

Die Ozonschicht

Jens Kube 06.04.2017

Die Ozonschicht schützt uns vor energiereicher Sonnenstrahlung und spielt eine wichtige Rolle im Klimasystem der Erde. Doch durch industrielle Schadstoffe kommt es zum Ozonabbau und infolgedessen zu einer Zunahme von ultravioletter Strahlung am Erdboden. Im Podcast erklärte Markus Rex vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Potsdam, wie das Ozonloch entsteht und welchen Einfluss es auf das Klima hat.

In den vergangenen Jahren ist es ruhig geworden um das Ozonloch, das noch in den 1980er- und 1990er-Jahren häufig als eines der größten Probleme der Menschheit dargestellt wurde.

Markus Rex: *„Das Ozonloch ist eines der stärksten Signale, das die Menschheit in unser Klimasystem eingebracht hat: Über der Südhemisphäre – über der Antarktis – wird in jedem Frühjahr in einer Höhe von etwa zwanzig Kilometern das Ozon, was dort eigentlich reichhaltig vorhanden sein sollte, komplett abgebaut durch Gase, die die Menschheit in den letzten Jahrzehnten freigesetzt hat.“*

Das Ozonmolekül besteht aus drei Sauerstoffatomen und filtert in der Erdatmosphäre schädliche Ultraviolettstrahlung aus dem Sonnenlicht heraus. Fehlt das Ozon, kann dies für Pflanzen, Tiere und Menschen gefährlich sein. Industriell erzeugte Gase, insbesondere sogenannte halogenierte Kohlenwasserstoffe oder kurz FCKW, zerstören Ozon in der oberen Atmosphäre. Am Erdboden reagieren diese ozonabbauenden Gase allerdings mit praktisch nichts, was sie für technische Anwendungen so attraktiv gemacht hat.

„Man kann sie einatmen, sie explodieren nicht, sie sind völlig ungiftig – sie machen einfach gar nichts. Und deswegen sind sie zunehmend eingesetzt worden, etwa zum Aufschäumen von Bauschäumen, von Matratzen und Isolationsmaterialien in Kühlschränken oder als Kühlmittel in Klimaanlage. Dort haben sie gefährlichere Substanzen, die explosiv oder feuergefährlich waren, verdrängt. Da diese Gase nicht reagieren, reichern sie sich in der Atmosphäre an. In der Troposphäre – der Luftschicht bis zu einer Höhe von etwa 15 Kilometern – existieren sie so Jahrtausende.“

Erst wenn die FCKW weiter in die Stratosphäre – die Luftschicht in einer Höhe von 15 bis 45 Kilometern – aufsteigen, werden sie durch die intensive Sonneneinstrahlung aufgespalten. Auf diese Weise entstehen sehr reaktionsfreudige Chlorradikale. Diese einzelnen Chloratome zerstören die Ozonmoleküle und wandeln sie in normalen Sauerstoff um. Über der Antarktis kommt es dadurch zu einem Ozonloch.

„Und das liegt daran, dass es im Winter über der Antarktis sehr kalt wird. In 20 Kilometern Höhe erreichen wir dann Temperaturen, die deutlich unter minus 80 Grad Celsius liegen. Bei diesen tiefen Temperaturen friert in der Atmosphäre Salpetersäure aus. Es bildet sich praktisch eine Wolke von kleinen Salpetersäurekriställchen oder Tröpfchen, die dort oben herumschwirren. Das sieht sehr schön aus, das sind bunte Wolken. Man sieht sie auch vom

Erdboden aus. Aber sie haben den großen Nachteil für die Atmosphärenchemie, dass diese größeren Moleküle, in denen das Chlor gebunden war, an der Oberfläche dieser Wolkenpartikelchen reagieren und dabei die Chlornradikale, also die einzelnen Chloratome, wieder freisetzen. Und wenn die Sonne dann wieder aufgeht im Frühjahr, startet dieser Kreislauf, indem sich die Chloratome Ozon schnappen, kaputt machen, in Sauerstoff verwandeln und dann über weitere Reaktionen, die eben Sonnenlicht benötigen, wieder Chlor-Radikale freisetzen.“

Auch in der Arktis kommt es zum Ozonabbau, allerdings nicht in dem starken Umfang wie in der Antarktis. Das liegt an den komplizierteren Strömungsverhältnissen in der Atmosphäre auf der Nordhalbkugel. Messbar ist der Ozonabbau aber auch in der Arktis – und sogar bei uns in Mitteleuropa.

„In manchen Jahren wird in der Arktis auch eine ganze Menge Ozon abgebaut. Und diese arktischen Luftmassen driften dann im Frühjahr über unsere eigenen Köpfe in Mitteleuropa und sorgen dann auch hier dafür, dass die UV-Einstrahlung am Erdboden zunimmt.“

Ein guter Grund also, den Ozonabbau aufzuhalten. Und genau dies scheint zu gelingen. Bereits relativ kurz nach der Entdeckung des Ozonlochs in den 1980er-Jahren wurde 1987 das Montreal-Protokoll unterzeichnet, das die Produktion der ozonzerstörenden Gase verbietet. 30 Jahre ist das nun her. Eine Trendumkehr – also ein Ende des Ozonabbaus in der Stratosphäre – ist gerade eben erst zu erkennen.

