

Grundlagen der Stabilisotopenanalyse

Pflanzen und Tiere bestehen überwiegend aus Wasserstoff (H), Kohlenstoff (C), Sauerstoff (O) und Stickstoff (N) sowie zu geringen Teilen aus Schwefel (S). Diese Elemente gibt es in verschiedenen stabilen und nicht stabilen (radioaktiven) Formen, genannt Isotope. Die Isotope eines Elements haben unterschiedliche Atomgewichte. Die schwereren kommen eher selten vor. Die leichten sind wesentlich (um mehrere 10er-Potenzen) häufiger anzutreffen.

Das Verhältnis der stabilen Isotope eines Elementes untereinander ist relativ konstant. Die sehr geringen Schwankungen dieser Verhältnisse gestatten unter bestimmten Bedingungen Aussagen über regionale Herkunft, Pflanzenfamilie, Düngung und Fütterung. Es gibt sogar ein patentiertes Verfahren, das es ermöglicht, Pflanzen oder Tiere mit einer spezifischen Isotopensignatur auszustatten. Dadurch kann die Rückverfolgbarkeit bis zum Erzeuger oder Hersteller sichergestellt werden.

Wasserstoff und Sauerstoff –verbunden über das Wasser– enthalten über ihr Isotopenverhältnis einen Hinweis auf ihre regionale Herkunft. Erklären kann man sich das folgendermaßen. Wasser, das schwerere Isotope enthält, verdampft um einen winzigen Prozentsatz schwerer und regnet dafür leichter aus Wolken ab. Das führt aufgrund der unterschiedlichen mittleren Jahrestemperatur zu einem Süd-Nord-Gefälle. Nach Norden nimmt der Anteil Wasser mit schwereren Isotopen ab. Gleichzeitig findet man ein Gefälle in der Hauptwindrichtung, in der sich die Regenwolken bewegen. Das ist für die Nordhalbkugel der Erde von West nach Ost. Zum Osten wird der Anteil schwererer Isotope stetig geringer. Die unterschiedlichen Verdunstungsraten bebauter und forst- oder landwirtschaftlich genutzter Flächen sowie die Form der Landschaft (Berge, Täler etc.) und die unterschiedliche Höhe über Normal-Null beeinflussen ebenfalls die Anteile der Isotope untereinander.

Der Anteil der Isotope des Kohlenstoffs wird überwiegend durch spezifische Stoffwechselvorgänge in den Pflanzen beeinflusst. Das Klima und die Zusammensetzung der Luft wirken sich in geringem Maße ebenfalls aus. So kann Rohrzucker leicht von Rübenzucker unterschieden werden. Es gibt zum Teil deutliche Unterschiede zwischen Aromen, die direkt aus Pflanzen gewonnen wurden und solchen, die chemisch oder mikrobiologisch synthetisiert wurden.

Der Stickstoff-Wert wird durch die Art der landwirtschaftlichen Nutzung beeinflusst. Insbesondere die Kreislaufwirtschaft, die in der biologischen Wirtschaftsweise gefordert ist, führt zu einer Erhöhung des Isotopenverhältnisses des Stickstoffs.

Das Isotopenverhältnis des Schwefels hängt unter anderem von den geologischen Eigenschaften des Bodens ab. Die Nähe zum Meer kann sich ebenfalls auf die Schwefelisotopenverhältnisse auswirken.

Die geringen Unterschiede der Isotopenverhältnisse, die sich so im Laufe der Zeit herausbilden, lassen sich aufgrund der Weiterentwicklung der Analysentechnik seit einiger Zeit hinreichend genau und mit vertretbarem Aufwand routinemäßig messen. Daher sind die neuen Analysengeräte nun auch in der Lebensmittel- und Bedarfsgegenständeüberwachung einsetzbar.

Dabei ist wesentlich, dass von den unterschiedlichen Regionen und Rohstoffen Vergleichsmaterialien zur Verfügung stehen. Allerdings können unter Umständen auch im Ausschlussverfahren (Falsifikation) verwertbare Informationen gewonnen werden.

Grundlagen der Stabilisotopenanalyse

Anders als in der sonstigen Analytik gibt es keine wägbaren oder anders messbaren Eichsubstanzen, deren Konzentrationen absolut erfasst werden können. Vielmehr bezieht man sich auf international vereinbarte Materialien (z. B. Wasser oder spezielles Karbonat), die in langwierigen Verfahren eingemessen wurden. Diese Materialien können bei der IAEA (Internationale Atomenergie Agentur) erworben werden.

Zur Vermeidung von Analysefehlern, ist es notwendig, dass bei Probenahme, Transport, Lagerung und Bearbeitung im Labor alles vermieden wird, was zu einer Veränderung der Isotopenverhältnisse führen kann. Beispielhaft seien Verdunstungsvorgänge oder mikrobiologischer Verderb genannt.

Die Messung wird mit Hilfe eines spezialisierten Massenspektrometers durchgeführt. Zu diesem Zweck muss die zu messende Matrix in Gase (H_2 , N_2 , CO , CO_2 , SO_2) umgewandelt werden. Dazu gibt es eine Reihe verschiedener automatisierbarer Verfahren, die der Massenspektrometrie vorgeschaltet sind. Sichere Aussagen werden häufig nur möglich, wenn die Isotope mehrerer Elemente gemessen werden. Das erhöht den Messaufwand inklusive Probenaufarbeitung erheblich. Ein besonderer Vorteil ist, dass verschiedene Stoffe einer Pflanze (allgemein einer Matrix) jeweils bezogen auf ein Isotop definierte Unterschiede der Isotopenverhältnisse untereinander aufweisen. Diese interne Standardisierung macht es schwerer, bei gefälschten Lebensmitteln nachträglich die Anteile der verschiedenen Isotope wieder richtig einzustellen.

Die private Wirtschaft macht regen Gebrauch von den Möglichkeiten der neuen Technik. In der Bundesrepublik sind bisher (Stand: 05'2015) amtliche Laboratorien der Lebensmittel- und Bedarfsgegenständeüberwachung in 4 Bundesländern mit diesen Geräten ausgerüstet.