

■ Tief ins Glas geschaut

Stabile Isotope verraten viel über Herstellung und Herkunft eines Weins. Spezifische Messungen garantieren die Qualität der edlen Tropfen.

In vino veritas – im Wein liegt die Wahrheit – formulierte einst der römische Gelehrte Plinius der Ältere und meinte damit, dass mancher mit weingeschwängertem Gaumen eher Wahres spricht als nüchtern. Damit es – zumindest in Sachen Weinqualität – nicht erst eines edlen Tropfens bedarf, um die Wahrheit ans Tageslicht zu bringen, arbeiten Aufsichtsbehörden heute auch mit physikalischen Messmethoden. So wollen sie sicherstellen, dass die Verbraucher Weine bekommen, bei denen die Angaben auf dem Etikett auch wirklich zutreffen.

Neben Prüfungen zur Hygiene und zu Belastungen durch Pestizide oder Schwermetalle nehmen die Aufsichtsbehörden deshalb unter die Lupe, ob dem Wein etwa Zucker oder Leitungswasser zugesetzt wurde und ob die geografischen Angaben stimmen. Sensorische Prüfungen – sprich: probieren – und chemische Analytik helfen da nur sehr eingeschränkt weiter. Um solche Fragen zu klären, lassen sich vielmehr die stabilen Isotope von Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff nutzen. Ihre jeweiligen Verhältnisse hängen z. B. vom Standort



Corbis Digital Stock

Edler Tropfen oder Etikettenschwindel? Isotope geben Aufschluss über die wahre Herkunft eines Weins.

einer Weinrebe ab, aber auch von der Rebsorte.

Von den chemischen Elementen Wasserstoff, Sauerstoff und Kohlenstoff gibt es in der Natur stabile Isotope, die jeweils in einem bestimmten Mengenverhältnis zueinander stehen. Sauerstoff tritt dabei in drei stabilen Formen auf: Zu 99,76 Prozent als ^{16}O , ^{18}O kommt auf 0,2 Prozent Anteil, ^{17}O auf 0,037 Prozent. Die beiden stabilen Isotope des Kohlenstoffs sind ^{12}C (Anteil: 98,9 Prozent) und ^{13}C (1,1 Prozent), die des Wasserstoffs sind ^1H (99,99 Prozent) und ^2H (Deuterium; 0,0115 Prozent). Natürliches Wasser zum Beispiel liegt als isotopisches Gemisch aus H_2^{16}O , H_2^{18}O und HDO vor.

Mithilfe der Verteilung der stabilen Isotope von Wasserstoff und Sauerstoff lässt sich z. B. feststellen, aus welcher Gegend ein Wein kommt. Aufgrund ihrer verschiedenen Molekularmassen haben die Wassermoleküle unterschiedliche Dampfdrucke und Diffusionsgeschwindigkeiten. Kommt es zur Verdampfung oder Kondensation, ändert sich deshalb das Verhältnis der Isotopenhäufigkeiten. Verdunstet Wasser z. B. aus einem ausreichend großen

Reservoir, nehmen die schwereren Moleküle im Dampf ab. Im natürlichen Wasserkreislauf wird das verdampfende Meerwasser durch Winde landeinwärts getrieben, regnet dort ab, verdunstet wieder und regnet erneut ab. Durch diesen Kreislauf sinkt der Anteil schwerer Isotope im Wasserdampf und in Niederschlägen sukzessive, was zu regionalen Abregnungsmustern im Grundwasser führt. Für diesen sog. Isotopen-Kontinentaleffekt liegen aus Modellen und Messungen abgeleitete Werte vor (Abb. 1). Misst man bei einer Probe das Mengenverhältnis der stabilen Isotope von Wasserstoff und Sauerstoff, lässt sich daraus auf die regionale Herkunft des Wassers schließen.

Grob gesagt gibt es bei den schweren Isotopen aufgrund der mittleren Jahrestemperatur ein Süd-Nord-Gefälle und aufgrund der Hauptwindrichtung auf der Nordhalbkugel ein West-Ost-Gefälle. Da Weinreben das lokale Wasser für ihren Stoffwechsel aufnehmen, bekommen sie so einen spezifischen „Fingerabdruck“, aus dem sich durch Vergleich mit Isotopenverhältnissen aus Referenz-Anbauflächen die Herkunft der Trauben ergibt.



Abb. 1 Die isotopische Zusammensetzung des Grundwassers ändert sich in Europa mit der Entfernung vom Meer. Die eingezeichneten Isolinien (rot) geben die Abweichungen des Isotopenverhältnisses Deuterium/Wasserstoff im Grundwasser gegenüber diesem Verhältnis in einem standardisierten Meerwasser in Promille an.

