

ATOMARE FINGERABDRÜCKE

Kompetenz in der Isotopenanalytik
an den Technopolen Tulln und Wieselburg

Das Verhältnis der Isotope eines chemischen Elements wird durch verschiedene natürliche und anthropogene Prozesse beeinflusst. Deswegen sind diese Isotopenverhältnisse häufig charakteristisch für bestimmte Gegenden und die Herkunft von Materialien. Diesen Zusammenhang nutzt man in der Analytik stabiler Isotope, etwa zur Herkunftsbestimmung von Lebensmitteln. In Niederösterreich ist an mehreren Standorten Kompetenz auf diesem Gebiet konzentriert.

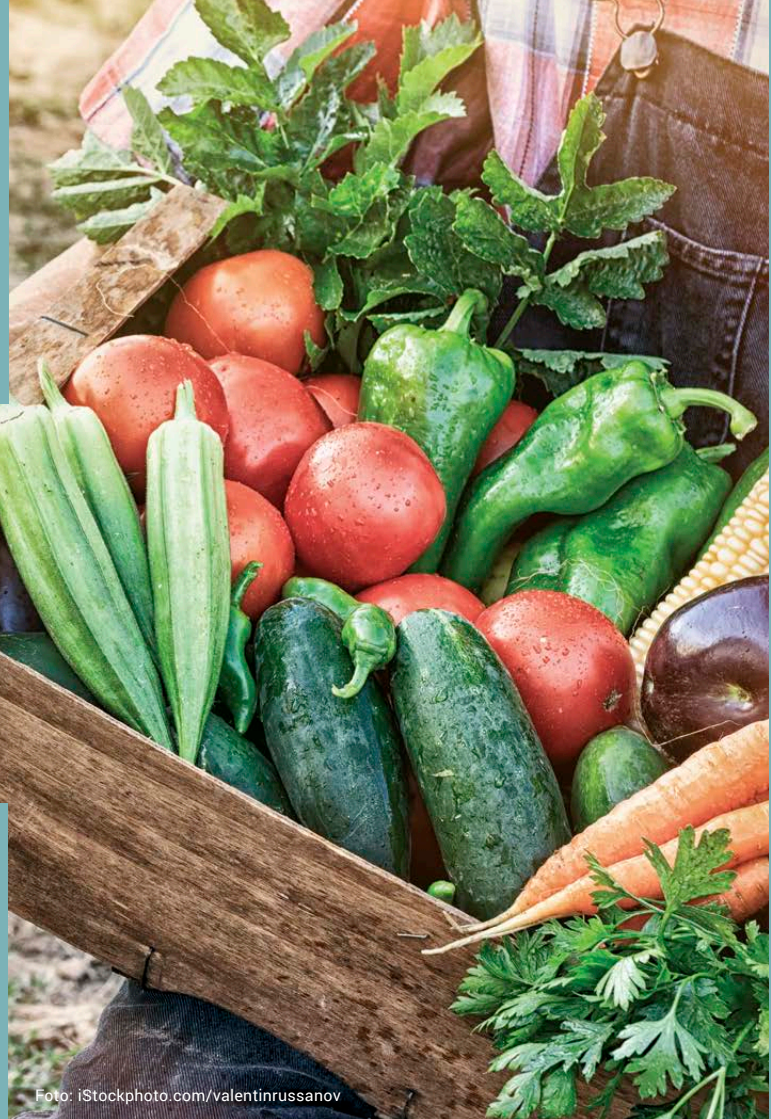


Foto: iStockphoto.com/valentinrussanov

94 chemische Elemente kommen natürlich auf der Erde vor. Jedes Element ist durch eine bestimmte Anzahl von Protonen (Kernladungszahl) eindeutig festgelegt, die auch seiner Nummer im Periodensystem (der Ordnungszahl) entspricht. Die Atomkerne vieler Elemente können aber bei gleicher Protonenzahl eine unterschiedliche Zahl an Neutronen enthalten und sich daher in ihrer Masse unterscheiden. Atome des gleichen Elements, die eine unterschiedliche Zahl an Neutronen aufweisen, nennt man Isotope.

Viele Isotope sind nicht stabil, sondern zerfallen unter Abgabe von Strahlung, man nennt sie radioaktiv. Die meisten Elemente besitzen aber auch mehrere stabile Isotope in charakteristischen Mengenverhältnissen („Mischelemente“). Chemisch gesehen ähneln einander die Isotope eines Elements stark, es treten aber Unterschiede in einigen physikalischen Eigenschaften auf, etwa bei Dichte, Schmelz- und Siedepunkt der Verbindungen des betreffenden Elements. Dadurch wird das Isotopenverhältnis im Zuge geologischer, meteorologischer, hydrologischer, biologischer und anthropogener Prozesse verändert.

