



Ozon

Ozon (O_3) ist ein essenzieller, gasförmiger Bestandteil der Erdatmosphäre – und dies in zweifacher Hinsicht. Einerseits ist Ozon in bodennahen Luftschichten schädlich und als «Sommersmog» für Atemwegsbeschwerden verantwortlich. Andererseits fungiert Ozon in der Stratosphäre zwischen 10 und 50 km Höhe als Schutzschild und absorbiert die für Menschen, Tiere und Pflanzen schädliche UV-Strahlung fast vollständig. Ohne diese Schutzwirkung wären alle heutigen Lebensformen auf der Erde undenkbar.

Ozon hatte sich schon Jahrtausende vor der Entstehung des Lebens auf diesem Planeten gebildet und nach und nach in unterschiedlichen Höhen ausgebreitet. Diese Ozonschichten stabilisierten sich und befanden sich in einem dynamischen Gleichgewicht, im Einklang mit dem jeweiligen Klimazyklus.

Doch zu Beginn der 1980er-Jahre stellte man erstmals einschneidende Veränderungen der Ozonschicht-Messwerte über dem Südpol fest. Die Ozonschicht war dort primär durch langlebige anthropogene Substanzen wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) nachweislich geschädigt worden. Diese gasförmigen Verbindungen wurden damals als Treibgas in Spraydosen bzw. Kältemitteln in Kühlsystemen sowie im Rahmen industrieller Prozesse eingesetzt. Die nachgewiesenen Zusammenhänge zwischen anthropogener Aktivität und globaler Beeinträchtigung des atmosphärischen Gleichgewichts waren die ersten deutlichen Vorzeichen des durch Menschenhand verursachten Klimawandels. Die Erkenntnis, dass die Ozonschicht infolge ihrer Schädigung allmählich dünner wird und die Gefahr ihrer Zerstörung besteht, führte 1987 zur Unterzeichnung des Montreal-Protokolls. Das Protokoll samt seiner nachträglichen Anpassungen untersagt die Verwendung von Substanzen, die zum Abbau der Ozonschicht führen.

Die Ozonschicht schützt die Erde nicht nur vor der Sonneneinstrahlung, sondern ist auch ein starkes Treibhausgas. Für den Klimawandel spielt sie somit eine grosse Rolle. Die langfristige Überwachung der Ozonschicht ist daher von grösster Wichtigkeit.

Ozonmessungen in der Schweiz

Die Messung der Ozonsäule in der Schweiz hat eine langjährige Tradition: Bereits 1926 fanden erste Messungen in Arosa statt. Als Unterzeichnerin des Montreal-Protokolls hat sich die Schweiz zur Durchführung regelmässiger Ozonmessungen verpflichtet. Mit dieser Aufgabe wurde MeteoSchweiz betraut.



Abbildung 1
Spektrophotometer des Typs Brewer zur Messung der Sonneneinstrahlung auf der Terrasse der Messstation Arosa

Das Ozonmessprinzip basiert auf der Absorption der Sonneneinstrahlung durch die Ozonschicht in der Stratosphäre. Dabei trifft ein Strahlenbündel im Spektrophotometer auf ein Prisma (Geräte des Typs Dobson) oder ein Beugungsgitter (Geräte des Typs Brewer), das das Licht in seine Spektralfarben («Regenbogenfarben») zerlegt. Aus den Messwerten bestimmter UV-Wellenlängen lässt sich die Ozonmenge berechnen, welche die gemessene Strahlung in der Stratosphäre durchquert hat. Derzeit kommen sechs Geräte zur Messung der Ozonsäule zum Einsatz: drei des Typs Brewer (Abbildung 1) und drei des Typs Dobson (Abbildung 2). Die damit generierten Daten sind redundant und ermöglichen einen präzisen und zuverlässigen Nachweis der Veränderungen der Ozonschicht.





Abbildung 2
Spektrophotometer des Typs Dobson zur Messung der Sonneneinstrahlung in Ozonsäulen

Messtation Payerne

Ausgehend von den Daten der Messtation Arosa (und seit 2019 Davos) lassen sich die totale Ozonmenge in der atmosphärischen Säule über der Messtation Payerne sowie die Ozonkonzentration in Abhängigkeit von der Höhe bestimmen. In der Messtation Payerne kommen bei MeteoSchweiz zwei alternative Messmethoden zur Erstellung der Ozonprofile zum Einsatz: Zum einen werden In-situ-Ozonprofilmessungen mittels Ballonsonden (Abbildung 3), zum anderen Fernmessungen mittels Mikrowellen-Radiometrie (Abbildung 4) durchgeführt. Dreimal pro Woche wird in Payerne eine Ozonsonde zusammen mit den aerologischen Wetterballonengestartet. Letztere erfassen das jeweilige Temperatur- und Feuchteprofil, den Luftdruck sowie die Windstärke und -richtung. Mit der Ozonsonde lässt sich zusätzlich auch ein Vertikalprofil der Ozonmenge erstellen. Diese Methode kommt seit 1968 regelmässig zum Einsatz. Die so erstellten Ozonprofile geben Aufschluss über die vertikale Verteilung des Ozons – bis zur jeweiligen Höhe (rund 30-35 km), in welcher der Wetterballon platzt.



Abbildung 3
Start einer aerologischen Ballonsonde zur Messung des Ozonprofils und der meteorologischen Parameter

Um die Ozonverteilung in höheren stratosphärischen Schichten zu erfassen und regelmässig zu dokumentieren, kommt seit dem Jahr 2000 eine neue Messmethode in Payerne zum Einsatz: Mittels Mikrowellen-Radiometrie wird die von den Ozonmolekülen abgegebene Energie gemessen. So lässt sich rund um die Uhr ein stündliches Ozonprofil erstellen, anhand dessen die täglichen Ozonschwankungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Höhe ersichtlich sind.



Abbildung 4
Das Mikrowellen-Radiometer SOMORA misst die vertikale Verteilung des Ozons über Payerne

Durch die Kombination dieser Messmethoden lässt sich ein Vertikalprofil des Ozongehalts vom Boden bis zu einer Höhe von 65 km erstellen. Gleichzeitig lassen sich auch dessen Schwankungen im Tagesverlauf verfolgen.

Analyse der Ozonmessungen

Die Analyse der Ozonsäulen- und Ozonprofil-Messserien gibt Aufschluss über Langzeit-Entwicklungen der Ozonmengen (Erstellung von Prognosen). So lässt sich der durch FCKW verursachte Abbau der Ozonschicht im Zeitraum 1980–2000 genauso quantifizieren wie die Stabilisierung der Ozonschicht in den darauffolgenden Jahren. Ebenso lassen sich Temperaturschwankungen in den einzelnen Schichten der Erdatmosphäre mit den gemessenen Ozonschwankungen korrelieren und umgekehrt.

Die permanente Messung der Ozonmengen über Payerne ermöglicht auch die Entdeckung kleiner Ozonlöcher: Diese lassen sich während einiger Stunden oder einiger Tage dort beobachten.

Weiterführende Informationen
www.meteoschweiz.ch