Sonntag et al., Isotope Hydrology (IAEA), 569 (1978)

Ähnliche Isotopenverschiebungen im Wein können beim Kohlenstoff auftreten. Stoffwechsellvorgänge in den Reben beeinflussen sein Isotopenverhältnis maßgeblich. Da bei verschiedenen Pflanzenarten die Photosynthese leicht unterschiedlich abläuft, kommt es dadurch zu kleinen Verschiebungen im Verhältnis der Kohlenstoffisotope. So lässt sich z. B. feststellen, ob der Zuckergehalt eines Weins ausschließlich von den Trauben stammt oder ob eventuell Rohrzucker zugegeben worden ist. Da dieser unerlaubte Zucker in gelöster Form zugegeben werden muss, um eine gute Durchmischung mit den Trauben zu erreichen, liefert das gegenüber dem Grundwasser immer veränderte Isotopenverhältnis des Leitungswassers einen zusätzlichen, indirekten Hinweis auf eine unerlaubte Zugabe von Zucker.

D, ^{18}O und ^{13}C sind also die „Marker“ der physikalischen Weinanalyse. In sehr günstigen Fällen lässt sich anhand der Isotopenverhältnisse sogar der Jahrgang eines Weins überprüfen. Aufgrund meteorologischer Schwankungen können sich seine Isotopenverhältnisse von Jahr zu Jahr nämlich unterscheiden, obwohl die Trauben aus demselben Anbaugebiet kommen.

Jährlich werden knapp 1400 Proben von Trauben aus allen Weinanbaugebieten der EU-Mitgliedsstaaten genommen, in Deutschland rund 200. Aus ihnen wird Wein gekeltert und dieser anschließend analysiert, um daraus repräsentative Daten für die Anbaugebiete abzuleiten. Die Daten sammelt seit

1991 eine Forschungsstelle der EU, die im italienischen Ispra angesiedelt ist. Sie dienen als Referenz, um gepanschte Weine sicher identifizieren zu können.

Die Technik macht's

Um die Isotopenverhältnisse selbst zu bestimmen, wird die Isotopenverhältnis-Massenspektrometrie (IRMS) eingesetzt. Entsprechende Geräte sind inzwischen sehr einfach zu bedienen, erfordern dank vorgeschalteter Trenntechnik minimale Vorbereitungen an den Proben und liefern schnell die Ergebnisse. Sie arbeiten mit klassischen Sektorfeldanalysatoren, bei denen ein Magnet- und/oder elektrisches Feld senkrecht zur Flugrichtung der Teilchen die Isotope aufgrund ihres Masse-Ladungsverhältnisses separiert. Sektorfeld-Massenspektrometer können kleine Massenunterschiede bei großen Häufigkeitsunterschieden zwischen den Isotopen präzise messen.

Daneben kommt auch die Kernspinresonanzspektroskopie zum Einsatz, die allerdings nicht so weit verbreitet ist, weil der präparative Aufwand für die Proben höher und das Gerät teurer ist (Abb. 2). Dafür kann ein Analyselabor damit sogar spezifische Bindungen einzelner Wasserstoffatome innerhalb des Ethanol im Wein untersuchen. Denn aufgrund der Biochemie sind die Deuteriumatome nicht willkürlich auf die verschiedenen Positionen an den beiden Kohlenstoffatomen des Ethanol verteilt. Vielmehr lässt sich aus dem Verhältnis der Deuteriumatome am



ersten beziehungsweise zweiten Kohlenstoffatom auf eine Nachzuckerung schließen. Im Idealfall gibt die Kernspinresonanzspektroskopie sogar Aufschluss über die Rebsorte.

Die Analyse von stabilen Isotopen kommt heutzutage nicht nur bei Weinen zum Einsatz, sondern auch bei der Untersuchung von Lebensmitteln und Saatgut. Dabei werden zusätzlich auch die Isotope von Stickstoff und Schwefel herangezogen. Weitere Anwendungsfelder gibt es in der Holzwirtschaft, der Medizin sowie in der Forensik. Allerdings ist die Isotopenanalyse auch eine Kostenfrage.

Beim Wein jedenfalls lohnt sich der Aufwand. In Deutschland sorgen vier Bundes- und Landeseinrichtungen sowie drei Labore dafür, dass in der Flasche auch das drin ist, was auf dem Etikett draufsteht. Auf Ihr Wohl!

Michael Vogel

Abb. 2 Mit der Kernspinresonanzspektroskopie lassen sich Weinproben vor allem in Hinblick auf die Verteilung des Deuteriums analysieren.

Michael Vogel,
vogel_m@gmx.de