Diesen Umstand nutzt die Stabilisotopenanalytik, um derartige Prozesse zu untersuchen und die Entstehungsgeschichte von biogenen und nicht-biogenen Materialien, beispielsweise von Lebensmitteln, nachzuvollziehen.

Dabei werden verschiedene Isotopensysteme zur Analyse herangezogen: Leichte Elemente wie Wasserstoff und Sauerstoff für die Untersuchung von Wasser und meteorologischen Prozessen, Kohlenstoff für biologische Vorgänge, Stickstoff für ökologische Zusammenhänge, Schwefel für die Untersuchung der Auswirkungen industrieller Prozesse. Das Verhältnis schwerer Isotope wie Strontium oder Blei wird meist von den geologischen Bedingungen an einem Standort bestimmt. ■

EIN ELEMENT, VERSCHIEDENE ISOTOPE

Wie man mit Isotopenanalytik natürliche Prozesse verfolgen kann

Symbolschreibweise für Isotope

INFO

Isotope werden mit dem chemischen Zeichen des Elements (H für Wasserstoff, O für Sauerstoff usw.) bezeichnet. Diesem Zeichen wird die hochgestellte Massenzahl (also die Summe aus Protonen und Neutronen) vorangestellt, in der sich die einzelnen Isotope unterscheiden. Beispiele:

^{12}C : Isotop des Elements Kohlenstoff mit 6 Protonen und 6 Neutronen, die Massenzahl ist daher 12

^{13}C : Isotop des Elements Kohlenstoff mit 6 Protonen und 7 Neutronen, die Massenzahl ist daher 13

MESSEN UND WÄGEN

Instrumente der Isotopenanalytik

Foto: iStockphoto.com/davidf

Zur Bestimmung der Isotopen-Zusammensetzung gibt es eine Reihe von verfügbaren Technologien. Am gebräuchlichsten sind unterschiedliche Methoden der Massenspektrometrie, die sich primär durch ihre Ionisierungsquelle unterscheiden. Dabei werden Atome der untersuchten Elemente (bei der induktiv gekoppelten Plasma-Massenspektrometrie, englisch inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS) oder gasförmige Moleküle der Elemente C, O, H, N und S (bei der Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie, englisch isotope ratio mass spectrometry, IRMS) ionisiert und nach ihrer Masse aufgetrennt. Diese Techniken können mit verschiedenen Systemen zur Probenaufbereitung (z.B. Laserabtragungssystem zur direkten Analyse von Feststoffen) und zur Auftrennung unterschiedlicher chemischer Verbindungen (z.B. Chromatographie) direkt gekoppelt werden. Neben der Massenspektrometrie kommen auch Methoden der Laserspektroskopie zur Anwendung, die Unterschiede in den Molekülschwingungen zwischen leichteren und schwereren Isotopen nutzen.

An verschiedenen wissenschaftlichen Einrichtungen in Niederösterreich stehen unterschiedliche Geräte und methodisches Know-how zur Verfügung:

► AIT
Austrian Institute of Technology, Tulln:
IRMS, Laserspektroskopie

► BOKU-Department für Chemie, Tulln:
ICP-MS, Laserabtragungs-ICP-MS

► BLT Wieselburg: IRMS

► Wassercluster Lunz: IRMS,
gekoppelt mit Gaschromatographie

INFO

Woher sind die Marillen?

Sind die am Markt angebotenen Marillen wirklich aus der Wachau, wie der Händler behauptet? Stammt der französische Rotwein tatsächlich aus jener Region, die am Etikett angegeben ist? Ist der Marchfeldspargel wirklich im Marchfeld gewachsen? Derartige Fragen beschäftigen Konsumenten und Aufsichtsbehörden. Doch vielfach ist es schwierig, einen analytischen Nachweis zu führen, der auch vor Gericht standhält. Die Stabilisotopenanalytik kann hier Lösungen anbieten, wenn es einen natürlichen oder anthropogenen Prozess gibt, der ein für eine Region charakteristisches Isotopenverhältnis ergibt.

