

Herkunft von Fleisch - Aufbau einer Isotopischen Landkarte

Endbericht

Micha Horacek, Klemens Fuchs, Michael Jakusch, Gerhard Heiss

Juni 2005

ARC-U--0090

Herkunft von Fleisch - Aufbau einer Isotopischen Landkarte

Forschungsprojekt im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und
Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

GZ 21.210/48-II/1/03
sowie der AMA Marketing GmbH

Endbericht

Micha Horacek¹, Klemens Fuchs², Michael Jakusch¹, Gerhard Heiss^{1*}

¹ARC Seibersdorf research GmbH
Bereich Biogenetics – Natural Resources
Geschäftsfeld Umweltforschung,
*Geschäftsfeld Wasser

²Joanneum Research Forschungsgesellschaft mbH
Institut für Angewandte Statistik und Systemanalyse

Vertraulich

Kurzfassung

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes werden die Möglichkeiten der Herkunftsbestimmung von Fleisch mit Methoden der Isotopenanalyse untersucht. Mit Hilfe dieser Technik werden die Isotopenverhältnisse der Elemente Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Schwefel in dem untersuchten Material gemessen und kleinste Variationen bestimmt. Diese Variationen sind von geographischen und klimatischen Einflussfaktoren abhängig und bilden ein für die jeweilige Region typisches Muster, welches zur Bestimmung der Herkunft herangezogen werden kann. Die Ziele des Projektes sind die wissenschaftliche Absicherung der Methode sowie die Erhebung von Basisdaten für die zukünftige Anwendung in Form einer isotopischen Landkarte. Im Rahmen dieses Projekts wurden etwa 800 Fleischproben und 250 Futterproben mit genau bekannter Herkunft gesammelt und die Isotopenverhältnisse gemessen. Die Ergebnisse und deren statistische Interpretation zeigen eine meist deutliche Differenzierung der geographischen Herkunft der untersuchten Proben, vor allem in Hinblick auf die Unterscheidung zwischen österreichischen Regionen und ausländischem Fleisch.

Summary

This research project investigates the possibilities of using methods of isotope analysis for origin determination of meat. The basis of this technology is the measurement of subtle variations in the isotope ratio of carbon, nitrogen, oxygen and sulfur among the analysed material. These variations are influenced by geographic and climatic factors leading to patterns typical for a certain region that can be used for determination of origin. The aims of this project are the scientific validation of as well as the collection of basis data for this application in form of database holding isotopic and geographic information. In the course of this project about 800 meat samples and 350 fodder samples with exactly known origin have been collected and the analyses of the isotope ratio of the elements C, N, O and S have been executed. The results and statistical interpretation show a mostly significant differentiation of the geographic origin of the analysed samples, especially with respect to discriminating between Austrian regions and foreign meat.

1 Einleitung und Problemstellung

Die Frage der Herkunft und Authentizität von Lebensmitteln gewinnt am Markt aus Sicht sowohl der Konsumenten als auch der Produzenten und des Handels zunehmend an Bedeutung. In vielen Fällen kann eine ‚Herkunftsgarantie‘ bzw. die Ausweisung einer lokaltypischen Herkunft die Wertschöpfung eines Produktes stark steigern. Eine Herkunftsbestimmung an Lebensmitteln kann aber auch zu einer höheren Produktsicherheit führen, in dem z.B. Einfuhrverbote aus Ländern in denen Tierseuchen, wie Maul und Klauenseuche oder BSE aufgetreten sind, effizienter überprüft werden können. Nicht zuletzt im Umfeld der Vorschriften des „general food law“ der EU (Verordnung EG 178/2002) bekommt die Möglichkeit einer unabhängigen Herkunftsbestimmung auch große Bedeutung als Hilfsmittel zur Validierung von Rückverfolgbarkeitssystemen.

Herkunft und Authentizität eines Lebens- oder Futtermittels stehen allerdings meist nicht in direktem Zusammenhang mit funktionalen Qualitätsparametern des Produktes wie z.B. dem Gehalt an bestimmten erwünschten oder unerwünschten Inhaltsstoffen. Daher sind herkömmliche Methoden der Lebensmittelanalytik, bei denen primär die chemische Zusammensetzung oder auch der mikrobiologische Zustand eines Produktes betrachtet wird, oft nicht in der Lage, Antworten auf Fragen zu Authentizität oder Herkunft einer bestimmten Probe zu geben. Stattdessen können für derartige Fragestellungen Isotopenmethoden herangezogen werden, die auf der Untersuchung variierender Zusammensetzungen von Isotopen natürlicher Elemente beruhen [1].

Lebensmittel bestehen so wie jedes biologische Material neben Wasser hauptsächlich aus organischen Verbindungen mit den Hauptelementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff und Schwefel. Alle diese Elemente kommen in unterschiedlichen Isotopen vor, wobei das Isotopenverhältnis (die relative Häufigkeit verschiedener Isotope eines Elementes) je nach Element typische Werte annimmt. Diese Isotopenverhältnisse sind dabei nicht vollkommen konstant, sondern vielmehr kommt es in der Natur zu sogenannten Fraktionierungsprozessen. Dabei werden die einzelnen Isotope im Verhältnis zueinander in geringem Maße an- oder abgereichert. Grundsätzlich können bei allen physikalischen, chemischen und biochemischen Prozessen solche Fraktionierungseffekte auftreten, und somit die Isotopenverhältnisse der beteiligten Elemente im Verhältnis zu den großen Elementpools, wie z.B. den Meeren und der Atmosphäre, verändert werden [2].

Da diese Effekte stark von geographischen Parametern wie Klima und Boden und – im Fall von Lebensmitteln – auch von der landwirtschaftlichen Produktionspraxis abhängen, können die resultierenden Isotopenverhältnismuster zur Überprüfung der Herkunftsangaben von Lebensmitteln herangezogen werden. Es ist damit also prinzipiell möglich, die Charakteristik einer Region direkt mit wissenschaftlichen Methoden im landwirtschaftlichen Produkt wiederzufinden [3-5].

Zur Anwendung dieser Methode müssen allerdings Messergebnisse einer hinreichenden Anzahl für die jeweilige Fragestellung relevanter authentischer Vergleichsproben zur Verfügung stehen – idealerweise in Form einer Datenbank. Die Wahrscheinlichkeit, zweifelsfreie Aussagen treffen zu können, sowie die erzielbare geographische Auflösung, sind dabei stark von der Größe der entsprechenden Datenbank abhängig.

Hinsichtlich der Anwendung der Isotopenanalyse zur Herkunftsbestimmung von Fleisch konnte im Zuge einer von ARC Seibersdorf research GmbH durchgeführten Machbarkeitsstudie gezeigt werden, dass die Erstellung einer isotopischen Landkarte sowie die damit verknüpfte Etablierung der Methode für österreichisches Fleisch einen vielversprechenden Ansatz darstellt.

2 Zielsetzung

Die Ziele des Projektes lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Systematische Erstellung einer isotopischen Landkarte für Rind-, Kalb-, Schweine- und Putenfleisch als Grundlage zur Herkunftsbestimmung unbekannter Proben.
- Auswertung der Isotopendaten und Vernetzung mit geographischer Information und Fütterungs- / Haltungsinformation
- Untersuchung, inwieweit sich aus den Isotopendaten Rückschlüsse auf Nahrungs- und/oder Fütterungsbedingungen (z.B. Biofleisch) ableiten lassen.
- Wissenschaftliche Absicherung einer analytischen Herkunftsbestimmung von Fleisch (Möglichkeit der unabhängigen Identifizierung von z.B. nicht österreichischem Fleisch).
- Etablierung einer anerkannten Methode, die zur Herkunftsbestimmung sowie Überprüfung der Richtigkeit von Herkunftsangaben von Fleischproben herangezogen werden kann.

3 Projektplan und Projektfortschritt

3.1 Allgemeines

Eine Darstellung des Arbeitsplanes für das Projekt findet sich in Form eines Gantt-Charts in Abbildung 1.

Der Projektplan gliederte sich im Wesentlichen in 3 Abschnitte

Probenahme:

- Ziehung der Fleischproben
- Erhebung der Futterbestandteile bzw. Futtermittelprobenahme am Betrieb

Isotopenanalyse

Auswertung, Datenbankerstellung und Berichterlegung

Zusätzlich sind noch externe Analysen zur Qualitätssicherung vorgesehen.

3.2 Probenahme

Es wurden insgesamt 385 Rinder- (davon 138 Kälber-), 342 Schweine- und 47 Putenproben gezogen. Die geographische Verteilung dieser Proben ist in Abb. 1 dargestellt.

Die Probenahme im Ausland ist erfolgreich durchgeführt und abgeschlossen worden. Insgesamt wurden ca. 100 Auslandsproben (Rind und Schwein) gezogen.

Bei diesen Fleischsorten zeigt sich eine recht brauchbare Verteilung über das gesamte Bundesgebiet, die auch die Hauptproduktionsgebiete entsprechend abbildet. Zu diskutieren wäre hier allenfalls, inwiefern der deutliche West-Ost-Unterschied im Alter der beprobten Rinder (i.e. „Kälber“ bzw. „Rinder“) die tatsächlichen Produktionsverhältnisse widerspiegelt oder auf einen Probennahmeartefakt zurückzuführen ist. Bei den zuletzt eingetroffenen Proben aus Tirol und Vorarlberg wurde darauf geachtet auch ausgewachsene Tiere zu beproben, um eine vollständige Abdeckung des gesamten Bundesgebietes mit Rindfleischproben zu gewährleisten.

Für die Futterprobenahme wurden aus den Herkunftsbetrieben von bereits gezogenen Fleischproben,

nach dem Kriterium maximaler geographischer Variabilität insgesamt ca. 350 Betriebe ausgewählt. Die Durchführung dieser Betriebsbesuche erfolgte durch die Mitarbeiter der Fa. Agrovet Lebens- und Umweltqualität Sicherungs GmbH. Gezogen wurden pro Betrieb Proben der verwendeten Futtersorten sowie eine Wasserprobe.

3.3 Isotopenanalysen

Die Durchführung der Isotopenmessungen war in zwei Stufen geplant, wobei zuerst die Proben der ersten Stufe – entsprechend etwa 40% der gesamten Probenanzahl – vollständig (i.e. hinsichtlich aller relevanten Elemente) analysiert wurden, bevor die Analyse der zweiten Gruppe begonnen wurde. Nach Erreichen der ersten Stufe wurde eine Zwischenauswertung vorgenommen. Dabei hat sich jedoch herausgestellt, dass die Probenanzahl für eine vernünftige statistische Auswertung teilweise zu gering war, weshalb eine umfassende Bearbeitung und Auswertung der Ergebnisse am Projektende zu erfolgen hatte.

Die Auswahl der Proben für die erste Stufe wurde von der Joanneum research GmbH aus den zu Projektbeginn bereits vorhandenen Proben (158 Rind-, 58 Kalb-, 227 Schweine- und 24 Putenfleischproben), nach folgenden Kriterien vorgenommen: Prinzipiell müssen bei diesem Projekt drei Arten räumlicher Skalen unterschieden werden. Die Makroskala (=ganz Österreich), die Mesoskala (=eine Gemeinde bzw. ein kleine Region) und die Mikroskala (=ein Betrieb). Da die Untersuchungen auf der Mikroskala im ersten Schritt zu aufwendig wären, wurden als ersten Selektionskriterium festgehalten, dass jeweils nur ein Tier pro Betrieb untersucht werden sollte. Da das Endziel der Studie Aussagen über ganz Österreich beinhalten soll, wurde in einem zweiten Schritt nun versucht, zumindest aus jeder Gemeinde, aus der Proben vorhanden waren, diese auch zu analysieren. Dies ist nunmehr abgeschlossen.

Im Zuge der Bearbeitung der Proben für die zweite Stufe stellte sich heraus, dass aufgrund der teilweise großen Heterogenitäten in den Regionen die projektierte Zahl analysierter Fleischproben nicht ausreichend sein wird. Aus diesem Grund wurden deutlich mehr Proben analysiert um den Erfolg des Projekts zu gewährleisten. Mit der nun vorhandenen Datenmenge können praktisch Österreich weit flächendeckend Aussagen zur Isotopensignatur von Schweine- und Rindfleisch getroffen werden. Die statistische Auswertung konnte für alle für die Fleischwirtschaft bedeutenden Regionen durchgeführt werden.

3.4 Zeitplan

Der Zeitplan konnte in etwa eingehalten werden. Leichte Verzögerungen gab es bei manchen Analysen aufgrund von Nachschubproblemen für ein Standardgas und kleineren Reparaturen im Isotopenlabor. Zusätzlich führten der Abgang eines Labortechnikers und die damit verbundene Nachbesetzung zu weiteren leichten Verzögerungen.

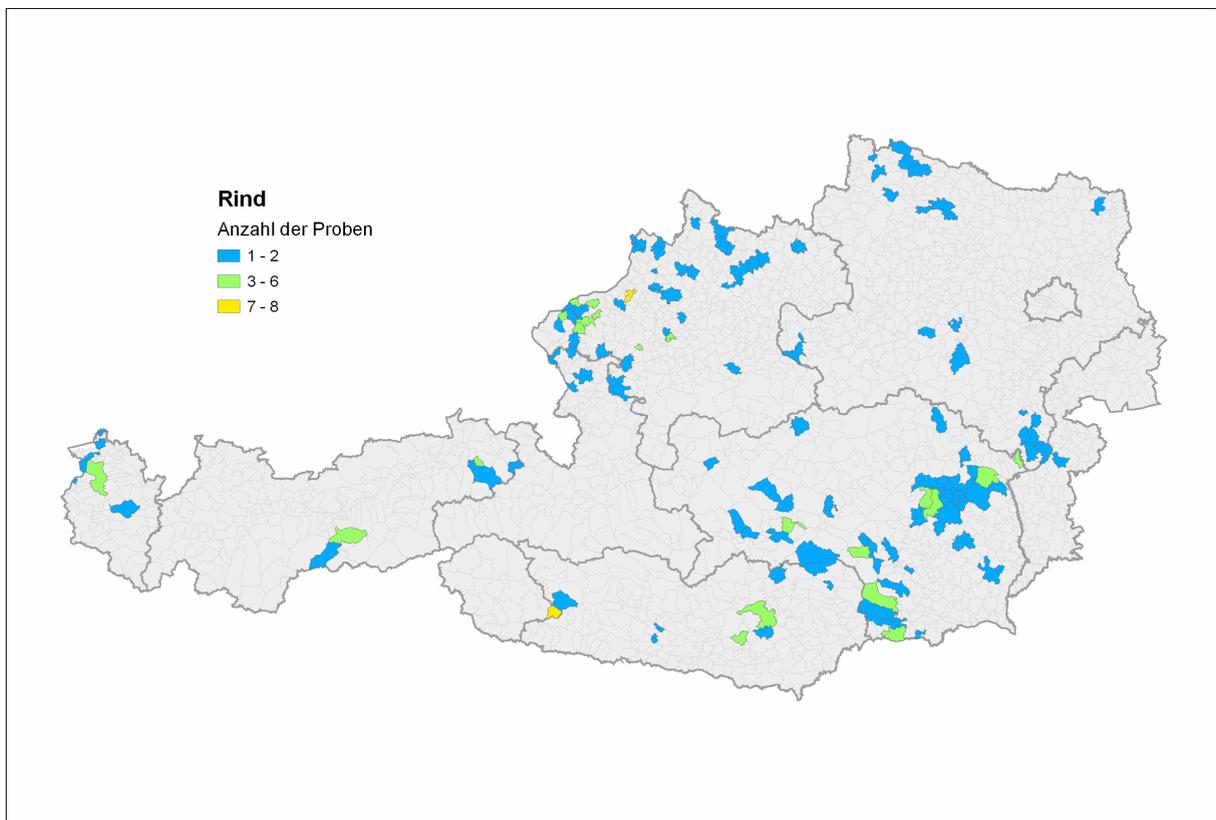
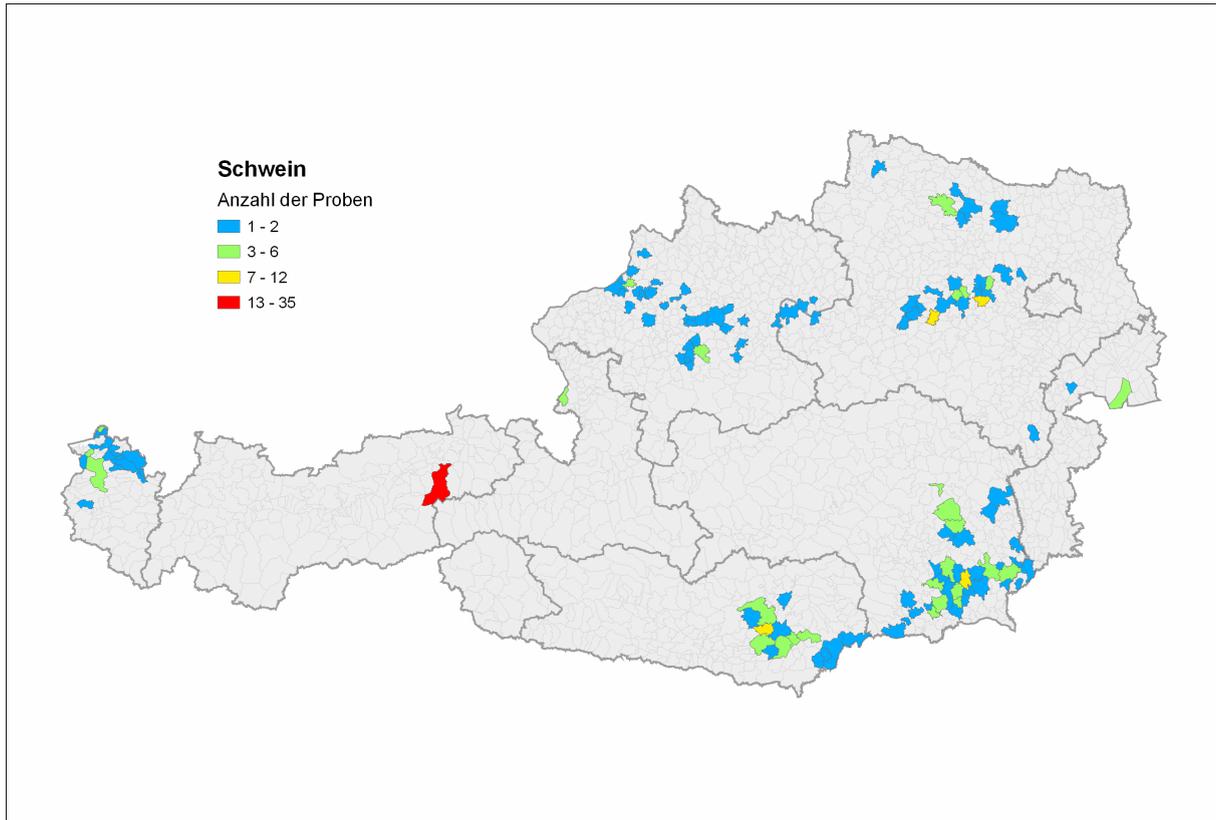


