

WIE MAN KLIMAGASE MISST

BESTIMMUNG DER MENGE AN TREIBHAUSGASEN IN DER ERDATMOSPHERE

Die im Jahr 1958 vom amerikanischen Chemiker Charles David Keeling (1928–2005) auf dem Vulkan Mauna Loa (Hawaii) begonnene Messreihe, die den Anstieg der Konzentration des Treibhausgases Kohlenstoffdioxid (CO_2) in der Luft zeigt, ist als „Keeling-Kurve“ berühmt geworden (siehe Seite 69). Seit Beginn dieser Messungen ist der Kohlenstoffdioxid-Anteil der Erdatmosphäre über dem Mauna Loa von weniger als 320 ppm auf über 410 ppm angestiegen (parts per million, also die Zahl von CO_2 -Molekülen pro einer Million Teilchen in der Luft)¹⁾. Zur Zeit der Industrialisierung, als die CO_2 -Konzentration der Atmosphäre noch etwa 280 ppm betrug, ist der Kohlenstoffdioxidgehalt durch die Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Öl und Gas also bereits um fast die Hälfte angestiegen – und leider geht der Anstieg trotz weltweiter Bekenntnisse zum Klimaschutz immer noch ungebremst weiter.

Doch die Keeling-Kurve wirft immer wieder Fragen auf: Wie genau wird eigentlich die CO_2 -Konzentration in der Luft gemessen? Wie groß sind dabei die Unsicherheiten? Wird der Wert der CO_2 -Konzentration nur auf dem abgelegenen Mauna Loa bestimmt? Und wie sieht es mit anderen Treibhausgasen wie Methan und Lachgas aus? Dieser Beitrag versucht, auf diese wichtigen Fragen eine Antwort zu geben.

Direkte CO_2 -Messung in der Atmosphäre

Für die Messung der Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Luft macht man sich genau den physikalischen Effekt zunutze, der auch für die Treibhauswirkung dieses Gases verantwortlich ist: die Absorption von Infrarotlicht (Wärmestrahlung) durch die Kohlenstoffdioxid-Moleküle. Dazu wird die vorher in einer Kältefalle getrocknete Umgebungsluft langsam in einen Zylinder mit zwei Fenstern an den Enden gepumpt (Bild 1). Durch das eine Fenster wird Infrarotstrahlung in den Zylinder (und damit durch die darin enthaltene Luft) geschickt. Die Infrarotstrahlung wird dann am anderen Ende hinter dem zweiten Fenster von einem Infrarotdetektor aufgefangen, wobei mit einem Filter der Wellenlängenbereich ausgewählt wird, in dem CO_2

absorbiert. Wäre die Luft frei von CO_2 , würde die von der Infrarot-Lichtquelle am anderen Ende ausgehende Strahlung folglich ungeschwächt am Detektor ankommen.

Da die Atmosphäre aber CO_2 enthält, wird die Infrarotstrahlung je nach Kohlenstoffdioxidgehalt der Luft mehr oder weniger stark abgeschwächt, so dass die gemessene Strahlungsintensität in eine Kohlenstoffdioxid-Konzentration übersetzt werden kann. Dazu muss das Instrument allerdings laufend kalibriert werden, indem stündlich verschiedene Referenzgase mit bekannter CO_2 -Konzentration in das Messinstrument gepumpt werden. Zusätzlich werden die Messwerte regelmäßig mit unabhängigen Messungen, die auf anderen Methoden basieren oder von anderen Laboratorien durchgeführt wurden, verglichen. Aus diesen Vergleichen kann eine maximale Ungenauigkeit der Messungen von etwa 0,2 ppm abgeschätzt werden. Die Messungen sind also auf jeden Fall genau genug, um den oben diskutierten Anstieg zweifelsfrei nachzuweisen.

Das globale Netzwerk der WMO

Obwohl langlebige Treibhausgase wie CO_2 durch die atmosphärische Zirkulation gut durchmischt werden, wäre eine Messung der Kohlenstoffdioxid-Konzentration in der Luft allein auf dem Mauna Loa sicherlich nicht repräsentativ für den globalen Mittelwert: Die anthropogenen Emissionen erfolgen ja nicht überall auf der Erde in gleicher Intensität, und auch die natürlichen Quellen und Senken von

CO_2 sind nicht gleichmäßig verteilt. Die Zusammensetzung der Luft wird jedoch in vielen Ländern der Welt in einem von der World Meteorological Organization (WMO) koordinierten Netzwerk gemessen (Bild 2). In Deutschland wird so zum Beispiel auch die Kohlenstoffdioxidkonzentration der Luft an mehreren Orten und in verschiedenen Höhen gemessen, unter anderem am Meteorologischen Observatorium Hohenpeißenberg. Aus den Daten der vielen Stationen im globalen Netzwerk kann dann ein globaler Mittelwert für die CO_2 -Konzentration errechnet werden. Das globale Mittel des gemessenen Kohlenstoffdioxid-Anteils der Atmosphäre zeigt exakt den gleichen Anstieg wie die Mauna-Loa-Daten, die Absolutwerte liegen aber etwa 3 ppm unter den auf Hawaii gemessenen Werten.

Zusätzlich zu den bodengebundenen Messungen stehen seit einiger Zeit auch Messdaten von Satelliten in der Erdumlaufbahn zur Verfügung. Als Beispiel sind in Bild 3 CO_2 -Messungen des Satelliten Orbiting Carbon Observatory 2 (OCO-2) aus dem Herbst des Jahres 2014 gezeigt, der die Kohlenstoffdioxid-Konzentration aus der Abschwächung des von der Erdoberfläche reflektierten Sonnenlichts in für CO_2 charakteristischen Wellenlängenbereichen bestimmt. Diese Messungen können nicht nur die unvermeidlichen Lücken zwischen den bodengebundenen Messstationen füllen, sondern erlauben auch ein detailliertes Bild der regionalen und zeitlichen Veränderungen von Kohlenstoffdioxid-Quellen und -Senken.

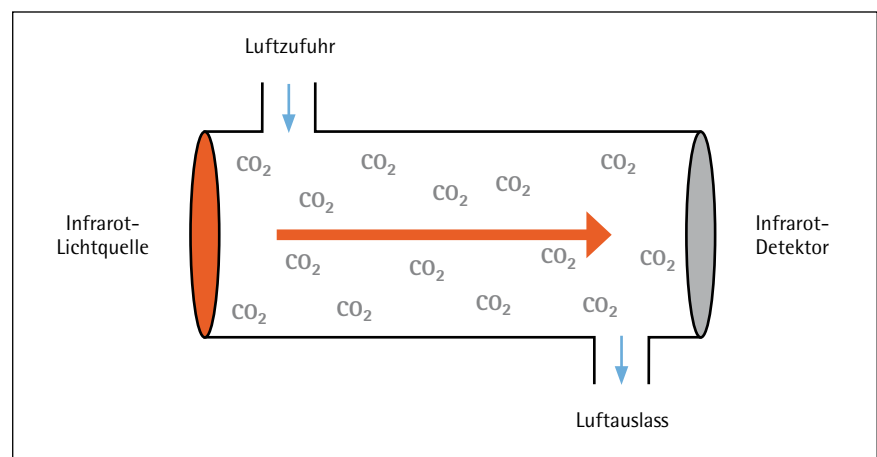


Bild 1: Grundprinzip der direkten CO_2 -Messung in der Atmosphäre

Graphik: Georg Feulner