Wasser (Molekülformel H_2O) besteht zum überwiegenden Teil aus den Isotopen ^1H und ^{16}O . Daneben kommen in wesentlich kleineren Anteilen auch das Wasserstoff-Isotop Deuterium (^2H) und die Sauerstoff-Isotope ^{17}O und ^{18}O vor. Durch die Bildung aller möglichen Kombination dieser Isotope ergeben sich neun verschiedene Molekülvarianten, die sich in ihren Siede- und Schmelzpunkten unterscheiden. Prozesse wie Verdunsten, Kondensieren, Gefrieren oder Schmelzen, wie sie im Wettergeschehen vorkommen, verändern daher die Isotopenzusammensetzung des Wassers.

„Schwere Isotope regnen zuerst ab. Je weiter eine Wolke in den Kontinent hineinzieht, desto mehr reichern sich leichtere Isotope im Niederschlag an“, erklärt Stefan Wyhlidal vom AIT. Im Gebirge nimmt aufgrund der geringeren Temperaturen in höheren Lagen der Anteil der schweren Isotope mit wachsender Höhe ab. Aus demselben Grund gibt es jahreszeitliche Unterschiede in der Isotopenzusammensetzung des Niederschlags. Auch klimatische Veränderungen nehmen deswegen Einfluss auf das Isotopenverhältnis.

Aus den so entstehenden Isotopenverhältnissen lassen sich zum einen Anteile von Grund-, Niederschlags- und Oberflächenwässern berechnen. Beispielsweise kann mithilfe der Isotopenanalyse bestimmt werden, welches Einzugsgebiet ein Grundwasserkörper oder eine Quelle besitzt, wie „alt“ das Wasser ist und ob es sich daher zur Trinkwasserversorgung eignet. Zum anderen finden sich die Isotopen-Signaturen des Wassers auch in Pflanzen und Tieren wieder, die das Wasser einer bestimmten Region aufgenommen haben. ■

WAS DER REGEN ERZÄHLT

Meteorologische Prozesse beeinflussen die Isotopenverhältnisse

Holz aus Österreich?

Nicht nur bei Lebensmitteln ist es wichtig, ihre Herkunft aus einer bestimmten geographischen Region nachvollziehen zu können. Auch beim Werk- und Baustoff Holz kommt es mitunter zu Betrug bei der Herkunftsbezeichnung und zum Import illegaler Tropenhölzer. Ein Beispiel ist die nicht deklarierte Einfuhr von Nadelhölzern, um sie einer Inspektion auf Pflanzenschädlinge zu entziehen. Auch für diesen Zweck können die Isotopenmuster einiger Elemente herangezogen werden. In Frage kommen etwa die Systeme Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff, Schwefel und Strontium, mit denen Information aus Wetterverhältnissen, biologischen Prozessen und geologischem Untergrund miteinander verknüpft werden können.

INFO



ÜBER BERG UND TAL

Isotopenverhältnisse enthüllen
geologische Information

In den Isotopenverhältnissen von schweren Elementen steckt oft viel an geologischer Information. Beispielsweise kann man beim Element Blei anhand der Isotopenverteilung nachweisen, aus welcher Art von Erz es gewonnen wurde. „Französischer Wein lässt sich gut aufgrund des Verhältnisses der Blei-Isotope charakterisieren“, erzählt Thomas Prohaska von der Abteilung für Analytische Chemie der BOKU.

Besonders aussagekräftig ist das Isotopensystem Strontium. ^{87}Sr entsteht in der Natur aus dem radioaktiven Element Rubidium. Je älter ein Gestein ist, desto höher ist daher der Anteil an diesem Strontium-Isotop. Auch hier untersucht man also das Verhältnis stabiler Isotope und keineswegs das berühmte radioaktive Strontium-Isotop ^{90}Sr . Abhängig vom Gesteinsuntergrund weisen Boden und Wasser einer bestimmte Gegend und damit auch die dort wachsenden Pflanzen ein charakteristisches Verhältnis der stabilen Strontium-Isotope auf.

Prohaska ist federführend bei der Erstellung einer Strontium-Isotopenlandkarte für Österreich („Isoscape Austria“), an der im Rahmen eines vom Wissenschaftsministerium geförderten „Sparkling Science“-Projekts auch Schüler aus ganz Österreich mitwirken. Dabei wird verschiedenen Landschaftsräumen ihr jeweils charakteristisches Strontium-Isotopenverhältnis zugeordnet. Auf diese Weise können pflanzliche Materialien (beispielsweise landwirtschaftliche Produkte oder Holz) mit Hilfe des charakteristischen Sr-Fingerabdrucks einer Region zugeordnet oder Wanderungen von Tieren und Menschen nachvollzogen werden.