Abbildung 1: Geographische Übersicht über den Status der Fleischprobenahme

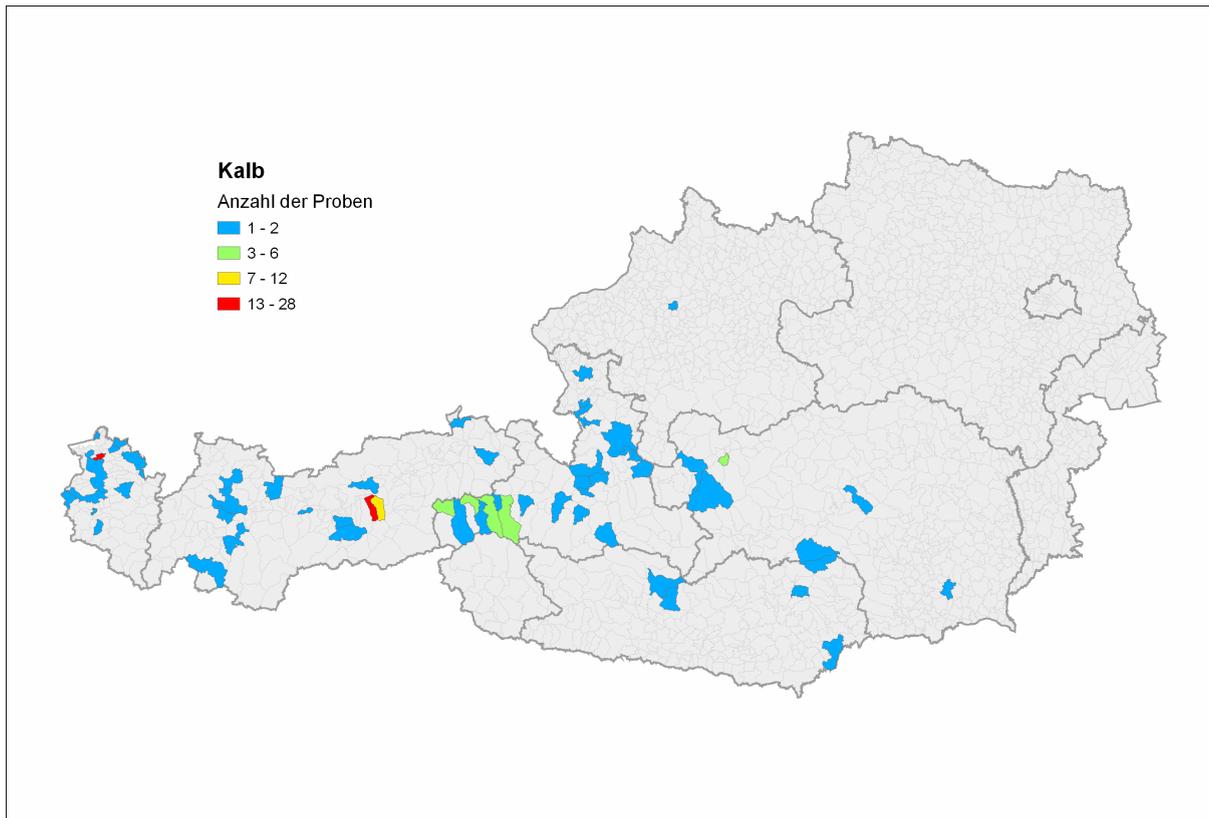


Abbildung 1: Geographische Übersicht über den Status der Fleischprobenahme (Fortsetzung)

4 Ergebnisse

Die Messungen der $\delta^{13}\text{C}$ -, $\delta^{15}\text{N}$ -, $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{34}\text{S}$ - Messungen der Rind-, Schweine- und Kalbfleischproben sowie der Futtermittelproben wurden vollständig abgeschlossen. Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abb. 3A – J) dargestellt. Weiters wird in Abb. 4A - D auch eine Flächeninterpolation der verschiedenen Isotopenparameter mittels Kriging-Methode dargestellt. Es ist hier jedoch darauf hinzuweisen, dass für die Kriging-Methode die Menge der Daten immer noch relativ klein ist, insbesondere wenn eine starke Streuung der Werte vorliegt. Die Kriging-Diagramme sind daher nur eingeschränkt aussagekräftig.

Bei den $\delta^{13}\text{C}$ -Ergebnissen sind, sowohl bei den Rind- als auch bei den Schweineproben klare Unterschiede zwischen den einzelnen Regionen erkennbar, die sich auf unterschiedliche Fütterungspraxis zurückführen lassen. Höhere $\delta^{13}\text{C}$ -Werte weisen dabei auf einen signifikanten Anteil von C_4 -Pflanzenmaterial (i.e. Mais) im Futter hin. So ist z.B. eine klare Abgrenzung zwischen dem Mühlviertel und den Intensivgebieten des Innviertels oder dem nördlichen Waldviertel erkennbar, aber auch zwischen den alpinen Gebieten der Steiermark und den südöstlichen Teilen (das Grazer Feld und das Leibnitzer Becken sind Gegenden bekannt für ihren intensiven Maisanbau in Verbindung mit Vieh- (insbesondere Schweine-)zucht).

Ein ähnliches geographisches Muster läßt sich auch für die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte erkennen, welches auf Einflüsse durch die Intensität der Landnutzung ($\delta^{15}\text{N}$?), den Anteil organischer Düngung ($\delta^{15}\text{N}$?) sowie

dem Einsatz von Mineraldünger ($\delta^{15}\text{N}$?) oder Kunstdünger ($\delta^{15}\text{N}$?), und den Anteil an Leguminosen im Futter ($\delta^{15}\text{N}$?) zurückzuführen ist und ebenfalls eine deutliche regionale Variation zeigt.

Biologisch produziertes Fleisch zeichnet sich stets durch leichte $\delta^{13}\text{C}$ Werte aus. Dies ist auf einen nur geringen Anteil von C_4 -Pflanzen im Futter zurückzuführen. Es wird in Österreich wohl auch Bio-Mais für die Bio-Rinderzucht angebaut, er bildet jedoch meist keinen Hauptbestandteil des Biofutters. Gespräche mit Futtermittelherstellern haben jedoch ergeben, dass in Österreich Biomais für Tierfutter in ausreichender Menge vorhanden ist und auch eingesetzt wird, was die Aussagekraft des $\delta^{13}\text{C}$ wieder relativiert. Auch die statistische Auswertung von steirischem Rindfleisch mittels Wilcoxon - Test ergibt ein nicht signifikantes Ergebnis für den $\delta^{13}\text{C}$ - Vergleich von biologisch und konventionell (siehe nächstes Kapitel). Eine eindeutige Signatur der $\delta^{15}\text{N}$ - Isotopensignatur [6] für Biofleisch hat sich bisher für Österreich nicht bestätigt.

Die $\delta^{18}\text{O}$ - Isotopie gibt auf den ersten Blick kein sehr klares Bild, vor allem, wenn man sich die Ergebnisse der Rindfleischproben ansieht. Es fällt jedenfalls der große Unterschied zwischen Rindern und Schweinen auf. Dies ist verwunderlich, da es sich ja um das gleiche Gebiet handelt, auch dürfte es wohl kaum eine strenge topographische Trennung der Rinder- und Schweinezucht geben (Rinder in niedrigeren Lagen, Schweine in höheren). Wir vermuten derzeit, dass die Unterschiede in der Wasseraufnahme und der Viehhaltung liegen: Schweine decken ihren Wasserbedarf durch Zufuhr von Wasser aus Brunnen oder Wasserleitung, Rinder trinken mehr Oberflächenwasser (bedingt durch Weidehaltung) und decken einen größeren Anteil durch die Futteraufnahme (höherer Wassergehalt im Frischfutter).

Biorindfleischproben aus der Steiermark unterscheiden sich signifikant von konventionellem steirischem Rind (siehe nächstes Kapitel). Vermutlich ist dies auf den intensiveren Einsatz von Silomais bei konventioneller Rinderzucht in der Steiermark zurückzuführen, wobei vermehrt im $\delta^{18}\text{O}$ angereicherte Pflanzenwasser vom Rind mit aufgenommen wird.

Eine aktuelle Publikation [7] diskutiert die Beprobung des Fleischwassers bei Fleischproben und zeigt auf, dass während der Lagerung von Fleisch nach dem Schlachten eine signifikante Fraktionierung in der Sauerstoffisotopie des Fleischsaftes auftreten kann, wodurch es zu einer Verfälschung der primären Werte kommt. In der hier vorliegenden Studie kann dieses Problem vernachlässigt werden, da alle Proben unmittelbar nach der Schlachtung genommen und verschweißt wurden.

Bei einer Untersuchung von kommerziellen Verdachtsproben aus dem Handel, die längere Zeit abgehängt haben und/oder unverpackt gelagert und transportiert worden sind, kann sich der oben beschriebene Effekt jedoch einstellen. Eine Möglichkeit diesen unerwünschten Effekt auszuschließen besteht darin, das Sauerstoffisotopenverhältnis des Fleischgewebes anstatt des Fleischwassers zu untersuchen. Bei dieser Matrix kommt es zu keiner Isotopenverschiebung durch Verdunstung.

Zur Untersuchung der regionalen Unterscheidungsmöglichkeiten der Fleischproben wurden diese in Gruppen nach der Herkunftspostleitzahl eingeteilt und untersucht. Diese Möglichkeit wurde deshalb gewählt, da die Einteilung bereits vorhanden ist und somit keine Überlegungen über die Grenzziehungen der Regionen angestellt werden mussten. Nicht unerwähnt sollte jedoch bleiben, dass eine Einteilung nach landwirtschaftlichen Regionen (hauptsächlich intensive Landwirtschaft gegen Weidehaltung, bzw. Alpenregionen und Mühlviertel gegen Alpenvorland und Beckenregionen) zu einer noch deutlich verbesserten Trennschärfe zwischen den Gruppen führen dürfte.

4.1 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde für die Rind- und Schweinefleischprobendaten durchgeführt. Berücksichtigt wurden die Daten von C, N und O Isotopenanalysen. Bei der Untersuchung der Rinderdaten wurden die Kalbfleischdaten nicht berücksichtigt. Für die Schwefelisotopen ist die Datenmenge noch zu gering, weshalb eine statistische Auswertung unterblieb. Auch für eine statistische Untersuchung der Putenfleischproben ist die Datenmenge noch zu klein.

4.1.1 Schweine:

Als geographische Codierung wurde folgende Symbolik verwendet:

B ... Burgenland
 CZ ... Tschechien
 HU ... Ungarn
 K ... Kärnten
 N ... Niederösterreich
 O ... Oberösterreich
 SK ... Slowakei
 SL ... Slowenien
 ST ... Steiermark
 T ... Tirol
 V ... Vorarlberg

4.1.1.1 $d^{13}C$

Datenmaterial

Land	Probenzahl	Mittelwert	Median	Standardabweichung
B	5	-23.42	-24.65	3.361
CZ	3	-24.90	-24.60	0.608
HU	7	-18.53	-18.50	0.787
K	38	-18.22	-17.31	2.410
N	65	-19.83	-17.80	3.620
O	41	-19.57	-19.21	1.997
SL	10	-19.35	-19.50	1.805
ST	77	-16.83	-16.57	1.466
T	35	-24.82	-24.79	0.465
V	26	-25.36	-25.51	0.932
Total	307	-19.94	-18.85	3.658

1) Streuung innerhalb eines Betriebes

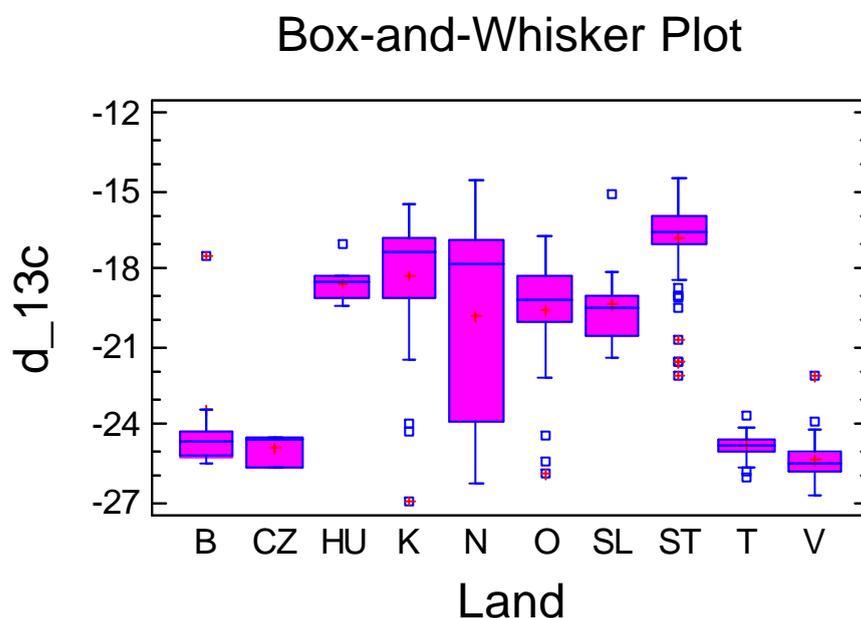
- Die 35 Proben aus Tirol stammen alle aus einem Betrieb und zeigen eine geringe Streuung von 0.46
- 10 Werte aus einem Betrieb in Neulengbach zeigen auch eine geringe Streuung von 0.52

2) Streuung innerhalb einer Gemeinde

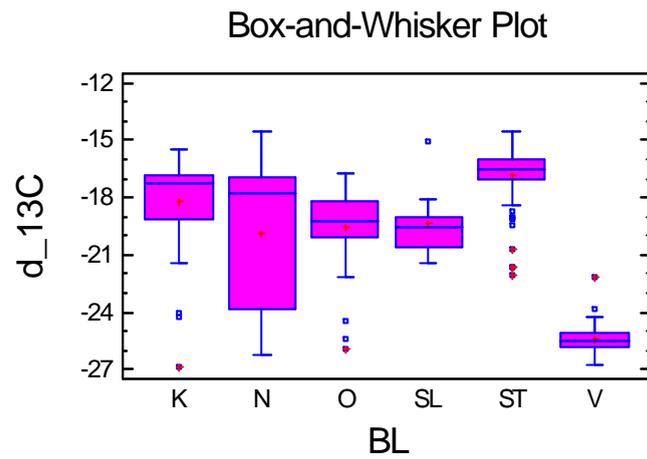
- 3 Betriebe aus Horn zeigen eine Streuung von 3.86
- 8 Werte aus 3 Betrieben in Obergrafendorf zeigen eine Streuung von 2.90
- 5 Werte aus 5 Betrieben in Tainach zeigen eine Streuung von 0.80
- Die Streuung von 3.36 in Burgenland stammt von 2 Betrieben mit insgesamt 5 Werten.

Die relativ geringe Streuung innerhalb eines Betriebes zeigt, dass innerhalb dieser kleinsten Einheit die Fütterung für alle Tiere gleich ist. Innerhalb einer Gemeinde kann es jedoch sehr große Unterschiede in der Fütterungspraxis geben.

Boxplotserie:



Lässt man jene Bundesländer bzw. Länder weg, die zu geringe Stichprobenumfänge aufweisen (inklusive Tirol, denn hier kommen alle Werte aus einem Bestand), so ergibt sich folgendes Bild:



Der Test auf globale Unterschiede (Kruskal-Wallis Test) zeigt signifikante Unterschiede.

Land	Probenzahl	Average Rank
K	38	142.329
N	65	117.038
O	41	95.329
SL	10	100.700
ST	77	190.377
V	26	21.635

Test statistic = 119.512 P-Value = 0.0

Diese Unterschiede sind durch die niedrigen Werte in V und die hohen Werte in ST bedingt.

4.1.1.2 $d^{18}O$

Datenmaterial

Land	Probenzahl	Mittelwert	Median	Standardabweichung
B	6	-6.78	-6.76	0.407
CZ	3	-4.10	-4.67	0.990
HU	6	-5.05	-5.02	0.610
K	28	-6.33	-6.11	1.132
N	55	-6.64	-6.65	0.684
O	38	-6.66	-6.69	0.647
SL	10	-5.84	-5.99	0.993
ST	62	-6.20	-6.11	1.069
T	35	-7.27	-7.57	0.948
V	22	-7.02	-6.69	1.196
Total	265	-6.53	-6.53	1.046

1) Streuung innerhalb eines Betriebes

- Die 35 Proben aus Tirol stammen alle aus einem Betrieb und zeigen eine Streuung von 0.94
- 6 Werte aus einem Betrieb in Neulengbach zeigen auch eine Streuung geringe von 0.81

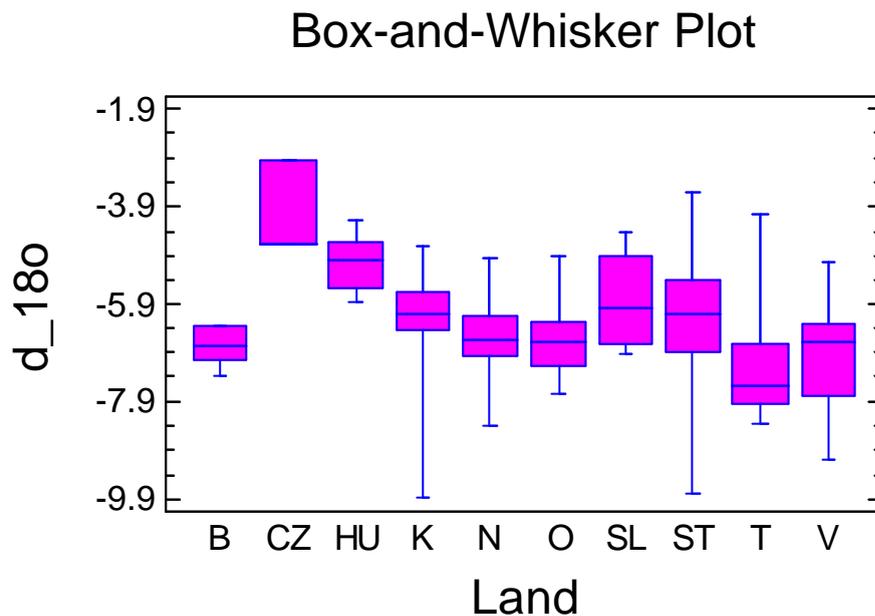
2) Streuung innerhalb einer Gemeinde

- 3 Betriebe aus Horn zeigen eine Streuung von 0.39
- 8 Werte aus 3 Betrieben in Obergrafendorf zeigen eine Streuung von 0.47
- 5 Werte aus 5 Betrieben in Tainach zeigen eine Streuung von 0.39
- Die Streuung von 0.4 in Burgenland stammt von 2 Betrieben mit insgesamt 6 Werten.

