

Ursache bekannt: Die Magnetkraft der Wirbelstrombremse hebt die Metalldeckel aus ihrem Sitz. „Das Problem“, sagt Steuger, „lässt sich mit ein paar Schrauben beheben.“

Weit größere Sorgen bereitet den Bahnexperten ein anderes Malheur: Bei extremen Geschwindigkeiten um 300 km/h wurde der Versuchszug wiederholt von vehementem Steinschlag am Unterboden beschädigt, im Fachjargon Schotterflug genannt.

In Deutschland fuhren ICE-Züge bei Versuchsfahrten schon mit 370 km/h, ohne dass der Schotter abhob. Hier sind die Trassen vorschriftsmäßig „tiefgekehrt“: Die Schottersteine müssen stark verdichtet vier Zentimeter unter den Oberkanten der Schwellen liegen. Dann fliegt nichts.

In Frankreich hingegen liegen die Steine vergleichsweise lose herum. Das Phänomen ist bei der französischen Bahn auch bekannt, wird jedoch nicht als großes Problem betrachtet. Denn der TGV ist bäuchlings eher unempfindlich. Anders als der ICE 3 hat er im Wagenboden keine sensible Antriebstechnik.

Die ICE-Konstrukteure mussten sich etwas einfallen lassen. Sie versahen den in Frankreich verkehrenden Versuchszug inzwischen mit Luftleitblechen zwischen den Wagen und im Bereich der Drehgestelle. Sie sollen den Turbulenzen entgegenwirken, so dass erst gar kein Schotterflug aufkommt.

Während die ICE-Experten sich mit fliegenden Steinen und Weichendeckeln mühen, gehen die Franzosen das Zulassungsverfahren für den TGV auf deutschen Hochgeschwindigkeitsstrecken eher entspannt an. Auch dieser soll im Sommer 2007 die Fahrt über die Grenze aufnehmen und im Eiltempo Paris mit Stuttgart verbinden. Doch die Abnahmefahrten beginnen erst im Herbst.

Technisch müssen die TGV-Konstrukteure vor allem in einem Sektor nachrüsten: Ihr Zug brems zu schlecht. Deutsche Bahnbestimmungen sehen vor, dass ein Personenzug mit 160 km/h auf einer Strecke von weniger als einem Kilometer zum Stillstand kommen muss. Dieses Manöver schafft der TGV mit seinen serienmäßigen Bordmitteln nicht. Die Franzosen werden aber nicht etwa eine moderne Wirbelstrombremse nachrüsten wie beim ICE 3. Sie entschieden sich für einen weit simpleren Mechanismus, der einst für Straßenbahnen entwickelt und später auch in Schnellzügen eingesetzt wurde: Der in Deutschland verkehrende TGV wird eine Magnetschienenbremse bekommen. Sie besteht aus schlichten Magnetkufen, die sich zur Notbremsung an die Schienen saugen.

Die brachiale Apparatur, sagt Bahningenieur Panier, sei „sehr brutal und extrem verschleißbehaftet“. Dafür ist sie billig – und seit über hundert Jahren bewährt.

CHRISTIAN WÜST



Vulkan-Eruption auf Hawaii: Der Mars ist leichter zu erkunden als das Innere der Erde

GEOLOGIE

## Monsterjagd in der Tiefe

Was lässt die isländischen Vulkane ausbrechen und die Kanarischen Inseln wachsen? Beim Streit um diese Fragen werden manche Geologen zu verbalen Feuerspeiern.

**V**icki, halt doch bitte den Mund – oder verlass den Saal“, raunzt der Vortragsredner eine Kollegin im Publikum an. Die faucht zurück: „Warren, mach du erst mal deine Hausaufgaben, und such deine Daten zusammen.“

Derlei Attacken waren an der Tagesordnung auf der hochkarätig besetzten Geologie-Konferenz, die vorigen Donnerstag im schottischen Fort William zu Ende ging. Der ungewöhnlich heftig geführte Streit dürfte in die Wissenschaftsgeschichte eingehen – egal, wie er am Ende ausgeht.

