

Stabile Isotope als Indikatoren für Milch- und Fleischprodukte von Grünland

W. KÜHBAUCH

Einleitung: Herkunftsnachweise für Lebensmittel

Der wachsende internationale Handel mit Lebensmitteln führt zur Verunsicherung der Konsumenten und birgt Risiken. Die EU fordert inzwischen Herkunftsnachweise für Lebensmittel (EU-Regulation 178/2002, BONER und FÖRSTEL 2004). Mit Fleisch gibt es heute bereits die technischen Voraussetzungen, den Herkunftsnachweis vom Landwirt bis zum Schlachtbetrieb durchzuführen. Mit zunehmender Zerlegung des Schlachtkörpers oder auch mit Milch wird der Herkunftsnachweis aber schwierig. Besser wäre eine Art Fingerabdruck biogener Eigenschaften, z.B. der isotopischen Signaturen in Milch und Fleisch. Für das Grünland und vor allem für alpenländisches Grünland könnte der Herkunftsnachweis für die dort erzeugten Produkte in der Vermarktung vorteilhaft eingesetzt werden.

Stabile Isotope als Indikatoren für Milch und Fleischprodukte von Grünland

Die Voraussetzung für den Herkunftsnachweis tierischer Produkte aus einer bestimmten Region oder einem Produktionsverfahren ist, dass die stoffliche Zusammensetzung dessen, was die Tiere zu sich nehmen, auf ihren Körper und die körpereigenen Produkte „abfärbt“. Herkunftsnachweise für Lebensmittel, Wein, Früchte, Milch und Fleisch mit Hilfe stabiler Isotope gibt es seit den 90er Jahren. Man nutzt dabei den Umstand, dass die meisten chemischen Elemente aus mindestens 2 stabilen Isotopen bestehen und es regionalspezifische Unterschiede der Isotopen gibt (BONER und FÖRSTEL 2004, SCHMIDT et al. 2001).

Die isotopischen Verhältnisse werden in δ -Werten (‰) im Verhältnis zu interna-

tionalen Standards ausgedrückt. Die allgemeine Formel lautet:

$$\delta = (R_{\text{probe}} - R_{\text{standard}}) / (R_{\text{standard}}) \times 1000 \text{ (‰)}$$

Wichtig ist, dass die Sicherheit des Herkunftsnachweises zunimmt, wenn von der selben Herkunft mehrere Merkmale und eine größere Anzahl von Proben der selben Herkunft zur Verfügung stehen.

Die isotopischen Herkunftsmerkmale, die sich in Milch und Fleisch vom Grünland niederschlagen, möchte ich in zwei Kategorien unterteilen:

1. die Bewirtschaftungsmerkmale der Erzeugerbetriebe Futterkomponenten, Art und Intensität der Düngung etc.
2. die Geologie und geographische Lage des Produktionsstandortes

1. Bewirtschaftungsmerkmale

In der Kategorie „Bewirtschaftungsmerkmale“ können stabile Isotope für den Herkunftsnachweis „Grünland“ herangezogen werden.

$^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$

Für die Messung der isotopischen Unterschiede - sie werden als δ -Wert ausgedrückt - verwendet man internationale Standards; für das $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ z.B. einen Belemniten, den man am PeeDee River in South Carolina, USA, findet.

Die $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Relation dieses Fossils $R(\text{PDB})=0,0112372$ wird stets als Bezugsgröße verwendet (Abbildung 1).

Darstellung von Isotopenverhältnissen

$$R = \frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \quad (R_{\text{PDB}} = 0,0112372)$$

$$\delta = \frac{R_{\text{Probe}} - R_{\text{PDB}}}{R_{\text{PDB}}} = \frac{R_{\text{Probe}}}{R_{\text{PDB}}} - 1$$

$$\delta \text{ (‰)} = \left[\frac{R_{\text{Probe}}}{R_{\text{PDB}}} - 1 \right] \cdot 1000$$

Abbildung 1: Darstellung der C-Isotopenverhältnisse am Beispiel des Kohlenstoffs

Bei der C-Isotopie liegt die nützliche Information darin, dass die C4-Pflanze Mais in der Viehhaltung der europäischen Ackerbauregionen eine dominante Rolle spielt. Mais assimiliert während der Photosynthese das CO_2 mit dem schwereren Kohlenstoff ^{13}C fast ebenso gut wie das CO_2 mit dem leichteren Kohlenstoff ^{12}C . Unsere Grünlandpflanzen bevorzugen dagegen in der Photosynthese eindeutig das CO_2 mit dem leichteren Kohlenstoff, wir sprechen von C-Fraktionierung. In C4-Pflanzen reichen nach DEINES (1980) die $\delta^{13}\text{C}$ -Werte von -9 bis -16 ‰, in C3-Pflanzen beträgt die Spanne -20 bis 35 ‰. Dieser Unterschied der C-Isotopie kann sehr gut nachgewiesen werden und er schlägt auf die tierischen Produkte durch (Abbildung 2 und Abbildung 3).

