# APOKALYPSE im Rheintal

DEITZ CO LTD JAPAN / NAGASAKI PHOTO SERVICE

**Beim Ausbruch des Laacher-See-Vulkans sind mehrfach pyroklastische Ströme entstanden – ähnlich wie hier bei der Eruption des Vulkans Unzen (Japan) im Jahr 1991. Diese Glutlawinen enthalten eine Mischung aus heißen Bimspartikeln, Gesteinsbruchstücken und Asche, die durch vulkanische Gase und eingesaugte Luft in der Schwebe gehalten werden. Sie rasen mit hoher Geschwindigkeit hangabwärts – bevorzugt in Flusstälern – und zerstören alles auf ihrem Weg.**

Vor 12 900 Jahren ereignete sich in der Eifel bei Koblenz eine gewaltige Vulkaneruption. Glutlawinen stauten den Rhein zu einem riesigen See auf, der vermutlich bis nach Mannheim reichte. Als der Damm brach, schoss eine über zehn Meter hohe Flutwelle durch das Rheintal. Ähnliches könnte sich eines Tages wiederholen.

**Der idyllische, wassergefüllte Krater des Laacher-See-Vulkans – hier ein Luftbild (links) – war Schauplatz der gewaltigsten explosiven Eruption in ganz Mittel- und Westeuropa während der letzten 100 000 Jahre. Am Südwestufer liegt das weltberühmte Kloster Maria Laach. Heute schläft der Vulkan lediglich. In Blasen aufsteigendes Kohlendioxid (oben) zeugt von fortdauernder Entgasung in der Tiefe.**

## In Kürze

- **Die Eruption des Laacher-See-Vulkans vor 12 900 Jahren** begrub weite Bereiche Europas unter einer mehrere Zentimeter dicken Ascheschicht.
- **Pyroklastische Ströme aus heißen Gasen** mit darin suspendierten Bimspartikeln und Gesteinsfragmenten stauten den Rhein bei Brohl 27 Meter hoch auf.
- Kurzzeitig entstand so ein riesiger See, der bis Mannheim reichte. Beim Bruch des Damms raste **eine bis zu 15 Meter hohe Flutwelle** rheinabwärts mindestens bis Köln.
- Die Geschichte des Vulkanismus in der Osteifel zeigt ein **periodisches Aktivitätsmuster** mit regelmäßigen Unterbrechungen, das nahelegt, dass der Laacher-See-Vulkan eines Tages wieder ausbrechen könnte.

Von Cornelia Park
und Hans-Ulrich Schmincke

Friedlich ruht der Laacher See in der sanft gewellten Hochfläche der Eifel. 40 Kilometer südlich von Bonn und acht Kilometer westlich des Rheins gelegen, ist er ein idyllischer, wassergefüllter Krater. Von den zwei Millionen Touristen, die jährlich das weltberühmte Kloster Maria Laach an seinem Ufer besuchen, ahnt wohl kaum jemand, dass hier vor 12 900 Jahren – am Ende der Altsteinzeit und kurz nach der letzten großen Vereisung – der gewaltigste Vulkanausbruch in Mittel- und Westeuropa innerhalb der letzten 100 000 Jahre stattfand.

Während der Hauptphase der Eruption, die vermutlich nur drei Tage dauerte, wurden 20 Kubikkilometer an Asche und erbsen- bis nussgroßen »Lapilli« – zu Bims erstarrte Fetzen aufgeschäumten Magmas sowie Schiefer- und Sandsteinfragmente vom alten Untergrund – aus dem Krater geschleudert. Das Auswurfmaterial könnte 200 Milliarden Bierfässer von 100 Liter Fassungsvermögen füllen. Die Landschaft östlich des Kraters, wo die Hauptmasse des Fallouts niederging, veränderte ihr Aussehen radikal. Eine Fläche von 1400 Quadratkilometern, was etwa 200 000 Fußballfeldern entspricht, wurde unter einer viele Meter dicken Bimsschicht begraben. In Kraternähe türmten sich die vulkanischen Auswurfprodukte (Tephra) teils mehr als 50 Meter hoch.

Die senkrecht nach oben steigende Eruptionswolke erreichte mehrfach Höhen von mehr als 20 Kilometern. Ascheregen ging über weiten Bereichen Mittel-, Nord- und Südeuropas nieder. Sogar noch in Südschweden und in Norditalien lässt sich Laacher-See-Asche in Mooren und Seeablagerungen nachweisen.

Ganz abgesehen von der weitflächigen Verwüstung der Landschaft durch Bims- und Aschenfall, ging überraschenderweise auch vom Rhein ein enormes Zerstörungspotenzial aus. Es betraf selbst scheinbar sichere Gebiete weit außerhalb der Hauptfalloutzone, mehrere hundert Kilometer vom Krater entfernt. Voluminöse pyroklastische Ströme (Glutlawinen), die über Seitentäler in den Rhein rasten, stauten den Fluss zu einem riesigen See, der sogar noch weite Regionen südlich des heutigen Mainz bis nach Mannheim überschwemmte. Wenige Wochen später brach der entstandene natürliche Damm. Als Folge davon schoss eine mehr als zehn Meter hohe Flutwelle rheinabwärts und riss alles mit sich.

Damals hielten sich nur sporadisch einzelne Menschengruppen in dem von der Eruption betroffenen Gebiet auf. Sie folgten den wandernden Tierherden und hatten keine festen Behausungen. Offenbar forderte der Ausbruch seinerzeit kein Menschenleben; denn trotz des weitflächigen Bimsabbaus im Umkreis des Laacher Sees wurde nie ein direktes Opfer der Eruption gefunden.

Im heutigen dicht besiedelten und hochindustrialisierten Deutschland wären die Fol-

gen weit dramatischer. Städte wie Andernach und Neuwied würden meterhoch unter Wasser stehen und nur die höchsten Gebäude sowie Kirchtürme noch aus den Fluten ragen. Dächer wären zuvor schon unter der Auflast meterdicker Auswurfmassen oder bei Erdbeben kollabiert. Selbst wenn die Menschen rechtzeitig evakuiert werden könnten, würden Umweltgefahren durch die Überflutung drohen – man denke nur an auslaufendes Heizöl und freigesetzte Industriechemikalien.

Eine Wiederholung der damaligen Ereignisse lässt sich prinzipiell nicht ausschließen. Nach unseren Erkenntnissen ist der Eifelvulkanismus keineswegs erloschen, sondern hat nur eine längere Ruhephase eingelegt, die jederzeit zu Ende gehen kann. Es empfiehlt sich also, die Auswirkungen der Eruption vor 12 900 Jahren gut zu untersuchen – und in Zukunft auf der Hut zu sein.

## Die entscheidende Entdeckung

Schon 1970 hatten wir damit begonnen, den Ablauf der einstigen Laacher-See-Eruption und ihre Auswirkungen auf die Umwelt systematisch zu erforschen. Dabei kam uns zustatten, dass durch den Bimsabbau, der seit Beginn des letzten Jahrhunderts in großem Maßstab betrieben wird, die Ablagerungen der Eruption weitflächig angeschnitten worden waren. In den Abbauwänden können wir lesen wie in einem Buch.