Verglichen mit 13 C sind die Streuungen bei 18O wesentlich geringer, jedoch ist die innerbetriebliche Streuung höher, als die kleinräumige Streuung. Dies ist wohl durch eine generelle hauptsächliche Tränkung der Schweine mittels Grund-/Leitungswasser zu erklären (was die geringe Schwankung

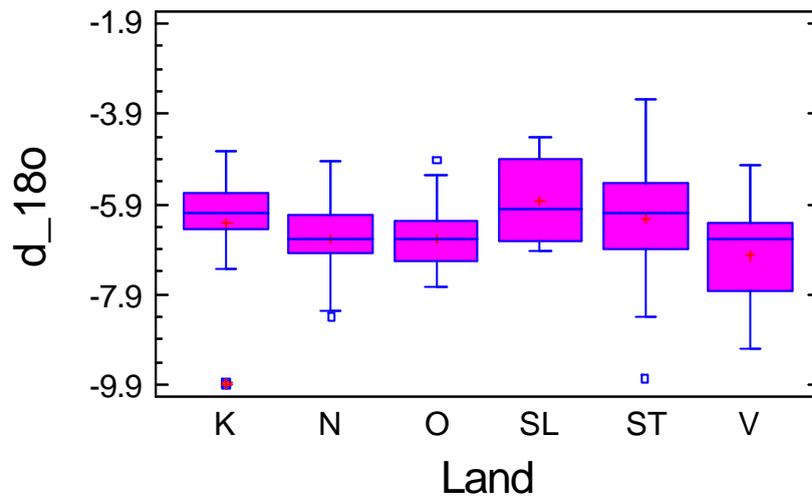
innerhalb der Gemeinden bewirkt). Die größere Variation innerhalb eines Betriebes kann sowohl durch größere Unterschiede der einzelnen Individuen erklärt werden (unterschiedlich starke Transpiration) als auch durch einen möglichen Futterwechsel während unterschiedlicher Jahreszeiten (Frischfutter im Sommer – Trockenfutter im Winter?). Weiters kann auch nicht ganz ausgeschlossen werden, dass durch geringe zeitliche Unterschiede der Probennahme nach der Schlachtung es zu geringen Abweichungen in der Sauerstoffisotopie des Fleischwassers kommen kann.

Die folgende Abbildung zeigt eine Boxplotserie zur visuellen Unterscheidung zwischen den Bundesländern und Ländern. Vorsicht ist aber bei B, CZ und H geboten, da hier sehr geringe Probenumfänge vorliegen.



Lässt man B, CZ, HU und T (nur ein Betrieb) weg, so ergibt sich folgendes Bild:

Box-and-Whisker Plot

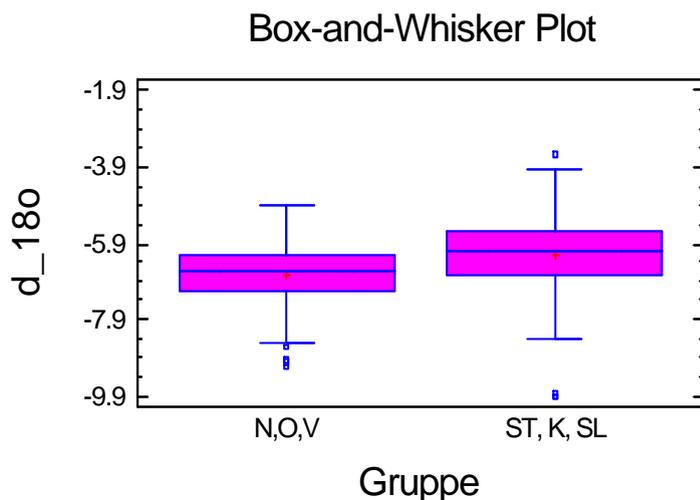


Ein globaler Test (Kruskal-Wallis Test) auf Unterschiede im Mittel zeigt ein signifikantes Ergebnis.

Land	Probenzahl	Average Rank
K	28	131.321
N	55	93.982
O	38	88.132
SL	10	140.350
ST	62	126.161
V	22	81.796

Test statistic = 22.4973 P-Value = 0.000421044

Fasst man die Bundesländer N, O und V zu einer Gruppe und ST, K und SL zu einer zweiten Gruppe zusammen, so ergibt sich folgendes Bild. Auch hier sind die Ergebnisse signifikant.



4.1.1.3 d¹⁵N

Datenmaterial

Land	Probenzahl	Mittelwert	Median	Standardabweichung
B	5	5.08	5.20	0.421
CZ	3	3.97	4.00	0.252
HU	7	3.93	4.00	0.304
K	38	4.62	4.60	0.666
N	64	5.03	4.65	1.193
O	41	4.83	4.80	0.499
SL	10	4.51	4.35	1.145
ST	77	4.70	4.80	0.748
T	35	4.65	4.70	0.244
V	26	5.84	5.95	0.996
Total	306	4.84	4.70	0.888

1) Streuung innerhalb eines Betriebes

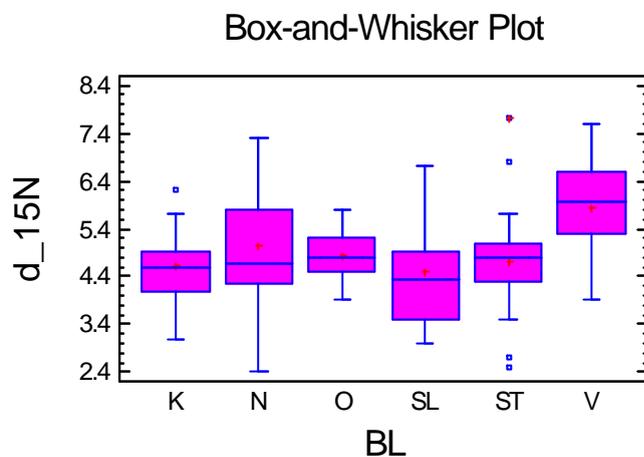
- Die 35 Proben aus Tirol stammen alle aus einem Betrieb und zeigen eine Streuung von 0.24
- 6 Werte aus einem Betrieb in Neulengbach zeigen auch eine Streuung geringe von 0.52

2) Streuung innerhalb einer Gemeinde

- 3 Betriebe aus Horn zeigen eine Streuung von 0.12
- 8 Werte aus 3 Betrieben in Obergrafendorf zeigen eine Streuung von 1.2
- 5 Werte aus 5 Betrieben in Tainach zeigen eine Streuung von 0.36.
- Die Streuung von 0.42 in Burgenland stammt von 2 Betrieben mit insgesamt 5 Werten.

Verglichen mit $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{13}\text{C}$ sind die Streuungen bei $\delta^{15}\text{N}$ in ähnlicher Größenordnung.

Die räumliche Verteilung nach Bundesländern geordnet sieht so aus:



Der Kruskal-Wallis Test zeigt signifikante Unterschiede.

Land	Probenzahl	Average Rank
K	38	108.816
N	64	129.906
O	41	131.622
SL	10	93.700
ST	77	118.078
V	26	193.135

Test statistic = 26.3865 P-Value = 0.0000750809

Dieses Ergebnis ist nur durch die höheren Werte aus Vorarlberg bedingt. Lässt man diese weg, so zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten aus K, N, O, ST und SL.

Kruskal-Wallis Test

Land	Probenzahl	Average Rank
K	38	104.526
N	64	121.813
O	41	126.561
SL	10	88.450
ST	77	113.292

Test statistic = 4.49271 P-Value = 0.343413

Zusammenfassung – Schweine

Aufgrund der großen Heterogenität der Datenwerte auch innerhalb kleiner geografischen Einheiten ist eine räumliche Klassifikation anhand der Isotopenwerte nur sehr eingeschränkt möglich. Eine Unterscheidung inländischer (gesamtosterreichisch) und ausländischer Proben aufgrund der vorliegenden Isotopenwerte bei Schweinen ist (wohl auch wegen der viel zu geringen Anzahl an ausländischen Proben) nicht möglich. Für einzelne Isotope lassen sich aber einzelne größere Bereiche abgrenzen, doch wechseln diese Bereiche je nach Isotop.

4.1.2 Rinder

4.1.2.1 $\delta^{13}\text{C}$

Datenmaterial

Land	Probenzahl	Mittelwert	Median	Standardabweichung
CZ	8	-19.00	-19.05	2.637
HU	30	-20.67	-20.05	2.143
K	5	-23.73	-23.27	2.872
N	18	-22.31	-22.62	3.825
O	54	-20.97	-21.17	3.874
S	36	-27.34	-27.20	1.073
SK	12	-16.91	-16.95	0.719
SL	10	-18.42	-18.40	1.630
ST	75	-24.86	-25.73	3.021
T	13	-25.83	-25.65	1.026
V	4	-23.63	-23.75	2.683
Total	265	-22.99	-23.93	4.018

1) Streuung innerhalb eines Betriebes

- 21 Werte aus einem Kälberbetrieb in Vorarlberg zeigen eine Streuung von 0.76.
- 4 Werte aus einem Rinderbetrieb in Deutschlandsberg 0.40.

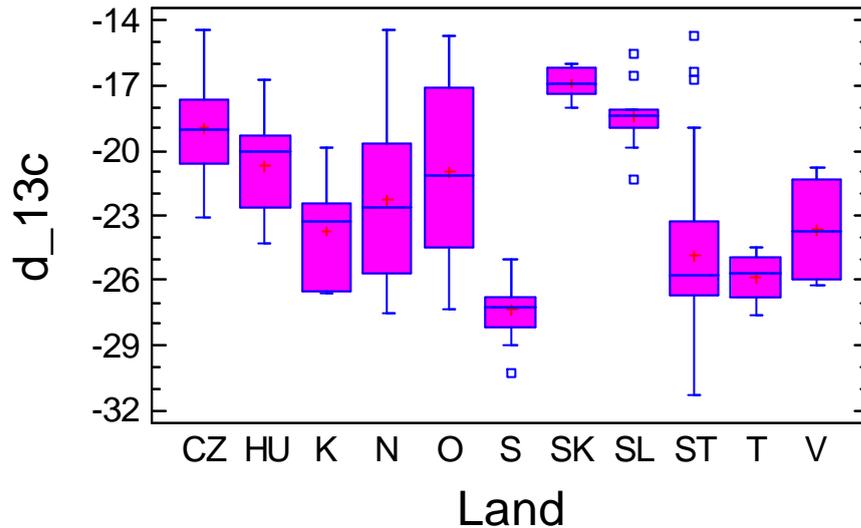
2) Streuung innerhalb einer Gemeinde

- 3 Werte aus 3 Betrieben in Lankowitz zeigen eine Streuung von 0.90, 3 Werte aus 3 Betrieben in Fladnitz 3.05.

Ähnlich wie bei den Schweinen sind auch hier die möglichen großen Unterschiede innerhalb einer Gemeinde durch unterschiedliche Fütterungspraxis zu erklären. Auch die Änderung der Fütterung mit den Jahreszeiten spielt hier hinein. Eventuell könnte letzteres auch für die etwas größere Variation innerhalb eines Betriebes verantwortlich sein.

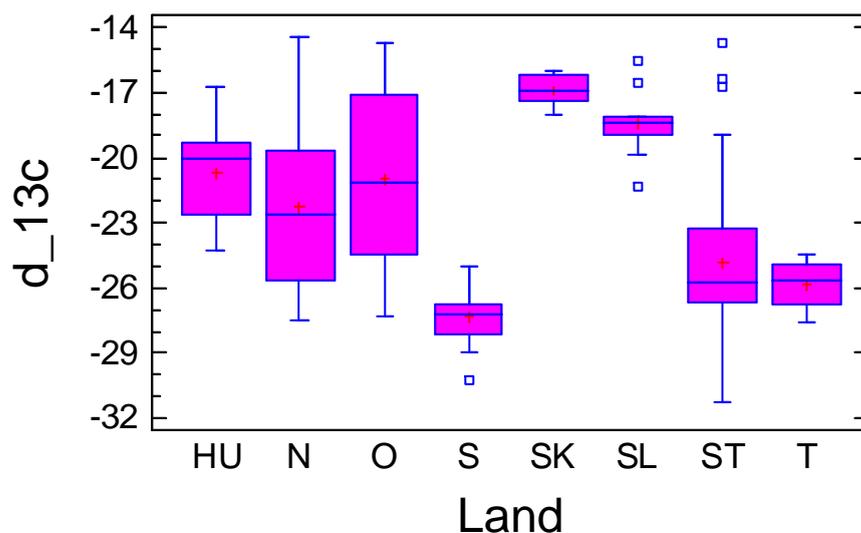
Die folgende Abbildung zeigt eine Boxplotserie zur visuellen Unterscheidung zwischen den Bundesländern und Ländern. Vorsicht ist aber bei K, V und CZ geboten, da hier sehr geringe Probenumfänge vorliegen. Bei SK kommen 5 der 12 Werte aus einem Betrieb und von 2 Werten ist die Betriebsherkunft nicht nachvollziehbar. Nichts desto Trotz liegt die Standardabweichung der 5 Werte aus einem Betrieb bei 0.52 und ist somit nur geringfügig kleiner als für alle 12 Proben.

Box-and-Whisker Plot



Klammert man die Bundesländer bzw. Länder mit geringen Probenzahlen aus (=V, K, CZ) so ergibt sich folgendes Bild:

Box-and-Whisker Plot



Der Kruskal-Wallis Test zeigt starke signifikante Unterschiede.

Land	Probenzahl	Average Rank
HU	30	172.117
N	18	140.944
O	54	162.426
S	36	36.500
SK	12	224.208
SL	10	203.950
ST	75	97.073
T	13	83.077

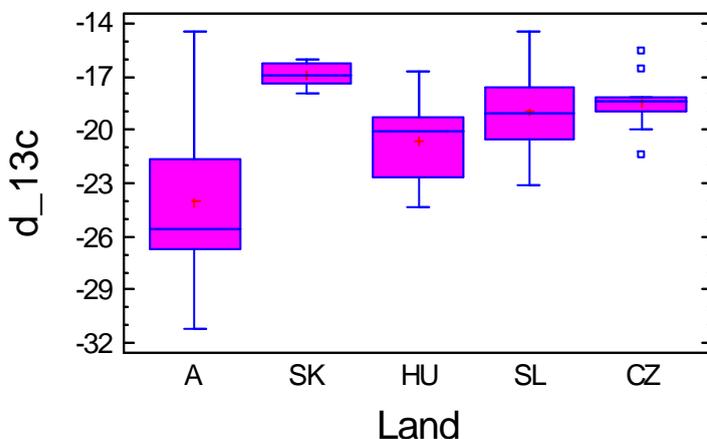
Test statistic = 134.184 P-Value = 0.0

Bildet man drei Gruppen (G1: HU, N, O; G2: S, ST, T; G3: SK, SL) so ergeben sich ebenfalls signifikante Unterschiede.

Innerhalb von G1 und G3 zeigen sich keine signifikanten Unterschiede, die Werte von SK und SL sind auch signifikant verschieden.

Vergleicht man nur inländische Proben mit ausländischen (trennt man SK, H, SL und CZ) so ergibt sich folgendes Bild. Auch hier sind die Ergebnisse signifikant verschieden. Dabei ist aber anzumerken, dass diese Unterschiede auf den Werten aus SK und SL basieren, die Werte aus H unterscheiden sich nicht signifikant von denen aus Österreich.

Box-and-Whisker Plot



Kruskal-Wallis Test

Land	Probenzahl	Average Rank
A	205	112.576
SK	12	239.625
HU	30	181.883
SL	10	217.750
CZ	8	207.188

Test statistic = 69.7119 P-Value = 0.0

4.1.2.2 $d^{18}O$

Datenmaterial

Land	Probenzahl	Mittelwert	Median	Standardabweichung
CZ	9	-3.54	-3.22	0.799
HU	17	-5.66	-5.79	1.719
K	5	-4.47	-5.55	2.225
N	19	-4.18	-4.27	1.614
O	49	-5.65	-5.64	1.071
S	21	-7.30	-7.37	1.183
SK	11	-3.59	-3.51	0.575
SL	5	-3.99	-3.94	0.218
ST	74	-5.54	-5.63	1.661
T	13	-6.87	-6.26	2.429
V	4	-2.99	-2.72	0.833
Total	227	-5.42	-5.45	1.788

1) Streuung innerhalb eines Betriebes

- 21 Werte aus einem Kälberbetrieb in Vorarlberg zeigen eine Streuung von 0.65.
- 4 Werte aus einem Rinderbetrieb in Deutschlandsberg 0.40.

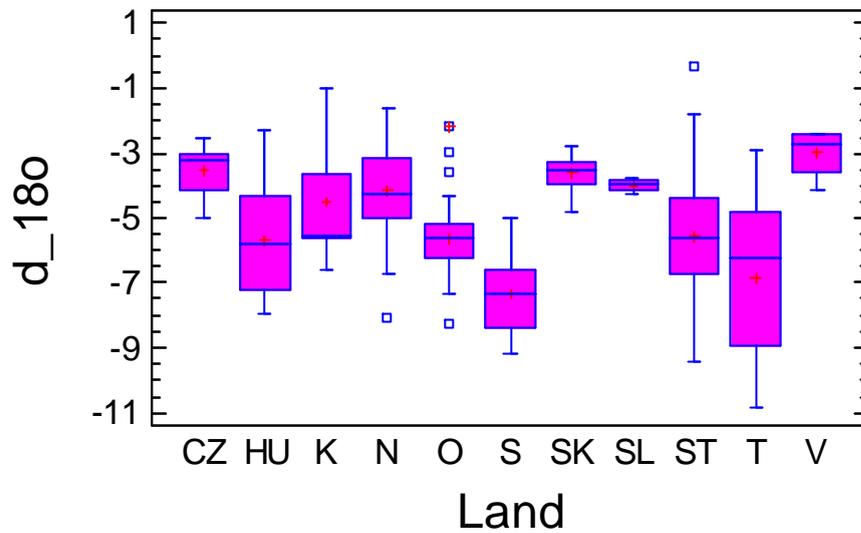
2) Streuung innerhalb einer Gemeinde

- 3 Werte aus 3 Betrieben in Lankowitz zeigen eine Streuung von 0.71, 3 Werte aus 3 Betrieben in Fladnitz 0.84.

Verglichen mit 13C sind die Streuungen bei 18O geringer. Die innerbetriebliche Streuung ist in etwa gleich wie die kleinräumige Streuung.