Bei der fünftägigen Konferenz ging es um die Frage, was die Welt im Innersten in Bewegung hält: Was drückt Inselketten wie die Kanaren empor? Was bringt Hot-Spot-Vulkane wie die auf Hawaii zum Ausbruch? Und woher stammen die Edelmetalle und Diamanten in Südafrika?

Die Lehrmeinung zu all diesen Fragen lautet: Auslöser sind pilzförmige heiße Blasen im Erdmantel. Doch gibt es diese „Plumes“ wirklich? Und wenn ja: Wie sehen sie aus? Diese Frage spaltet derzeit die Geowissenschaftler wie ein tiefer Grabenbruch (siehe Grafik). Die Konferenz mit dem Titel „The Great Plumes

Debate“ brachte nun erstmals Vertreter beider Lager zusammen.

Natürlich gibt es Plumes, das stand für den ersten Redner zweifelsfrei fest. Ian Campbell, ein steifer Geophysiker von der Australian National University, brauchte nur eine Viertelstunde, um ihre Eigenschaften zu umreißen, wie man sie auch in fast jedem Lehrbuch nachlesen kann: Mantle Plumes sind gewaltige Schlieren aus heißem Gestein, die sich aus 2800 Kilometer Tiefe vom glühenden Erdkern an die Erdkruste wälzen – so ähnlich, als würde man einen Topf Porridge auf einer Herdplatte köcheln lassen.

Dort, wo der heiße Brei nach oben dringt, brodeln Lava aus dem Boden und erkaltet – auf diese Weise bilden sich angeblich Inseln wie Hawaii, Island oder Teneriffa. Außerdem tragen diese unterirdischen Förderbänder wertvolle Rohstoffe wie Gold, Uran und Diamanten zutage. Auch Campbell begann sich für Plumes zu interessieren, als er 1988 Goldvorkommen im Westen von Australien untersuchte.

Rund 100 Geowissenschaftler aus aller Welt lauschen dem Redner an diesem verregneten Sonntagmorgen um kurz nach acht. In den ersten Reihen sitzen die Fraktionen getrennt wie im Parlament: Rechts bei



Geophysikerin Foulger  
Zwiebel oder Porridge

den Plume-Anhängern gibt es viel Kopfnicken während des Lehrbuch-Vortrags, links bei den aufmüpfigen Plume-Skeptikern dagegen Kopfschütteln und Getuschel. Die Wortführer sitzen ganz vorn.

Auch Jason Morgan ist dabei, ein Mann der ersten Stunde. 1971 stellte er eine kühne Hypothese auf, um ein altes geologisches Problem zu lösen: die Entstehung der Vulkaninseln von Hawaii. Die meisten Vulkane liegen an Plattengrenzen: Der gesamte Pazifik ist eingerahmt von einem „Feuerring“ aus Schloten; sie entstehen dort, wo sich die pazifische Platte unter die angrenzenden Krustenstücke schiebt und dabei aufreißt.

Wodurch aber wird Hawaii befeuert? Die gesamte Inselkette liegt mitten auf einer ozeanischen Platte, weitab vom Feuerring; und trotzdem sprudeln in der Region seit über 40 Millionen Jahren die aktivsten Vulkane der Erde, gespeist aus einer geheimnisvollen Quelle. Morgans Erklärung: Die pazifische Platte rutscht über einen Plume, der fest verankert in der Tiefe sitzt – ähnlich wie eine Kerze, über die man ein Plättchen Wachs schiebt.

Jason Morgan ist der Inbegriff des Büro-Geologen, ein zerstreuter Emeritus. Kaum jemand im Raum kann seinen komplizierten Ausführungen folgen. Aber das macht nichts, denn der Geophysiker braucht sich und den anderen nichts mehr zu beweisen – schließlich prägt seine intuitive Idee von damals die Lehrmeinung bis heute.