Vor etwa 20 Jahren stießen wir bereits bei unseren Untersuchungen in Rheinnähe auf eine rätselhafte Lage innerhalb der gesamten Tephraabfolge. Sie bestand aus reinem Bims (Bild S. 83). Normalerweise enthalten Falloutschichten auch zahlreiche Gesteinsfragmente, die beim Ausbruch vom Untergrund mitgerissen wurden. Die neu entdeckte Schicht konnte somit nicht direkt durch die Eruption entstanden sein. Bimse sind jedoch so leicht, dass sie auf Wasser schwimmen. Offenbar waren sie, so unsere Vermutung, als Floß auf einem See aufgetrieben und dadurch von den schwereren Gesteinsfragmenten getrennt worden.

In einer späteren Forschungskampagne gingen wir dem Zufallsfund genauer nach. Dabei entdeckten wir die ungewöhnliche Lage an vielen Stellen im tieferen Neuwieder Becken nördlich von Koblenz – sogar bis zu 25 Meter über dem Rhein. Auch ein gigantisches Hochwasser hätte sie nicht dorthin verfrachten können. Die Höhenlage und die weite Verbreitung der Bimsfloßschicht ließen nur einen Schluss zu: Der Rhein musste zu einem riesigen See aufgestaut worden sein, an dessen Oberfläche die Bimspartikel schwammen.

Die markante Schicht überdeckt Falloutablagerungen der Haupteruptionsphase und wird ihrerseits von den Auswurfprodukten der finalen Eruptionsintervalle überlagert. Demnach musste der See noch während des Ausbruchs entstanden, aber auch wieder verschwunden sein. Zunächst blieb rätselhaft, was die Ursache dieser gigantischen Aufstauung war. Ein unmittelbarer kausaler Zusammenhang mit der Eruption stand jedoch außer Frage. Wie könnte der Ausbruch den Rhein direkt beeinflusst haben?

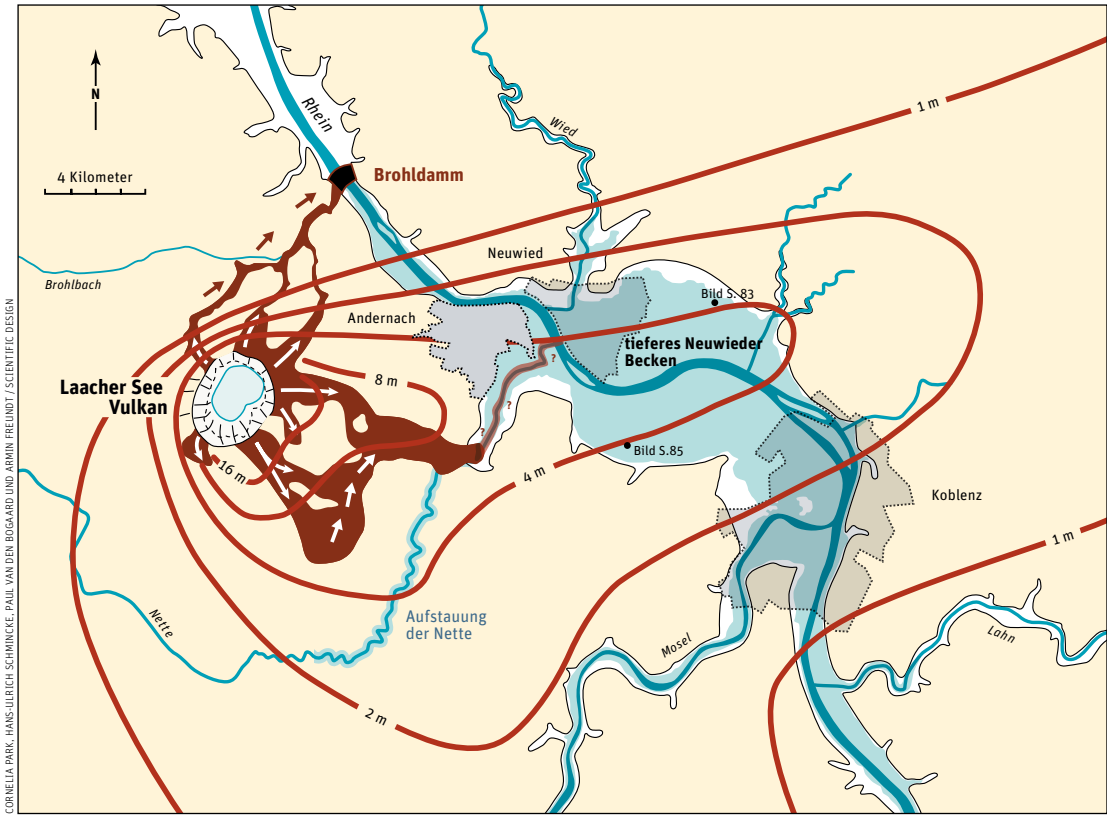
## Eruptionssäule bis in die Stratosphäre

Hochexplosive Ausbrüche wie die des Laacher See-Vulkans nennt man plinianisch – nach der verheerenden Eruption des Vesuv im Jahr 79 n. Chr., die Plinius der Jüngere beschrieben hat. Weitere berühmte Beispiele sind die Ausbrüche von Thera (Santorin), Tambora, Krakatau, Mount St. Helens und Pinatubo.

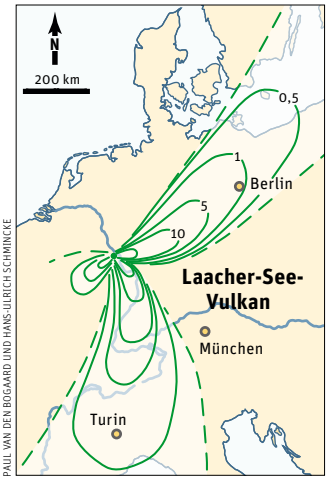
Bei einer plinianischen Eruption kann das Auswurfmaterial auf zwei Arten vom Krater wegtransportiert und abgelagert werden. Meist steigt die Hauptmasse des Gemisches aus Bimslapilli, Gesteinsfragmenten, heißen Gasen und eingesaugter Luft in einer senkrechten Säule auf und gelangt bis in die Stratosphäre, die in Mitteleuropa in zwölf Kilometer Höhe beginnt. Von den dort herrschenden Winden wird das Material verdriftet und regnet, sobald der Auftrieb nachlässt, sortiert nach Teilchengröße und -gewicht ab. Wenn das Partikelgemisch aber zu schwer ist oder zu viel auf einmal austritt, kann die Eruptionssäule nicht konvektiv aufsteigen, sondern fließt als Bodenwolke aus Gas und darin suspendierten Teilchen der Hangneigung folgend vom Schlot weg. Solche pyroklastischen Ströme rasen daher bevorzugt durch die angrenzenden Täler.