In unseren Untersuchungen mit Mastrindern (GEBBING et al. 2004) konnten wir im Schlachtkörper der Tiere deutliche Unterschiede in der C-isotopischen Zusammensetzung der Körpergewebe feststellen, die vom Futter herrühren (Abbildung 4). Zu sehr ähnlichen Ergebnissen kamen BAHAR et al. (2005). Auch in den Milchproben, die wir von verschiedenen Molkereien oder landwirtschaftlichen Betrieben während der Winterfütterperiode gesammelt haben, zeigt sich der von Mais oder von Grassilage stammende Effekt (Abbildung 5 und Abbildung 6). Die wesentliche Unsicherheit der C-Isotopie bezüglich eines Herkunftsnachweises von Milch und Fleisch vom Grünland besteht darin, dass intensive Milch und Mastbetriebe auch Getreide als Kraftfutter verwenden, deren C-isotopische Signatur ähnlich wie im Grünlandfutter ist. Aber immer dann, wenn Mais in der Fütterung ist, kommt es zu einer C-Signatur, die nicht typisch für Grünlandfutter ist. Für den Nachweis einer alpenländischen Herkunft wird dieses Merkmal jedoch alleine nicht ausreichen, weil auch andere Regionen der Welt hohe Grünlandanteile im Rinder-

Autor: Prof. Dr. Walter KÜHBAUCH, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz INRES, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 BONN, w.kuehbauch@uni-bonn.de

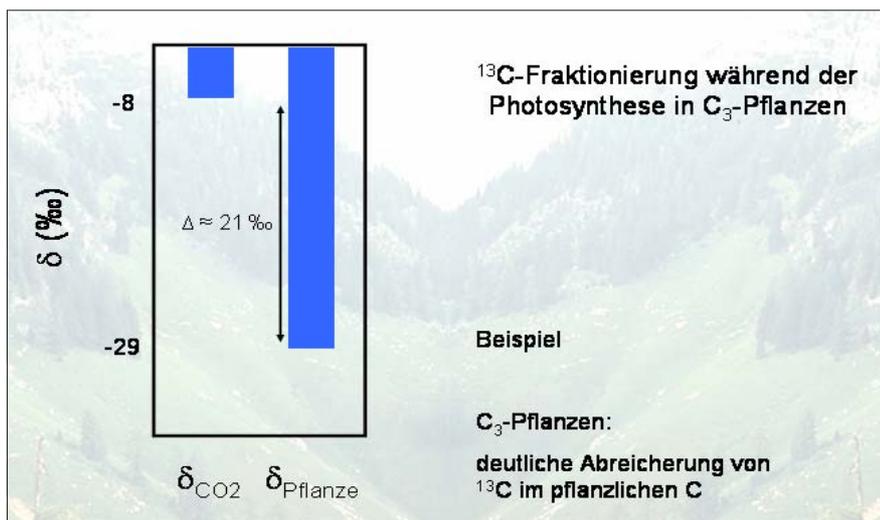


Abbildung 2: C-Fraktionierung während der Photosynthese in C₃-Pflanzen, z.B. im Grünlandpflanzen des gemäßigten Klimas

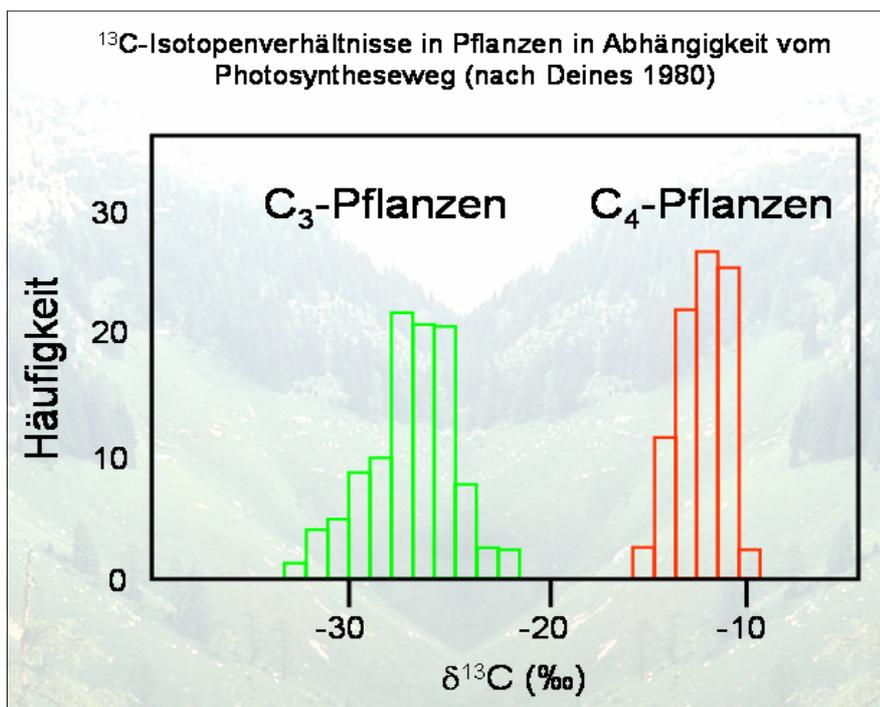


Abbildung 3: ¹³C Isotopenverhältnisse in C₃-Pflanzen, z.B. Grünland, und C₄-Pflanzen, z.B. Mais

futter haben und damit z.T. sehr intensiv wirtschaften und wettbewerbsfähig sind, wie z.B. Irland, Neuseeland oder Teile Norddeutschlands und der Niederlande. ¹⁵N/¹⁴N

