

Pressemitteilung

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e. V.

Tilo Arnhold

03.09.2024

<http://idw-online.de/de/news839049>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen
Chemie, Geowissenschaften, Meer / Klima, Umwelt / Ökologie
überregional



Schweflige Säure H_2SO_3 - und es gibt sie doch.

Leipzig. Wieder einmal verblüfft uns die Atmosphäre mit ihren mannigfaltigen chemischen Prozessen. Erstmals haben Forscher am Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS) in Leipzig die Existenz der schwefligen Säure (H_2SO_3) unter Atmosphärenbedingungen in der Gasphase nachgewiesen. Die Ergebnisse wurden im Fachjournal *Angewandte Chemie* veröffentlicht.

Im Gegensatz zur bekannteren Schwefelsäure (H_2SO_4) gilt schweflige Säure (H_2SO_3) als schwer oder nicht zugängliche (herstellbare) Verbindung. In Lehrbüchern wird die mögliche Bildung von H_2SO_3 in wässriger Schwefeldioxid (SO_2)-Lösung vorgeschlagen, wobei ihre Existenz in isolierter Form für unmöglich gehalten wird. Trotz großer Anstrengungen bei Verwendung verschiedener spektroskopischer Methoden war der experimentelle Nachweis von H_2SO_3 in wässriger SO_2 -Lösung jedoch bisher erfolglos. Nachweisbar waren nur die korrespondierenden Basen Bisulfit HSO_3^- und Sulfit SO_3^{2-} .

Der bisher einzige experimentelle Nachweis von H_2SO_3 gelang der Arbeitsgruppe um Helmut Schwarz von der TU Berlin im Jahr 1988 mittels In-situ-Erzeugung im Massenspektrometer. Dabei wurde eine extrem kurze Lebensdauer unter Vakuumbedingungen im Bereich von 10 Mikrosekunden und mehr abgeschätzt.

Theoretische Berechnungen vermuteten die Bildung von H_2SO_3 als ein mögliches Reaktionsprodukt der Gasphasenreaktion von OH-Radikalen, die in der Troposphäre vorwiegend aus Ozon und Wassermolekülen in Gegenwart von UV-Strahlung entstehen, mit Dimethylsulfid (DMS). DMS entsteht hauptsächlich durch biologische Prozesse im Meer und ist mit jährlich etwa 30 Millionen Tonnen die größte biogene Schwefelquelle für die Atmosphäre. Der mögliche Reaktionspfad zu H_2SO_3 ausgehend vom DMS wurde experimentell im Labor am TROPOS in Leipzig untersucht. Dabei gelang in Strömungsreaktoren für atmosphärische Bedingungen der eindeutige Nachweis für die Bildung von H_2SO_3 in der Gasphase. Unter den experimentellen Bedingungen blieb die schweflige Säure unabhängig von der Luftfeuchtigkeit eine halbe Minute lang stabil. Längere Verweilzeiten konnten mit dem bestehenden experimentellen Aufbau bisher nicht untersucht werden. Daher könnte H_2SO_3 auch in der Atmosphäre ausreichend lange genug existieren und einen Einfluss auf die chemischen Prozesse haben. Die beobachtete Ausbeute war dabei sogar etwas größer als theoretisch angenommen. „Es war sehr beeindruckend, die klaren H_2SO_3 -Signale im Spektrometer zu sehen, für eine Verbindung, die man als möglicherweise „nicht existent“ angenommen hatte“, so Dr. Torsten Berndt vom TROPOS, der die Idee dazu hatte und die Experimente durchführte.

Der neue Reaktionspfad wurde anschließend in ein globales Chemie-Klimamodel implementiert. Die zugehörigen Modellsimulationen zeigten, dass global jährlich ca. 8 Millionen Tonnen an H_2SO_3 gebildet werden. „Dieser Pfad produziert etwa 200mal mehr Masse an H_2SO_3 als die direkte Bildung von Schwefelsäure (H_2SO_4) aus Dimethylsulfid in der Atmosphäre. Die neuen Ergebnisse können zu einem besseren Verständnis des atmosphärischen Schwefelkreislaufs beitragen“ fügen die für die Globalmodellierung zuständigen Wissenschaftler, Dr. Andreas Tilgner und Dr. Erik Hoffmann, hinzu.