HANS-ULRICH SCHMINCKE

**Das Brohltal, ein Seitental des Rheins, wurde während der Laacher-See-Eruption bis zu 60 Meter hoch von pyroklastischen Strömen aufgefüllt. Reste der dabei abgelagerten Ignimbritschicht liegen hier frei. Am Talausgang entstand eine 27 Meter hohe Barriere, die den Rhein flussaufwärts zu einem See aufstaute.**




CORNELIA PARK, HANS-ULRICH SCHMINCKE, PAUL VAN DEN BOGAARD UND ARMIN FREUNDT / SCIENTIFIC DESIGN




PAUL VAN DEN BOGAARD UND HANS-ULRICH SCHMINCKE

**Asche der Lacher-See-Eruption gelangte bis nach Südschweden und Norditalien (kleine Karte). Die grünen Linien zeigen die Dicke der Ablagerungen in Zentimetern. Bedingt durch Westwinde in der Stratosphäre, ging die Hauptmasse des Fallouts im Bereich des Neuwieder Beckens nieder (große Karte). Pyroklastische Ströme (dunkelrot) erreichten vermutlich an zwei Stellen den Rhein. Am Ausgang des engen Brohltals schufen sie einen etwa 30 Meter hohen Damm, der den Fluss vollständig blockierte und aufstaute. Der Stausee hatte im Bereich des Kartenausschnitts eine Fläche von etwa 120 Quadratkilometern und eine maximale Tiefe von rund 25 Metern. Andernach, Neuwied und Koblenz wären damals weit gehend im Wasser versunken.**

Während der Laacher-See-Eruption wechselten konvektive Eruptionssäulen und Bodenwolken mehrfach miteinander ab. Anhand der Ablagerungen lässt sich der Ausbruch in vier große Phasen unterteilen. Die erste hinterließ als mächtige Falloutschicht die Lower Laacher-See-Tephra (LLST). Die Phase 2 war ein Zwischenstadium, in dem ein auffälliges Bündel von feinkörnigen Tufflagen entstand, das den unteren Abschnitt der Middle Laacher-See-Tephra (MLST) darstellt. Diese Schicht (MLST-A) bildet eine markante Grenze zwischen den Falloutlagen der LLST darunter und denen der MLST-B/C darüber.

Während der Phase 2 produzierten gewaltige Aschefontänen voluminöse pyroklastische Ströme. Von allen Eruptionsereignissen haben sie die Landschaft am stärksten verändert, da sie dort, wo sie entlangrasten, innerhalb kürzester Zeit mächtige Ablagerungen hinterließen. Das Brohltal, ein kleines Nebental des Rheins nordöstlich des Kraters, wurde innerhalb weniger Stunden bis zu 60 Meter hoch verschüttet.

In der folgenden Phase 3 erreichte die Eruption ihren Höhepunkt. Dabei trat die Hauptmasse des Laacher-See-Magmas aus (MLST-B/C). Die Eruptionssäulen ereichten die größten Höhen, vermutlich mehr als 30 Kilometer. Die resultierenden Falloutablagerungen sind dicker und die Bimspartikel deutlich größer als bei Phase 1.

Das relativ gasarme Restmagma, das nach Ende dieser Eruption im unteren Abschnitt der Magmakammer zurückblieb, konnte nicht mehr durch »normales« Aufschäumen ausgeworfen werden, weil der Kristallbrei zu schwer und zu zähflüssig war. Deshalb legte der Vulkan eine längere Pause ein. Wir vermuten, dass erst Grundwasserzutritt in die teilweise entleerte und kollabierte Magmakammer zum Wiederaufleben der Eruptionstätigkeit führte. In besonders heftigen Explosionen wurden nun schwere Partikel in hochenergetischen Druckwellen ausgeworfen, so genannten Blasts. Insgesamt war der Eruptionsablauf dieser vierten Hauptphase, in der die Schicht der Upper Laacher-See-Tephra (ULST) entstand, sehr kompliziert, was sich in äußerst variablen Ablagerungen widerspiegelt.

Der Laacher-See-Ausbruch ereignete sich im späten Frühjahr, als die Laubbäume vollständig ausgetrieben hatten. Die Bimsablagerungen begruben blühende Maiglöckchen, deren Reste unter ihnen erhalten sind.

Zu Beginn unserer Untersuchungen vermuteten wir, dass die gesamte Eruption nur wenige Tage dauerte – analog zu anderen plinianischen Ausbrüchen, deren Ablauf bekannt ist: Beim Vesuv war die Eruption nach zwei (24.–25. August 79 n. Chr.) und beim Pinatubo nach drei Tagen (15.–17. Juni 1991) vorüber. Inzwischen liegen uns überzeugende Indizien dafür vor, dass Phase 1, 2 und 3 tatsächlich insgesamt nur wenige Tage dauerten. Das ist umso erstaunlicher, als während des größten Teils dieser Zeitspanne Ruhepausen herrschten – insbesondere vor und während Phase 2, als die Instabilität der Eruptionssäule zu längeren Unterbrechungen führte. Folglich

entstanden die mächtigen Falloutablagerungen von Phase 1 und 3 sehr wahrscheinlich jeweils in nur wenigen Stunden. Die sehr heterogene, von vielen Pausen unterbrochene Schlussphase (Phase 4) dauerte dagegen sehr viel länger: Sie erstreckte sich möglicherweise bis in das Folgejahr, mindestens jedoch über mehrere Monate.

## Kampf des Rheins mit den Tephramassen

Das romantische Engtal des Rheins öffnet sich bei Koblenz in das Neuwieder Becken, ein tektonisches Einbruchsbecken im Rheinischen Schiefergebirge. Bei Andernach verlässt es der Rhein wieder. Hier ist er nur knapp zehn, bei Koblenz etwa 23 Kilometer vom westlich gelegenen Laacher-See-Vulkan entfernt.

Ein Fluss verlagert mit der Zeit immer wieder sein Bett. Eine Grundvoraussetzung für unsere detaillierten Untersuchungen war es, den Verlauf der Flussrinnen und deren Eintiefung in die Aue zur Zeit der Laacher-See-Eruption zu rekonstruieren. Nur so konnten wir zuverlässige Aussagen darüber machen, wo Fallouttephra während eines bestimmten Eruptionsintervalls noch auf trockenen Boden oder schon ins Wasser gefallen war.

