

Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin
Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung
Band: - (2000)
Heft: 47

Artikel: Der Irrtum vom reinigenden Gewitter
Autor: Matuschak, Bernhard
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-967699>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 29.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Der Irrtum vom reinigenden Gewitter

VON BERNHARD MATUSCHAK
FOTOS STONE UND ETH ZÜRICH

Über der Erde treiben riesige Schadstoffwolken aus Stickoxid, deren Entstehung bislang unklar war. Jetzt endlich konnten Wissenschaftler der ETH Zürich das Rätsel lösen.

In der aktuellen Debatte um die vom Menschen verursachten Auswirkungen des Klimawandels gerät der Flugverkehr zunehmend unter Beschuss. Die Abgase der immer zahlreicheren Langstrecken-Düsenjets werden vor allem in der Tropopause in 10 000 bis 12 000 Metern Höhe freigesetzt. In dieser Atmosphärenschicht haben Stickoxide (NO_x) einen bedeutenden Einfluss auf das Klima, denn NO_x ist ein wichtiger Faktor in der photochemischen Ozonbildung. Dabei wird aus den Stickoxiden im Zeitraum von einigen Tagen Ozon gebildet, das sich in dieser Höhenlage als sehr wirksames Treibhausgas erweist.

Der seit einigen Jahrzehnten steigende Ozongehalt in der Troposphäre, die sich vom Boden bis in etwa 12 000 Meter Höhe erstreckt, ist eine direkte Folge des vom Menschen verursachten Ausstosses von Luftschadstoffen, insbesondere von Stickoxiden. Doch bislang war man auf mathematische Modelle

angewiesen, um abzuschätzen, inwieweit der Flugverkehr tatsächlich als Quelle der Stickoxide in Frage kommt. Bislang existierten dazu nur Messungen aus einigen wenigen Forschungsflügen.

Kontinuierliche Messung

Jetzt gelang den Physikern Johannes Staehelin, Dominik Brunner und Dominique Jeker vom Institut für Atmosphärenphysik der ETH Zürich im Rahmen des Noxar-Projekts (Nitrogen Oxides and Ozone Measurements along Air Routes) erstmals eine kontinuierliche Messung der Stickoxidkonzentration in der Tropopause über einen langen Zeitraum. Dazu konstruierten sie gemeinsam mit der Firma ECO Physics aus Dürnten ein 500 Kilogramm schweres, hoch empfindliches Messgerät, das Schadstoffkonzentrationen in einer Größenordnung von zehn Stickoxidmolekülen aus einer Trillion aufspürt, die man in der Messgrösse «ppt» ausgedrückt. Um bei einer Reisegeschwindigkeit von 250 Metern pro Sekunde aussagekräftige Daten zu erhalten, war zudem eine sehr gute zeitliche Auflösung notwendig. Vor allem deshalb, weil die Schadstoffkonzentrationen in der Reiseflughöhe starken Schwankungen unterworfen sind, beispielsweise, wenn das Messflugzeug die Abgasfahne einer anderen Maschine kreuzt.

Die Apparatur wurde im Heck einer Swissair Boeing-747 installiert. Durch einen 30 Zentimeter langen Ansaugstutzen, der aus dem hintersten Fenster ragte, wurde die Umgebungsluft zu den Messsensoren gepumpt. Diese Anordnung verhinderte, dass Abluft aus den Kabinen, die möglicherweise die Luftsicht um die Flugzeughaut verunreinigt, angesogen wurde. Ausserdem musste sichergestellt werden, dass keine Luft aus dem eigenen Abgasstrahl gemessen wird. Die Maschine verkehrte auf der Nordatlantikroute in die USA sowie zwischen Zürich, Bombay und Hongkong. Während fast 700 Flügen wurden über einen Zeitraum von drei Jahren die Stickoxidwerte aufgezeichnet. In die Luft gingen die Forscher jedoch kein einziges Mal selbst: Das Gerät funktionierte vollkommen automatisch, das An- und Abschalten war an den Betrieb der Start- und

Landeklappen gekoppelt. Alle ein bis zwei Wochen wurden die Messdaten beim Zwischenstopp in Zürich eingesammelt.

Als Projektleiter Johannes Staehelin einen ersten Blick auf die Daten warf, war er überrascht: «Die Luft in der Tropopause gilt als relativ sauber, und aufgrund von bisherigen Messungen aus Forschungsflügen erwarteten wir Konzentrationen von maximal wenigen hundert ppt. Gemessen haben wir jedoch Werte von bis zu 5000 ppt.» Am meisten verblüffte ihn und seine Mitarbeiter jedoch, dass die hohen NO_x-Werte nicht nur als kurzes, extremes Ereignis aufraten, sondern über hunderte von Kilometern stabil blieben. «Wir erfassten Schadstoffwolken mit einer Länge zwischen 100 und 1300 Kilometern und mit einer mittleren Stickoxidkonzentration von 700 ppt über den normalen Hintergrundwerten.

Verglichen mit typischen Nachmittagskonzentrationen am Boden in mässig belasteten Gebieten der Schweiz sind diese Werte beachtlich.» Doch was ist die Ursache für die hohen Schadstoffwerte, und wie entstehen die Stickoxidwolken? Ein Zusammenhang mit dem Flugbetrieb besteht nicht: Vor allem die geografische Verteilung als auch die starken jahreszeitlich bedingten Schwankungen ihres Auftretens sprachen dagegen. Die Erklärung für das Phänomen fanden die Forscher, als sie meteorologische Daten zu Rate zogen, die Rückschlüsse über Herkunft und Geschichte der beobachteten Luftmassen erlaubten. Demnach wurden die Abgaswolken offenbar in sogenannten konvektiven Systemen, also Gewittern und Fronten, gebildet.

Schadstoffspuren

Anhand von Satellitenaufnahmen und Wetterkarten verfolgte Dominique Jeker den Weg der Schadstoffwolken zurück. Er konnte beweisen, dass die fraglichen Luftformationen auf ihrem Weg ein Frontensystem passiert hatten. Dabei wurden Stickoxide direkt durch Blitze in den Gewitterwolken gebildet und in höhere Schichten verfrachtet. Jeker gelang auch der Nachweis, dass sich die NO_x-Wolken mehrere Tage lang in der Atmosphäre halten und dabei von den Windströmungen

über hunderte von Kilometern verfrachtet werden können.

Die Erkenntnis, dass sowohl Blitzaktivität als auch der Aufwärtstransport von am Boden emittierten Schadstoffen einen Beitrag zur Stickoxidbelastung der oberen Troposphäre leisten, ist zwar nicht neu, doch menigenmässig konnten die Beiträge bisher nicht erfasst werden. «Nun wissen wir, dass der Flugverkehr keine Rolle als Quelle für die sehr häufig auftretenden Schadstoffwolken auf Flughöhe spielt», bilanziert Dominik Brunner. Einen Freibrief möchte der Wissenschaftler dem Luftverkehr dennoch nicht ausstellen. Der Luftverkehr habe einen erheblichen Beitrag zum Hintergrund der Stickoxidkonzentrationen in der Tropopause-Region. Studien mit numerischen Modellen deuten je nach Jahreszeit auf Werte zwischen 15 und 50 Prozent hin. «Die Klimawirksamkeit von Stickoxiden ist in dieser Höhe in sauberer Luft wesentlich gravierender als in bereits verschmutzter Luft. Bei der Zunahme des Flugverkehrs wächst also auch seine Bedeutung als Schadstoffquelle.» ■

Die Schadstoff-Schnüffelnase (oben) saugt die Luft ins Messgerät (unten) im Heck des Flugzeugs.