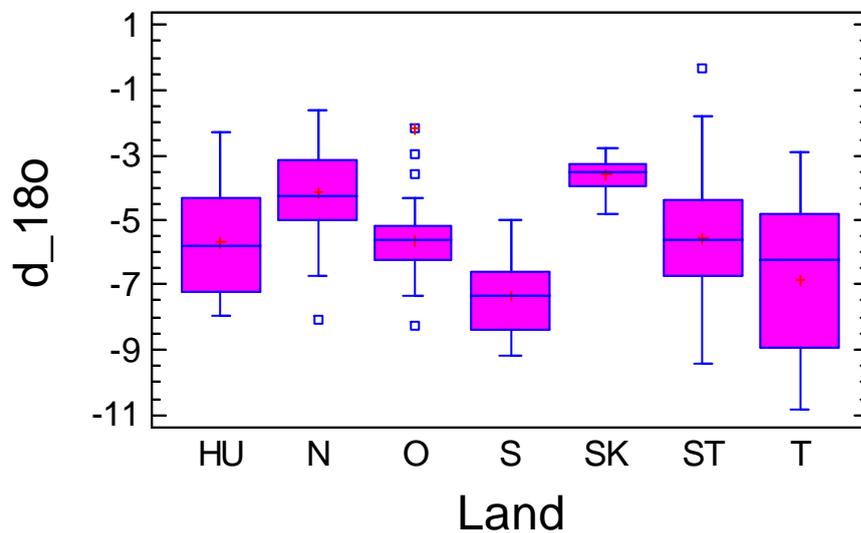
Die folgende Abbildung zeigt eine Boxplotserie zur visuellen Unterscheidung zwischen den Bundesländern und Ländern. Vorsicht ist aber bei K, V, CZ und SL geboten, da hier sehr geringe Probenumfänge vorliegen. Bei SK kommen 4 der 11 Werte aus einem Betrieb und von 2 Werten ist die Betriebsherkunft nicht nachvollziehbar. Die Standardabweichung der 4 Werte aus einem Betrieb liegt bei 0.82 und ist im Vergleich zur Standardabweichung 0.57 der 11 Proben größer.

Box-and-Whisker Plot



Klammert man die Bundesländer bzw. Länder mit geringen Probenzahlen aus (=V, K, CZ, SL) so ergibt sich folgendes Bild:

Box-and-Whisker Plot



Der Kruskal-Wallis Test zeigt starke signifikante Unterschiede.

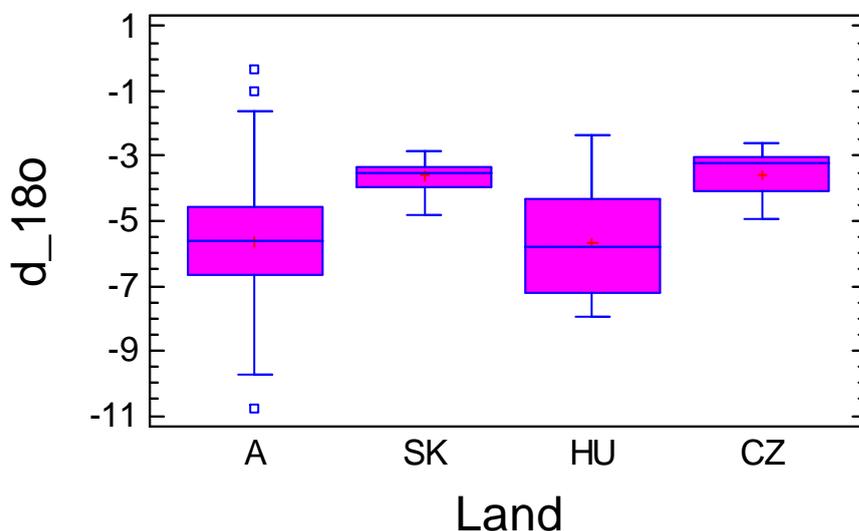
Land	Probenzahl	Average Rank
HU	17	98.118
N	19	151.921
O	49	99.316
S	21	43.214
SK	11	177.773
ST	74	103.655
T	13	73.500

Test statistic = 55.7826 P-Value = 3.22103E-10

Gruppirt man die Daten in drei Gruppen (G1: HU, O, ST, T; G2: S; G3: N, SK) so ergeben sich ebenfalls signifikante Unterschiede. Innerhalb von G1 bzw. G3 gibt es allerdings keine signifikanten Unterschiede, d.h. z.B. dass man Proben aus SK nicht von N oder Proben aus HU nicht von Proben aus ST unterscheiden kann.

Vergleicht man nur inländische Proben mit ausländischen (trennt man SK, H und CZ) so ergibt sich folgendes Bild. Auch hier sind die Ergebnisse signifikant verschieden.

Box-and-Whisker Plot



Man sieht beim Kruskal-Wallis Test sehr schön, dass die Gruppe A und H sich von der Gruppe SK und CZ unterscheidet.

Kruskal-Wallis Test

Land	Probenzahl	Average Rank
A	185	104.308
SK	11	186.409
HU	17	101.441
CZ	9	186.778

Test statistic = 30.0612 P-Value = 0.00000133978

4.1.2.3 $d^{15}N$

Datenmaterial

Land	Probenzahl	Mittelwert	Median	Standardabweichung
CZ	8	6.64	6.70	0.407
HU	30	6.74	6.70	1.096
K	5	6.86	7.10	1.069
N	18	6.34	6.25	1.030
O	55	6.09	6.00	0.857
S	36	6.61	6.70	0.748
SK	12	5.74	5.65	0.658
SL	10	6.84	6.45	1.194
ST	75	6.52	6.60	0.673
T	13	5.17	5.10	0.691
V	4	5.93	6.10	0.763
Total	266	6.37	6.40	0.905

1) Streuung innerhalb eines Betriebes

- 28 Werte aus einem Kälberbetrieb in Vorarlberg zeigen eine Streuung von 0.32.
- 4 Werte aus einem Rinderbetrieb in Deutschlandsberg 0.35.

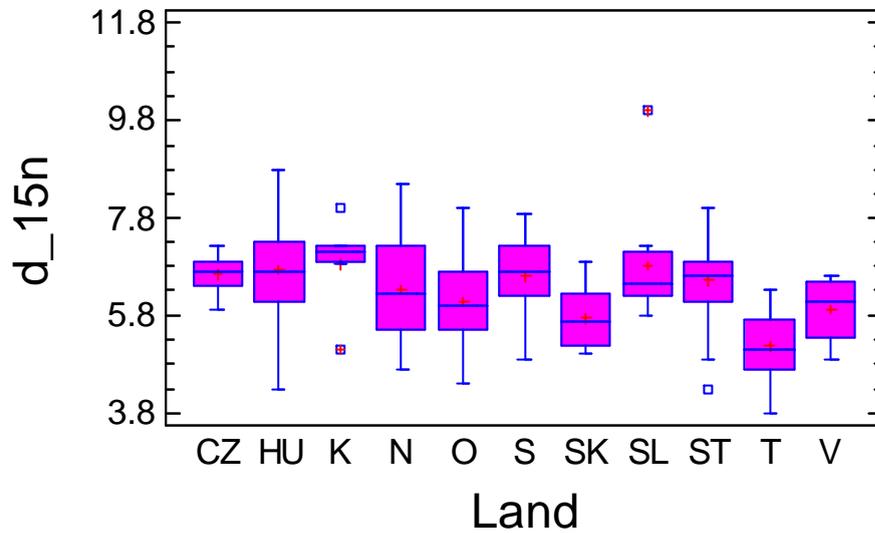
2) Streuung innerhalb einer Gemeinde

- 3 Werte aus 3 Betrieben in Lankowitz zeigen eine Streuung von 0.65, 3 Werte aus 3 Betrieben in Fladnitz 0.87.

Die innerbetriebliche Streuung ist geringer als die Streuung innerhalb einer Gemeinde. Dies ist wiederum auf die homogene Fütterungspraxis innerhalb eines Betriebes zurückzuführen.

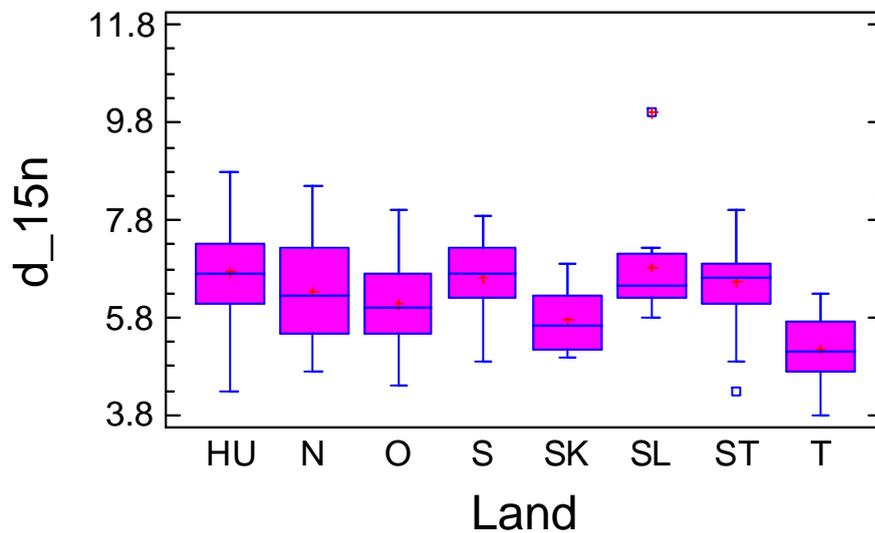
Die folgende Abbildung zeigt eine Boxplotserie zur visuellen Unterscheidung zwischen den Bundesländern und Ländern. Vorsicht ist aber bei K, V und CZ geboten, da hier sehr geringe Probenumfänge vorliegen. Bei SK kommen 5 der 12 Werte aus einem Betrieb und von 2 Werten ist die Betriebsherkunft nicht nachvollziehbar. Nichts desto Trotz liegt die Standardabweichung der 5 Werte aus einem Betrieb bei 0.28 und ist somit geringer als 0.66 für alle 12 Proben.

Box-and-Whisker Plot



Klammert man die Bundesländer bzw. Länder mit geringen Probenzahlen aus (=V, K, CZ) so ergibt sich folgendes Bild:

Box-and-Whisker Plot



Der Kruskal-Wallis Test zeigt signifikante Unterschiede.

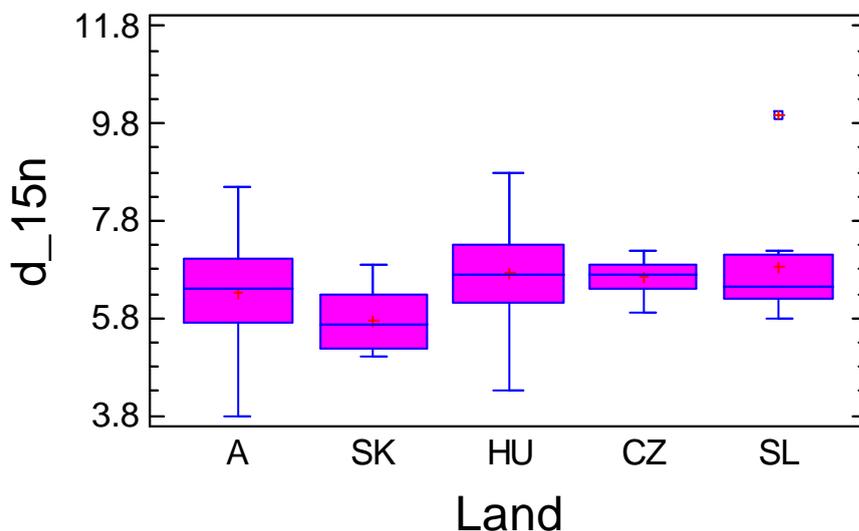
Land	Probenzahl	Average Rank
HU	30	151.533
N	18	121.611
O	55	102.464
S	36	148.542
SK	12	72.667
SL	10	147.000
ST	75	141.060
T	13	37.346

Test statistic = 43.6585 P-Value = 2.4884E-7

Teilt man die Daten wieder in drei Gruppen (G1: HU, S, SL, ST, N; G2: SK, O; G3: T) so ergeben sich wieder signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Innerhalb der Gruppen gibt es keine Unterschiede.

Vergleicht man nur inländische Proben mit ausländischen (trennt man SK, H, SL und CZ) so ergibt sich folgendes Bild. Auch hier sind die Ergebnisse signifikant verschieden. Dieser Unterschied ist aber nur dadurch begründet, dass die Werte aus SK geringer sind als die restlichen. **Löst man aus untenstehender Grafik die Werte aus SK heraus, so ergeben sich zwischen A, H, CZ und SL keine signifikanten Unterschiede mehr.**

Box-and-Whisker Plot



Kruskal-Wallis Test

Land	Probenzahl	Average Rank
A	206	130.733
SK	12	76.292
HU	30	160.733
CZ	8	161.188
SL	10	155.300

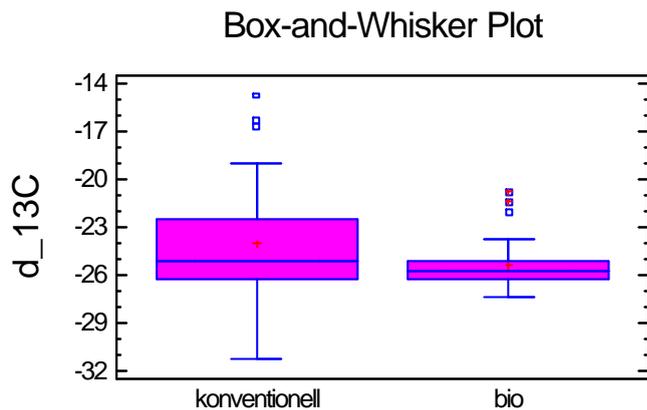
Test statistic = 12.5202 P-Value = 0.0138744

4.1.3 „Biofleisch“

Untersucht wurden die Unterschiede zwischen biologisch und konventionell produziertem steirisches Rindfleisch mittels Wilcoxon – Test.

4.1.3.1 $\delta^{13}\text{C}$

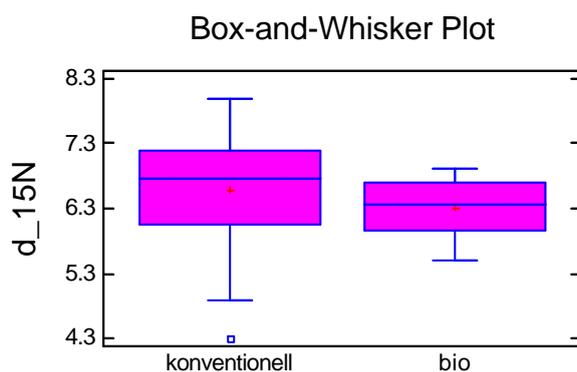
	konventionell	bio
Count	44	28
Average	-24.0332	-25.3361
Median	-25.09	-25.715
Standard deviation	3.32366	1.58205
Minimum	-31.24	-27.4
Maximum	-14.76	-20.78



Der statistische Test zeigt knapp keine signifikanten Unterschiede für die Kohlenstoff – Isotopie.

4.1.3.2 $\delta^{15}\text{N}$

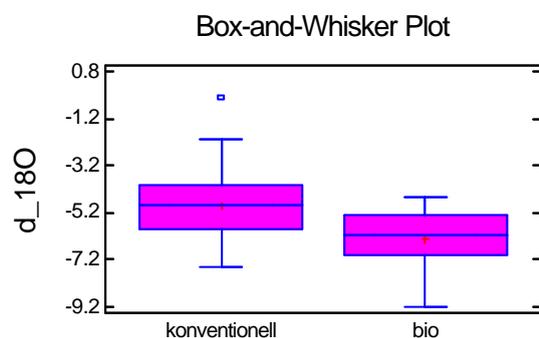
	konventionell	bio
Count	44	28
Average	6.59091	6.31429
Median	6.75	6.35
Standard deviation	0.817204	0.418741
Minimum	4.3	5.5
Maximum	8.0	6.9



Der Wilcoxon – Test zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen biologischem und konventionell produziertem steirischem Rindfleisch für die Stickstoff – Isotopie.

4.1.3.3 $\delta^{18}\text{O}$

	konventionell	bio
Count	34	27
Average	-4.90941	-6.32926
Median	-4.845	-6.12
Standard deviation	1.49815	1.22855
Minimum	-7.54	-9.2
Maximum	-0.32	-4.55



Der Wilcoxon – Test zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen biologischem und konventionellem steirischem Rindfleisch für die Sauerstoff-Isotopie .

Zusammenfassung – Rinder

Aufgrund der großen Heterogenität der Datenwerte auch innerhalb kleiner geografischen Einheiten ist eine räumliche Klassifikation anhand der Isotopenwerte nur sehr eingeschränkt möglich. Eine Unterscheidung inländischer und ausländischer Proben aufgrund der vorliegenden Isotopenwerte bei Rindern ist (wohl auch wegen der viel zu geringen Anzahl an ausländischen Proben) nicht möglich. Für einzelne Isotope lassen sich aber einzelne größere Bereiche abgrenzen, doch wechseln diese Bereiche je nach Isotop.

Steirisches Biofleisch unterscheidet sich lediglich in seiner $\delta^{18}\text{O}$ Signatur signifikant von konventionellem steirischem Rindfleisch. Dies wird für eine eindeutige Identifizierung nur in wenigen Fällen ausreichend sein. Dies ist unter anderem damit zu erklären, dass teilweise Biorindfleisch nicht als solches ausgezeichnet ist, da dies die Mitgliedschaft bei einem Biosiegel und die vollständig biologische Ausrichtung des Betriebes verlangt.

Zusammenfassung der statistischen Auswertung für Rind und Schwein:

Die einzelnen Regionen in Österreich besitzen Großteils typische Isotopenmuster, die sich sowohl von anderen Regionen innerhalb Österreichs, als auch von den Isotopenmustern der

Auslandsproben unterscheiden. Die Variabilität zwischen den Regionen führt zu einem isotopisch sehr breiten Bereich für ganz Österreich. Die Frage Österreich oder Ausland lässt sich nur auf Regionenebene klären. Daher ist es notwendig die österreichische Herkunftsregion zu kennen, damit diese dann überprüft werden kann und somit eine korrekte oder inkorrekte Deklaration festgestellt werden kann.

4.2 Logistische Regression

4.2.1 Rinder

Mit Hilfe eines logistischen Regressionsmodells wurde versucht zu erkennen, ob es nur aufgrund der Isotopenwerte möglich ist, die Herkunft der Rinder (getrennt nach Inland und Ausland) zu erkennen. Da von $\delta^{34}\text{S}$ nur sehr wenige Werte vorhanden sind, wurden nur die Isotopen $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{15}\text{N}$ und $\delta^{13}\text{C}$ in der Analyse berücksichtigt.