Ein zusätzliches Kriterium, zumindest für die Intensität der landwirtschaftlichen Bodennutzung, könnte das Stickstoff Isotop ¹⁵N sein, bzw. das Verhältnis ¹⁵N/¹⁴N. Auch hier verwendet man als Maß einen δ-Wert. Vergleichsstandard ist das δ ¹⁵N der Luft, in der das leichtere Isotop deutlich überwiegt (99,6337 at % ¹⁴N, 0,3663 at % ¹⁵N). Die Überlegun-

gen gehen mit Stickstoff dahin, dass an zahlreichen Stellen im Prozess der landwirtschaftlichen Produktion Stickstoff verloren geht und daran das leichtere Isotop ¹⁴N stärker beteiligt ist als ¹⁵N. Das würde bedeuten, dass sich in dem auf dem Betrieb (z.B. im Stallmist, im Boden etc.) verbleibenden Stickstoff ¹⁵N anreichert, gewissermaßen als „Bodensatz“ aller metabolischen Prozesse, an denen Stickstoff beteiligt ist. Man darf auch annehmen, dass die N-Verluste in einem landwirtschaftlichen Betrieb umso höher sind, je mehr Stickstoff in den

Betrieb importiert wird. Vor allem die gasförmigen Verluste und die Nitrifikation befördern den Verlust des leichteren Isotops ¹⁴N bzw. die ¹⁵N Fraktionierung. SCHWERTL et al. (2005) geben dafür ein anschauliches Beispiel: Der aus einer wässrigen Ammonium-Lösung austretende Ammoniak-Stickstoff enthielt unter konstanten Temperatur und Druckbedingungen 34‰ weniger ¹⁵N als der in der Lösung verbliebene Stickstoff. Die Entstehung freien Ammoniaks, die Ammoniak-Ausgasung und die Nitrifizierung ursprünglich reduzierter N-Verbindungen sind die Prozesse, welche die stärkste ¹⁵N Fraktionierung hervorbringen. Die Hypothese für authentische Grünlandprodukte ist, dass zumindest im alpenländischen Grünland der Stickstoff in relativ geringen Mengen und relativ effizient eingesetzt wird. Jedenfalls gehört Österreich zu den Ländern, die laut EU Agrarstatistik auf Grünland sehr geringe Mengen Mineralstickstoff einsetzen, weniger als 50 kg N/ha, während z.B. in den Niederlanden häufig über 200 kg N/ha mineralisch gedüngt werden. Auch im Kraftfutteraufwand pro Kuh oder Hektar liegen Österreich und wohl auch Südtirol und die Schweiz im unteren Drittel der erfassten Länder. Regionen mit stickstoffintensiver Grünlandwirtschaft, mit hoher N-Düngung und Viehbesatz tendieren deshalb nach ROSSMANN et al. (2000) zu höheren ¹⁵N-Gehalten in der Milch als die Alpenregion. Aber die ¹⁵N Signatur bleibt schwierig, weil sehr viele Einflüsse zusammen kommen, von der Fütterung über den Viehbesatz bis zur Gülletechnik.

Immerhin konnten SCHWERTL, AUERSWALD, SCHÄUFELE und SCHNYDER (2005) zeigen, dass z.B. die Besatzstärke (GV/ha) und der bilanzmäßige N-Überschuss (kg N/ha) sich in praktischen Futterbaubetrieben in einem Anstieg des δ ¹⁵N in den Schwanzhaaren der Rinder signifikant bemerkbar machte, das heißt auf den Tierkörper durchgeschlagen hat. Übereinstimmend damit fanden WATZKE, BUCHGRABER und WANEK (2006) in Grünlandversuchen eine enge Verbindung zwischen dem δ ¹⁵N im Boden und dem N-Überschuss aus mineralischer und organischer Düngung. Aber nicht auf alle am N-Fluss beteiligten Kompartimente des landwirt-

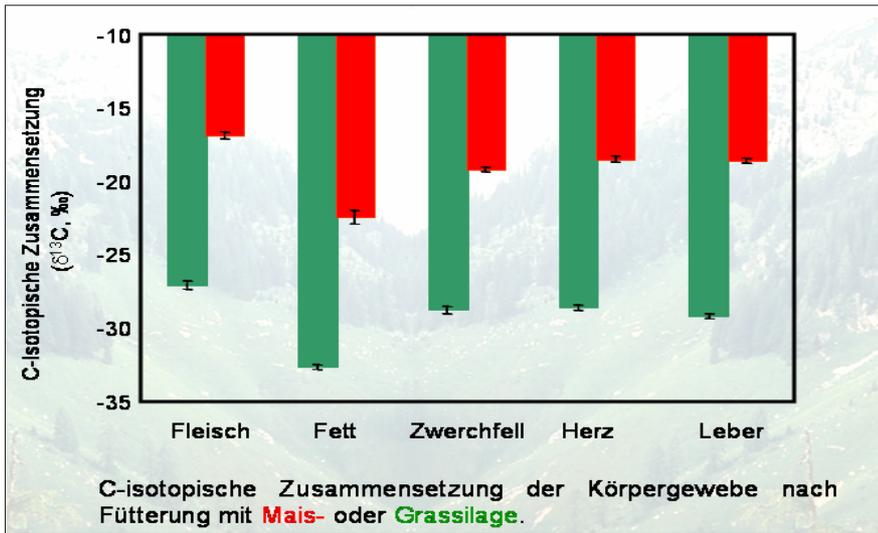


Abbildung 4: C-isotopische Zusammensetzung der Körpergewebe nach Fütterung mit Mais oder Grassilage

