

Bedrohungen für die Umwelt: Das Ozonloch

M1: Was ist das Ozonloch?

Das Ozonloch ist eine starke Ausdünnung der Ozonschicht insbesondere über der Antarktis. Ursache der Ozonzerstörung sind hauptsächlich Chloratome aus Fluorchlorkohlenwasserstoffen (FCKW). Die geschwächte Ozonschicht lässt mehr vom UV-B-Anteil der Sonnenstrahlung zum Erdboden durch.

Das Ozonloch über der Antarktis variiert von Jahr zu Jahr, in Abhängigkeit vom Wetter, und ist ein jahreszeitliches Phänomen: Innerhalb weniger Wochen nach dem Sonnenaufgang bricht die Ozonkonzentration ein und erholt sich innerhalb weniger Monate wieder.

Quelle: nach <http://de.cyclopaedia.net/wiki/Ozonabbau> <http://de.inforapid.org/index.php?search=Ozonloch> Abrufdatum: 01.12.2013

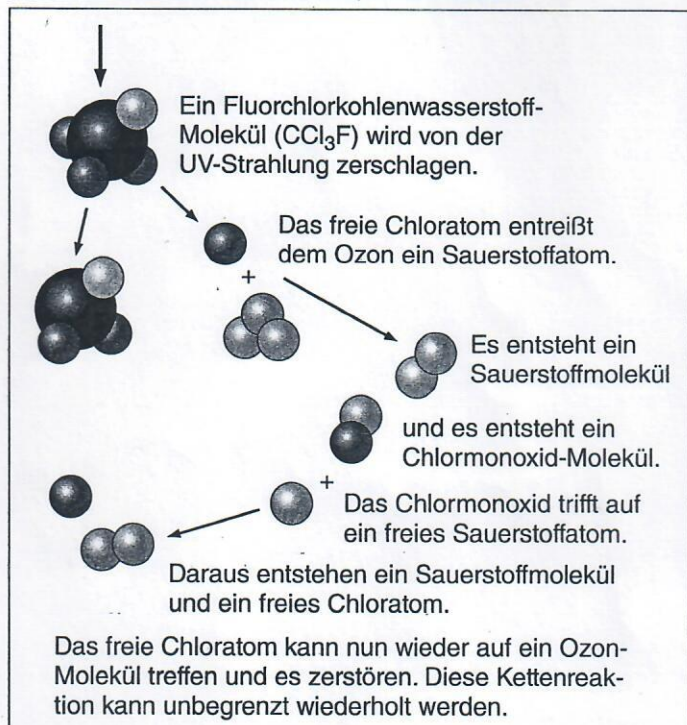
M2: Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)

Fluorchlorkohlenwasserstoffe wurden bis in die 1970er Jahre vor allem als Kühlmittel in Kühlschränken und als Treibgas für Spraydosen benutzt. Die Gase reagieren in der Stratosphäre mit dem dort vorhandenen Ozon. Das Ozon wird dabei aufgespalten; es entstehen verschiedene chemische Verbindungen und die Ozonmenge in der Stratosphäre nimmt ab. Ein einzelnes Chloratom kann bis zu 100 000 Ozonmoleküle zerstören.

Heute werden FCKW in vielen Ländern gar nicht mehr verwendet, da man ihre Gefährlichkeit kennt – aber die FCKW, die in den letzten Jahrzehnten in die Luft abgegeben wurden, sind jetzt noch auf ihrem langsamen Weg in die obere Atmosphäre; sie können dort 65 bis 130 Jahre lang ihr Zerstörungswerk fortsetzen.

Quelle: nach <http://www.was-ist-das-ozonloch.de/> Abrufdatum: 01.12.2013

M3: Der Zerstörungsprozess von Ozon. Quelle: Eigene Darstellung nach <http://www.was-ist-das-ozonloch.de/html/ozon3.html>; Abrufdatum: 30.09.2013



M4: Das Ozonloch über der Antarktis

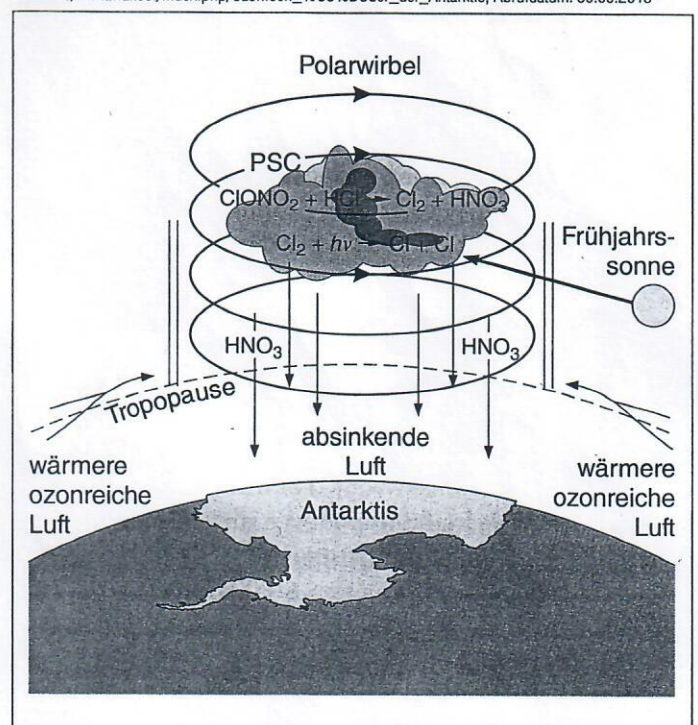
Die Ozonkonzentration der schützenden Ozonschicht, die sich in 20 bis 35 Kilometer Höhe befindet, verringert sich seit Beginn der 1980er Jahre vor allem über der Antarktis, Australien und Neuseeland; seitdem wird das Ozonloch saisonal jeweils im Winter bzw. Frühjahr über der Südpolarregion beobachtet. Mitte der 1990er Jahre kam es auch über der Nordpolarregion zu erheblichen Ozonverlusten, die 2011 erstmals zu einem Ozonloch führten.