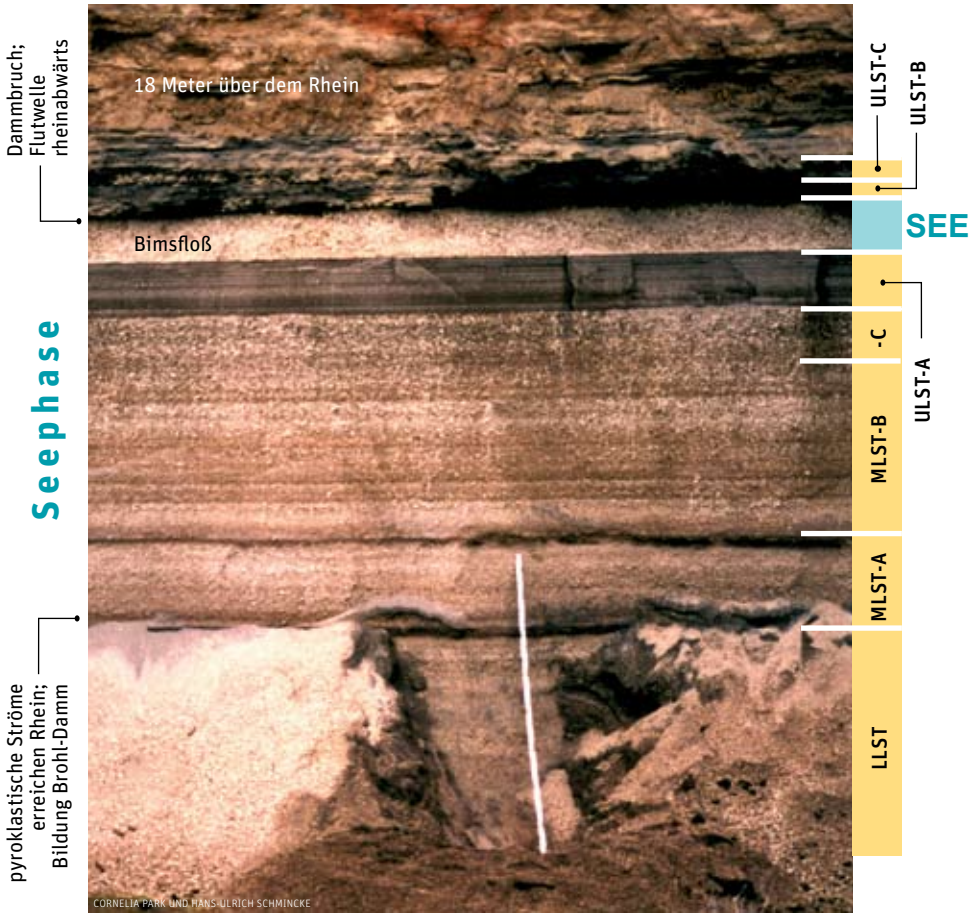
Beiderseits des Hauptbetts, dessen Position sich nicht mehr genau rekonstruieren lässt, verlief ein mäandrierender Altarm. Dort fanden wir die meisten Indizien für eine Aufstauung des Rheins. Der südliche Altarm war wahrscheinlich noch ganzjährig von etwas Wasser durchflossen, der nördliche lag dagegen trocken. Das ist wichtig zu wissen; denn während der Laacher-See-Eruption wurde die vorher trockene Flussaue samt den anschließenden Hangbereichen bis zu einer Höhe von 25 Metern überflutet.

Mehrere Faktoren machten das Neuwieder Becken zum neuralgischen Bereich. So verlief damals wie heute die Windrichtung in der Stratosphäre von Westsüdwest nach Nordnordost. Da die Eruptionssäule während der beiden plinianischen Hauptphasen mehrfach bis in die Stratosphäre aufstieg, wurde das vulkanische Material genau über das östlich gelegene Neuwieder Becken getrieben.

In nur wenigen Stunden fiel so über eine Flusslänge von mehr als 25 Kilometern hinweg Tephra ein bis sechs Meter hoch auf die Rheinaue. Zum Vergleich: Der Fluss ist heute in der Strommitte im Schnitt rund drei Meter tief. Weil der Rhein im Senkungsbereich des Neuwieder Beckens per se ein geringeres Gefälle hatte und sich in mehrere Rinnen aufteilte, während der weitflächige Auenbereich zugleich eine Überflutung begünstigte, reagierte er hier schneller und empfindlicher auf den Partikelregen als im Engtal flussauf- oder -abwärts.

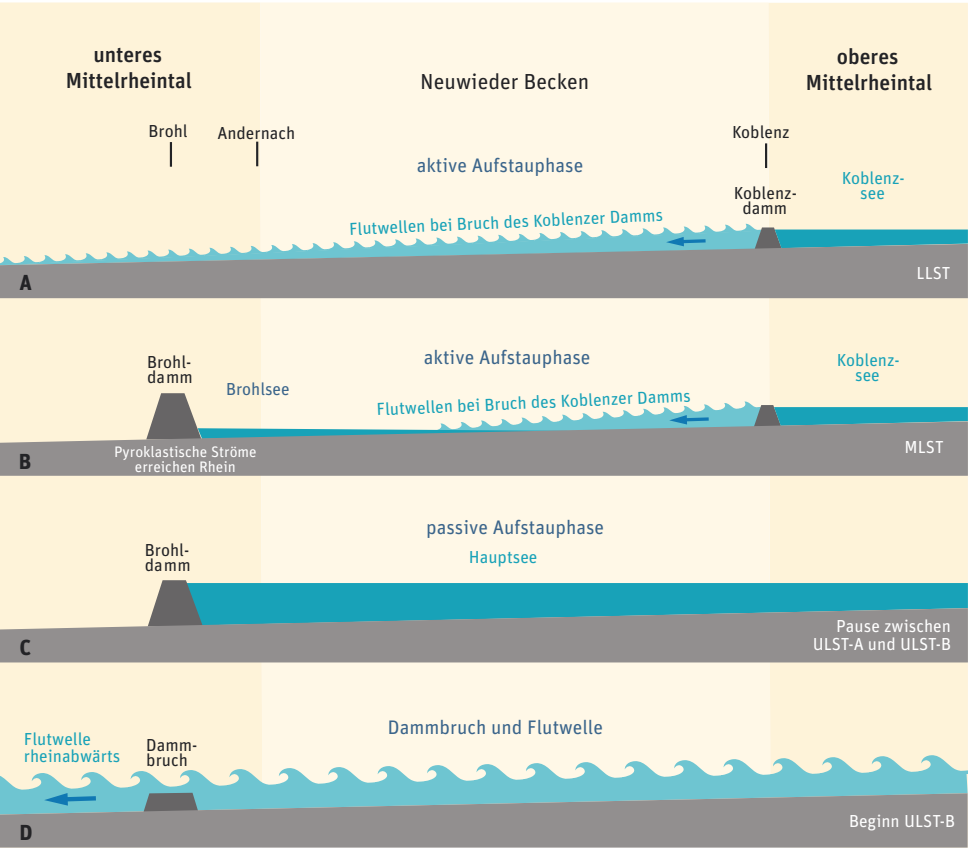
Viel Fallout landete auch in der Mosel. Da sie bei Koblenz am Eingang zum Neuwieder Becken in den Rhein mündet, schwemmte sie dort zusätzlich beträchtliche Bimsmengen an. Auch der Rhein selbst transportierte von stromaufwärts gelegenen Abschnitten weiteren Ballast in Richtung Neuwieder Becken. So erwies sich der scheinbare Vorteil, dass die meisten Bimse schwimmfähig waren, als entscheidender Nachteil, denn dadurch konnten große Tephramassen leicht verlagert und zu einem Damm angehäuft werden. Schon der Partikelregen hatte also eine extreme Überfrachtung des Rheins zur Folge und reichte aus, ihn während der Eruption im Bereich von Koblenz mehrmals temporär aufzustauen.

