

## Treibhauseffekt und Ozonloch

### Filmkommentar

---

#### **Die Sonnenstrahlung**

**(1:40 min)**

Treibhauseffekt, Globale Erwärmung, Ozonloch: Schlagworte, die wir immer wieder hören.

Was genau verbirgt sich hinter diesen Phänomenen?

Verursacht der Treibhauseffekt das Ozonloch oder umgekehrt?

Haben sie überhaupt etwas miteinander zu tun?

Bringen wir Licht in die Angelegenheit:

Alle Lebewesen auf der Erde nutzen jeden Tag die Energie des Sonnenlichtes, um zu leben und zu wachsen. Licht bewegt sich in elektromagnetischen Wellen fort. Diese sind unterschiedlich lang. Je kürzer die Wellenlänge, desto höher die Energie der Strahlung.

Unser Auge kann nur einen bestimmten Bereich der Sonnenstrahlung sehen. Doch auch unsichtbare Bereiche, wie die ultraviolette Strahlung, die UV-Strahlung, können wir wahrnehmen: Wenn wir etwa zu lange in der Sonne liegen und einen Sonnenbrand bekommen.

Die UV-Strahlung wird in drei Bereiche unterteilt:

Die UV-A-Strahlung gelangt relativ ungehindert zur Erdoberfläche. Sie ist für uns kaum gefährlich.

Die energiereichere UV-B-Strahlung wird in der Erdatmosphäre größtenteils abgeschwächt. Nur noch ca. 10 Prozent der Strahlung erreichen die Erdoberfläche. Sind wir der UV-B-Strahlung längere Zeit ausgesetzt, bekommen wir einen Sonnenbrand und das Hautkrebs-Risiko steigt.

Die besonders kurzwellige und sehr schädliche UV-C-Strahlung wird in der Atmosphäre fast vollständig herausgefiltert und kann nicht bis zur Erdoberfläche durchdringen.

#### **Die Ozonschicht**

**(2:20 min)**

Wo in der Atmosphäre wird der schädliche UV-Anteil der Sonnenstrahlung herausgefiltert und wie funktioniert das?

Die Erdatmosphäre setzt sich aus unterschiedlichen Schichten zusammen. Die unterste Schicht bezeichnen wir als Troposphäre. Hoch über den Wolken folgt die Stratosphäre.

Hier, in einer Höhe von 20 bis 30 Kilometern, stoßen wir auf eine besondere Schicht – die Ozonschicht. In ihr konzentrieren sich etwa 90 Prozent des gesamten atmosphärischen Ozons.

Was aber ist Ozon?

In der Stratosphäre trifft die besonders energiereiche UV-C-Strahlung auf Sauerstoffmoleküle und spaltet sie in einzelne Atome. Diese Sauerstoffatome sind sehr reaktionsfreudig und können mit anderen Sauerstoffmolekülen zu Ozonmolekülen weiterreagieren.

Die Bindungskräfte innerhalb von Ozonmolekülen sind geringer als die innerhalb von Sauerstoffmolekülen. Schon bei der Aufnahme von UV-B-Strahlung können sie wieder zerfallen. Daher wird nie der gesamte Sauerstoff in der Atmosphäre in Ozon umgewandelt. Es besteht ein natürlicher Kreislauf.

Auf diese Weise filtert die Ozonschicht die UV-C-Strahlung, sowie einen Großteil UV-B-Strahlung, aus der Sonnenstrahlung heraus. Lediglich die energieärmere UV-A-Strahlung kann ungehindert zur Erdoberfläche gelangen. Höher kommen wir mit unserem Wetterballon leider nicht.

### **Der natürliche Treibhauseffekt**

**(3:00 min)**

Ohne die Atmosphäre hätten wir auf unserem Planeten eine Durchschnittstemperatur von minus 18 Grad Celsius. Tatsächlich beträgt die durchschnittliche Oberflächentemperatur der Erde aber plus 15 Grad Celsius. Dies verdanken wir einem Phänomen, das vereinfacht mit der Funktionsweise eines Treibhauses verglichen wird. Man spricht auch vom natürlichen Treibhauseffekt.

Das Licht der Sonne passiert auf seinem Weg zum Erdboden unsere Atmosphäre. In der Ozonschicht werden die UV-C-Strahlung und ein Großteil der UV-B-Strahlung herausgefiltert.

Die UV-A-Strahlung und die sichtbare Strahlung hingegen gelangen relativ ungehindert zur Erdoberfläche. Nur ein gewisser Teil wird an hellen Oberflächen, wie zum Beispiel den Wolken, reflektiert und zurückgeworfen. Die Erdoberfläche nimmt die kurzwellige UV-A-Strahlung auf und gibt sie in Form von langwelliger Wärmestrahlung – der Infrarotstrahlung – wieder ab. Doch so einfach wie die Strahlung in die Troposphäre gelangt ist, kommt sie nicht mehr heraus. Dafür sorgen die sogenannten Treibhausgase.