Das Isotopensystem Schwefel kann für verschiedene Arten von Untersuchungen herangezogen werden. Einerseits wird es durch Mikroorganismen fraktioniert und kann daher zur Erforschung ökologischer Zyklen dienen. Andererseits werden Schwefelverbindungen durch industrielle Prozesse freigesetzt, die aus Schwefelquellen bestimmter Isotopenzusammensetzung stammen. Daher kann das Isotopensystem ein guter Tracer für anthropogene Einflüsse sein. ■

Pflanzen nehmen aus ihrer Umgebung Wasser und Nährstoffe auf. Dadurch ist die Isotopenzusammensetzung der Elemente, die in ihnen zu finden sind, ein Spiegelbild der Verhältnisse des Standorts.

Schwieriger sind die Zusammenhänge bei Tieren. Welche Isotope man in tierischen Materialien findet, hängt stark von den verwendeten Futtermitteln und deren Herkunft ab. Dennoch ist es zum Beispiel möglich, eine Isotopenlandkarte von Rindfleisch zu zeichnen: „Das Wasser, das die Tiere trinken, kommt selten von weit her“, sagt Micha Horacek, Isotopenspezialist am BLT Wieselburg.

Am BLT Wieselburg gibt es zwei wichtige Anwendungsfelder dieser Zusammenhänge: Die Kontrolle der geographischen Herkunft von Lebensmitteln und die Sicherstellung von Qualität und Echtheit: „Direktsäfte oder Traubenmost dürfen nicht mit Wasser verdünnt werden“, so Horacek. Ist dies dennoch erfolgt, ist es im Isotopenmuster sichtbar. Für die Kontrolle von Wein werden jedes Jahr Referenzproben gezogen und am BLT Wieselburg analysiert (EU-Weindatenbank). „Damit existiert die Datengrundlage, um einen verdächtigen Wein mit Daten aus derselben Region und vom selben Jahrgang abgleichen zu können“, so Horacek weiter.

Rebecca Hood-Nowotny vom Austrian Institute of Technology (AIT) wendet die Isotopenanalytik auf Fragestellungen aus Umwelt und Landwirtschaft an. So konnte etwa die Kohlenstoffaufnahme von Pflanzen untersucht werden, wenn bestimmte Düngemittel zum Einsatz kamen. Ebenso ließ sich die Effizienz der Sterilisation von Schadinsekten überprüfen. Die ^{13}C -Signatur lässt sich aber auch dazu verwenden, den Abbau der Kontamination eines Bodens zur verfolgen oder die Sicherheit einer Mülldeponie zu kontrollieren. ■

ALLES LEBEN IST CHEMIE

Biologische Prozesse beeinflussen die Isotopenverhältnisse

Milch, Safran, Sesamöl **INFO**

Manche Länder exportieren mehr Safran als sie produzieren. Mithilfe der Isotopenanalytik lässt sich nachweisen, ob einem Gewürz aus Spanien nicht etwa Ware aus dem Iran beigemischt wurde. Eine Zuordnung nach Herkunftsländern gelang aber auch bei Sesamöl und Kaffeebohnen. Selbst tierische Lebensmittel sind einer Analyse zugänglich. So konnte eine Studie zeigen, dass Tiroler Milch tatsächlich von Kühen stammte, die in den Tiroler Bergen gegrast und getrunken hatten.





GROSSER FISCH FRISST KLEINEN FISCH

Von Gehörsteinen und
aquatischen Nahrungsketten

Manchmal spielen Prozesse im Gestein, im Wasser und in Lebewesen so zusammen, dass man mit Hilfe der Analytik stabiler Isotope auch komplizierte Herkunftsgeschichten entschlüsseln kann. Ein Beispiel dafür ist die Bildung von Gehörsteinen, die im Ohr von Fischen dem Hör- und Gleichgewichtssinn dienen. Solche Gehörsteine wachsen vom Embryonalstadium des Fisches an Schicht für Schicht von innen nach außen und bauen dabei neben Calcium auch dessen Begleiter Strontium ein. Da die Isotopenverteilung von Strontium aber sehr spezifisch für das Gestein einer bestimmten Region ist, kann anhand der Schichten des Gehörsteins die gesamte Lebensgeschichte des Fisches rekonstruiert werden: „Wir können bestimmen, wo der Fisch geschlüpft ist, wo er aufgewachsen ist und wo er am Ende seines Lebens gelebt hat“, sagt Thomas Prohaska, der gemeinsam mit Andreas Zitek am BOKU-Standort Tulln eine Methode zur schichtweisen Analyse von Gehörsteinen entwickelt hat.

