

Beobachtung der Fieberkurve des Kohlendioxid



1. Mace Head - Atmosphären-Beobachtung an der irischen Atlantik-Küste - Photo: Tim Lueker, SIO

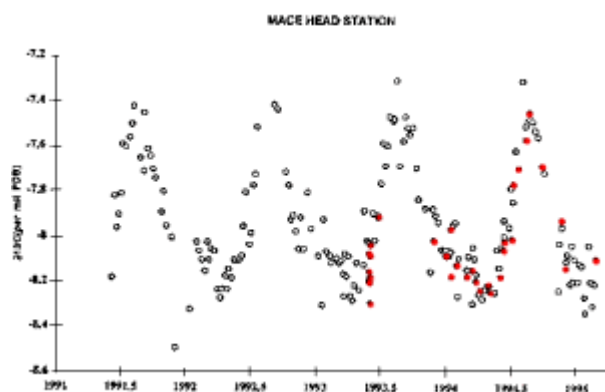


Messungen in Mace Head

An der Westküste Irlands, am Nordende der Galway Bay finden wir an einem einsamen Ort in der Landschaft ein kleines Häuschen. Es könnte wohl das Zuhause eines Schäfers sein, ist aber voll gepackt mit Instrumenten, die der Atmosphärenforschung dienen. Hier wird Kohlendioxid sowohl kontinuierlich gemessen als auch in Einzelproben, die wöchentlich in 2L oder 2,5L Glassbehältern für die externe Analyse genommen werden.



2. Die Forschungs-Station Mace Head: Die ACCENT Partner-Universität Galway und verschiedene internationale Teams betreuen hier sowohl stetige Atmosphären- und Spurengasmessungen, führen aber auch zeitlich begrenzte Feldmesskampagnen durch.



3. Vergleich von CO₂ Werten in Proben, die unabhängig voneinander in Mace Head gesammelt und dann in Boulder (offene Kreise) und in Frankreich (ausgefüllte rote Kreise) analysiert wurden.

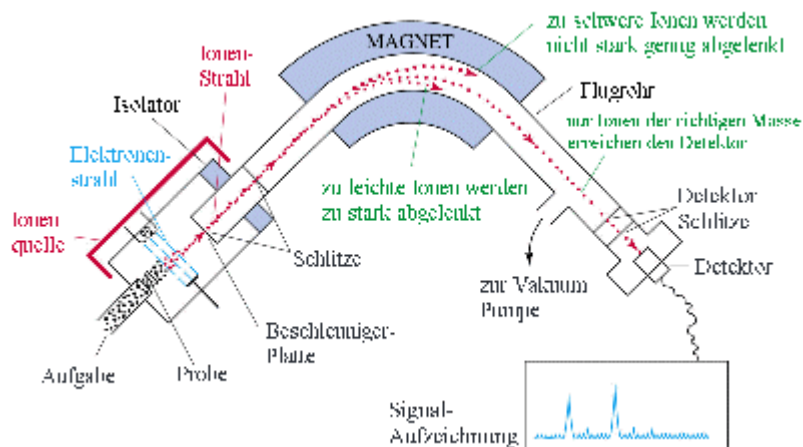
Die Kohlendioxid-Konzentration wird im NOAA (Nationales Zentrum für Ozean- und Atmosphärenforschung der USA) in Boulder, Colorado, kalibriert und mit Hilfe von Gaschromatographen gemessen. In diesem sogenannten Referenz-Labor werden Vergleiche mit anderen Laboren weltweit angestellt. Weitere Proben aus Mace Head werden in einem französischen Labor mittels Massenspektrometrie untersucht. Die irische Station ist Teil des sogenannten Global Atmosphere Watch Netzwerkes, das atmosphärische Daten weltweit erfasst: Mischungsverhältnisse von Kohlendioxid, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Distickstoffmonoxid

(Lachgas) u.a..