Die voluminösen pyroklastischen Ströme, die über das Brohltal sechs Kilometer stromabwärts des Neuwieder Beckens den Rhein erreichten, besiegelten während der zweiten Eruptionsphase schließlich das Schicksal des Flusses. Jeder einzelne konnte innerhalb von Sekunden mehrere Meter hohe Ablagerungen hinterlassen. Dadurch wurde das Rheintal an dieser Stelle offenbar komplett abgeriegelt. Tatsächlich bedurfte es eines 27 Meter hohen, sehr breiten und stabilen Walls, damit sich im




**Ein reines Bimsfloß, das ursprünglich auf der Oberfläche des aufgestauten Sees trieb, ist rund 18 Meter über dem damaligen Rheinspiegel auf primären Falloutablagerungen der Laacher-See-Eruption gestrandet, die aus einer Mischung aus Bims und Gesteinsbruchstücken bestehen. Der See muss während der Pause zwischen zwei späten Eruptionsintervallen – ULST-A und ULST-B genannt – bis zu dieser Stelle angestiegen sein und sich auch wieder entleert haben, da der Fallout beider Eruptionsphasen auf trockenen Boden fiel. Die Farbe der Bimse wird nach oben hin immer dunkler. Auch in dieser Hinsicht passt das helle Floß nicht in die primäre Abfolge.**

## Die Entwicklung des Stausees im Rheintal




**Die Aufstauung des Rheins vollzog sich in mehreren Etappen:**

**A.** Der Rhein war durch die auf ihn niederprasselnden Tephramassen sehr schnell überfrachtet. Schon während der frühen Ausbruchsphase (LLST) staute er sich mehrfach bei Koblenz. Dammbrüche verursachten massive Flutwellen im Neuwieder Becken.

**B.** Während der zweiten Ausbruchsphase (MLST-A) erreichten pyroklastische Ströme den Rhein bei Brohl und schufen dort einen riesigen, über längere Zeit stabilen Damm. Mit jeder Flutwelle infolge von Dammbrüchen bei Koblenz wuchs der Brohlsee.

**C.** Als zu Beginn der vierten Ausbruchsphase (ab Ende ULST-A) eine zusammenhängende Wasserfläche von Brohl bis nach Koblenz reichte, war das Neuwieder Becken komplett überflutet: Das passive Seestadium trat ein. Der Wasserspiegel stieg nun immer weiter an, und der Rückstau dehnte sich rheinaufwärts möglicherweise bis in den Oberrheingraben hinein aus.

**D.** Noch vor dem Ende der vierten Ausbruchsphase (Beginn von ULST-B) brach – vielleicht infolge starker Erdbeben – der Brohldamm, was eine verheerende Flutwelle rheinabwärts auslöste.

Bereich des Neuwieder Beckens ein tiefer, weitflächiger See aufstauen konnte, der Wochen bis Monate bestand.

Während der Laacher-See-Eruption müssen sich im tieferen Neuwieder Becken dramatische Szenen abgespielt haben. Der Rhein lieferte sich einen erbitterten Kampf mit den Tephramassen. In den Altarmen fanden wir Sedimente, die sich bei sehr hohen Fließgeschwindigkeiten von ein bis zwei Meter pro Sekunde gebildet haben müssen. Sie bestehen ausschließlich aus Laacher-See-Tephra und wurden zweifelsfrei noch während der Laacher-See-Eruption dort deponiert; denn sie sind – genau wie die Bimsflöße – von primären Ablagerungen der vierten Eruptionsphase überdeckt. Mit mehreren Metern Mächtigkeit überziehen sie selbst Altarm- und Auenbereiche, die schon längere Zeit vor der Eruption trockengefallen und bewachsen waren. Das beweisen an den Bimswänden angeschnittene Hohlformen oder Abdrücke von Bäumen und Sträuchern (Bild rechts). Die Höhenlagen, in denen wir noch solche Hochgeschwindigkeitsablagerungen fanden, weisen auf gigantische Wasservolumina hin.

Enorme Tephramassen wurden bei den Überflutungen mehrfach vollständig aus den Altarmen ausgeräumt und sogar noch von deren Uferbereichen weggerissen. Komplette primäre Falloutpakete von mehreren Kubikmetern Größe brachen durch Unterspülung ab und schwammen als Flöße mit der Flut stromabwärts. An anderen Stellen wurden sie angetrieben und zum Teil kopfüber übereinander gestapelt. Das bedeutet, dass die Tephraablagerungen zum Zeitpunkt ihrer Mobilisierung noch trocken waren. Denn nur so konnten die lediglich im trockenen Zustand schwimmfähigen Bimse das Gewicht der Gesteinsbruchstücke kompensieren. Demnach fiel zwischen den Überflutungsphasen mit hohen Strömungsgeschwindigkeiten immer wieder Tephra auf trockenen Grund – selbst tief in den Altarmen, die zuvor bereits meterhoch unter Wasser gestanden hatten.

Die hohen Fließgeschwindigkeiten, die großen Wasservolumina und die mehrfache Ausräumung riesiger Tephramassen aus den Altarmen noch vor Entstehung des Hauptsees zeigen, dass wir es hier nicht mit einer einfachen Hochwassersituation zu tun haben. Der schon durch den Fallout komplett überfrachtete Rhein hätte niemals eine solch hohe Transportkraft und Fließgeschwindigkeit entwickeln können. Unter normalen Abflussbedingungen

befördert er heute lediglich Komponenten in Sandkorngröße und kleiner. Nur bei den wenigen Hochwasserereignissen im Jahr kann er auch größere Steinchen verfrachten. Aber während der Laacher-See-Eruption wurde ja nicht mehr Wasser aus dem Oberlauf angeliefert. Außerdem fällt auf, dass die Überflutungsphasen im nördlichen und im südlichen Altarm sowie in deren Nebenarmen zeitgleich stattfanden. Sie betrafen all diese Rinnen auf ihrer kompletten Länge in vergleichbarer Weise.

Insgesamt lassen diese Indizien nur einen Schluss zu: Riesige Wassermengen waren mehrfach an kurzlebigen, instabilen Dämmen aus losem Falloutmaterial irgendwo im Bereich von Koblenz aufgestaut und rauschten nach dem Dammbruch mit hoher Geschwindigkeit durch das Neuwieder Becken flussabwärts. Beim gegenwärtigen Stand unserer Forschungen können wir mit Sicherheit fünf, möglicherweise sogar sechs große Überflutungsphasen rekonstruieren.

## Bildung eines riesigen natürlichen Stausees

Der eigentliche See begann sich am stabilen Hauptdamm im Bereich der Brohltalmündung aufzustauen. Es gab also zeitgleich an zwei verschiedenen Stellen Blockaden, wobei diejenigen bei Koblenz instabil waren und mehrfach brachen. Jeder Bruch führte zu Flutwellen im Neuwieder Becken und einer sprunghaften Vergrößerung des bei Brohl aufgestauten Sees.