„Großer Fisch frisst kleinen Fisch, kleiner Fisch frisst noch kleineren Fisch“, so beschreibt der Volksmund mit treffsicherer Intuition die aquatische Nahrungskette, an deren Spitze der Mensch selbst, an deren unteren Ende hingegen das Zooplankton steht. Martin Kainz, Arbeitsgruppenleiter am Wassercluster Lunz, verwendet die Isotopenverhältnisse verschiedener Elemente, um derartige Nahrungsketten zu analysieren: Der Anteil des Kohlenstoff-Isotops ^{13}C gibt etwa Auskunft über die Herkunft der Kohlenstoffverbindungen, die in der Nahrungskette weitergegeben werden. Mittels des Stickstoff-Isotops ^{15}N lässt sich bestimmen, an welcher Stufe der Nahrungsmittelkette ein Organismus steht, Deuterium (^2H) dient der Herkunftsbestimmung von Wasser. Mit diesem Instrumentarium kann das Team um Kainz beispielsweise untersuchen, welche Fettsäuren in der Fischzucht bei welcher Ernährung erzeugt werden und welche Auswirkungen das auf die menschliche Ernährung hat. ■

TECHNOPOLE TULLN & WIESELBURG



Am Technopol Campus Tulln wird international anerkannte Spitzenforschung zu biotechnischen Verfahren im Pflanzen-, Tier- und Umweltbereich betrieben. Kernthemen sind Lebensmittel- und Futtermittelsicherheit, Umweltbiotechnologie, nachhaltige Nutzung biologischer Ressourcen, Holz- und Naturfasertechnologien sowie bioaktive Substanzen.

Die am Technopol Wieselburg ansässigen Einrichtungen betreiben anerkannte Spitzenforschung auf den Technologiefeldern Biomasse, Bioenergie, Energiesysteme, Agrar- und Lebensmitteltechnologie sowie Wasserwirtschaft. Schwerpunkthemen sind beispielsweise Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Landtechnik, Lebens- und Futtermittel sowie Wasserhaushalt.

Der Lebensmittel Cluster Niederösterreich ist die Informations-, Service- und Anlaufstelle für die gesamte Wertschöpfungskette der Lebensmittelbranche in Niederösterreich – von der Landwirtschaft über die verarbeitenden Betriebe bis hin zum Handel.

Der Bau.Energie.Umwelt Cluster Niederösterreich ist ein Branchennetzwerk für nachhaltiges Bauen, Sanieren und Wohnen sowie der baulichen Themenbereiche Energieeffizienz und Umwelttechnik in Niederösterreich.

Diese Broschüre ist auch als e-paper erhältlich. Einfach den QR-Code scannen oder herunterladen unter:



www.ecoplus.at/technopol_tulln
www.ecoplus.at/technopol_wieselburg

Ansprechpartner im Überblick

Technopol Tulln:

Universität für Bodenkultur,
Abteilung für Analytische Chemie:

Thomas Prohaska
thomas.prohaska@boku.ac.at

AIT Austrian Institute of Technology:

Rebecca Hood-Nowotny
rebecca.hood@ait.ac.at

Stefan Wyhlidal
stefan.wyhlidal@ait.ac.at

Technopol Wieselburg:

BLT Wieselburg am Francisco-Josephinum:

Micha Horacek
micha.horacek@josephinum.at

WasserCluster Lunz:

Martin Kainz
martin.kainz@donau-uni.ac.at

Impressum:
Herausgeber - Verleger - Verlagsort:
ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH
Niederösterreichring 2 | Haus A | 3100 St. Pölten | Österreich
Für den Inhalt verantwortlich:
ecoplus. Niederösterreichs Wirtschaftsagentur GmbH
Gesamtkonzeption - Redaktion: Josef Brodacz Chemiereport.at
Redaktionelle Leitung: Mag. Georg Sachs
Grafik: Mag. Stefan Pommer

In diesem Druckwerk beziehen sich alle personenbezogenen Aussagen gleichermaßen auf Frauen wie auf Männer, lediglich aus Gründen der Vereinfachung wurde im Text die männliche Form gewählt.



Die Wirtschaftsagentur
des Landes Niederösterreich