Wie bei vielen Forschungsergebnissen ergeben sich auch hier viele neue interessante Fragestellungen: Einmal in der Gasphase gebildet, scheint die schwefelige Säure zumindest eine gewisse Stabilität aufzuweisen. Dabei ist die Lebensdauer bezüglich der Reaktion mit Spurengasen in der Atmosphäre noch völlig unklar. Die Reaktion mit Wasserdampf ist ebenfalls noch nicht zufriedenstellend geklärt. „Es sind noch wesentlich mehr Untersuchungen in weiter optimierten Experimenten notwendig, um die Bedeutung von H_2SO_3 hinreichend zu klären“, ergänzt Dr. Torsten Berndt.

Der Nachweis von H_2SO_3 stellt ein weiteres Beispiel für das Aufspüren neuer Reaktionspfade und den experimentellen Beweis bisher nur theoretisch vorgeschlagener oder schwer zugänglicher Verbindungen dar. Dies wird möglich durch das Zusammenspiel einer optimalen Reaktionsführung verbunden mit hochempfindlichen Nachweisverfahren. So kam in dieser Studie ein Massenspektrometer mit einer Nachweisgrenze von 104 Molekülen eines Produktes pro Kubikzentimeter bei Atmosphärendruck zum Einsatz, d.h. es ist der Nachweis eines speziellen Moleküls in einer Mischung von 10¹⁵ Molekülen (1 Billiarde von Molekülen) möglich. Immer bessere Methoden werden einen immer tieferen Einblick in Reaktionsprozesse erlauben und damit zu einem immer besseren Verständnis in der Atmosphärenchemie sowie in allen anderen Bereichen der Chemie beitragen.

Weitere Informationen und Links:

DFG-Projekt: Auf dem Weg zu einem besseren DMS-Oxidationsmechanismus (ADOniS)

<https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/495046770?context=projekt&task;=showDetail&id;=495046770&>

Direkter Weg der Schwefelsäurebildung in der Atmosphäre ohne SO_2 (Pressemitteilung, 30.08.2023)

<https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/direkter-weg-der-schwefelsaeurebildung-in-der-atmosphaere-ohne-so2>

Neue Erkenntnisse zur größten natürlichen Schwefelquelle in der Atmosphäre (Pressemitteilung, 18.11.2019)

<https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/neue-erkenntnisse-zur-groessten-natuerlichen-schwefelquelle-in-der-atmosphaere>

Freistrah-Strömungssystem

<https://www.tropos.de/forschung/grossprojekte-infrastruktur-technologie/technologie-am-tropos/aerosolversuchsanlagen/freistrah-stroemungssystem>

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Dr. Torsten Berndt/ Dr. Erik H. Hoffmann/ Dr. Andreas Tilgner

Wissenschaftliche Mitarbeiter, Abteilung Chemie der Atmosphäre (ACD), Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS), Leipzig

Tel. +49-341-2717-7032, -7389, -7178

<https://www.tropos.de/institut/ueber-uns/mitarbeitende>

und

Prof. Dr. Hartmut Herrmann
Leiter, Abteilung Chemie der Atmosphäre (ACD), Leibniz-Institut für Troposphärenforschung (TROPOS), Leipzig
Tel. +49-341-2717-7024
<https://www.tropos.de/institut/ueber-uns/mitarbeitende/hartmut-herrmann>

oder
Tilo Arnhold, TROPOS-Öffentlichkeitsarbeit
Tel. +49 341 2717-7189
<http://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/>

Originalpublikation:

T. Berndt, E. H. Hoffmann, A. Tilgner, H. Herrmann (2024): Gasphasenbildung von Schwefliger Säure (H_2SO_3) in der Atmosphäre / Gas-Phase Formation of Sulfurous Acid (H_2SO_3) in the Atmosphere. Angew. Chem. Int. Ed. 2024, 63, e202405572. <https://doi.org/10.1002/anie.202405572>

(Online: 14 July 2024)

DE = <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ange.202405572>

EN = <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/anie.202405572>

Die Untersuchungen wurden von der Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Projektes ADOnIS (HE 3086/53-1) gefördert sowie mit Ressourcen des Deutschen Klimarechenzentrums (DKRZ; Projekt-Nr. bb1128) unterstützt. Die Veröffentlichung als Open-Access-Publikation wurde durch das Projekt DEAL ermöglicht und realisiert

URL zur Pressemitteilung:

<https://www.tropos.de/aktuelles/pressemitteilungen/details/schweflige-saeure-h2so3-und-es-gibt-sie-doch>



Das Team, dem im TROPOS-Labor weltweit der erste Nachweis von schwefliger Säure (H_2SO_3) unter Atmosphärenbedingungen gelang: Dr. Erik H. Hoffmann, Dr. Torsten Berndt und Dr. Andreas Tilgner (v.l.n.r.). Ricarda Gräfe, TROPOS

Ricarda Gräfe, TROPOS

