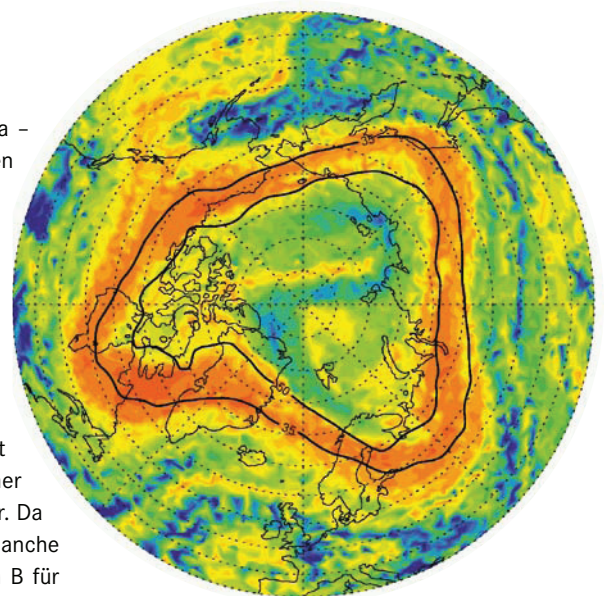


# Gefährliche Notbremse gegen globale Erwärmung

Um dem Treibhauseffekt entgegenzusteuern, könnte man Millionen Tonnen von Sulfateilchen in die oberen Luftschichten der Atmosphäre einbringen. Der Jülicher Forscher Rolf Müller hat gemeinsam mit US-amerikanischen Kollegen herausgefunden, dass diese Notmaßnahme bedrohliche Nebenwirkungen hätte.

**E**r ruhte 611 Jahre. Als der Vulkan Pinatubo auf den Philippinen dann 1991 ausbrach, waren die Folgen verheerend: Obwohl Wissenschaftler den Ausbruch vorhergesehen hatten und daher rund 60 000 Menschen rechtzeitig evakuiert werden konnten, starben mindestens 875. Mehr als 80 000 Häuser wurden beschädigt oder zerstört. Der Vulkan schleuderte Asche bis zu 34 Kilometer in die Höhe. Dabei gelangten mehr als zehn Millionen Tonnen Schwefel in die Stratosphäre. Zur Erdoberfläche drang weniger Sonnenlicht als üblich durch: Weltweit sank die durchschnittliche Temperatur um fast ein halbes Grad.

Eine Abkühlung für das Weltklima – das allerdings klingt in manchen Ohren gar nicht nach Katastrophe, im Gegenteil. Schließlich sagen die Szenarien des Weltklimarates (IPCC) eine globale Erwärmung um bis zu 6,4 Grad für dieses Jahrhundert voraus. Hauptursache ist, dass die Menschheit bei der Energiegewinnung Treibhausgase wie CO<sub>2</sub> freisetzt. Inzwischen gilt der Klimawandel selbst bei einer CO<sub>2</sub>-Vollbremsung als unumkehrbar. Da erstaunt es wenig, wenn sich manche Vordenker bereits mit einem „Plan B für die Menschheit“ beschäftigen. Und dazu gehört auch die Idee, siehe Pinatubo, Millionen Tonnen von Sulfateilchen aus Schwefel und Sauerstoff bestehend in der oberen Atmosphäre auszubringen. Bekannt gemacht hat sie 2006 Nobelpreisträger Paul Crutzen. „Natürlich möchte ich, dass dieses Experiment nie ausgeführt werden muss. Es sollte höchstens als Notlösung angesehen werden“,



*Starker Ozonabbau im Polarwirbel über der Arktis in rund 18 km Höhe. Die hohen natürlichen Ozonwerte im März 1997 am Rand des Polarwirbels sind rot dargestellt, der starke chemische Ozonabbau im Inneren grün und blau. Durch den künstlichen Eintrag von Sulfaten in die Atmosphäre könnten noch größere Ozonverluste auftreten.*



*Vulkanausbrüche wie der des Mt. Ätna im Oktober 2002 setzen Millionen Tonnen von Sulfaten in die Atmosphäre frei.*

so Crutzen heute. Mit dem Vorschlag dieser „grotesken Maßnahme“ habe er Politiker wachrütteln wollen.

