

© The author(s) 2024. Distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Arch Lebensmittelhyg 75,
135–143 (2024)
DOI 10.53194/0003-925X-75-135

© The author(s) 2024.
Distributed under the Creative
Commons Attribution License
(CC BY).
[https://creativecommons.org/
licenses/by/4.0/](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)
ISSN 0003-925X

Korrespondenzadresse:
nadinediethart@gmx.at

Zusammenfassung

Summary

¹⁾ Abteilung für Hygiene und Technologie von Lebensmitteln, Zentrum für Lebensmittelwissenschaften und Öffentliches Veterinärwesen, Klinisches Department für Nutztiere und Sicherheit von Lebensmittelsystemen, Veterinärmedizinische Universität Wien, Veterinärplatz 1, 1210 Wien, Österreich; ²⁾ Bezirkshauptmannschaft Murau, Bahnhofviertel 7, 8850 Murau, Österreich; Gesellschaft für Wildtier & Lebensraum, Hauptstraße 45, 8813 St. Lambrecht, Österreich; www.wildtier.at

Chemische Zusammensetzung und ausgewählte Elementgehalte von Lebern von in Österreich erlegtem Wild

Chemical composition and selected element contents of livers from wild game hunted in Austria

Nadine Diethart¹⁾, Armin Deutz²⁾, Susanne Bauer¹⁾, Peter Paulsen¹⁾

In insgesamt 106 Lebern von in Österreich erlegtem Rehwild, Rotwild, Gamswild, Auerwild, Birkwild, Muffelwild, Schwarzwild, Wildgänsen, Wildenten, Hasen, Füchsen und Marmelotieren wurden der Rohprotein-, Rohfett-, Asche- und Wassergehalt, sowie die Gehalte an Eisen, Kupfer und an Vitamin A bestimmt.

Rohprotein- (16,1–21,1 g/100g Frischmasse), Rohfett- (1,0–4,1 g/100 g), Rohasche- (1,1–1,6 g/100 g)-gehalte waren in der auch bei Nutztieren berichteten Größenordnung. Die Gehalte an Eisen waren in der Leber von Wildvögeln im Bereich von 22,3–89,7 mg/kg, bei anderem Wild (mit Ausnahme von Muffelwild) im Bereich von 72–178 mg/kg. Diese Werte sind mit Literaturangaben für Huhn bzw. Rind und Schwein vergleichbar. Die Kupfergehalte waren im Bereich von 6–40 mg/kg, und damit im Bereich für Lebern heimischer landwirtschaftlicher Nutztiere wie zum Beispiel Rind, Schwein oder Schaf (5–87 mg/kg). Die Vitamin-A-Gehalte waren im Bereich von 750–946 mg/kg bei Wildvögeln, höher bei Füchsen und niedriger bei anderem Wild. Innerhalb einer Wildart konnten aber erhebliche Schwankungen in den Element- und Vitamin-A-Gehalten beobachtet werden.

Aufgrund des relativ hohen pH-Wertes von über 6,0 sind die Wildlebern der untersuchten Tierarten als leicht verderbliche Lebensmittel einzuordnen; diesem Umstand wird durch niedrigere vorgeschriebene Kühltemperaturen Rechnung getragen.

Schlüsselwörter: Leber, Wildtiere, Nährwerte, Vitamin A, Elemente

We examined in total 106 livers from wild game hunted in Austria (roe deer, red deer, chamois, capercaillie, black grouse, mouflon, wild boar, wild geese, ducks, hare, red fox and marmot) with respect to gross composition (crude protein, fat, mineral content, moisture) and contents of iron, copper and vitamin A.

Contents of crude protein, crude fat and minerals were in the range of 16.1–21.1; 1.0–4.1 and 1.1–1.6 g/100g wet weight, respectively, and, thus, in the range reported for livers from farm animals. Contents of iron in livers of wild birds (22.3–89.7 mg/kg) were lower than in those from other game (72–178 mg/kg), with exception of mouflon. Similar values are reported for liver from poultry or cattle and pig, respectively. Copper contents were from 6 to 40 mg/kg, similar to those for livers from farm animals such as cow, pig and sheep (5–87 mg/kg). Vitamin A content was from 750 to 946 mg/kg in liver from wild birds, and higher in those from red fox, but lower in other game species.