Deren Moleküle sind zwar durchlässig für kurzwellige Sonnenstrahlung, für langwellige Infrarotstrahlung allerdings nicht. Sie nehmen diese auf und strahlen anschließend wieder Wärmestrahlung in alle Richtungen ab – auch zurück zur Erde. Diese Gegenstrahlung erwärmt die Atmosphäre zusätzlich.

Die fünf wichtigsten der natürlich vorkommenden Treibhausgase sind:

Wasserdampf, Kohlenstoffdioxid, Ozon, Lachgas und Methan.

Das bedeutendste Treibhausgas ist Wasser – H<sub>2</sub>O – in Form von Wasserdampf. Es trägt mit circa 66 Prozent zum natürlichen Treibhauseffekt bei.

CO<sub>2</sub>, Kohlenstoffdioxid, das etwa bei Vulkanausbrüchen, Waldbränden und Stoffwechselprozessen von Menschen und Tieren freigesetzt wird, macht etwa 22 Prozent aus.

Das Ozon der Ozonschicht hat keinen Einfluss auf den Treibhauseffekt. Aber in geringer Konzentration bildet sich Ozon – O<sub>3</sub> – auch in der Troposphäre – zum Beispiel bei Waldbränden – und ist mit rund 6 Prozent am natürlichen Treibhauseffekt beteiligt.

Die übrigen Anteile entfallen auf Lachgas – N<sub>2</sub>O – und Methan – CH<sub>4</sub>.

## **Der anthropogene Treibhauseffekt**

**(4:20 min)**

Dank des natürlichen Treibhauseffektes herrscht bei uns auf der Erde eine lebensfreundliche Durchschnittstemperatur von 15 Grad Celsius. Seit einigen Jahrhunderten greift der Mensch jedoch in das natürliche System der Erderwärmung ein und sorgt für einen künstlich verstärkten Treibhauseffekt. Wir bezeichnen diesen als anthropogenen Treibhauseffekt, nach dem altgriechischen Wort *ánthropos* für Mensch.

Die fünf häufigsten vom Menschen in die Troposphäre gebrachten Treibhausgase sind: Kohlenstoffdioxid, Methan, Lachgas, FCKW und Ozon.

Kohlenstoffdioxid wird insbesondere durch die Brandrodung großer Waldflächen freigesetzt. Ebenso durch das Verbrennen fossiler Rohstoffe. Mit circa 66 Prozent leistet Kohlenstoffdioxid den größten Beitrag zum anthropogenen Treibhauseffekt.

Im Verdauungstrakt von Wiederkäuern wird das Treibhausgas Methan gebildet, welches die Kuh nahezu im Minutentakt auf dem einen oder anderen Weg verlässt. Aber auch beim Nassreisanbau, auf Mülldeponien oder in Klärwerken, sowie beim Verbrennen fossiler Energieträger wird Methan erzeugt. Methan-Moleküle sind in der Troposphäre zwar nicht so häufig vertreten wie Kohlenstoffdioxid-Moleküle, besitzen allerdings ein höheres Treibhauspotenzial: Ein einziges Methan-Molekül trägt so stark zur globalen Erwärmung bei wie etwa zwanzig CO<sub>2</sub>-Moleküle.

Das Treibhausgas Distickstoffmonoxid – auch Lachgas genannt – gelangt insbesondere durch Düngung (in der Landwirtschaft) in die Atmosphäre. Lachgas hat sogar ein rund 300 mal höheres Treibhauspotenzial als Kohlenstoffdioxid.

Fluorchlorkohlenwasserstoffe, oder kurz FCKW, bilden eine Gruppe von ähnlich aufgebauten Molekülen. Sie werden allein vom Menschen produziert und kommen anders als die anderen Treibhausgase nicht von Natur aus in der Atmosphäre vor. Früher dienten sie zum Beispiel als Treibmittel in Sprühdosen.

Seit 2010 sind die Herstellung und der Einsatz von FCKW-Gasen weltweit verboten, weil sie neben ihrer Treibhauswirkung auch die Ozonschicht zerstören. FCKW-Gase sind extrem langlebig. Ihr Treibhauspotenzial entspricht sogar dem bis zu 14.000fachen von Kohlenstoffdioxid.

Auch die Treibhauswirkung von bodennahem Ozon hat durch den Menschen an Bedeutung gewonnen. Autos blasen Stickstoffdioxid-Moleküle in die Atmosphäre, welche durch Sonnenstrahlung in Stickstoffmonoxid-Moleküle und Sauerstoff-Atome gespalten werden. Dieser atomare Sauerstoff verbindet sich mit molekularem Sauerstoff wiederum zu Ozon-Molekülen.