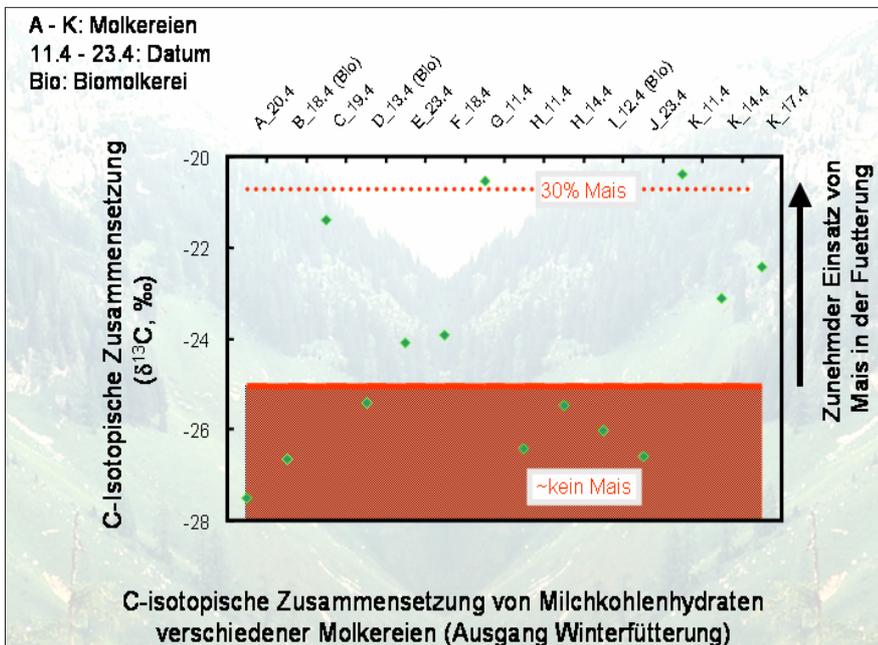


Abbildung 5: C-isotopische Zusammensetzung von Milchkohlenhydraten verschiedener Molkereien

schaftlichen Betriebes oder des Tierkörpers scheint die N-Fraktionierung gleich stark durchzuschlagen. Im selben Jahr veröffentlichten nämlich KNOBBE et al. (2006), dass die $\delta^{15}\text{N}$ -Unterschiede im Futter (sie verglichen Mais und Gras mit deutlicher Spanne des $\delta^{15}\text{N}$) in der Milch stark nivelliert waren. Außerdem stellten SCHMIDT und Mitarbeiter (BAHAR et al. 2005) in Irland mit Grassilage in fettfreiem Muskelgewebe von Rindfleisch höhere ^{15}N -Werte fest als mit Maissilage; vermutlich stammte die Grassilage von intensiv gedüngtem Grünland. In biologischen Betrieben Ir-

lands („organic farming“) zeigte sich dagegen die erwartete niedrigere ^{15}N -Signatur. Von daher reicht das $\delta^{15}\text{N}$ alleine als grünlandspezifische N-Signatur zumindest in originären Fleisch- und Milchproben nicht aus. Bei der Betrachtung von δC und δN könnte es helfen, Einzelkomponenten von Milch oder Fleisch, z.B. in Milch das Milchprotein, die Lipidfraktion, die Laktose und den Rest der organischen Substanz getrennt zu analysieren. KORNEXL et al. (1997) zeigten, dass sich ^{13}C und auch ^{15}N vor allem im Casein der Milch anreichert. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen ROSS-

MANN et al. (2000), die in Untersuchungen an Butter in der Proteinfraction ebenfalls eine relative Anreicherung an ^{13}C feststellen, während in der Lipidfraktion eine Abreicherung an ^{13}C stattfand. In Untersuchungen von MASUD et al. (1999) zeigte sich vor allem in der Laktose der Milch ein deutlicher $\delta^{13}\text{C}$ -Effekt. Auch eine Kombination der C und N-Fraktionierung und eine größere Stichprobenzahl gleicher Herkünfte verbessert den Herkunftsnachweis (vergleiche Abbildung 8, SCHMIDT et al. 2005).

2. Geologie und geographische Lage

Nun könnte man dem Grünland und vor allem den Bergbetrieben im Allgemeinen eine geringere Produktionsintensität zubilligen und eine Fütterung der Rinder, die weitgehend ohne Mais ist. Man könnte dann ein geringeres $\delta^{15}\text{N}$ und ein höheres $\delta^{13}\text{C}$ erwarten. Aber es gibt genügend intensive Grünlandbetriebe auch in den Tallagen der Bergregion und vor allem in den Betrieben mit Gülledüngung und Weidegang könnten die damit verbundenen Ammoniak-Verluste auch bei geringer N-Düngeintensität höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte hervorbringen. Deshalb setzen wir an dieser Stelle unsere Suche nach regionalspezifischen Isotopen fort.