Von den zur Verfügung stehenden Proben wurden in 222 Fällen alle drei Parameter gemessen, wobei 181 Proben aus dem Inland und 41 Proben aus dem Ausland stammten.

Untenstehende Tabelle zeigt als ein Ergebnis der logistischen Regression die Klassifikationstabelle.

		Observed		Predicted		Percentage Correct
				Land		
		Inland	Ausland	Inland	Ausland	
Land	Inland	149	32	82.3		
	Ausland	13	28	68.3		
Overall Percentage				79.7		

a The cut value is .250

Man erkennt, dass von den 181 inländischen Proben 149 richtig klassifiziert wurden, was einem Prozentsatz von 82.3 entspricht. Von den 41 ausländischen Proben wurden 28 (=68.3%) aufgrund der Isotopenwerte als ausländische Proben klassifiziert.

Betrachtet man die Falschklassifikationen genauer, so ergibt sich folgendes Bild:

Inland obwohl Ausland

11 von 30 Proben aus HU

2 von 9 aus CZ

Ausland obwohl Inland

2 von 4 in V

5 von 19 aus NÖ

18 von 55 aus OÖ

7 von 77 aus ST

Die Schätzwerte der logistischen Regression sind in der untenstehenden Tabelle angegeben. Man erkennt sehr gut, dass $\delta^{13}\text{C}$ das dominante Isotop bei der Klassifikation und $\delta^{18}\text{O}$ schwach nicht signifikant ($\alpha=5\%$) war. $\delta^{15}\text{N}$ spielt für die Klassifikation keine Rolle.

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
d18o	.228	.136	2.786	1	.095	1.256
d13c	.320	.057	31.068	1	.000	1.377
d15n	-.006	.225	.001	1	.979	.994
Constant	6.533	2.042	10.238	1	.001	687.728

4.2.2 Schweine

Bei den Schweinen wurde ebenfalls mit Hilfe der logistischen Regression versucht nur auf Basis der Isotopenwerte die Proben in inländische und ausländische zu klassifizieren, wobei 259 Proben zur Verfügung standen, wo alle drei Isotopen gemessen wurden. 240 von diesen stammen aus den Inland und 19 aus dem Ausland.

Die Klassifikationstabelle ist unten angeführt. Für inländische Schweine ergibt sich ein Prozentsatz von 85.4% richtig klassifiziert und für ausländische von 63.2%. Die Werte liegen in etwa in derselben Größenordnung wie bei den Rindern.

Classification Table(a)

	Observed		Predicted		
			Land		Percentage Correct
	Inland	Ausland	Inland	Ausland	
Land	Inland	205	35	85.4	
	Ausland	7	12	63.2	
	Overall Percentage			83.8	

a The cut value is .100

Die Verteilung der Fehlklassifikationen sieht folgendermaßen aus:

Inland obwohl Ausland

7 von 10 Proben aus Slowenien

Ausland obwohl Inland

1 von 26 in V

4 von 35 in T

7 von 39 aus K

3 von 67 aus NÖ

4 von 41 aus OÖ

16 von 77 aus ST

Hier fällt auf, dass sich Tiere aus Slowenien und der Steiermark kaum unterscheiden.

Die Schätzwerte der logistischen Regression sind in der untenstehenden Tabelle angegeben. Man erkennt sehr gut, dass $\delta^{18}\text{O}$ und $\delta^{15}\text{N}$ die dominanten Isotope bei der Klassifikation sind. $\delta^{13}\text{C}$ spielt für die Klassifikation keine Rolle.

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
d18o	1.266	.291	18.886	1	.000	3.547
d13c	-.090	.083	1.173	1	.279	.914
d15n	-.877	.394	4.946	1	.026	.416
Constant	7.308	2.501	8.540	1	.003	1492.433

Zusammenfassung der logistischen Regressionsanalyse

Anhand dieser Analyse ist eine ca. 80%-ige korrekte Zuordnung der Fleischproben zu Inland und Ausland möglich. Diese Ergebnisse bestätigen unsere Hypothese der generellen Eignung isotopischer Parameter zur regionalen Zuordnung von Fleischproben. Bei einem Vergleich von einzelnen heimischen Regionen mit dem Ausland kann die Zuverlässigkeit noch deutlich verbessert werden. Auch durch eine Komplettierung und weiteren Ausbau der Datenbank, sowie durch geographisch genauer definierte Gruppen wird eine noch detaillierte Unterscheidung möglich sein.

Es zeigt sich aber auch, dass manche Auslandsregionen sehr ähnliche Isotopenmuster wie angrenzende heimische Regionen besitzen (Bsp.: Schweinefleisch: Slowenien-Steiermark). Hier ist aufgrund der geographischen Nähe, der ähnlichen Fütterungspraxis und der Nutzung der gleichen Wasserressourcen eine Unterscheidung anhand der untersuchten Isotopenparameter nur schwer möglich.

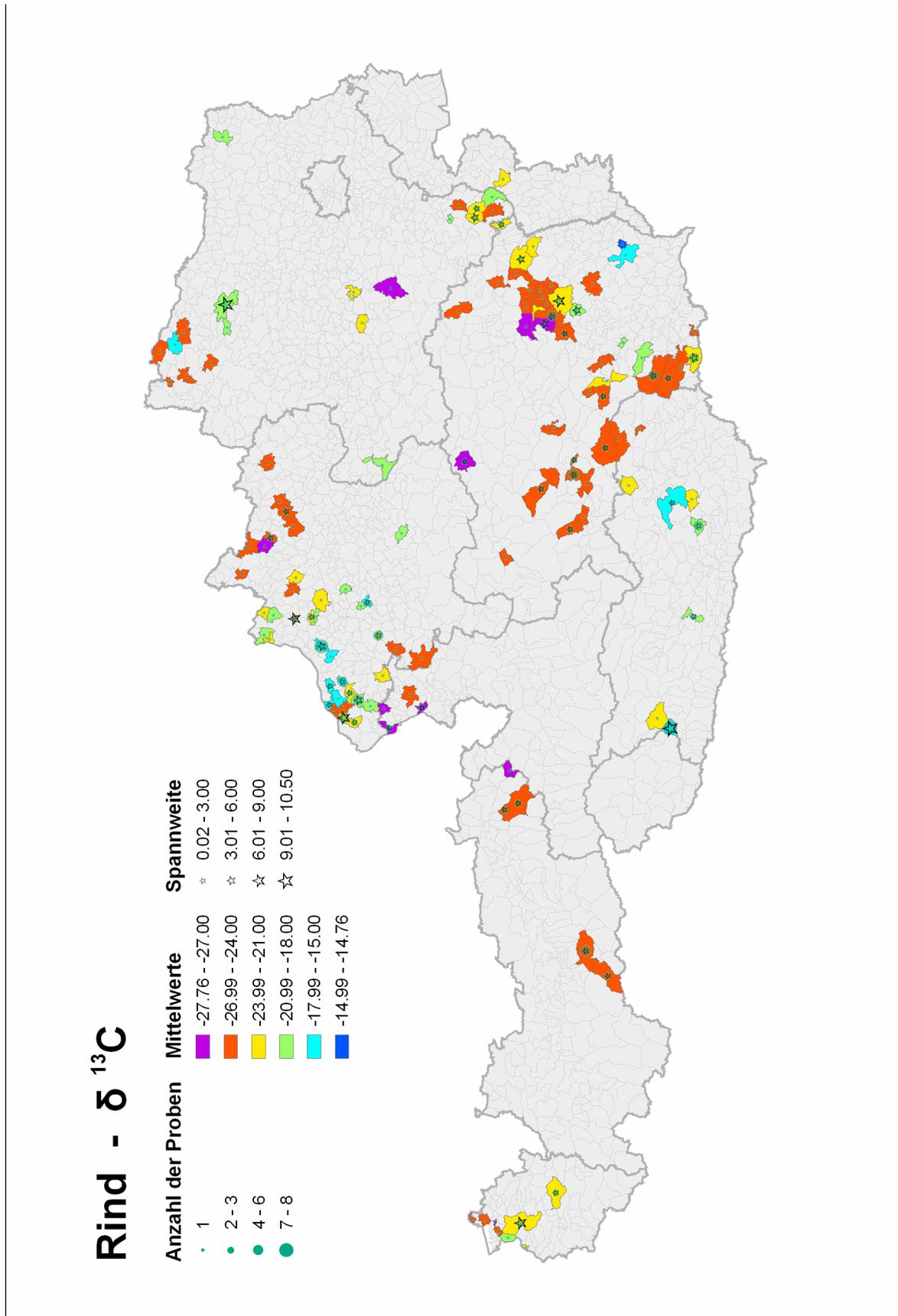


Abbildung 3a: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{13}\text{C}$ - Rind

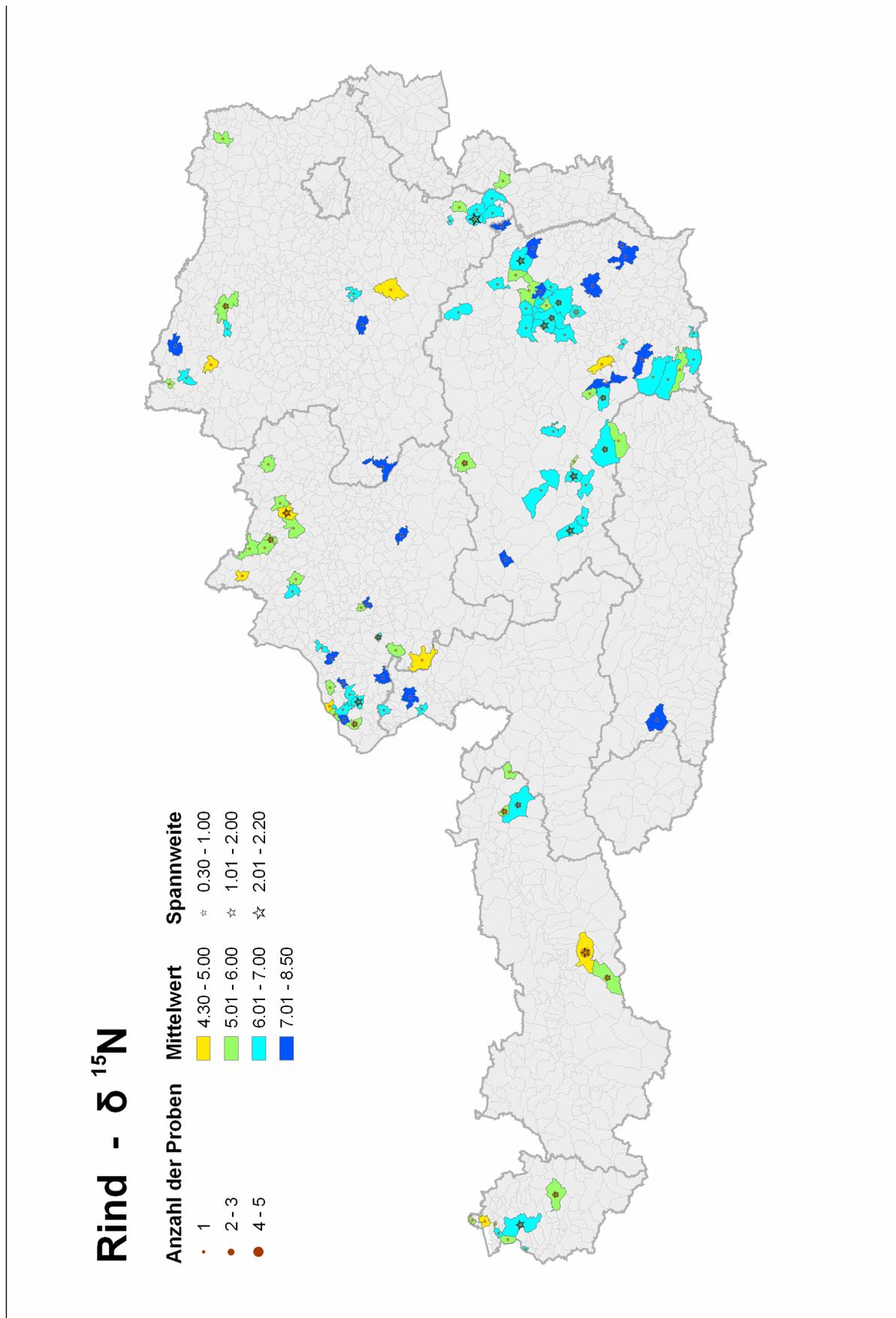


Abbildung 3b: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{15}\text{N}$ - Rind

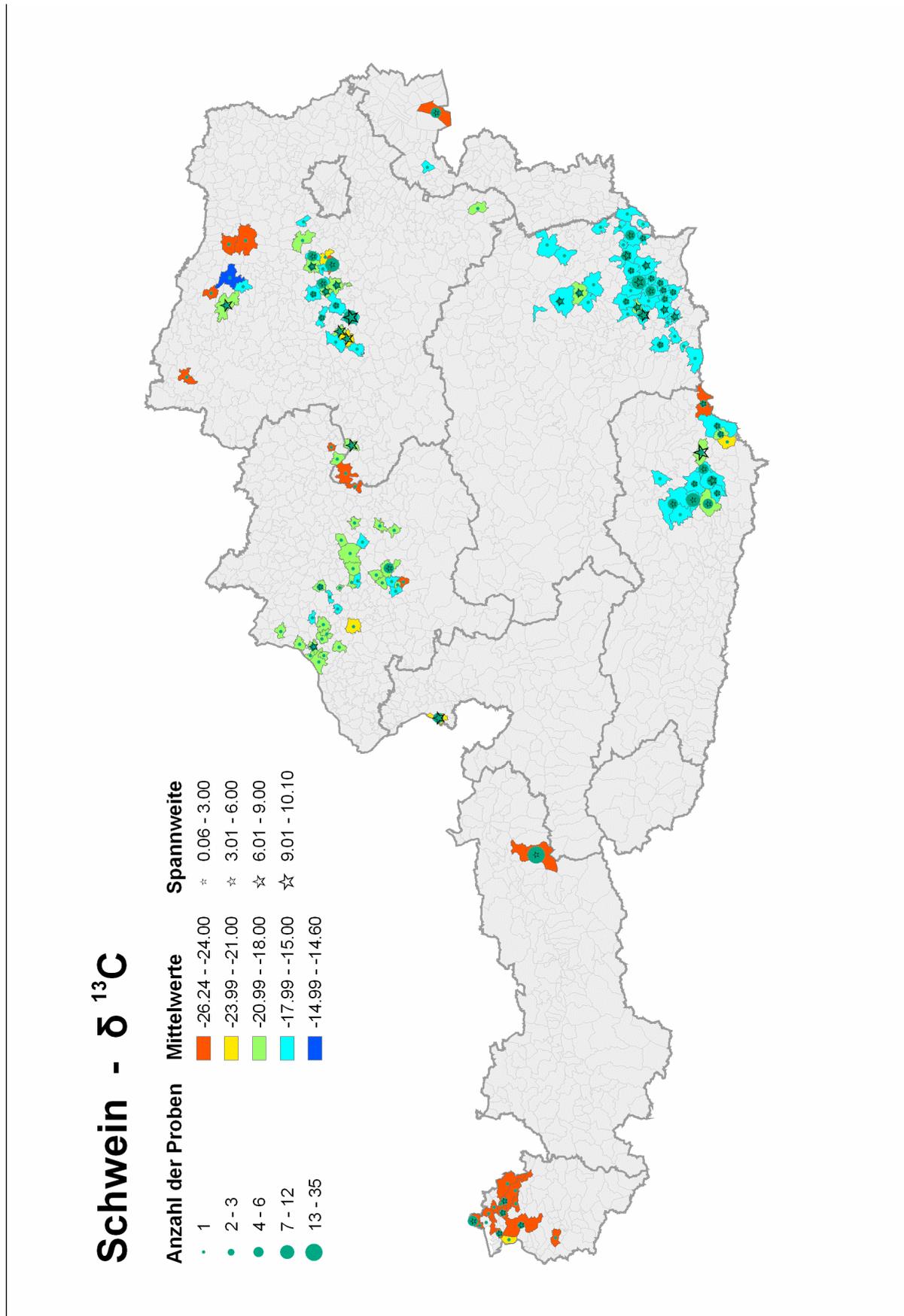


Abbildung 3c: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{13}\text{C}$ - Schwein

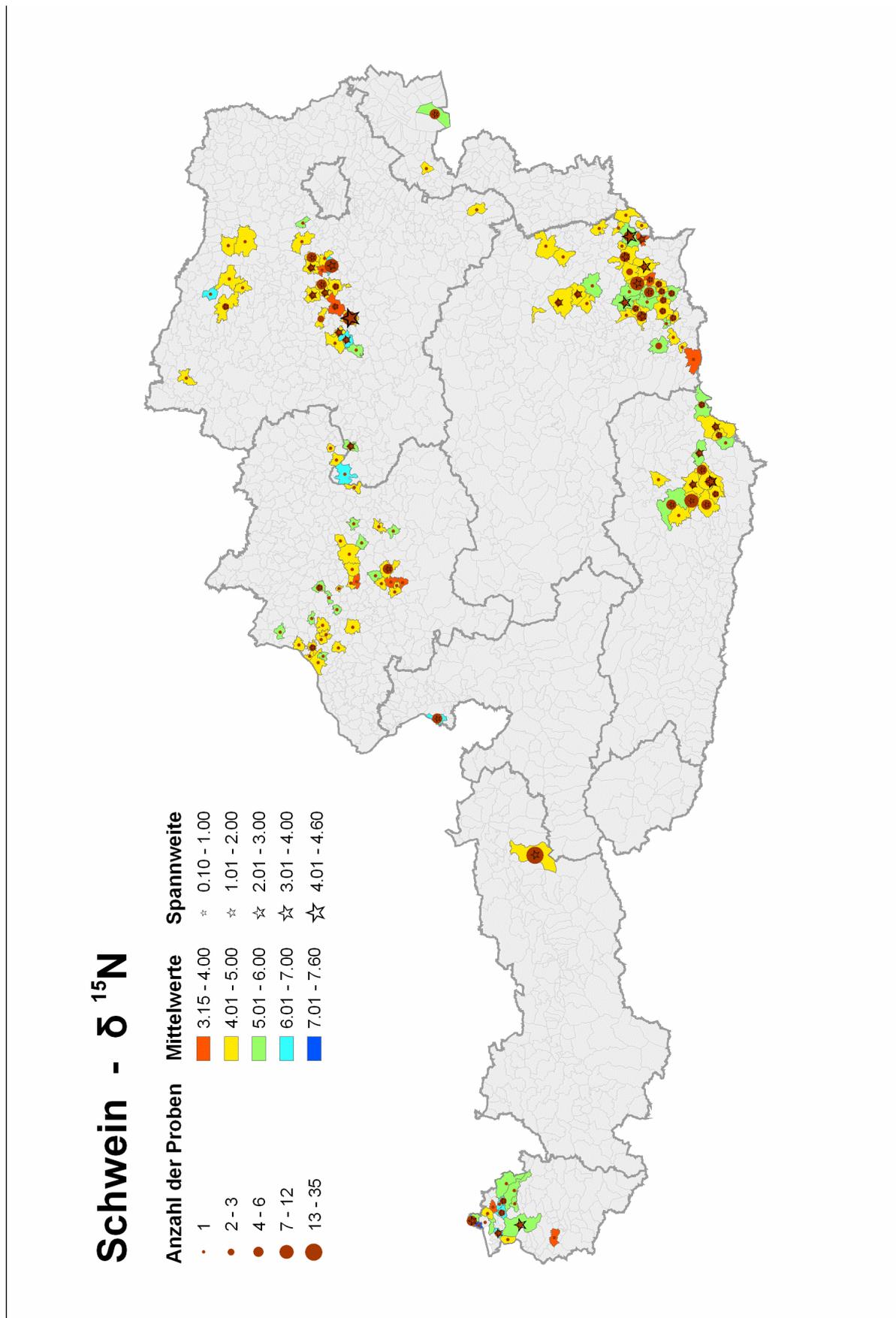


Abbildung 3d: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{15}\text{N}$ - Schwein