Anders sieht es bei Warren Hamilton aus, den allein schon die Erwähnung des

„Plumes sind ein Beispiel dafür, wie aus einer Hypothese Realität wird; die ‚Plumisten‘ sind wahre Gläubige“, schnaubt er und bekreuzigt sich theatralisch.

Auch Hamilton gehört zu den hochdekorierten Eminenzen der Geologie. Er machte sich Anfang der sechziger Jahre einen Namen als Vorkämpfer für die damals noch junge Plattentektonik – die Annahme, dass Kontinente umherdriften und kollidieren können. Allergisch reagiert Hamilton jedoch auf die Vorstellung, dass es bei dem Geschiebe zum Austausch zwischen Kruste und unterem Mantel kommt. Für ihn ist die Erde wie eine Zwiebel aufgebaut, mit festen Schichten, durch die Plumes nicht hindurchkommen.

Trotz seiner Verdienste gilt Warren Hamilton heute als kauziger Außenseiter. Seine Plume-skeptischen Aufsätze werden regelmäßig von Fachzeitschriften abgelehnt, weil sie die Lehrmeinung untergraben.

Doch die Konferenz zeigte: Die Einwände sind durchaus ernst zu nehmen. Den Nachweis für Plumes zu erbringen ähnelt dem Versuch, das legendäre Monster im nahe gelegenen Loch Ness zu fotografieren. Denn erstaunlich wenig ist darüber bekannt, was im Innern der Erde vorgeht. Es ist leichter, eine Sonde zum Mars zu schicken, als die Kruste der Erde zu durchdringen. Die aufwendigsten Bohrungen reichen nur zwölf Kilometer tief.

„Die Plume-Theorie beruht fast nur auf Spekulation“, sagt Gillian Foulger, die als bekannteste Wortführerin der Plume-Skep-

Ende der neunziger Jahre nahm die Geophysikerin an einer Expedition teil, um Manteltomografien zu erstellen: dreidimensionale Bilder vom Innern der Erde. Zwar zeigten ihre Aufnahmen verwaschene Strukturen – aber ein Plume, der bis zum Erdkern reicht, war darauf auch mit noch so viel Phantasie nicht zu erkennen.

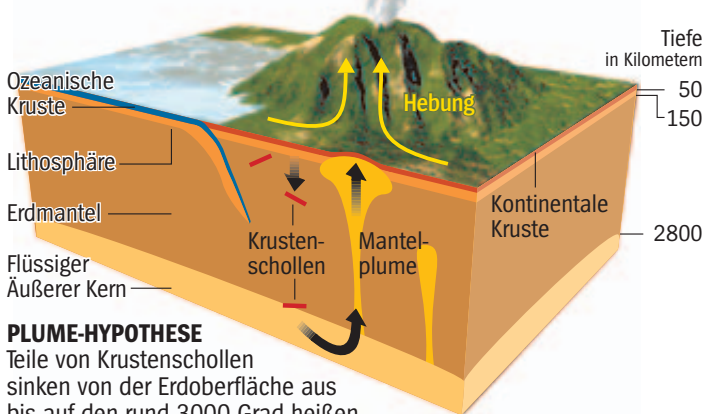
Dabei gibt es viele Argumente für die Existenz der heißen Quellen: Immer wieder belegen Forscher mit Laborexperimenten und Computermodellen, dass beim starken Hitzeaustausch in Flüssigkeiten zwangsläufig Plumes entstehen. Aber dürfen Modelle den Augenschein ersetzen?

Anfänglich versuchte Foulger, ihre Bilder mit den Lehrbüchern in Einklang zu bringen – vergebens. Schließlich wechselte sie 1999 frustriert das Lager und wurde mit der Inbrunst der Bekehrten zu einer der heftigsten Plume-Skeptikerinnen. Doch ihre Aufsätze wurden regelmäßig abgelehnt, was sie nur noch mehr anstachelte. Schließlich gelang ihr der Durchbruch: per Internet.