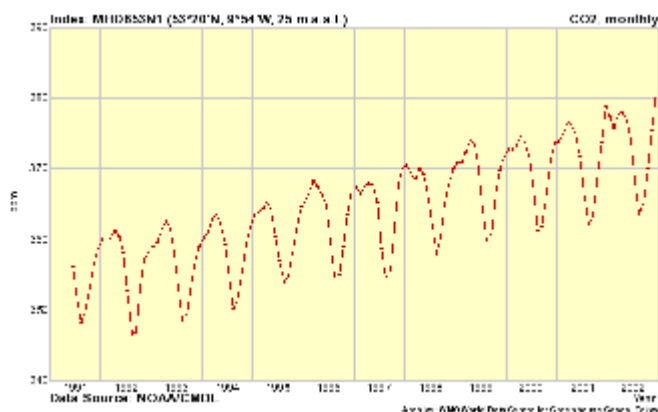
4. Klassische

Massenspektrometrie

Die Massenspektrometrie ist eine Methode, Moleküle verschiedener Masse durch Trennung in einem elektrischen Feld zu analysieren. Durch Elektronenbeschuss wird aus den Molekülen ein Elektron herausgeschlagen, so dass sie positiv geladen sind. Die geladenen Moleküle (Ionen) passieren ein elektrisches Feld, in dem sie entsprechend ihrer Masse abgelenkt werden und auf einen Detektor treffen oder aber auf die Wände des Felderzeugenden Geräteblocks prallen. Durch eine Veränderung der Feldstärke können verschiedene Massen getrennt und detektiert werden.



Massenspektrometer, Originalquelle: University of Wisconsin

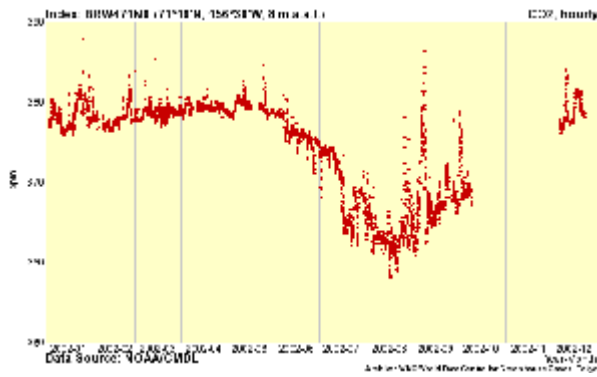


5. Monatlich gemessene CO₂ Mischungsverhältnisse in Mace Head © Global Atmosphere Watch



Was hat einen Einfluss auf die CO₂ Konzentration?

Grundsätzlich breitet sich Kohlendioxid weltweit relativ gleichmäßig aus und die Mischungsverhältnisse an verschiedenen Orten unterscheiden sich nur um einige Millionstel Anteile (ppm = parts per million). Sehr genaue Daten jedoch werden durch lokale Quellen oder Senken von CO₂ beeinflusst. So wird z.B. in großen Städten und Kraftwerken eine Menge des Treibhausgases emittiert. Mace Head liegt direkt am Ozean. Hier kann Phytoplankton (Algen) Kohlendioxid aufnehmen und nach dem Absterben einen Teil mit zum Meeresgrund nehmen. Während der Wachstumszeit sind auch die großen Wälder Senken für CO₂ und wandeln es in Biomasse um.



6. Stündliche Messungen des CO₂ Mischungsverhältnisses im Jahr 2002 in Barrow (Alaska). © NOAA, Global Atmosphere Watch

Ziehen wir solche Faktoren und menschliche Einflüsse in Betracht, so beobachten wir, dass CO₂ Werte einer jahreszeitlichen Schwankung unterliegen. Es kann aber auch zu kurzzeitigen 'Störungen' kommen, wie die hoch aufgelösten Messungen der Station Barrow (Alaska) links zeigen.

Gerard Spain ist Wissenschaftler in Mace Head und antwortete auf unsere Frage, wie es ermöglicht werden kann, dass bei den wöchentlichen Probenahmen nur reine Luft ohne Störungen (sogenannte 'Hintergrund-Luft') gemessen wird.

"Die Behälter-Proben werden in der Regel nur unter den Bedingungen reiner Hintergrund-Luft genommen. Sollte einmal keine Hintergrund-Luft genommen werden, so geschieht dies, um ein Beispiel für Festlands Luft (z.B. aus den Industrieregionen Europas) zu haben oder einfach, um eine große Lücke in der Datenaufzeichnung zu vermeiden. In beiden Fällen wird dies notiert und die Proben werden nicht zur Ermittlung des Hintergrundwertes herangezogen.