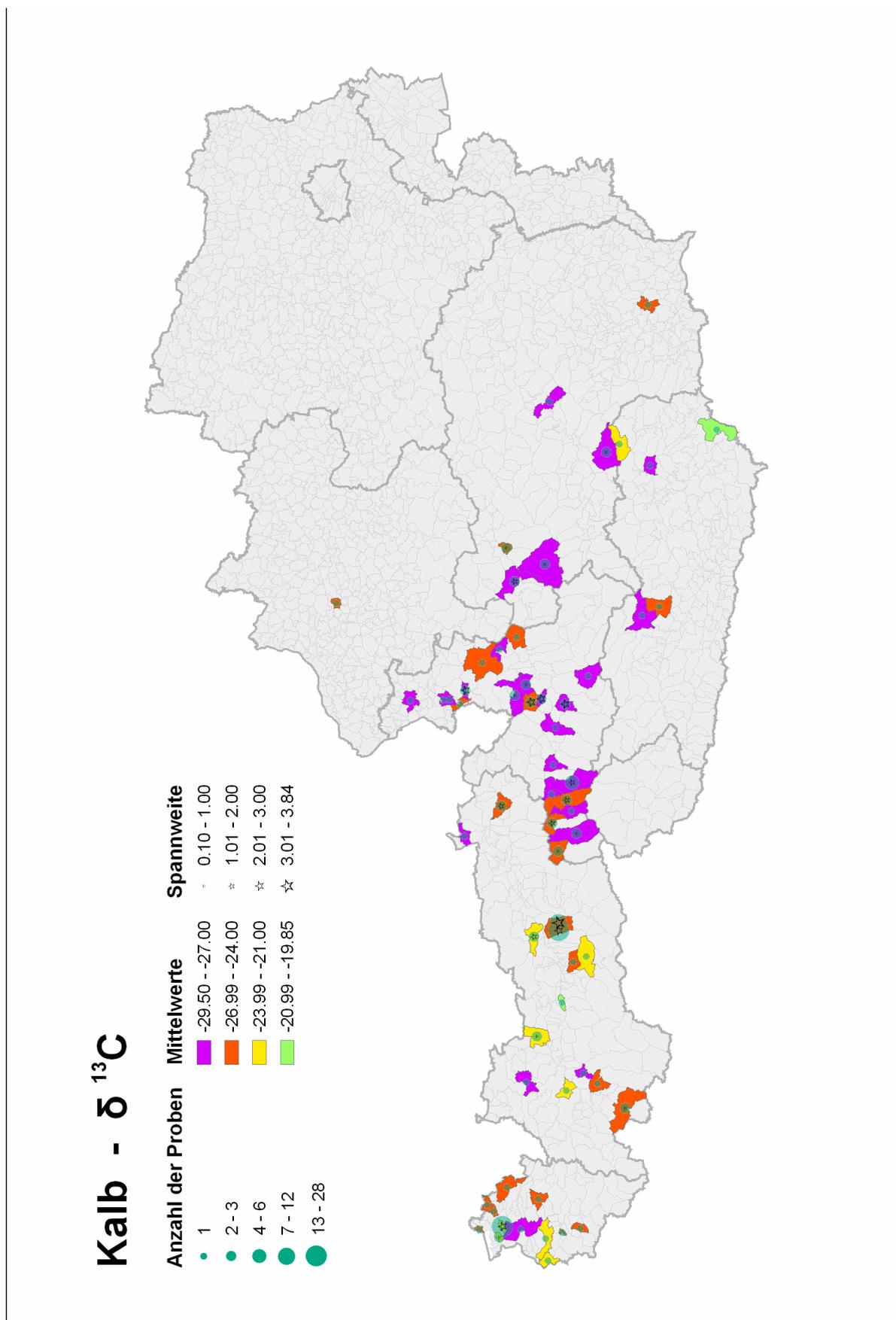


Abbildung 3e: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{13}\text{C}$ - Kalb

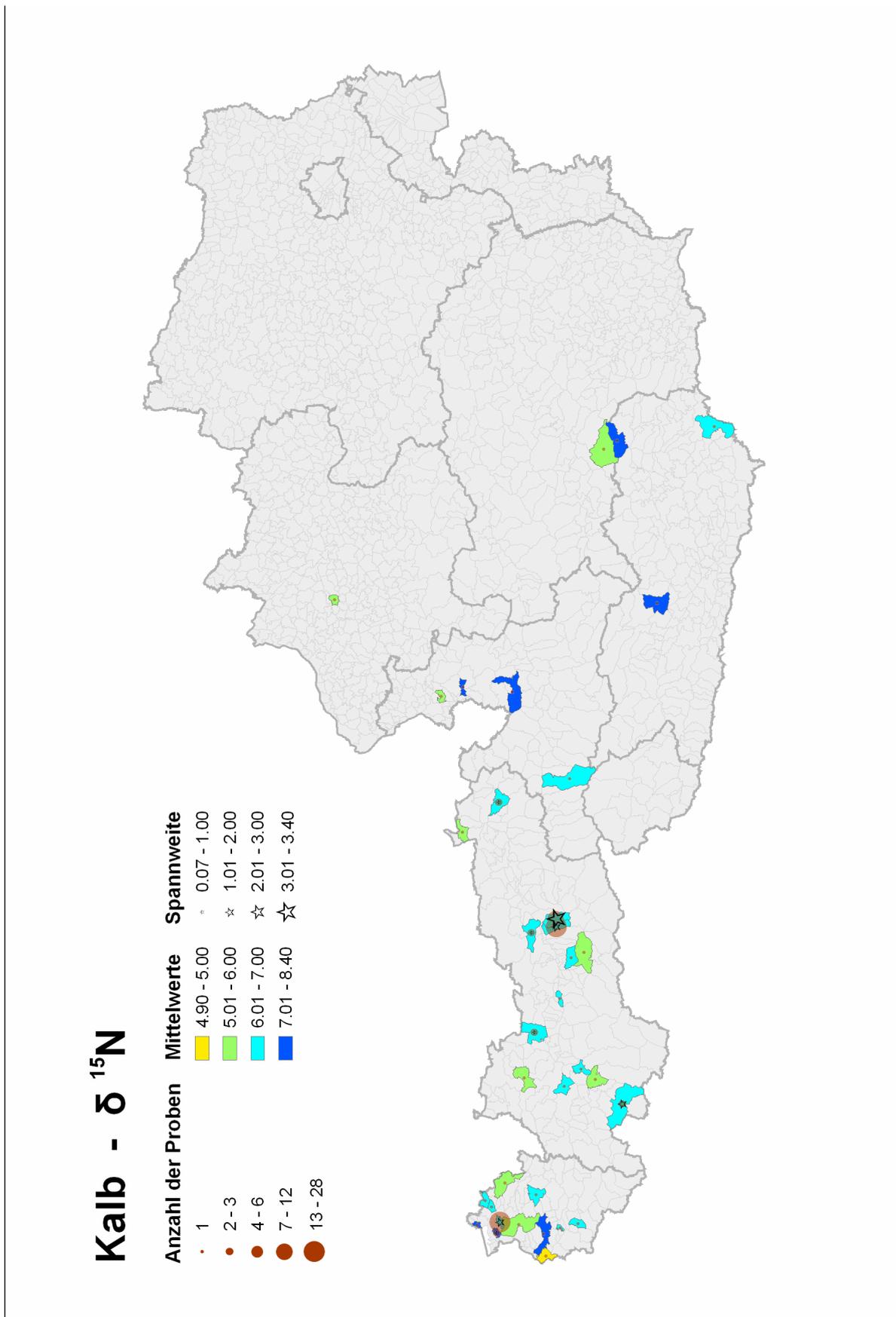


Abbildung 3f: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{15}\text{N}$ – Kalb.

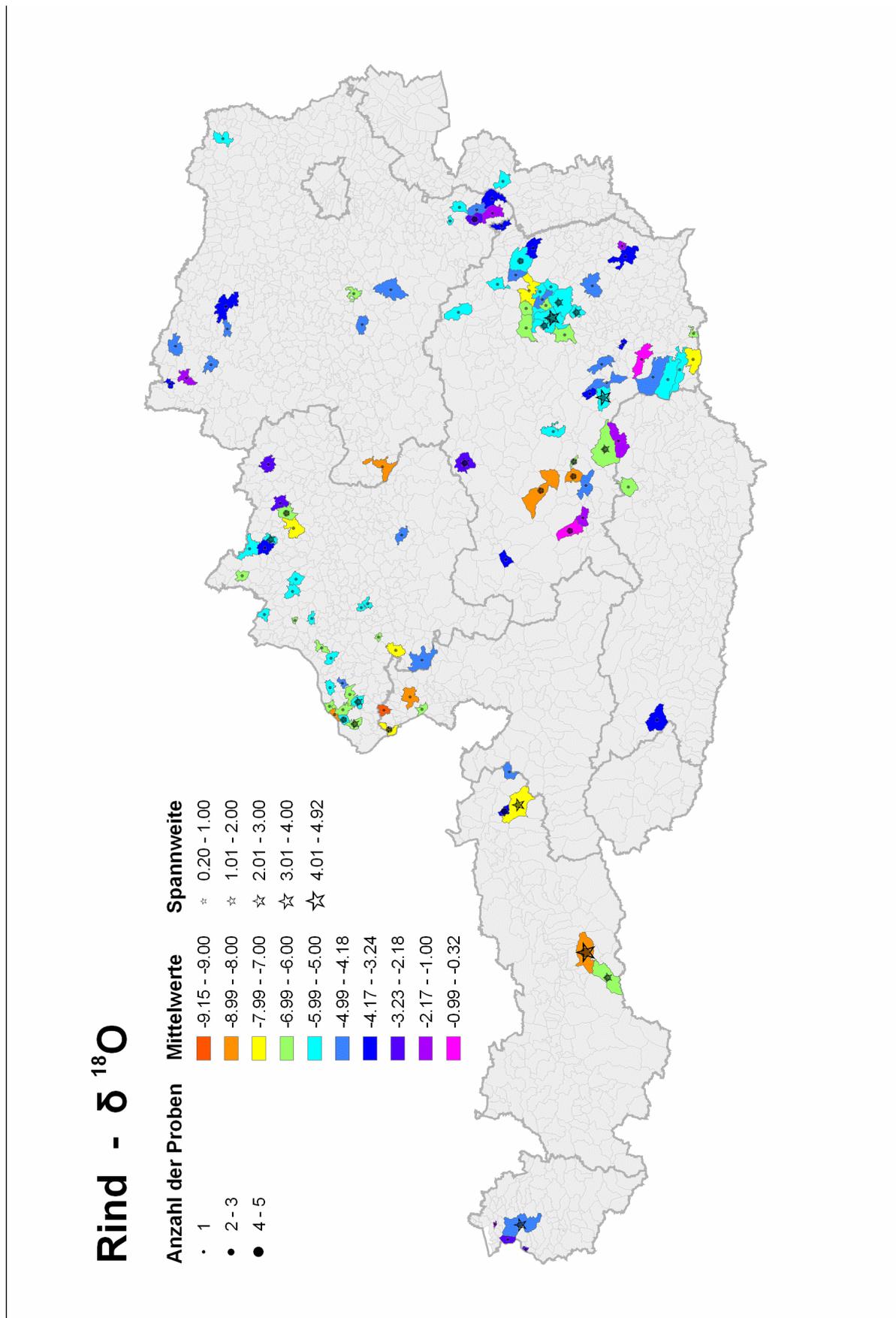


Abbildung 3g: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{18}\text{O}$ – Rind

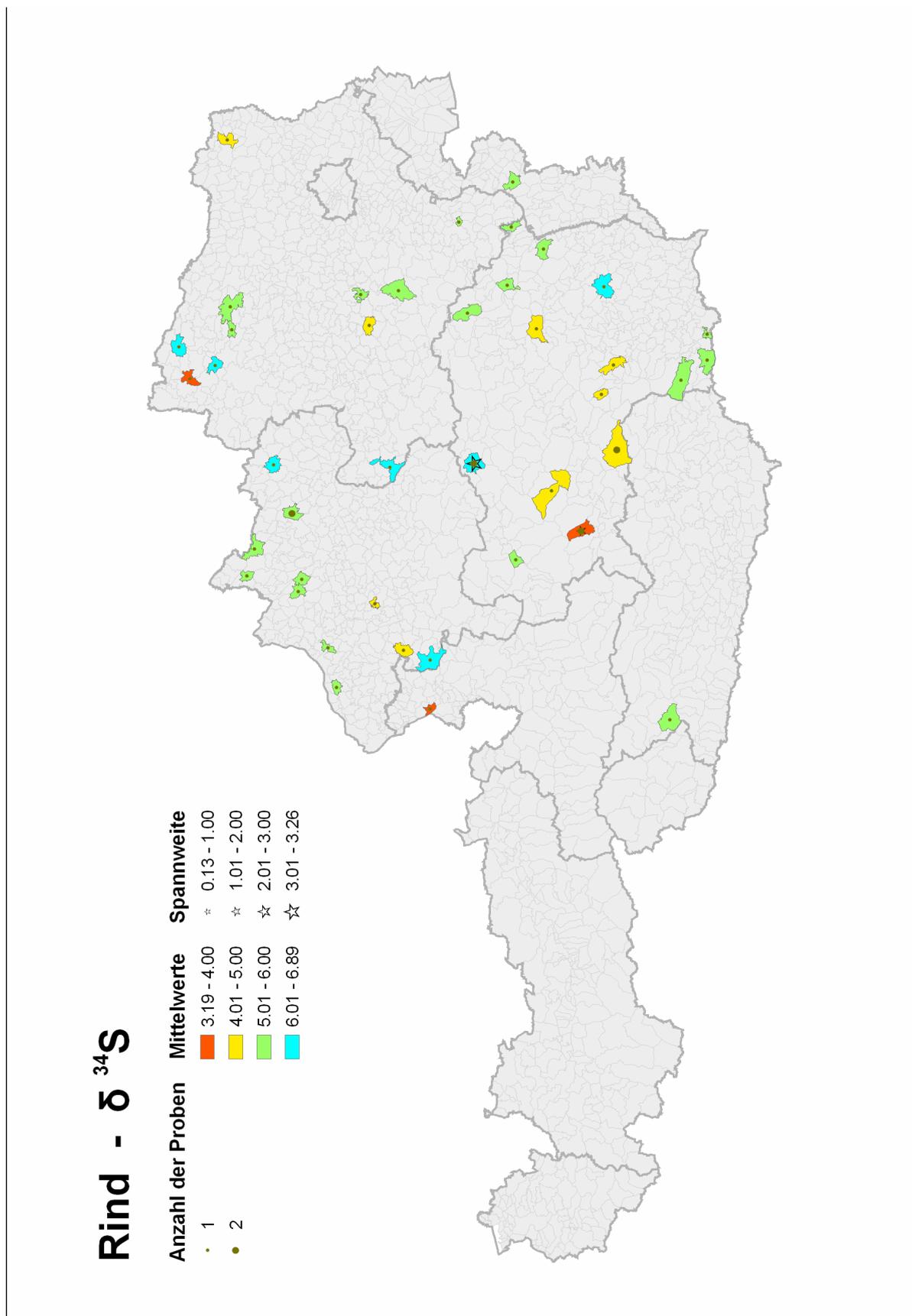


Abbildung 3h: Übersicht über die Analyseergebnisse $\delta^{34}\text{S}$ – Rind

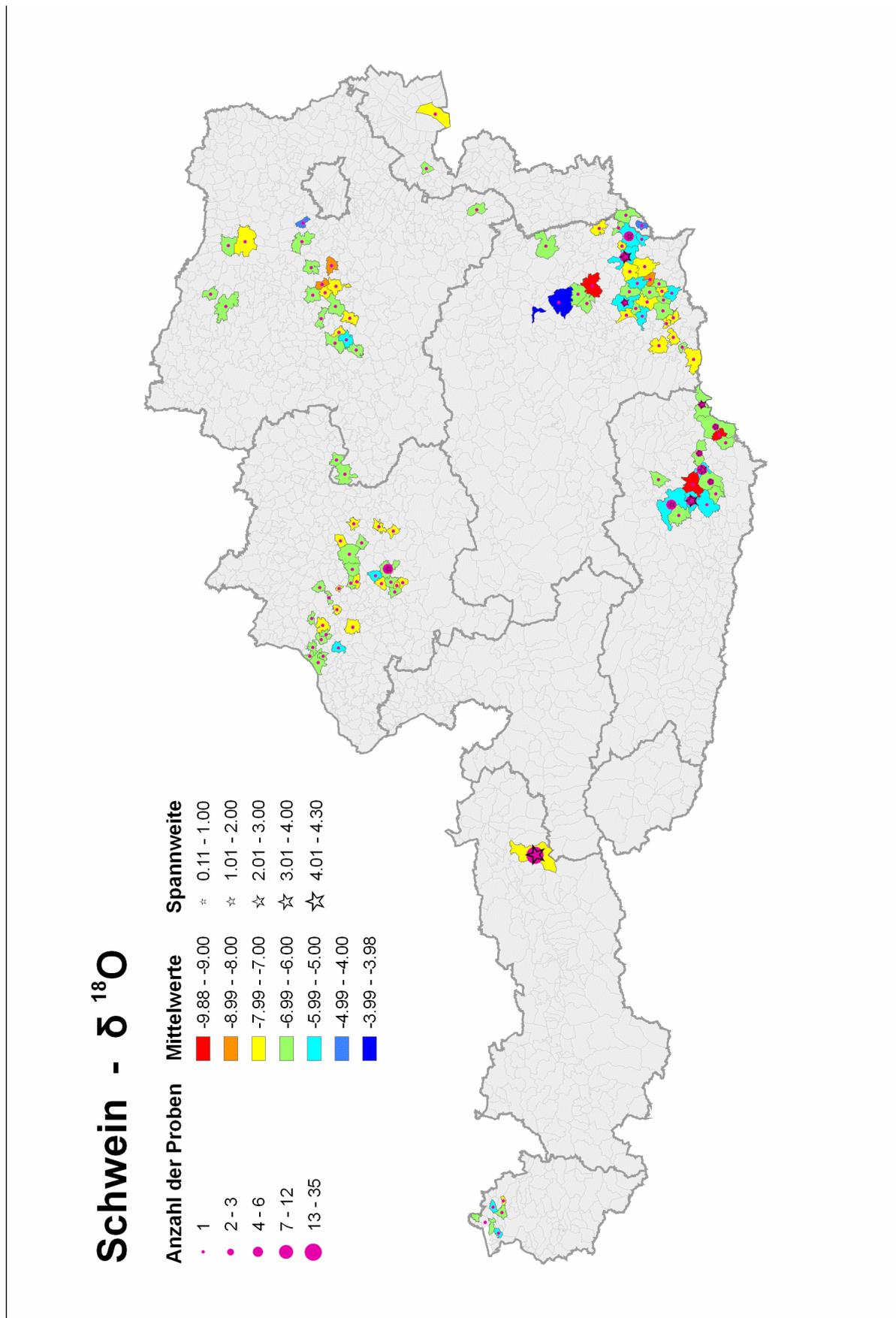


Abbildung 3i: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{18}\text{O}$ – Schwein