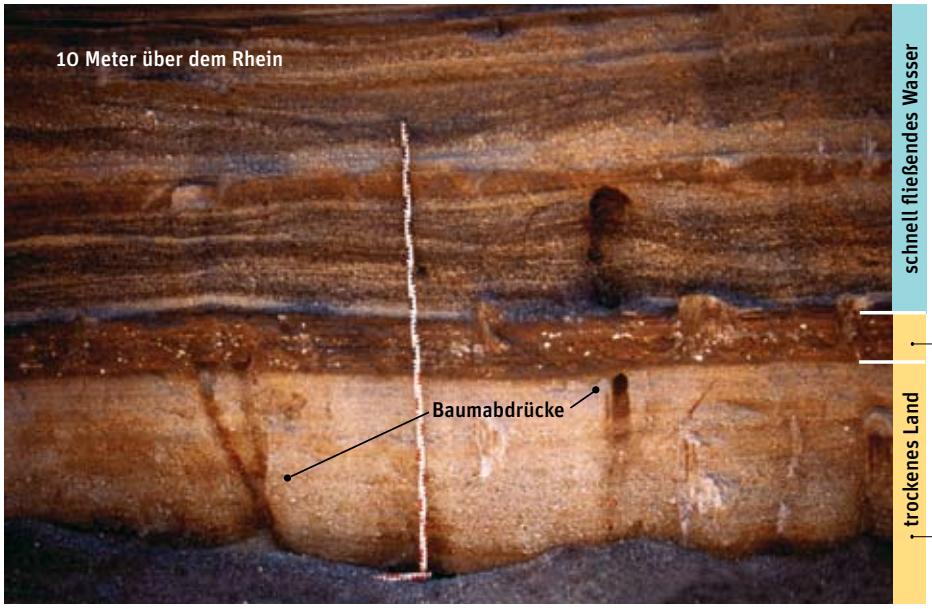
Bei der Auswertung unserer hoch aufgelösten Korrelationen zeigte sich, dass sich die Dynamik des Tephrafalls in den Rhein – und damit der Eruptionsverlauf – unmittelbar in den Überflutungen widerspiegelt. Anscheinend hielt sich die Aufdämmung bei Koblenz nur so lange, wie neues Material angeliefert wurde, also während des aktiven Fallouts. Folglich kam es in der Pause nach dem Ende eines großen Tephraregens fast stets zum Bruch der Koblenzer Dämme.

Durch die Verzahnung der Ausbruchsphasen mit den Überflutungsereignissen im Neuwieder Becken konnten wir die Dauer einiger Eruptionsintervalle und Pausen über Berechnungen des Wasservolumens ziemlich genau bestimmen. So kamen wir auf die erstaunlich kurzen Zeiträume von wenigen Stunden. Dies ist ein sehr seltener Glücksfall. Normalerweise lässt sich bei prähistorischen Ausbrüchen die Dauer einzelner Eruptionsereignisse nur sehr schwer abschätzen.

Der Kampf des Rheins mit den Tephramassen im Neuwieder Becken endete erst, als der bei Brohl aufgestaute See so weit angewachsen war, dass eine zusammenhängende Wasserfläche bis Koblenz reichte. Danach stieg der Wasserspiegel stetig an, während der See immer größer wurde und der Rückstau immer weiter stromaufwärts reichte. Das konnten wir anhand der Ablagerungen des Eruptionsintervalls ULST-A dokumentieren, die zu Beginn der vierten und letzten Ausbruchsphase deponiert wurden. Demnach übertraf der Anstieg des Wasserspiegels zunächst die Sedimentationsrate von ULST-A, blieb mit der Zeit aber dahinter zurück. Das ist plausibel; denn wegen der wachsenden Seeoberfläche erforderte es immer mehr Wasser, den Wasserspiegel um den gleichen Betrag anzuheben. Die 1,66 Kubikkilometer für die letzten zehn Meter Wassersäule sammelten sich während der Eruptionspause zwischen ULST-A und ULST-B an, was ausgehend von der heutigen mittleren Wasserführung des Rheins wohl neun bis zehn Tage in Anspruch genommen hat.

Wir fanden noch auf 83 Meter Meereshöhe ein dünnes Bimsfloß. Die sehr feinkörnigen ULST-A-Ablagerungen darunter sind nicht durch Wellenbewegung gestört. Demnach befand sich diese Stelle ein gutes Stück vom Seeufer entfernt in einer Wassertiefe, bis zu der die Wellen nicht vordrangen. Der maximale Seespiegel erreichte vermutlich 85 Meter Meereshöhe, das heißt 27 Meter über dem damaligen Rheinbett.

Rein rechnerisch müsste sich der Rückstau bis 140 Kilometer stromaufwärts vom Damm erstreckt haben, also bis zum heutigen Mannheim im nördlichen Oberrheingraben. Dort könnte ein See ähnlicher Ausdehnung wie im Neuwieder Becken entstanden sein, wenngleich er wohl wesentlich flacher und von vielen Inseln und Halbinseln zergliedert war. Das bleibt freilich reine Spekulation, da wir die




CORNELIA PARK

**Baumabdrücke in den Ablagerungen der frühen Ausbruchsphase (LLST) beweisen, dass hier vor der Laacher-See-Eruption trockenes Land war. Auch der gesamte Fallout der zweiten (MLST-A) und dritten Eruptionsphase (MLST-B/C) fiel noch ins Trockene. Monströse Flutwellen, die durch den Bruch eines Damms bei Koblenz entstanden, räumten danach die MLST-B/C-Schicht komplett ab und ließen Gesteinsbruchstücke (grau) sowie bereits wassergesättigte und daher nicht mehr schwimmfähige Bimse (weiß) zurück. Die Sedimentstrukturen deuten auf sehr hohe Fließgeschwindigkeiten von ein bis zwei Meter pro Sekunde. Die Flutwellen reichten an dieser Stelle mindestens zehn Meter über den Rhein.**