Ozon wirkt bei uns Menschen schleimhautreizend. Besonders an heißen Sommertagen wird daher manchmal vor zu hohen Ozonwerten gewarnt.

Diese durch den Menschen produzierten Treibhausgase sorgen dafür, dass zusätzlich zum natürlichen Treibhauseffekt noch mehr Wärmestrahlung in der Atmosphäre gehalten wird.

Das führt zu einem weltweiten Anstieg der Durchschnittstemperaturen und zu schwerwiegenden Veränderungen für Mensch und Umwelt – wie zum Beispiel der Verschiebung von Klimazonen.

## **Das Ozonloch**

**(2:10 min)**

In den 1980er Jahren haben Forscher festgestellt, dass sich die Ozonschicht über der Antarktis so stark ausgedünnt hatte, dass man erstmals von einem „Ozonloch“ sprach. Schuld an dessen Entstehung war und ist vor allem die Gruppe der langlebigen Fluorchlorkohlenwasserstoffe, kurz: FCKW.

Gelangen Fluorchlorkohlenwasserstoff-Moleküle, in die Ozonschicht, werden sie durch die energiereiche UV-B-Strahlung der Sonne gespalten. Dadurch werden hoch reaktive Chlor-Atome freigesetzt. Sie verstärken den Ozonabbau um ein Vielfaches. Denn: Ein Chlor-Atom kann bis zu 100.000 Ozonmoleküle spalten, ohne dabei selbst verbraucht zu werden. Je stärker die Sonneneinstrahlung, desto mehr Ozon wird in der Stratosphäre gebildet. Über dem Äquator ist die Sonneneinstrahlung und somit auch die Ozonbildung besonders hoch. Überschüssiges Ozon und auch FCKW werden über globale zirkulierende Windsysteme in Richtung der Pole transportiert.

Aufgrund der sehr unterschiedlichen Land-Wasser-Verteilungen auf beiden Erdhalbkugeln, bildet sich in den kalten Wintermonaten jedoch über der Antarktis ein riesiger, stabiler Kaltluftwirbel.

Dieser isoliert ozonreiche Luftmassen in seinem Inneren und blockiert die Zufuhr weiterer, ozonhaltiger Luft aus den Tropen: Die perfekten Ausgangsbedingungen für einen ungebremsten Ozonabbau durch die FCKW-Gase. Erst im antarktischen Frühjahr, wenn der Kaltluftwirbel schwächer wird und frische ozonhaltige Luft aus den Tropen nachströmt, kann sich das Ozonloch wieder schließen.

Auch das weltweite FCKW-Verbot zeigt Wirkung: die Ozonschicht erholt sich langsam. Trotzdem wird es noch viele Jahrzehnte dauern, bis die langlebigen FCKW-Gase in der Stratosphäre vollständig abgebaut sein werden.

### ***Treibhauseffekt und Ozonloch: Eine Gegenüberstellung*** **(1:50 min)**

Treibhauseffekt und Ozonloch sind zwei sehr unterschiedliche Phänomene.

Durch ein Ozonloch kann die schädliche UV-C- und UV-B-Strahlung der Sonne ungefiltert bis zur Erdoberfläche gelangen. Das Hautkrebsrisiko steigt.

Vom Treibhauseffekt hingegen spricht man, wenn sich die Erdatmosphäre dank der in ihr enthaltenen Treibhausgase erwärmt. Die von der Sonne entsendete kurzwellige UV-A-Strahlung und das sichtbare Licht werden vom Erdboden aufgenommen und in Form von langwelliger Wärmestrahlung wieder abgegeben. Die Treibhausgas-Moleküle nehmen diese Wärmestrahlung auf und geben sie anschließend wieder in alle Richtungen ab. Die Wärme bleibt so etwas länger in der Troposphäre erhalten und die Temperaturen steigen an.

Doch trotz dieser Unterschiede haben beide Phänomene zumindest eine Gemeinsamkeit:

Sowohl Ozon, als auch die ozonabbauenden FCKW sind Treibhausgase und spielen bei beiden Phänomenen eine wichtige Rolle.

Für Ozon kann man deshalb zusammenfassen: Oben „hui“, da es uns vor der aggressiven UV-Strahlung schützt. Und unten „pfui“, da es hier den Treibhauseffekt verstärkt und beim Einatmen unsere Atemwege schädigt.

Wie stark der anthropogene Treibhauseffekt und das Ozonloch unser Leben auf der Erde in Zukunft beeinflussen werden, bleibt offen. Können wir den Ausstoß von Treibhausgasen und Ozonkillern weiter senken oder sogar ganz verhindern?