D/H, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

Ich komme hier auf die Veröffentlichung von ROSSMANN et al. (2000) und BONER und FÖRSTEL (2004). Der Hintergrund ist, dass man schon seit längerer Zeit vor dieser Studie groß angelegte Schiebereien mit Butter vermutete, um die EU Buttersubventionen einzustreichen und vor allem in der Zeit der BSE-Krise die Herkunft von Rindfleisch von Interesse war. Das heißt, seinerzeit interessierte die Herkunft von Butter und Rindfleisch aus fiskal und gesundheitspolitischen Gründen. Man verwendete in diesen Untersuchungen die bekannten C- und N-Signaturen und zusätzlich die δ -Werte $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ im Butterwasser, $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ im Butterprotein und die $\delta^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in der Aschefraktion. An Rindfleisch wurde zusätzlich das D/H-Verhältnis analysiert. Besonders aussagefähig für regionale Herkünfte landwirtschaftlicher Produkte war in einer Reihe von Untersuchungen die Sauerstoff-Signatur des Wassers und das Verhältnis von Deuterium zu

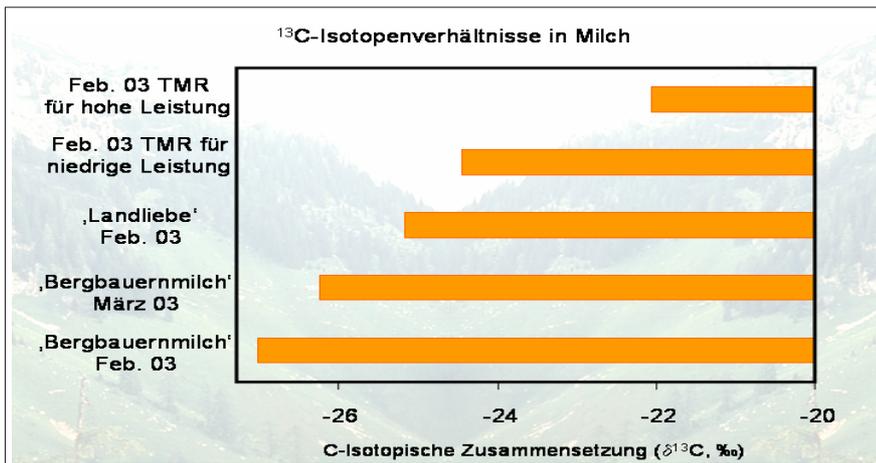


Abbildung 6: C-Isotopenverhältnisse in Milch aus Milchbetrieben unterschiedlicher Bewirtschaftungsintensität sowie in bekannten Milchmarken

15N-Isotopenfraktionierung im N-Kreislauf (nach Högberg 1997)

Prozess	Δ
N-Mineralisierung (org. N → NH ₄ ⁺)	~ 0‰
NH ₄ ⁺ ↔ NH ₃ in Lösung	20 – 27 ‰
NH ₃ Ausgasung	29 ‰
Diffusion von NH ₄ ⁺ , NH ₃ , NO ₃ ⁻ in Lösung	~ 0 ‰
Nitrifizierung	15 – 35 ‰
Denitrifizierung	0 – 33 ‰
N-Assimilation	0 – 20 (2) ‰
N ₂ -Fixierung	-2 – 2 ‰
Enzymreaktionen in Pflanzen	-20 – 20 ‰

Abbildung 7: N-Isotopenfraktionierung im N- Kreislauf (HÖGBERG 1997)

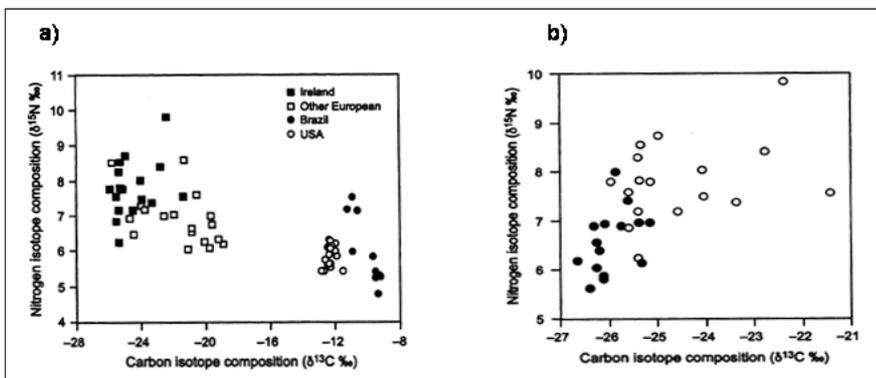


Abbildung 8: a) C- und N-Isotopenverhältnisse in entfettetem Rindfleisch von Herkünften aus Europa, Brasilien und den USA. b) C- und N-Isotopenverhältnisse in entfettetem Rindfleisch aus konventionellen ○ und biologischen ● („organic“) Betrieben in Irland (SCHMIDT et al. 2005)

Wasserstoff im Grundwasser bzw. im Leitungswasser (Tränkwasser) und im Wasser von Weidepflanzen oder frisch geerntetem Futter (KORNEXL et al. 1997, ROSSMANN et al. 2000, BONER und FÖRSTEL 2004). Bereits während der atmosphärischen Verdunstung kommt es zu einer Veränderung der iso-

topischen Zusammensetzung des Wassers, d.h. es werden die schwereren Isotope des Wasserstoffs (Deuterium) als auch des Sauerstoffs angereichert, weil das leichtere Wasser leichter verdunstet. Dabei spielt die räumliche Distanz vom Ort der Verdunstung bis zum Ort des Regeneignisses eine Rolle (Abbildung 9).