Auf der Webpage mantleplumes.org sammelt sie seit gut zwei Jahren skeptische Stimmen – und plötzlich finden die Einwände Gehör. Im Herbst erscheint ihr Sammelband „Plates, Plumes, and Paradigms“ beim Verlag der Geological Society of America; und im Oktober wird ihr von der Royal Astronomical Society die begehrte Smith-Medaille verliehen.

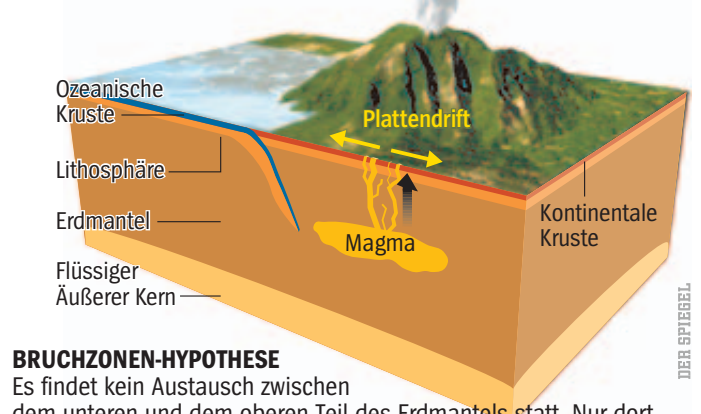
Auch auf der Geologie-Konferenz in den Highlands gelang es nicht, die Exis-

## Blasen oder Risse? Die konkurrierenden Erklärungen für „Hot-Spot“-Vulkane



### PLUME-HYPOTHESE

Teile von Krustenschollen sinken von der Erdoberfläche aus bis auf den rund 3000 Grad heißen Äußeren Erdkern hinab. Hier werden sie erneut aufgeschmolzen und steigen als sogenannte Mantelplumes zur Erdkruste hinauf. Während sich die Platten an der Oberflächen verschieben können, bleibt ein Plume lange Zeit an einem Ort verwurzelt.



### BRUCHZONEN-HYPOTHESE

Es findet kein Austausch zwischen dem unteren und dem oberen Teil des Erdmantels statt. Nur dort, wo eine Krustenscholle durch Spreizung oder Stauchung rissig und durchlässig wird, kann Magma aufsteigen, das sich im Oberen Erdmantel angesammelt hat. Lange Inselketten wie Hawaii folgen dabei dem allmählichen Aufreißen langer Bruchzonen.

P-Wortes zu emotionalen Eruptionen verleitet. „Es gibt keine zwingenden Beweise dafür, dass Material vom Erdkern bis zur Oberfläche vordringt!“, raunzt der kleine, gebeugte Mann mit dem trotzigen Gesicht. Wenn der 80-Jährige draußen mit seinem Stock unterwegs ist, muss man fast fürchten, dass eine schottische Bö ihn davonträgt. Doch wenn er irgendwo das Wort Plume erwähnt hört, speit er verbal Feuer.

tiker ganz vorn links sitzt. Die schmale Frau mit den blonden Locken und dem spitzbübischen Lächeln wollte eigentlich zur Royal Air Force; aber dort blieb ihr als Frau angeblich der Weg zu einer höheren Laufbahn versperrt. Also beschloss sie, in die Tiefe zu gehen. Sie begann in der Unterwelt Islands nach den heißen Monstern zu suchen – schließlich galt Island als ein Paradebeispiel für tief reichende Plumes.

tenz der großen heißen Monster aus der Tiefe zu belegen oder ins Reich der Phantasie zu verbannen. Der Wettlauf um den entscheidenden Datensatz geht also weiter.

Ein rasches Ende der Debatte ist nicht in Sicht. Abends um zehn Uhr wird im Konferenzraum noch immer diskutiert. Die Streitfrage diesmal: Gibt es Mantle Plumes auf der Venus? HILMAR SCHMUNDT