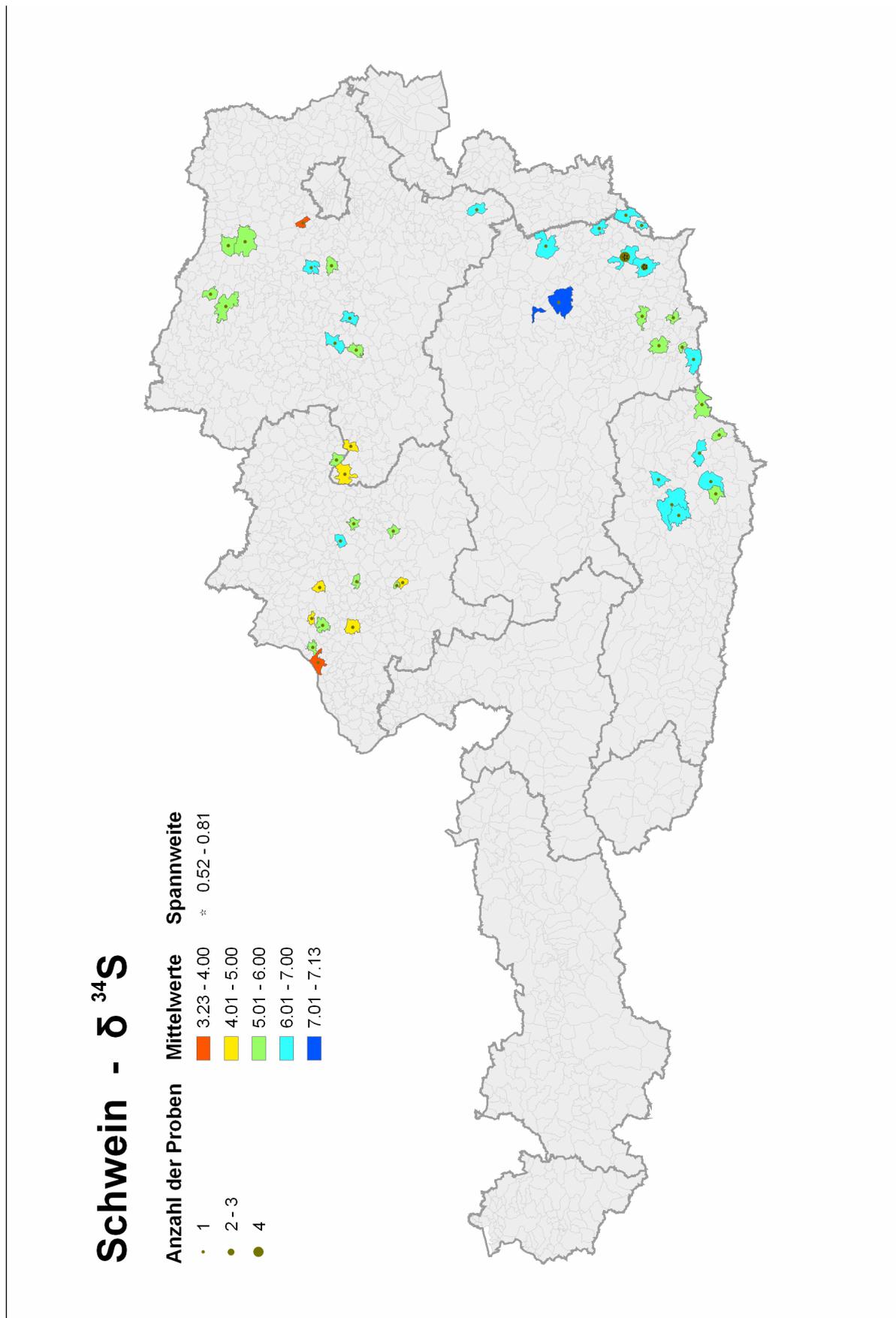


Abbildung 3j: Übersicht über die Analysenergebnisse $\delta^{34}\text{S}$ – Schwein.

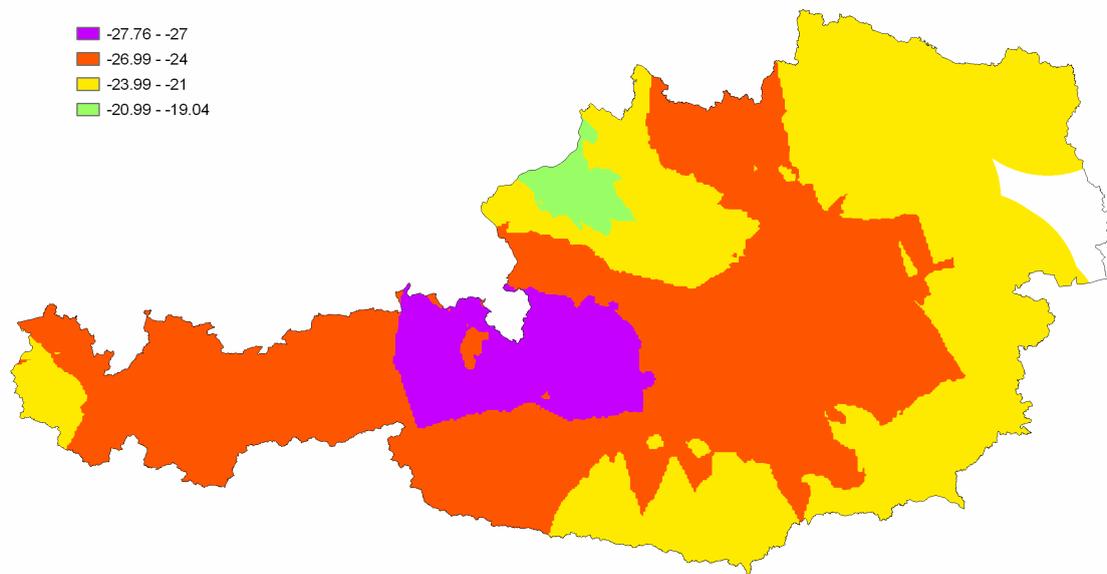
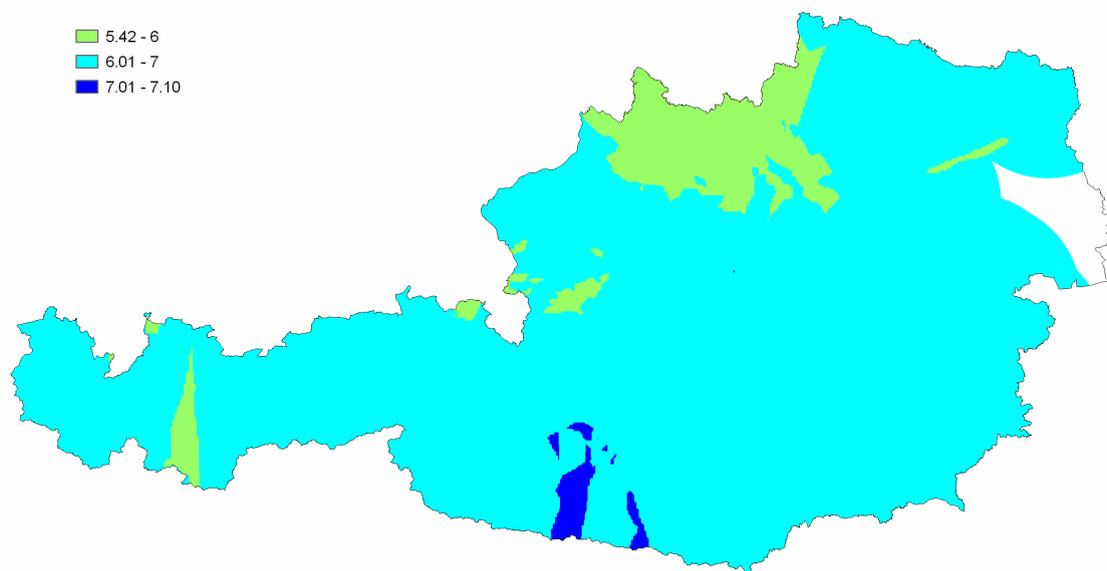
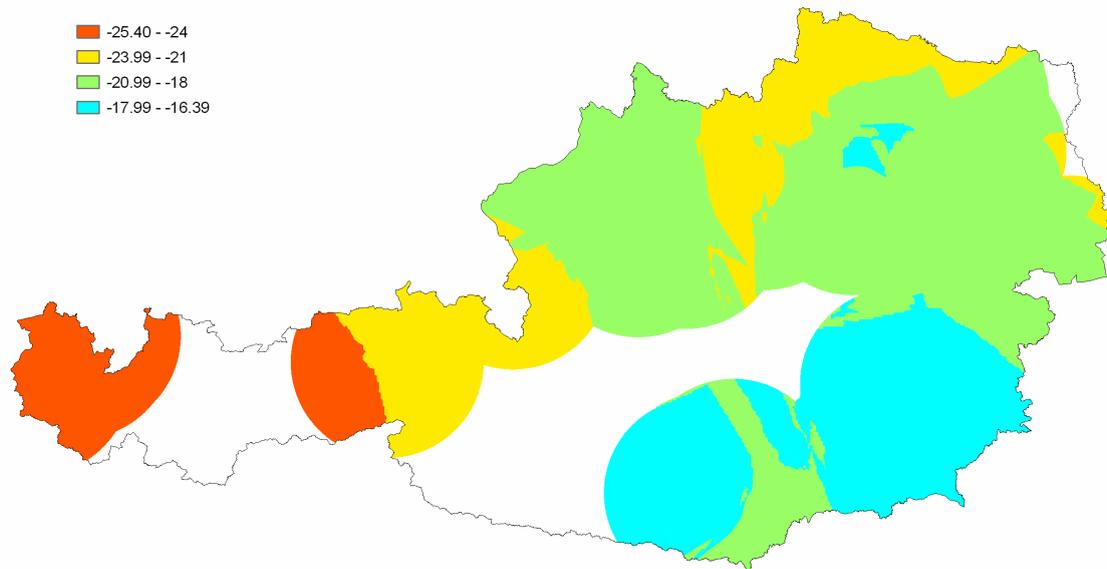
Rind+Kalb - $\delta^{13}\text{C}$ **Rind+Kalb - $\delta^{15}\text{N}$** 

Abbildung 4A: Flächeninterpolation der Analysenergebnisse $\delta^{13}\text{C}$ - Rind und Kalb zusammen.

Schwein - $\delta^{13}\text{C}$



Schwein - $\delta^{15}\text{N}$

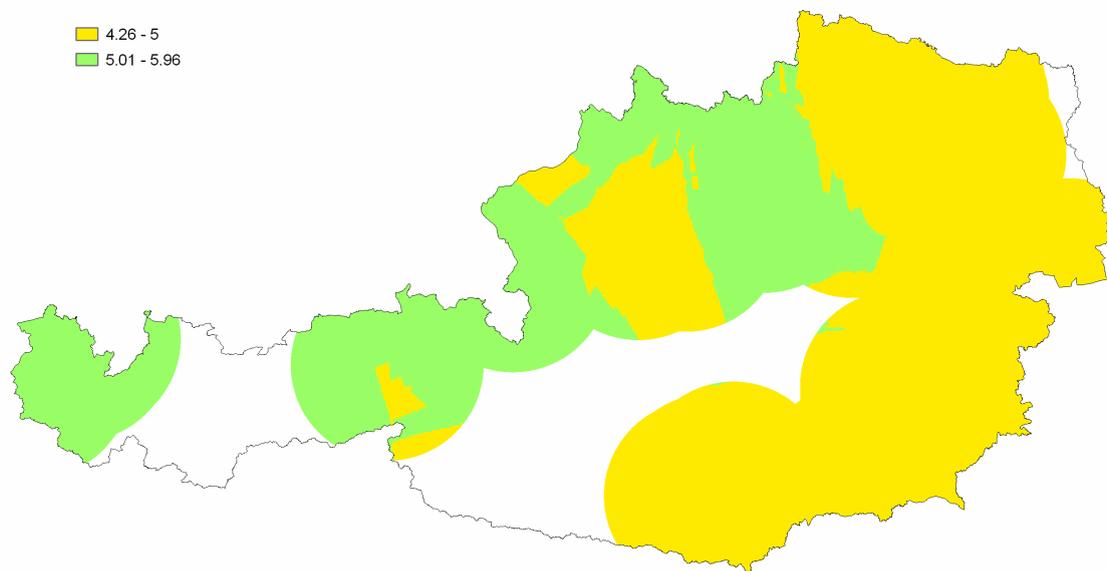
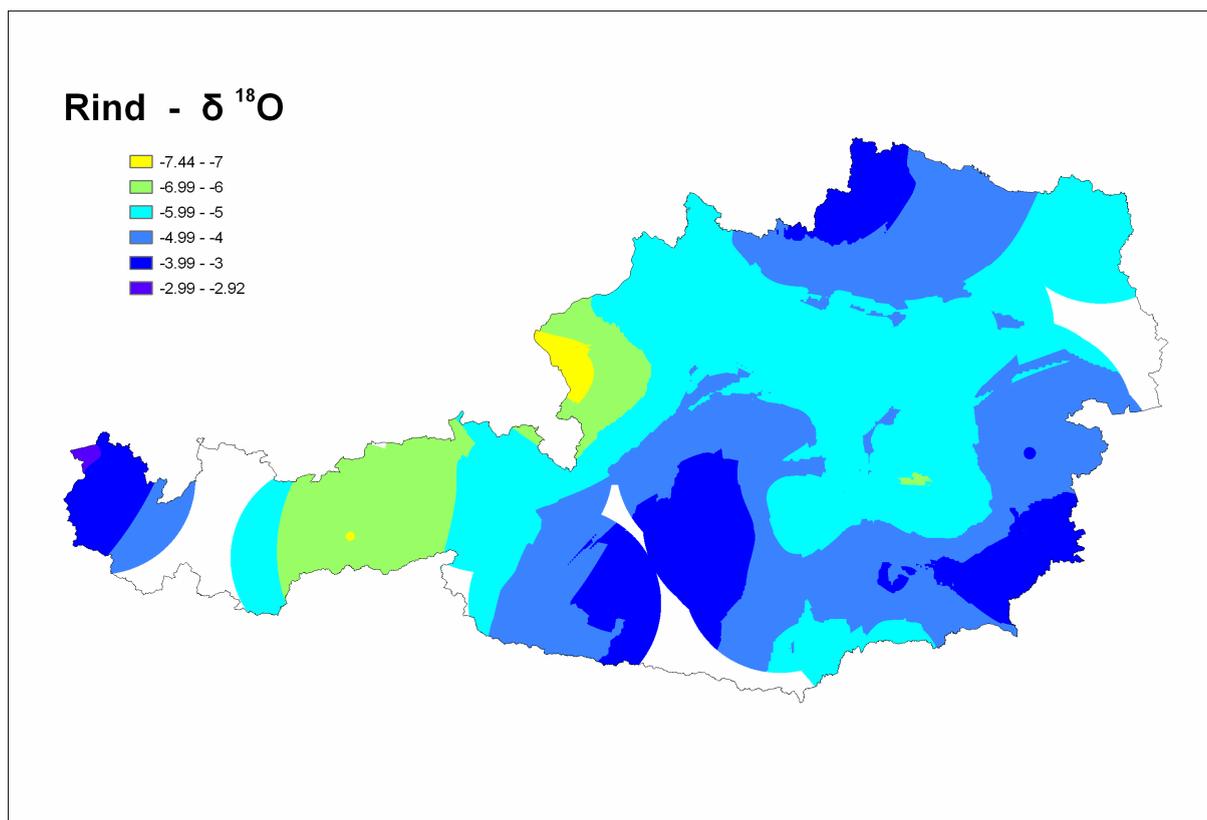


Abbildung 4B: Flächeninterpolation der Analysenergebnisse $\delta^{13}\text{C}$ und $\delta^{15}\text{N}$ - Schwein



Rind+Kalb - $\delta^{18}\text{O}$

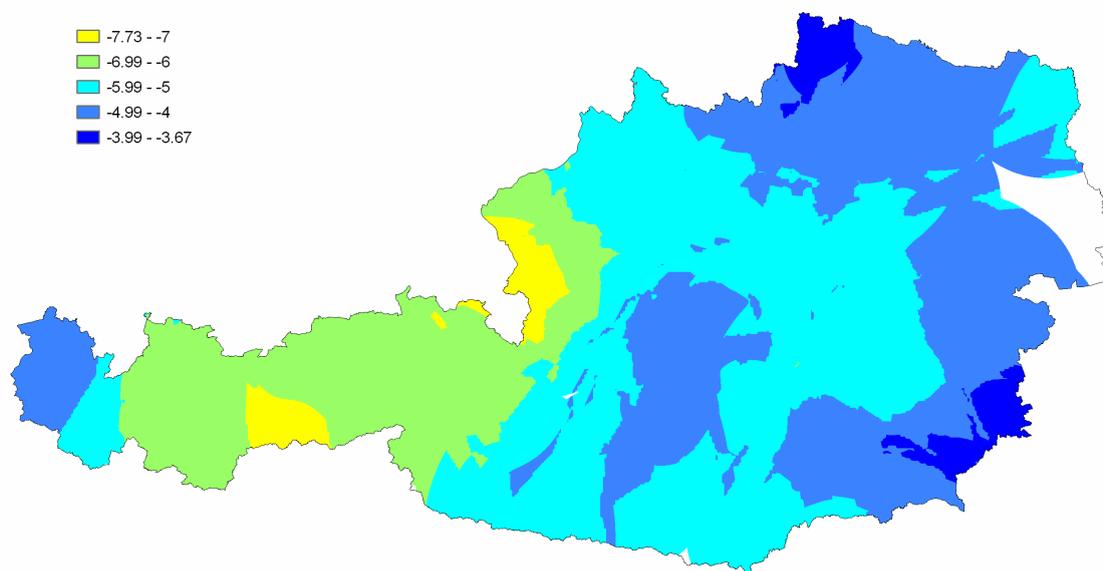


Abbildung 4C: Flächeninterpolation der Analysenergebnisse $\delta^{18}\text{O}$ - Rind sowie Rind und Kalb zusammen. Es ergeben sich geringfügige Veränderungen, da dem Kalbfutter teilweise Leitungswasser zugesetzt wird.