Auch auf dem Weg des Wassers durch die Pflanze wird fraktioniert (Abbildung 10). Das Phänomen wurde schon 1984 von FÖRSTEL und HÜTZEN in der Zeitschrift „Nature“ beschrieben mit einem δ¹⁸O im Grundwasser von 7,9 (+/- 0,4) in Norddeutschland und 11,2 (+/- 0,5) in Süddeutschland. Auch in der Vegetation kommt es zu einer Fraktionierung am Wassermolekül, weil an deren Evaporation die leichteren Isotope stärker beteiligt sind als die schweren. Auf der Weide oder bei Frischgrasfütterung decken die Tiere ihren Wasserbedarf zum großen Teil mit, im Vergleich zum Leitungswasser, ¹⁸O reichere Wasser. Das macht sich, auch im Milchwasser bemerkbar (Abbildung 11). Auch mit den Schwefelisotopen können geographische Herkünfte identifiziert werden. Die Schwefel Signaturen waren bei ROSSMANN et al. (2000) weniger plausibel als bei BONER und FÖRSTEL (2004), die anhand einer größeren Probenzahl (!) im Protein von Rindfleisch Herkünfte aus Argentinien, Deutschland und Chile mit 75% Sicherheit identifizieren konnten. Zusammen mit δ¹⁵N reflektiert δ³⁴S eher die lokalen Verhältnisse (Geologie, Boden, Düngung, atmosphärische Deposition). Standorte mit alten geologischen Formationen zeigten die höchsten δ⁸⁷Sr-Werte, während junge kristalline Formationen und Carbonat- und Basaltsedimente niedrigere δ⁸⁷Sr-Werte hatten. Die Pflanzen nehmen Sr mit dem Bodenwasser auf ohne weitere Fraktionierung. Butterherkünfte aus Finnland, Schweden, Australien und Niederösterreich konnten damit von Herkünften aus Bayern und Norddeutschland gut unterschieden werden. Die Autoren weisen im übrigen darauf hin, dass auch im Tierkörper keine Fraktionierung des Sr mehr stattfindet. Kleinräumig können Spurenelemente, Se, Rb, Cs einen Herkunftsnachweis präzisieren (FRANKE et al. 2005). Damit hat man eine Reihe von Signaturen, die von regionalen, geologischen und klimatischen Einflüssen geprägt sind.

Diskussion: Unsicherheiten und Strategien

Es gibt eine Reihe von Unsicherheiten, die den Herkunftsnachweis einzelner Milch- und Fleischproben behindern und

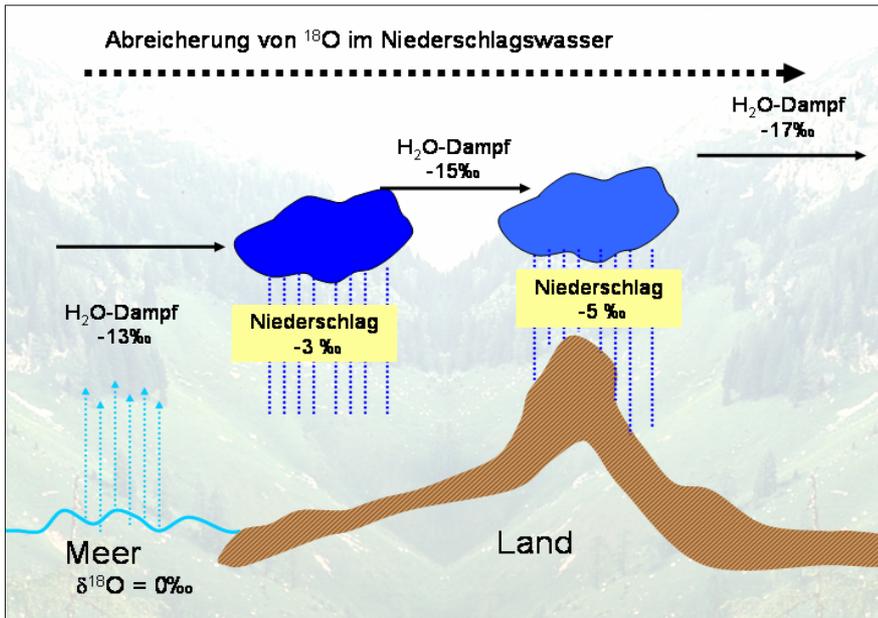


Abbildung 9: Abreicherung von ^{18}O im Niederschlagswasser

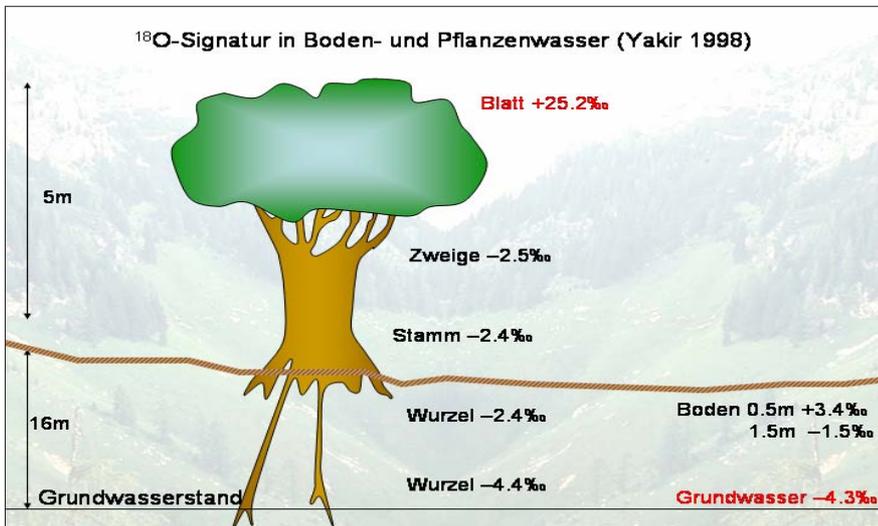


Abbildung 10: Veränderung der ^{18}O - Signatur von Wasser auf dem Weg von der Wurzel bis zum Blätterdach eines Baumes (YAKIR 1998)

^{18}O -Signaturen im Blattwasser und Weidegang (Frischgrasfütterung)

In den Blattspreiten reichert sich schweres Wasser (H_2^{18}O) an. Bei Weidegang wird dieses ‚isotopisch schwerere‘ Wasser zusammen mit dem Futter vom Tier aufgenommen.