Im Winter (Mai bis August) kühlt die Luft über der Antarktis wegen fehlender Sonnenstrahlung stark ab. Dadurch bildet sich in der Stratosphäre ein extrem starker Windwirbel um die Antarktis herum, der verhindert, dass ozonreiche Luft aus den niedrigen Breiten herangeführt werden kann.

Unter den tiefen Temperaturen der Polarnacht sammeln sich Chlorverbindungen und es bilden sich Wolken aus Eiskristallen und Stickoxidkristallen, die dann durch die UV-Strahlung im Polarfrühling gespalten werden: Es entstehen Chlor-Radikale. Die Stickoxide fangen normalerweise einen Großteil vom Chlor ab, das aus dem zerschlagenen FCKW entsteht. Dadurch, dass die Stickoxide in den Wolken gebunden sind, kann sich immer mehr Chlor in Form von Chlormonoxidmolekülen ansammeln. Wenn die Frühjahrssonne über den Polen zurückkehrt, beginnen sie sofort mit der Zerstörung von Ozonmolekülen. Die rapide Ozonzerstörung verlangsamt sich, sobald die Sonne die Wolken aus Eis- und Stickoxidkristallen schmilzt und die Stickoxide wieder frei werden.

Quelle: nach http://www.awi.de/de/entdecken/klicken_lernen/haeufige_fragen/klima_und_atmosphaere/wie_entsteht_das_ozonloch_ueber_der_antarktis/ http://www.greenpeace.de/themen/klima/klimawandel/artikel/und_was_hat_der_klimawandel_mit_dem_ozonloch_zu_tun/ Abrufdatum: 01.12.2013

M5: Das Ozonloch über der Antarktis. Quelle: Eigene Darstellung nach: http://wiki.bildungsserver.de/klimawandel/index.php/Ozonloch_%3C3%BCber_der_Antarktis; Abrufdatum: 30.09.2013

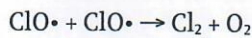


M6: Zerstörung der Ozonschicht chemisch betrachtet

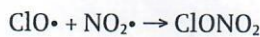
In der Stratosphäre werden FCKW durch die energiereiche Strahlung der Sonne so gespalten, dass Chloratome entstehen, die mit den Ozonmolekülen zu Sauerstoffmolekülen und Chloroxidradikalen reagieren.

Aus den Chloroxidradikalen entstehen durch das Reagieren mit weiteren Ozonmolekülen wieder molekulare Sauerstoff- und Chloratome. Die Chloratome wirken beim Ozon-Zerstörungsprozess als Katalysatoren: Sie setzen eine Reaktion in Gang und gehen unverändert aus der Reaktion wieder hervor. Hierdurch können die einzelnen Chloratome im Schnitt 100 000 Ozonmoleküle zerstören, bis es per Zufall zu einer Abbruchreaktion kommt.

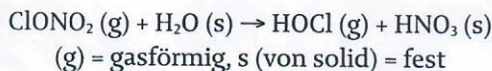
Zu einer Abbruchreaktion kommt es dann, wenn zwei Radikale miteinander reagieren und sogenannte Reservoirspezies bilden:



Am Südpol finden in der Stratosphäre auch Abbruchreaktionen mit Stickstoffoxiden bzw. deren Radikalen statt:



Die entstehenden Verbindungen sind bei den tiefen Temperaturen und der Abwesenheit von Licht in der Polarnacht relativ stabil, sodass die Konzentration an Reservoirspezies beträchtlich zunimmt. Einige dieser Stoffe verflüssigen sich und gefrieren sogar in der Stratosphäre: Es entstehen polare Stratosphärenwolken (Polar Stratospheric Clouds, PSC), die für die Zerstörung der Ozonschicht von großer Bedeutung sind. Die Reaktionen an den PSC-Partikeln vernichten nahezu das gesamte Chlornitrat im Umfeld der Stratosphärenwolken und legen dadurch die Grundlage für seine Umwandlung in Chlornitradikale. Hinzu kommt, dass größere PSC-Partikel im Winter absinken und dabei nahezu vollständig Salpetersäure aus der Ozonschicht entfernen. Das ist deswegen problematisch, weil unter normalen Bedingungen aus Salpetersäure unter Einwirkung von Sonnenstrahlung Stickstoffdioxid entsteht und über die Reaktion mit Stickstoffdioxid Chlormonoxid in das Reservoirmolekül Chlornitrat eingebaut wird. An den Kristallen der PSC laufen nun Reaktionen ab, bei denen Stickstoffoxide aus der Luft in die Kristalle übergehen, sodass nur die weitaus aggressiveren Chlorverbindungen in der Luft bleiben:



