

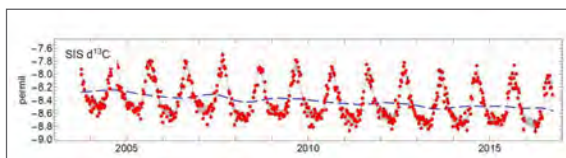
Wissenschaftliche Service Gruppe

Labor für stabile Isotopenanalytik

Das Labor für stabile Isotopenanalytik (BGC-IsoLab) ist auf die Untersuchung von Isotopenverhältnissen in Luft-, Boden-, Wasser- und Pflanzenproben spezialisiert. Bei den Analysen mit Massenspektrometern werden die Proben als reine Gase, wie Kohlenstoffdioxid (CO_2), Stickstoff (N_2), Wasserstoff (H_2) oder Kohlenmonoxid (CO) gemessen. Nach der quantitativen Umwandlung der Proben in Gase, werden diese ionisiert. Die einzelnen Isotopenspezies, wie z.B. $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ und $^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$, können so in einem Magnetfeld voneinander getrennt gemessen werden. Ein Referenzgas und ein Standardgas dienen zum Abgleich, so dass eine sehr genaue Charakterisierung von Isotopenverhältnissen in der Probe möglich ist.

Anwendungen von Stabilen Isotopen

Isotope sind Atome des gleichen Elements mit der gleichen Anzahl an Elektronen und Protonen, aber unterschiedlicher Anzahl an Neutronen. Kohlenstoff hat zwei stabile (nicht radioaktive) Isotope, ^{12}C und ^{13}C , die in der Natur im Verhältnis 98.9% zu 1.1 % vorkommen. Ein weiteres Isotop, welches auf natürliche Weise in der Stratosphäre gebildet wird (^{14}C), ist radioaktiv. Mit einer Halbwertszeit von etwa 5730 Jahren wird es häufig zum Datieren archäologischer Funde genutzt (Radiokarbonmethode). Die unterschiedliche Neutronenzahl führt zu sehr kleinen Gewichtsunterschieden zwischen den schweren (^{13}C) und den leichten (^{12}C) Isotopenspezies. Diese beeinflusst die Reaktionsfreudigkeit in biochemischen, aber auch physikalischen Prozessen. Ein gutes Beispiel dafür ist die Photosynthese. Hierbei nutzen die Pflanzen Licht, um aus CO_2 und Wasser Zucker herzustellen. Die Enzyme, die den Prozess katalysieren,



Langzeit (2003-2017) Kohlenstoffisotopenmessungen (rote Punkte) von Luft- CO_2 an der Shetland Insel Station. Die jährliche Fluktuation erklärt sich durch saisonal variable Photosyntheseraten. Der Langzeittrend (blaue Linie) erklärt sich durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe. (Prof. Martin Heimann, nicht veröffentlichte Daten).

bevorzugen das isotopisch leichtere $^{12}\text{CO}_2$ gegenüber dem isotopisch schwereren $^{13}\text{CO}_2$ -Molekül. Dies führt zu einer Verschiebung in der Häufigkeit der Isotope (Isotopenfraktionierung), so dass das photosynthetisch gebildete organische Material isotopisch leichter (mit ^{12}C angereichert) ist. Alle fossilen Brennstoffe bestehen aus organischem Material, welches in der Vergangenheit durch Photosynthese entstanden ist. Daher entlässt nachweislich das Verbrennen von Öl, Gas und Kohle isotopisch leichtes $^{12}\text{CO}_2$ in die Atmosphäre, welches auch zum Klimawandel beiträgt. Die zusätzlichen jährlichen Schwankungen in der Kohlenstoffisotopie von atmosphärischem CO_2 gehen auf die pflanzliche Aufnahme von CO_2 im Frühling und auf die Freisetzung von CO_2 im Herbst zurück.