Um zu vermeiden, dass zufällig verschmutzte Luft gesammelt wird, werden die Wetterberichte und die Trajektorien-Vorhersagen berücksichtigt (dies sind Vorausberechnungen, wo die Luft her kommt), um geeignete Tage für die Probenahme auszuwählen. Außerdem messen wir viele Spurengase und Partikel in der Luft in Echtzeit oder nahezu Echtzeit. Diese können als Maßstab dienen, wie 'sauber' eine Luftmasse ist. Schließlich werden Rück-Trajektorien (Computer-Berechnungen über den Ursprung der Luftmassen) herangezogen um zu ermitteln, aus welchen Quellgebieten die Luft kam. Hierdurch kann zusätzlich abgesichert werden, dass es sich um Hintergrund-Luft handelt."



Gerard Spain ist Wissenschaftler in Mace Head



Probleme der analytischen Wissenschaft

Woran müssen wir als Wissenschaftler denken, wenn es darum geht CO₂ Mischungsverhältnisse zu messen? Einige Regeln guter Analytik sind auch für die Experimente in der Schulklasse wichtig.

Sammlung:

Die meisten Fehler werden bei der Probenahme gemacht. Proben sollten z.B. nicht direkt in einer Abgas-Fahne genommen werden. Stellt euch vor, ihr messt den CO₂ Wert in Eurer Klasse am Ende der Schulstunde. Welches Ergebnis im Vergleich mit Reingluft im Feld wäre zu erwarten?

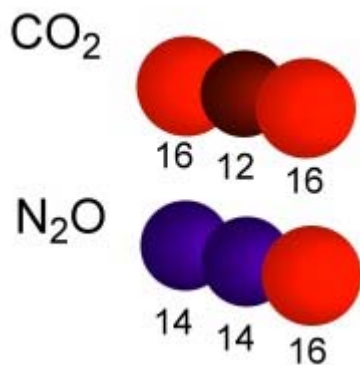
Wir müssen überlegen, ob der Ort der Probenahme typisch für die Region ist und ob der hier gemessene Wert wohl auch an anderen Orten in der weiteren Umgebung gültig ist. Zeigt eine Substanz starke jahreszeitliche Schwankungen oder gar einen Tagesgang, so können wir aus nur einer Probe im Jahr oder Monat keine Rückschlüsse ziehen.



7. Hier versuchen Forscher mit einer Zweig-Küvette die Aufnahmerate der Bäume für Kohlendioxid zu ermitteln (Messung in Hyytiälä / Finnland). Dies ist jedoch weit unsicherer als den relativ stabilen CO₂ Wert in Hintergrund-Luft zu bestimmen.
Quelle: Universität Helsinki

Verunreinigung:

Ist das Sammelgefäß sauber und frei von Rückständen älterer Proben? Gefäße sollten evakuiert und/oder gespült werden. Können Substanzen an den Gefäßwänden haften bleiben, wenn die Probe für längere Zeit aufbewahrt wird? Die Luft der Probe darf nicht mit der Laborluft in Berührung kommen, in der das Messgerät steht.



9. Berechne die Massen von CO₂ und N₂O Molekülen. Was ist das Problem bei der Trennung nach Molekülmasse in einem einfachen Massenspektrometer?
Bild: Elmar Uherek

Vergleichsprobe (Referenz):

Kohlendioxid wird mit einer anderen kalibrierten Probe verglichen, der Referenz. Die Zusammensetzung der Referenzprobe könnte sich über längere Zeit verändern. Die Referenz muss sauber hergestellt worden sein.

Messgerät:

Ist das Messgerät hinreichend genau? Können z.B. CO₂ und N₂O (beide sind stabile Treibhausgase) gleichzeitig mit einem einfachen Massenspektrometer bestimmt werden?

Wissenschaftler verbringen oft einen erheblichen Anteil ihrer Forschungszeit damit, Techniken zu verbessern und die aufgezählten Fehler zu vermeiden. Heute sind z.T. sehr gute Messgeräte verfügbar, Fehler können aber immer noch schnell durch Leichtfertigkeit bei der Sammlung, Verunreinigung oder Referenzprobleme gemacht werden.

Autor: Elmar Uherek
Max-Planck-Institut für Chemie, Mainz