Wenn zum Ende der Polarnacht die Sonne aufgeht, werden diese Chlorverbindungen vom UV-Licht gespalten, sodass plötzlich sehr viele freie Chlornitradikale zur Verfügung stehen, welche die Ozonmoleküle zerstören.

Die energiereichen ultravioletten Strahlen der Sonne können bei einer Ausdünnung der Ozonschicht ungehindert die Stratosphäre passieren.

Quelle: nach <https://chemiezauber.de/inhalt/basic-4-kl-910/halogenalkane/das-ozonloch.html>, Abrufdatum: 01.12.2013

M7: Welche Folgen hat die Ozonzerstörung?

Ultraviolette Strahlung, die nicht mehr von der Ozonschicht abgeschirmt wird und bis zur Erdoberfläche vordringt, schädigt alles Leben. Beim Menschen greift die ultraviolette Strahlung Haut und Augen an. Wenn der Ozongehalt um ein Prozent abnimmt, wird die Anzahl der Hautkrebsfälle vermutlich um 5 Prozent zunehmen, weil die Sonne unsere Haut viel schneller verbrennt.

In Australien, wo die Ozonzerstörung deutlich ihre Wirkung zeigt, ist Hautkrebs bereits heute ein wichtiges Thema: Schon Kinder lernen die Devise „slip, slap, slop“: „slip“ = schlüpf in ein Hemd und lasse keine Hautpartien direkt von der Sonne bescheinen, „slap“ = setz einen Hut auf, um die Augen und den Kopf zu schützen, „slop“ = benutze Sonnenschutzcreme gegen ultraviolette Strahlung.

Die ultraviolette Strahlung schädigt auch Pflanzen; Experten befürchten die Verringerung von Ernteerträgen, sodass es in einigen Teilen der Welt zu Hungersnöten kommen kann. Ein weiteres Problem ist, dass das Phytoplankton in den obersten Meeresschichten abstirbt. Das Phytoplankton entnimmt bei der Photosynthese eine große Menge von Kohlendioxid aus dem Meer, das aus der Luft ersetzt wird. Kohlendioxid spielt eine bedeutende Rolle beim Treibhauseffekt und der Erwärmung der Atmosphäre.

Quelle: nach <http://www.was-ist-das-ozonloch.de/> Abrufdatum: 01.12.2013

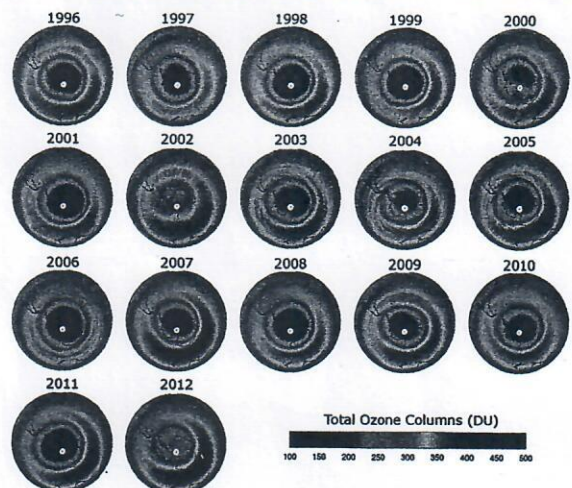
M8: Gibt es eine Rettung für die Ozonschicht?

Wie schnell sich das Ozonloch auf natürliche Weise wieder schließt, ist nicht klar. Die NASA geht davon aus, dass über der Antarktis im Jahr 2068 der Zustand vor der Ausdünnung wiederhergestellt sein wird. Die Weltorganisation für Meteorologie schätzt, dass sich die Ozonschicht über der Antarktis in den nächsten 20 Jahren nur unwesentlich erholen wird und zwischen 2060 und 2075 der Zustand von vor 1980 wiederhergestellt ist.

Über der Arktis ist in kalten Wintern der nächsten 15 Jahre mit größeren Ozonverlusten zu rechnen; der Zustand von vor 1980 wird voraussichtlich bis 2050 wieder erreicht.

Quelle: nach http://www.greenpeace.de/themen/klima/klimawandel/artikel/und_was_hat_der_klimawandel_mit_dem_ozonloch_zu_tun/ Abrufdatum: 01.12.2013

M9: Das Ozon über der Antarktis von 2001 bis 2012. Quelle: BIRA/IASB



GEOGRAPHIE AKTUELL