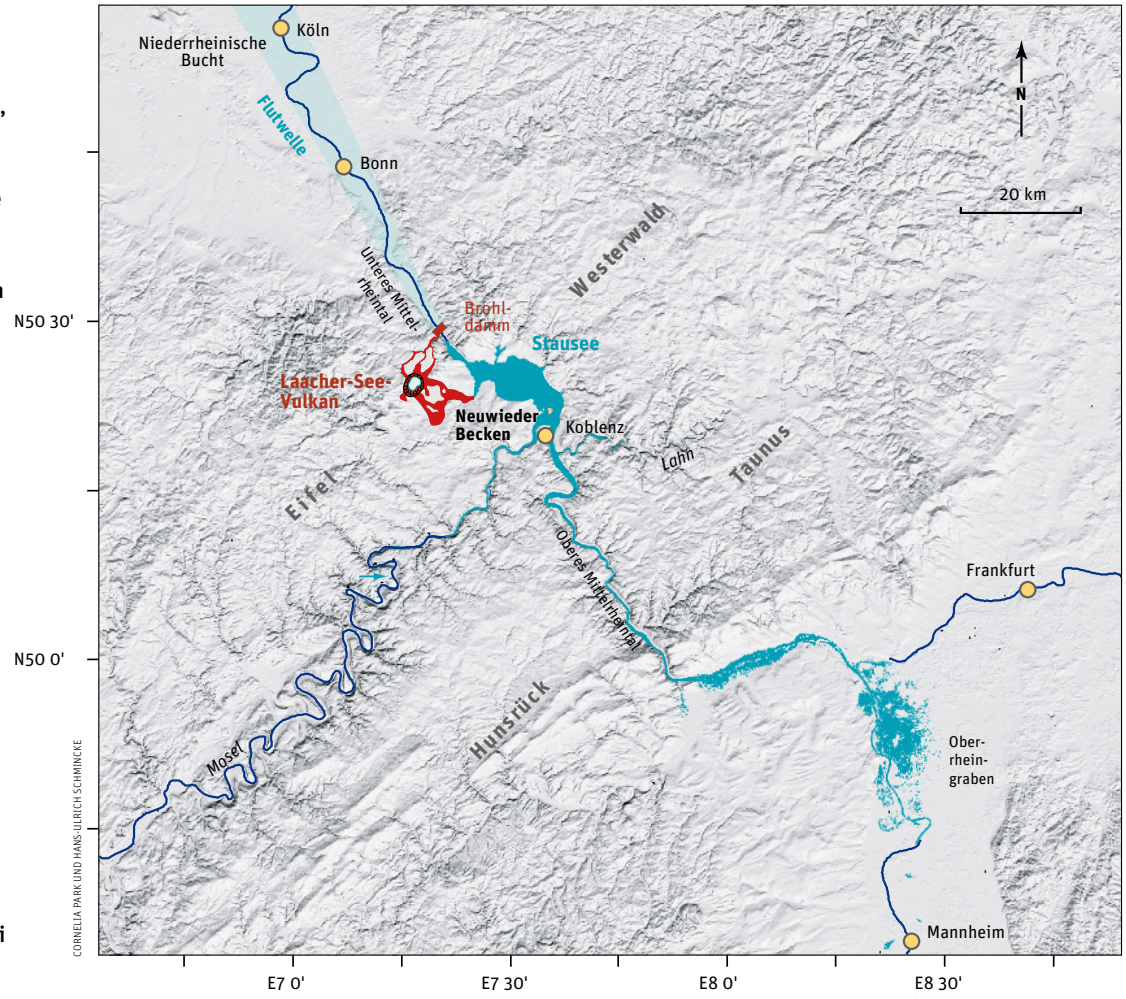
Verhältnisse im Oberrheingraben bisher noch nicht näher überprüfen konnten. Der Rückstau reichte sicherlich auch weit in die Nebenflüsse hinein – bei der Mosel eventuell sogar mehr als 60 Kilometer stromaufwärts. Der See umfasste insgesamt 2,55 Kubikkilometer und sollte sich, wieder die heutige Wasserführung des Rheins vorausgesetzt, innerhalb von gut zwei Wochen gebildet haben.

## Dammbruch und verheerende Flutwelle rheinabwärts

Schließlich brach auch der Hauptdamm an der Mündung des Brohlbachs. Das muss gegen Ende der Pause zwischen den Eruptionsintervallen ULST-A und -B geschehen sein; denn im höheren Abschnitt des Sees ist die Bimsfloßschicht, die auf der Wasseroberfläche trieb, unmittelbar auf primären Ablagerungen des Eruptionsintervalls ULST-A gestrandet. Möglicherweise haben die heftigen Explosionen während der Eröffnungsphase von ULST-B starke Erdbeben ausgelöst, die den Kollaps des oberen Dammabschnitts bewirkten.

Bei der Klärung der Frage, wie schnell der See nach dem Dammbruch auslief, hilft der Umstand, dass ULST-B aus einer alternierenden Abfolge von feinkörnigen und gröberen Aschenlagen besteht. Deren Anzahl nimmt systematisch mit der Höhe ab, in der man sie heute findet. Im obersten Bereich des ehemaligen Sees bis etwa 15 Meter unterhalb seines Spiegels ist die komplette ULST-B-Abfolge auf die gestrandeten Bimsflöße gefallen. Von da ab fehlen jedoch, je tiefer die Schicht sich befindet, immer mehr der unteren Lagen. Diese müssen demnach in einen noch verbliebenen Wasserkörper gefallen sein. Das aber heißt, dass sich der Seespiegel beim Dammbruch zunächst schlagartig um etwa 15 Meter erniedrigt hat. Fast denselben Wert liefert auch die Modellierung des Wasservolumens, das nötig war, um die rekonstruierten Überschwemmungen im Bereich der Ahrmündung sechs Kilometer stromabwärts des Brohldamms hervorzurufen.

Man kann sich vorstellen, welch gewaltige Flutwelle nach dem Dammbruch mit hoher Geschwindigkeit rheinabwärts raste. Leider finden sich im zentralen Talbereich heute keine Spuren mehr davon. Sedimente dort hat der Rhein später wieder komplett abgetragen und umgelagert. Allerdings existieren noch Ablagerungen vom Rand der Flutwelle in den




**Diese großräumige Karte illustriert das mögliche Ausmaß des Rhein-Rückstaus. Er müsste sich, wenn man eine Wasserspiegelhöhe von 85 Metern über dem Meer und die heutige Topografie zu Grunde legt, rund 140 Kilometer stromaufwärts bis in den nördlichen Oberrheingraben erstreckt haben. Dort bildete sich demnach ein zweiter See von ähnlicher Ausdehnung wie der im Neuwieder Becken, der allerdings wesentlich flacher und von vielen Inseln zergliedert war. Handfeste Belege für seine Existenz fehlen bis jetzt aber noch. Der Rückstau betraf auch die Nebenflüsse und reichte etwa bei der Mosel vermutlich 60 Kilometer weit stromaufwärts (Pfeil). Alles in allem bedeckte der durch die Laacher-See-Eruption aufgestaute See eine Fläche von 300 Quadratkilometern und beinhaltete 2,5 Kubikkilometer Wasser. Wie Ablagerungen beweisen, erstreckte sich die Flutwelle nach dem Bruch des Dammes bei Brohl mindestens bis Köln.**

Altarmrinnen auf der höher gelegenen ehemaligen Flussaue. Am differenziertesten und aussagekräftigsten sind sie sechs Kilometer flussabwärts des Damms, einem »Goldene Meile« genannten Flussabschnitt südlich der Ahrmündung. Dort liegen rein aus Laacher-See-Tephra bestehende fluviatile Sedimente, die sehr schnell fließendes Wasser anzeigen, auf ehemals trockenem Terrain.