„Die Ozonschicht ist ein sehr variables Gebilde. Man sieht zurzeit, dass sie in obersten Ausläufern bereits angefangen hat wieder dicker zu werden. Das führt man auch darauf zurück, dass das Montreal-Protokoll greift. Das man schon an der Ozonschichtdicke – die nämlich bestimmt wie viel UV-Licht hier unten ankommt – sehen würde, dass die Ozonschicht wieder dicker wird, ist noch an der Grenze der statistischen Signifikanz. Das gleiche gilt auch für das Schrumpfen des Ozonlochs. Das Ozonloch wird nicht mehr größer. Das ist aber im Wesentlichen dadurch bedingt, dass im gesamten Bereich, wo diese Wolken auftreten, das Ozon komplett zerstört wird. Das ist also in der Sättigung. Nun kann man anfangen, mit sehr aufwändigen Methoden die andere Einflüsse auf das Ozon wie Vulkanausbrüche und das Wetter und die Strömung der Atmosphäre zu berücksichtigen. Wenn man das alles rausrechnet, sieht man jetzt schon, gerade so eben statistisch signifikant, dass die Ozonschicht wieder dicker wird und das Ozonloch schrumpft.“

Doch Ozon ist nicht nur als UV-Filter für uns relevant. Dadurch, dass das Ozon einen Teil des Sonnenlichts absorbiert, erwärmt es die oberen Schichten der Atmosphäre.

„Normalerweise, wenn man auf einen Berg steigt, wird es kälter je weiter man nach oben kommt. Und das geht ein ganzes Weilchen so weiter, bis man in den Bereich der Ozonschicht kommt. Da wird es nach oben wieder wärmer. Und das liegt eben gerade an der Absorption der Strahlung durch die Ozonschicht. Daran sieht man schon, was für einen gewaltigen Effekt das Ozon auf die Temperaturschichtung der Atmosphäre hat. Und deswegen hat natürlich auch das Signal des Ozonabbaus, was vom Menschen verursacht worden ist, einen großen Einfluss auf das Klimasystem und auf das Oberflächenklima unseres Planeten.“

Klimaveränderung und Ozonabbau stehen also miteinander in einer Wechselbeziehung.

„Das sind Einflüsse, die wir noch nicht besonders gut verstehen. Sie sind auch in den allermeisten unserer Klimamodellprognosen noch überhaupt nicht berücksichtigt. Wir arbeiten aber daran, dass wir jetzt auch die Ozonschicht interaktiv in die Klimaprognosen mit hereinnehmen, sodass wir diese Rückkopplungsmechanismen zwischen Klimaänderung und Ozonschichtänderung dann auch in den Klimaprognosen berücksichtigen. Wir denken damit auch das Klima in den Polargebieten besser vorhersagen zu können.“

Auch für die genaue Rekonstruktion der Klimaveränderungen der letzten Jahrzehnte ist es wichtig, den Beitrag der Ozonschicht zu verstehen. Warum beispielsweise die globale Erwärmung bisher nicht die zentrale Antarktis erfasst hat, können Wissenschaftler noch nicht vollständig erklären.

„Wir gehen davon aus, dass in der Antarktis das Ozonloch dazu beigetragen hat, dass sie sich – jedenfalls im zentralen Bereich – in der Vergangenheit gar nicht erwärmt hat. Vielleicht hat sie sich erst in den letzten Jahren, wo das Ozonloch nicht mehr größer geworden ist, angefangen ein wenig zu erwärmen. Dort ist die Auswirkung des Ozonlochs auf das Klimasystem eher eine kühlende gewesen. In der Arktis ist das schwer zu sagen. Die Rückkopplungsmechanismen sind sehr kompliziert und wir können das Vorzeichen nicht genau bestimmen, ob das Ozonloch nun eher zu einer Erwärmung oder zu einer Abkühlung der Arktis in der Vergangenheit beigetragen hat. Das werden wir aber hoffentlich in den nächsten Jahren aufklären können.“

Ob es um den Einfluss des Ozons auf das Klimasystem der Erde geht oder um die Ozonschicht als natürlichen Schutz vor UV-Strahlung – das unscheinbare Molekül Ozon ist ein wichtiger Bestandteil unserer Atmosphäre.

„Das wirklich wichtige ist, dass wir erwarten, dass in den nächsten Jahrzehnten das Ozonloch sich auch wieder komplett schließen wird und die Ozonschicht sich wieder komplett erholt. Aber das liegt in der Zukunft und das werden eher unsere Kinder und Enkelkinder vollständig erleben.“

[Welt der Physik CC by-nc-nd](#)