Dieses Wasser deckt möglicherweise einen Großteil des gesamten Wasserbedarfs des Tieres.

Tiere im Stall nehmen bei Futterrationen mit hohen TS-Gehalten hauptsächlich ‚isotopisch leichteres‘ Trinkwasser auf.

Im Jahresgang müsste Weidenutzung zu Änderungen in der ^{18}O Signatur des Milchwassers führen.

Abbildung 11: ^{18}O -Signatur im Blattwasser und Weidefutter

selbst in einer größeren Stichprobe den Nachweis erschweren. Aber es besteht kein Grund, pessimistisch zu sein.

- Wir hatten gesagt, die stoffliche Zusammensetzung dessen, was die Tiere zu sich nehmen, färbt auf die körpereigene Substanz ab. Bei Milch geschieht das relativ unverzüglich, während z.B. Fleisch in einer langen Entstehungsgeschichte verschiedene δ -Episoden durchlebt, wodurch es zu einer Nivellierung der Signaturen kommen kann.
- Je mehr sich die Tierproduktion von einer standorttypischen Futtergrundlage entfernt, umso schwieriger wird der regionale Herkunftsnachweis insofern ist z.B. Kraftfutter ein Störfaktor, weil es global gehandelt wird oder Komponenten aus den verschiedensten Anbauregionen enthält (z.B. Soja).
- Eine an Grünland gebundene Tierhaltung führt zu Signaturen aus der Grünlandvegetation selbst. Aber selbst Silage, Anwelksilage und Heu oder „Haylage“ werden sich z. B. in der ^{18}O -Signatur deutlich von Frischgras unterscheiden.
- N-intensive Tierproduktion mit hohen GV-Zahlen pro ha könnte zu einem höheren „Bodensatz“ an ^{15}N führen. Wenn aber der moderate N Einsatz mit hohen Ammoniak und Nitratverlusten verbunden ist, könnten ganz ähnliche ^{15}N -Signale auch im Extensivbetrieb entstehen.
- Mit der Wassersignatur $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta\text{D}/\text{H}$ gibt es die bekannten geographischen Unterschiede. Diese werden aber noch überlagert von saisonalen Schwankungen (BONER und FÖRSTEL 2004), das heißt, es entsteht eine Mischsignatur aus geographischen und saisonalen Einflüssen. Für den Herkunftsnachweis müsste man somit zusätzlich das Zeitfenster der Produktion kennen. „Alpenmilch“ enthält keine eindeutigen Wasserstoff- und Sauerstoffs Signaturen. Zwischen Herkünften der Nordregion und Südregion der Alpen muss unterschieden werden. Das selbe gilt für Rindfleischherkünfte.
- Mit Schwefel können eine Reihe von Störfaktoren den Herkunftsnachweis

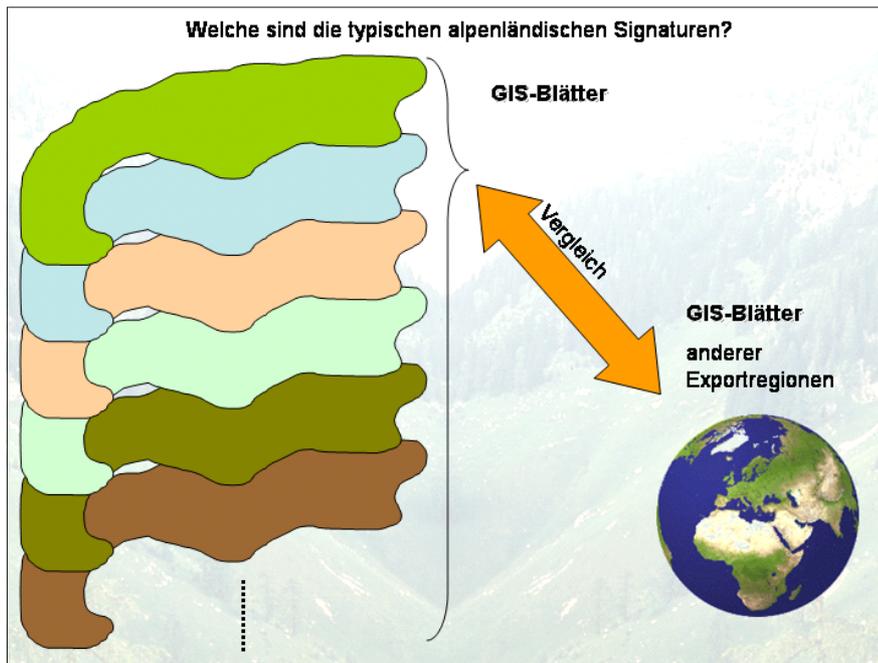


Abbildung 12: Vergleich der Alpenregion mit anderen Milch- und Fleischexportregionen der Welt anhand GIS-basierter Informationen über die Grünlandbewirtschaftung, die isotopischen Signaturen in der Grünlandvegetation im Boden, im Grundwasser, etc. (GIS-Blätter) zur Identifikation regional typischer Merkmale

erschweren neben z.T. kleinräumigen geologischen Veränderungen kommen Einflüsse durch Industrieabgase hinzu oder die Nähe zum offenen Meer bzw. der Sulfatfracht der Meeresluft (ROSSMANN et al. 2000, BONER und FÖRSTEL 2004, PICHLMAYER et al. 1998 zit. b. ROSSMANN et al. 2000). Auch geologische Veränderungen können kleinräumig zu deutlichen Unterschieden im $\delta^{34}\text{S}$ führen (ROSSMANN et al. 1998).