#### Vom Ausbruch des Pinatubo lernen

Der Pinatubo-Ausbruch liefert jedoch nicht nur ein Konzept, mit dem man die globale Erwärmung verlangsamen könnte. Er enthält auch eine Lehre über die Nebenwirkungen dieses weitreichenden Eingriffs in das System Erde. Herausgefunden haben das Dr. Rolf Müller vom Jülicher Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre und seine Kollegin Dr. Simone Tilmes, die inzwischen am National Center for Atmospheric Research, Boulder, USA, tätig ist. Sie nutzten dabei Daten, die insbesondere Satelliten in den Jahren nach dem Ausbruch gesammelt hatten. Im Visier hatten die Wissenschaftler dabei das Ozon in zehn bis 25 Kilometer Höhe, das die Erde vor der gefährlichen ultravioletten Sonneneinstrahlung schützt.

Bekanntermaßen sind am Abbau der Ozonschicht vor allem Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) schuld, die früher als Kühlmittel und Treibgase verwendet wurden. FCKW sind die Quelle für zunächst träge Chlorverbindungen, die in der Stratosphäre unter bestimmten Bedingungen – etwa bei sehr niedrigen Tempe-

raturen – aktiviert werden und dann Ozon zerstören. Sulfathaltige Tröpfchen in der Stratosphäre begünstigen die Aktivierung des Chlors. In welchem Ausmaß sie damit die Ozonerstörung fördern, haben Simone Tilmes und Rolf Müller aus den Satellitendaten gleichsam herausgefiltert. Sie verglichen dabei die vier Jahre, in denen die Sulfate des Pinatubo-Ausbruchs noch in der Atmosphäre nachweisbar waren, mit der Zeit danach von 1996 bis 2005. „Daraus haben wir mathematische Beziehungen abgeleitet, mit denen wir anschließend abschätzten, wie sich ein künstlicher Sulfateintrag auf die Ozonschicht auswirkt“, erläutert Müller.

#### Hälfte des arktischen Ozons gefährdet

Das Ergebnis: Würden durch ständigen Nachschub von Schwefel 5,3 Millionen Tonnen Sulfate in der Stratosphäre gehalten, wobei die Sulfateilchen genau so groß wie bei einem Vulkanausbruch wären, würde sich die Ozonschicht über der Arktis bis um ein Drittel reduzieren. Diese Menge an Sulfaten wäre Paul Crutzen zufolge aber nötig, um einer Verdoppelung des CO<sub>2</sub>-Gehaltes in der Atmosphäre entgegenzuwirken. Ähnlich effizient lässt sich das einfallende Sonnenlicht mit 1,5 Millionen Tonnen besonders kleiner Sulfateilchen blocken –

dann aber würde sogar bis zur Hälfte der Ozonschicht verloren gehen. Besonders riskant wäre es, wenn sich nach einem künstlichen Eintrag von Sulfaten noch ein natürlicher Vulkanausbruch ereignet. „Dann wäre mit einem noch stärkeren, sehr ernsthaften Ozonabbau zu rechnen“, sagt Müller.

Über der Antarktis ist zusätzlicher Ozonverlust kaum noch möglich, da dort derzeit in jedem Frühling nahezu das gesamte Ozon in der Stratosphäre zerstört wird. Zwar wurden Produktion und Verbrauch der FCKW schon seit Ende der 1980er-Jahre eingeschränkt, doch wegen der Langlebigkeit der FCKW in der Atmosphäre beginnt sich die Ozonschicht gerade erst zu regenerieren. Der künstliche Eintrag von Sulfatpartikeln würde aber dazu führen, dass sich das Ozonloch 30 bis 70 Jahre später schließt, als bisher erwartet wird.

Andere Klimaforscher warnen vor weiteren Nebenwirkungen, etwa saurem Regen. Angesichts dessen erscheinen öffentliche Gedankenspiele wie die des US-Wissenschaftlers Alan Robock voreilig: Er hat bereits berechnet, wie viele Militärjets gebraucht würden, um den Schwefel in die Stratosphäre zu bringen.

Frank Frick