Die Flutwelle war im Bereich der Goldenen Meile etwa zehn bis zwölf Meter hoch. Zwar erreichte ein außergewöhnliches Hochwasser dort 1926 ebenfalls die Elf-Meter-Marke. Vor dem Dammbruch war der Rheinkanal flussabwärts von der Barriere jedoch praktisch komplett leer, so dass plötzlich eine zwölf Meter hohe Wasserwand flussabwärts raste. Da das Rheintal unmittelbar hinter dem Damm deutlich enger ist, dürfte diese Wand dort noch wesentlich höher gewesen sein.

Bis 52 Kilometer stromabwärts des Damms, südlich von Köln, konnten wir Spuren der Flutwelle nachweisen. Ihre Auswirkungen reichten sicher noch weiter – vermutlich bis nach Holland. Doch entsprechende Sedimente lassen sich hier nur noch äußerst schwer finden, weil das Gefälle des Rheins sehr gering ist, so dass er ältere Ablagerungen in viel höherem Maße erodiert hat als weiter flussaufwärts.

Nördlich von Bonn erfasste die Flutwelle unseren Untersuchungen zufolge einen fünf Kilometer breiten Streifen, wobei sich die Überschwemmung jedoch auf tiefer gelegene Auenbereiche und Rinnen beschränkte. Würde Ähnliches heute passieren, wären die Auswirkungen auf die ufernahen Gebiete verheerend.

Der nach dem Hauptdammbruch verbliebene Restsee war stellenweise noch 14 Meter tief. Er wurde wesentlich langsamer abgelassen als der obere Teil – vermutlich indem abströmendes Wasser den Restdamm und die Dammbruchmassen schrittweise erodierte. Dafür spricht die systematische Abnahme der ULST-B-Lagen in diesem unteren Seebereich.

## Ist der Eifelvulkanismus erloschen?

Die für die heutigen Bewohner des Rheinlands interessante Frage lautet natürlich, wie wahrscheinlich es ist, dass sich das Geschehen von vor 12 900 Jahren wiederholt. Die rund 340 Vulkane der Eifel verteilen sich auf zwei Vulkanfelder und sind mit Abstand die jüngsten in ganz Deutschland. Die anderen deutschen Vulkangebiete wie Rhön, Hegau oder Kaiserstuhl haben ein Alter von vielen Millionen Jahren.

Die Eifelvulkane entwickelten sich auf dem Rheinischen Schild, einem großen Lithosphärenblock, der während der letzten 40 Millionen Jahre in mehreren Phasen gehoben wurde und sich in einigen Bereichen auch heute noch hebt. Vermutlich steigt hier kristallines, aber zähplastisches Gestein des Erdmantels langsam aus der Tiefe auf und schmilzt wegen der Druckentlastung stellenweise.

Bis in die 1980er Jahre überwog die Auffassung, dass die vulkanische Aktivität in der Eifel endgültig erloschen sei. Doch diese Ansicht basierte weder auf überzeugenden empirischen Daten noch auf wissenschaftlicher Logik. Inzwischen gibt es Indizien dafür, dass die Magmaproduktion in der Tiefe weitergeht.

Die allermeisten Vulkane der Eifel sind Schlackenkegel und Maare, deren Eruptionen nur lokal begrenzte Auswirkungen hatten. Insofern bildet der Laacher-See-Vulkan eine Ausnahme. Doch es ist nicht die einzige: Zwei ihm benachbarte noch ältere Vulkane in der Osteifel hatten jeweils eine Aktivitätsphase, in der sie bei mehreren hochexplosiven Ausbrüchen ebenfalls sehr weite Gebiete verwüsteten. In beiden Fällen zog sich der Eruptionszyklus über einen Zeitraum von einigen 10 000 Jahren hin. Zwischen den Aktivitätsphasen der zwei Vulkane lagen über 100 000 Jahre der Ruhe. Danach folgte eine ebenso lange Zeit der Inaktivität, bis vor 12 900 Jahren schließlich die Laacher-See-Eruption stattfand.

Dieses Muster ist auffallend regelmäßig. Per Analogieschluss legt es nahe, dass der Laacher-See-Vulkan mit seinem Ausbruch einen neuen, dritten Zyklus eingeleitet haben könnte. Wenn dieser sich wie im Fall der beiden Vorgänger über mehrere 10 000 Jahre erstreckt, wären weitere hochexplosive Eruptionen zu erwarten.

Obwohl es im Moment keinerlei konkrete Anzeichen für ein Wiedererwachen gibt, ist es sinnvoll, bestimmte Parameter wie die Mikroseismik oder Menge und Zusammensetzung der aus dem Krater austretenden Gase längerfristig systematisch zu überwachen, um eine natürliche Fluktuation von einer progressiven Entwicklung unterscheiden zu können.

Sollte der Laacher-See-Vulkan tatsächlich wieder ausbrechen, werden sich mit hoher Wahrscheinlichkeit erneut pyroklastische Ströme bilden, die über dieselben Seitentäler wie vor 12 900 Jahren den Rhein erreichen. Auch heute herrschen noch Westwinde in der Stratosphäre, so dass die Hauptmasse des Fallouts wie seinerzeit im Bereich des Neuwieder Beckens niedergehen dürfte. Eine erneute Aufstauung des Rheins wäre dann sehr wahrscheinlich. Wir möchten hier nicht in Alarmismus verfallen, aber eine potenzielle Bedrohung besteht und muss bei längerfristigen Projekten und solchen mit hohem Gefährdungspotenzial berücksichtigt werden. ◁

**Cornelia Park** beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der Laacher-See-Eruption, finanziell unterstützt von der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Sparkasse Koblenz. Derzeit erforscht sie am Leibniz-Institut für Meeresforschung (IFM-GEOMAR) in Kiel die kraternahen Auswirkungen der von dem Ausbruch verursachten Klimaänderung.
**Hans-Ulrich Schmincke** gilt als führender Experte für den Eifelvulkanismus. Von 1990 bis zu seiner Emeritierung 2003 leitete er die von ihm aufgebaute Abteilung Vulkanologie und Petrologie am IFM GEOMAR der Universität Kiel. Von 1983 bis 1991 war er Generalsekretär der internationalen vulkanologischen Gesellschaft (IAVCEI). Zu seinen vielen Ehrungen zählt die Verleihung des Leibnizpreises der Deutschen Forschungsgemeinschaft (1991).

**Park, C., Schmincke, H.-U.:** Lake Formation and Catastrophic Dam Burst During the Late Pleistocene Laacher See Eruption (Germany). In: Naturwissenschaften 84, S. 521 – 525, 1997.

**Schmincke, H.-U.:** Eifelvulkane. Aufbau, Entstehung und heutige Bedeutung. Görres, Koblenz. S. 1 – 185, 2008.

**Schmincke, H.-U.:** Volcanism. Springer, Heidelberg, S. 1 – 324, 2004.

**Schmincke, H.-U.:** Vulkanismus. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt. S. 1 – 264, 2000.

**Schmincke, H.-U. et al.:** Evolution and Environmental Impacts of the Eruption of Laacher See Volcano (Germany) 12 900 a BP. In: Quaternary International 61, S. 61 – 72, 1999.

Weblinks zu diesem Thema finden Sie unter www.spektrum.de/artikel/977241.