7. Die kleinräumige Variation von Se, Rb, Cs, kann schon in Weidetieren, die größere Areale durchwandern, zu untypischen Signaturen führen (FRANKE et al. 2005).

Um relativ sichere Herkunftsnachweise für Milch und Fleisch von alpenländischem Grünland zu führen, könnte man sich folgende Vorgehensweise vorstellen:

- eine GIS-Datei mit Isotopensignaturen über die Alpenregion selbst
- eine GIS-Datei mit Isotopensignaturen anderer Exportregionen für Milch und Fleisch zum Vergleich (Abbildung 12). In jedem Fall also benötigt man Da-

tenbanken mit eindeutigem Ortsbezug. Dabei muss nicht immer alles neu untersucht werden. In den Alpen liegt möglicherweise bereits ein Datenfundus vor in Schutzgebieten, Natura 2000-Gebieten, bei Wasserwerken, geologischen Landesämtern, etc..

Zusammenfassung

Von der relativ großen Zahl der für den Herkunftsnachweis von Milch und Fleisch in Frage kommenden Produktmerkmale können und brauchen nicht alle zugleich untersucht werden. Die Aufgabe, der man sich zu stellen hat, zerfällt in mehrere Fragenkomplexe:

Der erste Fragenkomplex könnte auf die Futtergrundlage und Bewirtschaftungsintensität zielen, z.B. mit oder ohne Mais in der Futterration, N-intensive oder eher N-extensive Produktion, oder das grünlandtypische Fettsäuremuster. Ein zweiter Fragenkomplex könnte sich mit den großräumigen, pedologischen und klimatischen Verhältnissen der wirklichen oder vermuteten Herkunftsregion befassen, z.B. mit den Signaturen des Wassers oder den Unterschieden im Se Ge-

halt von Rindfleisch, die bekanntermaßen in amerikanischer Provenienz wesentlich höher sind als im europäischen Rindfleisch (vgl. FRANKE et al. 2005). Ein dritter Fragenkomplex beinhaltet die kleinräumigen Variationen regionaltypischer Signaturen, die zusätzliche Sicherheit geben können.

Wichtig sind in jedem Fall Vorausinformationen, mit denen eine gezielte Auswahl der Kriterien/Produktmerkmale vorzunehmen ist. Geeignet dafür sind GIS-Datenbanken, die wesentliche umweltbedingte und produktionstechnisch bedingte Signaturen der Alpenregion und der wichtigen Milch- und Fleisch-Exportregionen der Welt enthalten. Mit dieser Vorinformation würde man die Auswahlkriterien einengen und nicht alle der o.g. Kriterien identifizieren müssen.

Literaturverzeichnis

- BAHAR, B., F.J. MONAHAN, A.P. MOLONEY, P. O'KIELLY, Ch.M. SCRIMGEOUR und O. SCHMIDT, 2005: Rapid Communications in Mass Spectrometry 19, 1937-1942.
- BONER, M. und H. FÖRSTEL, 2004: Anal. Bioanal. Chem. 378, 301-310.
- FRANKE B.M., G. GREMAUD, R. HADORN und M. KREUZER, 2005: Eur. Food Res. Technol. 221, 493-503.
- GEBBING, T., J. SCHELLBERG und W. KÜHBAUCH, 2004: Grassland Sci. Europe 9, 1130-1132.
- KNOBBE, N., J. VOGL, W. PRITZKOW, U. PANNE, H. FRY, H.M. LOCHOTZKE und A. PREISS-WEIGERT, 2006: Anal. Bioanal. Chem. 386, 104-108.
- KORNEXL, B.E. und T. WERNER, 1997: Z Lebensm. Unters. Forsch A, 205, 19-24.
- MASUD Z., C. VALLET und G.J. MARTIN, 1999: Agric. Food Chemistry 47, 4693-4699.
- ROSSMANN, A., G. HABERHAUER, S. HÖLZL, P. HORN, F. PICHLMAYER und S. VOERKELIUS, 2000: Eur. Food Res. Technol. 211, 32-40.
- SCHMIDT, H.-L., R. A. WERNER und A. ROSSMANN, 2001: Phytochemistry 58, 9-32.
- SCHMIDT, O., J.M. QUILTER, B. BAHAR, A.P. MOLONEY, C.M. SCRIMGEOUR, I.S. BEGLEY und F.J. MONAHAN, 2005: Food Chemistry 91, 545-549.
- SCHWERTL, M., K. AUERSWALD, R. SCHÄUFELÉ und H. SCHNYDER, 2004: Agriculture, Ecosystems and Environment 109, 153-165.
- WATZKA, M., K. BUCHGRABER und W. WANEK, 2006: Soil Biology and Biochemistry 38, 1564-1576.