licht. Oberwinkeler Maar (WEVF). Bilddurchmesser 4 mm.