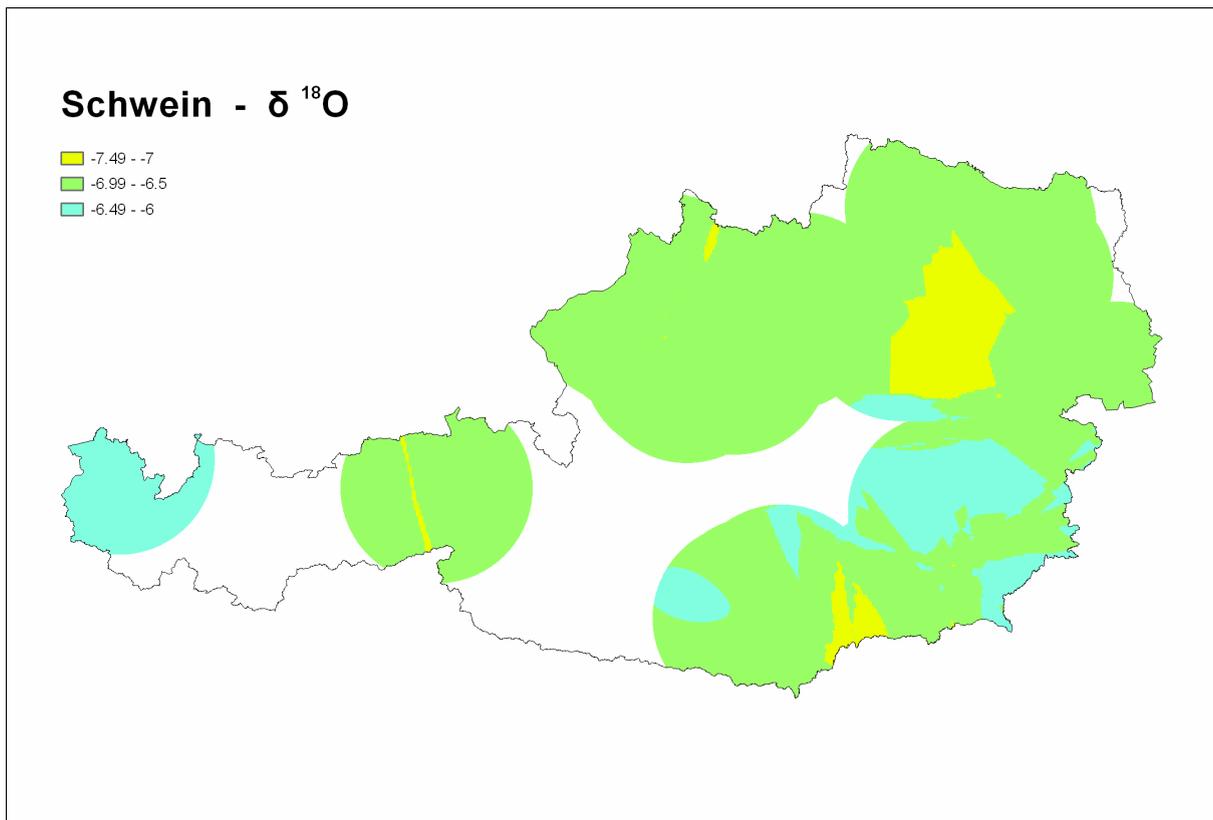


Abbildung 4D: Flächeninterpolation der Analyseergebnisse $\delta^{18}\text{O}$ - Schwein

4.3 Futtermittelproben

Im Zuge der Fleischprobenziehung wurde auch von ausgewählten Betrieben Futterproben gezogen (verwendete Futtersorten, Wasserprobe), um ein besseres Verständnis der Beziehung der Isotopie der Fleischproben zur Isotopie der Futterproben zu erlangen. Sowohl Rind- als auch Schweinemastbetriebe wurden besucht.

In der nachfolgenden Tabelle wollen wir exemplarisch die gefundenen Relationen anführen und mögliche Implikationen andiskutieren.

Beispiele: Tabelle1:

Rind	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	Schwein	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Heu		-28,3	1,5	Mischfutter		-15,3	1,7
Mischfutter (Titicole+G+H)		-26,7	2,9	Wasser	-8,96		
Wasser	-11,7			Fleisch	-7,11	-16,6	5,4
Fleisch	-7,62	-27,5	5,1				
				selbstgem. Mastfutter		-16,1	2,4
Heu		-28,7	2,6	Wasser	-9,56		
Krafftfutter (G+M)		-16,1	4,3	Fleisch	-6,49	-16,7	4,1
Wasser	-11,35						
Fleisch	-4,84	-25,8	4,9	Soja		-25,4	0,9
				Weizen		-26,2	3,4
Heu		-28,2	2,1	Wasser	-9,77		
Mischfutter		-26,8	4,4	Fleisch		-22,1	4,4
Wasser	-10,52						
Fleisch	-0,33	-26,7	5,5	Gerste		-26,9	3,0
				Wasser	-10,04		
Heu		-29,4	3,8	Fleisch	-8,24	-23,9	6,8
Kuhkorn III		-25,2	4,0				
Wasser	-11,39			Mischfutter (M+W+G)		-16,1	5,0
Fleisch	-3,24	-26,2	7,4	Wasser	-9,9		
				Fleisch		-17,3	5,2
Wasser	-10,88						
Maissilage		-12,5	3,1				
Fleisch	-5,23	-21,7	5,7				

Generell muß bei der Betrachtung Fleisch zu Futter berücksichtigt werden, dass die Verdauung von Schweinen und Rindern unterschiedlich ist. Rinder mit ihren drei Mägen können die Nahrung vollständiger aufbrechen und verwerten, als dies bei Schweinen der Fall ist. Daraus können gewisse Abweichungen in der Isotopenfraktionierung für Rind und Schwein resultieren.

Der $\delta^{13}\text{C}$ Wert des Futters scheint ohne große Fraktionierung sowohl beim Rind- als auch beim Schweinefleisch übernommen zu werden. Signifikante Abweichungen (etwa Tabelle 1, Spalte „Rind“, unterster Probensatz) deuten stark auf Fütterung mit nicht deklariertem Futter hin (im aktuellen Fall: C₃-Pflanzen-Futter).

Die Sauerstoffisotopie ist immer schwerer als die gezogene Wasserprobe, was durch Transpiration der Tiere einerseits zu erklären ist, andererseits auch durch die Aufnahme von beträchtlichen Wassermengen im Grün-/Frischfutter (Gras, Heu). Dieses so aufgenommene Wasser ist durch die Evapo-Transpiration der Pflanzen von vorn herein deutlich isotopisch angereichert. So ist auch die starke Fraktionierung vor allem bei manchen Rindfleischproben zu erklären, die einen nicht unwesentlichen Anteil ihres Flüssigkeitsbedarfs über das Futter decken.

Auch die Stickstoffisotopie der Fleischproben ist meist deutlich schwerer als das $\delta^{15}\text{N}$ Verhältnis im Futter, die Größe der Differenz ist jedoch sehr variabel. Während es bei den Rindfleischproben meist über +2 ‰ sind, schwankt es bei den Schweineproben zwischen fast null und mehreren Promill. Eine zufrieden stellende Erklärung dafür konnten wir bisher nicht finden.

Die Untersuchungen hierzu werden weitergeführt.

5 Zusammenfassung

Im Rahmen des gegenständlichen Forschungsprojektes zur Herkunftsbestimmung von Fleisch mittels Isotopenmethoden und zum Aufbau einer entsprechenden isotopischen Landkarte wurde die Probenahme von Fleisch- und Futterproben, sowie die Analyse der Isotopenverhältnisse (C, N, O und S) durchgeführt. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen eine gute Differenzierung der geographischen Herkunft der untersuchten Proben, sowohl zwischen Fleisch aus heimischen Regionen und ausländischen Proben, aber auch innerhalb der verschiedenen Regionen im Bundesgebietes. Mittels logistischer Regressionsanalyse kann derzeit eine Trennung zwischen inländischen und ausländischen Fleischproben mit einer Zuverlässigkeit von ca. 80% erreicht werden. Eine weiterführende Unterscheidung zwischen einzelnen österreichischen Regionen und dem Ausland sollte die Genauigkeit noch deutlich erhöhen.

Weiters ist eine eingeschränkte Diskriminierung von Bio-Fleisch aufgrund der $\delta^{13}\text{C}$ - Isotopensignatur möglich, der Einsatz von Biomais zur Fütterung muss jedoch berücksichtigt werden, was zu einer Relativierung der Aussagekraft $\delta^{13}\text{C}$ des Signals führt, die statistische Auswertung zeigt auch keinen signifikanten Unterschied zwischen biologischem und konventionellem steirischem Rindfleisch. Ein signifikanter Unterschied ist lediglich für $\delta^{18}\text{O}$ gegeben. Dies wird jedoch in den überwiegenden Fällen nicht ausreichend sein, um eindeutig biologisch von konventionell produziertem Rindfleisch unterscheiden zu können.

Die Untersuchungen der Futterproben ergeben erste Einblicke in die Beziehung Futtermittel- zu Fleischisotopie. Der $\delta^{13}\text{C}$ Wert des Futters findet sich ohne große Fraktionierung im Fleisch wieder. Die Sauerstoffisotopie im Fleisch ist deutlich schwerer als die Wasserprobe, was durch Transpiration der Tiere sowie den Wasseranteil im Frischfutter zurückzuführen ist. Die Stickstoffisotopie im Fleisch ist meist schwerer als die des Futters, jedoch mit einer großen Schwankungsbreite, insbesondere bei den Schweinefleischproben. Eine Erklärung dafür konnte noch nicht gefunden werden.

6 Ausblick

6.1 Anwendung der Datenbank

Mit der Erstellung der Datenbank wurde ein wichtiges und wertvolles Werkzeug geschaffen, um die Zurückverfolgbarkeit und Herkunft von Fleisch zu kontrollieren. Eine Einbindung der Isotopen-Untersuchungen in ein Kontrollprogramm stellt eine sinnvolle Möglichkeit der Fortführung dieses Projektes dar. In diesem Rahmen könnten eine bestimmte Anzahl von Referenzproben und teilweise die dazugehörenden Futterproben gezogen und analysiert werden um die Datenbank auf einem aktuellen Stand zu halten. Weiters würden Verdachtsproben dann mit den Aussagen dieser Datenbank verglichen und ihre Herkunft kontrolliert werden. Somit kann die Herkunfts- und Rückverfolgbarkeitssicherheit für Fleisch deutlich erhöht und die Ware dadurch noch wertvoller und für den Konsumenten vertrauenswürdiger werden.

Für eine fundierte statistische Auswertung ist eine Mindestanzahl von 10 Proben (jeweils von verschiedenen Höfen) pro Region nötig. Vor allem bei den Auslandproben ist diese Zahl noch nicht überall erreicht. In dieser Hinsicht sollte der Datensatz rasch komplettiert werden – zumindest für die Regionen, die wirtschaftlich von Bedeutung sind, da so mit einem geringen Aufwand (in Summe braucht man wohl weniger als 50 Proben) die statistische Aussagekraft stark verbessert werden kann.

6.1.1 Kontrolle der Herkunft des Fleisches am österreichischen Markt:

Kontrolle der Herkunft des Frischfleisches in Österreich sowohl durch Beprobungen im Schlachthof als auch in den Lebensmittelgeschäften.

Probenziehung durch AMA – Mitarbeiter und/oder Lebensmittelkontrolleure. Das genaue Prozedere, Dokumentation und Berichterstellung wird mit der AMA ausgearbeitet.

Analyse von 1000 Fleisch-Kontrollanalysen/Jahr

Euro 97.500,00

6.1.2 Pflege der Datenbank:

Pflege der Datenbank bedeutet Erhalt bzw. Ausbau der Datenbank und Datenbankaktualität. Dazu ist es nötig jedes Jahr eine gewisse Anzahl von Referenzproben zu nehmen und zu analysieren, die Ergebnisse mit den vorhandenen Daten abzugleichen und in die Datenbank einzuspeichern. Dies sollte mit einer telefonischen Befragung der Tierzüchter über die Fütterungsart (Einsatz welcher Futtermittel) einhergehen. Zusätzlich sollten zur Kontrolle von einer gewissen Anzahl von Erzeugerbetrieben (von denen Fleischproben gezogen wurden) auch Futterproben genommen und analysiert werden. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass die Datenbank sich immer auf einem aktuellen Stand befindet und Schwankungen in den Isotopenverhältnissen (durch Umstellung der Fütterungsweise oder durch Änderung bei der Düngung der Futterpflanzen, Veränderung des Frischfutteranteils, etc.) erkannt und bei der Betrachtung von Verdachtsproben berücksichtigt werden können.

Als konkrete Vorschläge haben wir drei Varianten ausgearbeitet:

Variante 1:

Probennahme 5000,00

Datenbankpflege 4500,00

Aufbereitung und Analyse von insgesamt 125 Fleischproben:

Heimische Proben:

44 Rindfleischproben

44 Schweinefleischproben

6 Putenfleischproben

Ausländische Proben:

13 Rindfleischproben

13 Schweinefleischproben

5 Putenfleischproben

	insgesamt 125 Proben	14.375,00
Aufbereitung und Analyse von 20 Futterproben à 200 Euro		4.000,00
insgesamt		27.875,00

6.1.3 Ausbau der Datenbank

Variante 2:

Teil 1: Siehe Variante 1

Teil 2: Probennahme, Aufbereitung und Analyse von 30 Schafffleischproben:

20 heimische Proben

10 ausländische Proben

Probennahme, Aufbereitung und Analyse von 30 Hühnerfleischproben:

20 heimische Proben

10 ausländische Proben

	insgesamt	13.507,00
Teil 1 + Teil 2 insgesamt		Euro 41.382,00

Variante 2 enthält einen „Erweiterungsteil“ (Teil 2) mit dem die Datenbank noch weiter ausgebaut werden soll. Nach dem Erreichen einer größeren Datenbasis für die vorgeschlagenen Probenarten (Schaf-, Hühnerfleisch) kann diese dann mit weniger Referenzmessungen im Jahr aktuell gehalten werden. Die dann verfügbaren Ressourcen können dann zur Untersuchung von weiteren Fleischarten herangezogen werden (Eier, Gans, Fisch (bspw. Karpfen), Wild) oder eingespart werden.

Variante 3:

Teil 1: Siehe Variante 1

Teil 2: Probennahme, Aufbereitung und Analyse von 150 Schafffleischproben:

115 heimische Proben

35 ausländische Proben

Probennahme, Aufbereitung und Analyse von 150 Hühnerfleischproben:

115 heimische Proben

35 ausländische Proben

	insgesamt	65.570,00
Analyse von 60 Futterproben à 200 Euro		12.000,00
Teil 1 + Teil 2 insgesamt		Euro 105.445,00
Eigenforschungsanteil des ARCS: 15%		<u>-15.816,75</u>
		Euro 89.628,25

Wie Variante 2 enthält auch Variante 3 einen „Erweiterungsteil“ (Teil 2) mit dem die Datenbank noch weiter ausgebaut werden soll. Hier ist das Erreichen einer größeren Datenbasis jedoch bereits nach 1 – 2 Jahren gegeben, nach denen dann die Datenbank voll einsetzbar ist und zur jährlichen Aktualisierung nur mehr wenige Referenzproben analysiert werden brauchen. Nach dem Erreichen der ausreichend großen Datendichte für die vorgeschlagenen Probenarten (Schaf-, Hühnerfleisch) können die dann verfügbaren Ressourcen zur Untersuchung von weiteren Fleischarten herangezogen werden (Eier, Gans, Fisch (bspw. Karpfen), Wild) oder eingespart werden.

Literatur

- 1 A. Rossmann; „Determination of Stable Isotope Ratios in Food Analysis“, *Food Rev. Int.* 2001, 17(3), 347-381
- 2 H. Griffiths (Ed.), „Stable Isotopes“ in „Environmental Plant Biology series“, BIOS Scientific Publishers, Oxford, UK, 1998
- 3 A. Rossmann, G. Haberhauer, S. Hölzl, P. Horn, F. Pichlmayer, S. Voerkelius; „The Potential of Multielement Stable Isotope Analysis for Regional Origin Assignment of Butter“, *Eur. Food Res. Technol* 2000, 211(1), 32-40
- 4 L. Pillonel, R. Badertscher, P. Froidevaux, G. Haberhauer, S. Hölzl, P. Horn, A. Jakob, E. Pfammatter, U. Piantini, A. Rossmann, R. Tabacchi, J.O. Bosset; „Stable isotope ratios, major, trace, and radioactive elements in emmental cheeses of different origins“, *Lebensm.-Wiss.Technol-Food.Sci.* 2003, 36(6), 615-623
- 5 F. Camin, K. Wietzerbin, A. B. Cortes, G.Haberhauer, M. Lees, G. Versini, „Application of multi-element stable isotope ratio analysis to the characterisation of French, Italian and Spanish cheeses“, *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, accepted;
- 6 O.Schmidt, J.M.Quilter, B.Bahar, A.P.Moloney, C.N.Scrimgeour, I.S.Begley, F.J.Monahan; „Inferring the origin and dietary history of beef from C, N and S stable isotope ratio analysis“, *Food Chemistry*, 2004, available online, doi:10.1016/j.foodchem.2004.08.036
- 7 I. Thiem, M. Lübke, H. Seifert, „Factors influencing the 18O/16O ratio in meat juices“, *Isotopes environm. Health stud.* 2004, 40(3), 191-197