Zwei MAT 252 (Thermo Finnigan) Isotopenverhältnis-Massenspektrometer (IRMS), die an haus eigene Probenaufgabesysteme (BGC-Air Trap) gekoppelt sind. Die BGC-Luftfalle trennt das CO_2 von den anderen Luftbestandteilen, konzentriert es auf und leitet es in die Massenspektrometer ein. Diese IRMS Geräte messen die $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ und $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ Verhältnisse von CO_2 in Luft. (Foto: H. Moossen)

Klimatische Veränderungen in der Vergangenheit

Variationen von Isotopensignaturen organischer Moleküle, die in Sedimenten, Böden, Öl und Eiskernen zu finden sind, erlauben es, vergangene Klimaänderungen zu rekonstruieren. Das Wasser (H_2O), welches die Pflanzen für ihr Wachstum nutzen, kommt von Wasserdampf aus der Atmosphäre, der als Regen auf den Boden fällt. Die Isotopie von Wasserstoff (^1H und ^2H) und Sauerstoff (^{16}O , ^{17}O und ^{18}O) des Wassers hängt von verschiedenen Faktoren wie Temperatur, Regenmenge und Längen- sowie Breitengrad ab. Veränderungen im Wasserkreislauf beeinflussen somit die Isotopensignatur des Wassers, das die Vegetation aufnimmt. Die dadurch veränderte Isotopie beispielsweise in Blattwachsen aus Sedimenten kann



genutzt werden, um Veränderungen im Wasserkreislauf zu rekonstruieren.

Isotope von Atmosphärenbestandteilen

Das BGC-IsoLab hat sich auf die Analyse der Isotopenverhältnisse von atmosphärischem CO₂ (¹³C und ¹⁸O) und CH₄ (¹³C und ²H) spezialisiert. Eigens für die Messung von CO₂ aus Luft hat das BGC-IsoLab einen Standard basierend auf Karbonaten entwickelt. Mit Phosphorsäure wird das CO₂ aus den Karbonaten herausgelöst und in CO₂-freie Luft gebracht. Dadurch entstehen „Jena Reference Air Set“ Standards, mit deren Hilfe Labore weltweit Ihre Isotopenmessungen standardisieren. Seit 2010 ist das BGC-IsoLab das zentrale Kalibrierlabor für Isotopenmessungen von CO₂ in Luft für die Global Atmosphere Watch (GAW) Gemeinschaft, der auch Messstationen, Datenzentren und Forschungsgruppen angehören.

Seit 2002 zeichnen Wissenschaftler Messreihen von Isotopenverhältnissen von CO₂ und CH₄ an verschiedenen Orten der Welt, z.B. in Sibirien und Namibia, auf. Solche Langzeitstudien über die Isotopenverhältnisse von klimarelevanten Gasen ermöglichen uns, die Auswirkungen des Klimawandels zu studieren.



Sektorfeldmassenspektrometer (MAT 253) mit Doppeleinlasssystem für das Messen von reinem CO₂. (Foto: S. Hejja)

Sauerstoffkonzentration in der Atmosphäre

Mit dem menschengemachten Anstieg der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre geht eine weniger bekannte Abnahme der atmosphärischen Sauerstoffkonzentration einher. Für jedes Kohlenstoffatom, das aus fossilen Brennstoffen verbrannt wird, wird der Atmosphäre ein Molekül Sauerstoff (O₂) entzogen. Allerdings ist die O₂-Konzentrationsveränderung sehr viel schwieriger zu messen als die CO₂ Konzentrationsveränderung, da der Konzentrationshintergrund

von Sauerstoff mit 21 Prozent viel grösser ist, als der von CO₂ mit 0.04 Prozent. Um die benötigte Messpräzession zu erreichen, hat das BGC-IsoLab Messgeräte weiterentwickelt, ein eigenes Probenaufbereitungssystem entwickelt und spezialisierte Standardisierungsprotokolle erarbeitet.



Flask Probenaufgabesystem (BGC-Luftfalle). Hier werden Proben von Messstationen aus aller Welt gemessen. (Foto: A. Schroll)

Portrait des Gruppenleiters

Heiko Moossen leitet seit April 2016 das Labor für stabile Isotopenanalytik „BGC-IsoLab“. Er hat Chemie an der Carl von Ossietzky Universität in Oldenburg (Deutschland) studiert und anschließend an der University of Glasow (UK) promoviert. Während seiner Doktorarbeit untersuchte er das Paläoklima des Nordatlantiks im Holozän. Danach baute er das organisch geochemische Labor an der University of Birmingham auf und arbeitet dort also Post-Doktorand und Laborleiter. Sein Interesse gilt der vielfältigen Anwendung von stabilen Isotopen, unter anderem für die Klimarekonstruktion.

Kontakt

Dr. Heiko Moossen

Tel: +49 (0)3641 57 6400

E-Mail: heiko.moossen@bgc-jena.mpg.de

Web: https://www.bgc-jena.mpg.de/service/iso_gas_lab/