Considerable intra-species variations were observed for Fe-, Cu- and vitamin-A-contents. Due to the relatively high pH-value of above 6.0 liver from hunted wild game is a perishable product, which requires low temperatures during cold storage.

Keywords: liver, wild game species, nutritional value, vitamin A, elements

Einleitung

Bei der Nutzung von inneren Organen von jagdlich erlegtem Wild besteht in der Europäischen Union neben der traditionellen Verwendung im privaten häuslichen Gebrauch auch die Möglichkeit des In-Verkehr-Bringens. Unklar ist, ob diese Möglichkeit auch genutzt wird. Zu beachten ist, dass die Organe früher im Sinne des kleinen Jägerrechts dem aufbrechenden Jäger gebührten (Amman et al., 2019) und deshalb kaum in den Handel gelangten. In einer 2013 durchgeführten Befragung von JägerInnen gaben über 88 % der TeilnehmerInnen an, Wildleber zu verzehren (Paulsen et al., 2014).

Bei Schlachttieren haben die Nebenprodukte der Schlachtung (anderes genusstaugliches Fleisch als jenes der Schlachtkörper, insbesondere essbare innere Organe) und auch tierische Nebenprodukte (Alao et al., 2017; Limeneh et al., 2022) in kommerzieller Hinsicht Bedeutung.

Neben Fragen der Lebensmittelsicherheit sind auch quantitative (Gewicht des Organs) sowie ernährungsphysiologische und verarbeitungstechnologische Aspekte zu beachten. Die Organgewichte für Rinder und Schweine liegen bei 2,6–6,2 kg und 1,7 kg, was etwa 0,8–2,3 % bzw. 1,9 % des Schlachtkörpergewichts entspricht (Freudenreich und Bach, 1993); Limeneh et al. (2022) geben 2–2,5 % an. Für Damwild wird angegeben, dass das Lebergewicht 2,5 % des Schlachtkörpergewichts entspricht (Fitzhenry et al., 2019).

Aus der Zusammenstellung von Literaturangaben (Tab. 1) zu Zusammensetzung der Leber von landwirt-

schaftlichen Nutztieren ergeben sich Wassergehalte von etwa 70 g/100g (Frischgewicht); der Rohproteingehalt liegt zwischen 19 und 22 g/100g, der Rohfettgehalt im Bereich von 3,4–5 g/100g, und der Aschegehalt im Bereich von 1,4–1,7 g/100g. Die Gehalte an Eisen, Kupfer und Vitamin A sind im Bereich von 70–180 mg/kg; 5–110 mg/kg und 95–360 mg/kg.

Während für die substanzielle Zusammensetzung der Leber landwirtschaftlicher Nutztiere Referenzwerte existieren, sind wenig Daten zur Zusammensetzung der Leber von in Mitteleuropa verbreitetem bejagtem Wild vorhanden. Veröffentlichungen zu Elementgehalten haben meist den Schwerpunkt auf Kontaminanten (Schwermetalle). Zur Zusammensetzung der Muskulatur von frei lebendem Wild sind zahlreiche Studien veröffentlicht worden, deren Ergebnisse in Tab. 2 zusammengefasst dargestellt werden. Angaben zu Eisen- und Kupfergehalten in Wildleber variieren stark nicht nur zwischen Wildarten, sondern auch zwischen verschiedenen Studien zur selben Wildart und innerhalb einer Wildart.

Die Muskulatur von Wildhuftieren weist Wassergehalte von 70–75 % auf, mit Rohproteingehalten von etwa 20–23 % und je nach Wildart variablen Rohfettgehalten von <1 bis über 9 % (Wildschwein). Die Eisengehalte sind im Bereich 17–33 mg/kg, die Cu-Gehalte im Bereich von 0,8–2,2 mg/kg (Tab. 3).

Aufgrund der steigenden Popularität von Wild als Nahrungsmittel (Hoffman und Wiklund, 2006) gewinnen auch genauere Untersuchungen von Mikronährstoffen und

TABELLE 1: Angaben zur Zusammensetzung der Leber landwirtschaftlicher Nutztiere.

Tierart	Literaturstelle	Wassergehalt, g/100g	Rohprotein, g/100g	Fett, g/100g	Asche, g/100g	Fe, mg/kg	Cu, mg/kg	Vitamin A mg/kg
Rind	S	70,3	19,5 (19,2–20,6)	3,38 (3,0–3,66)	1,48 (1,4–1,56)	69 (44–83)	32 (20–79)	180 (30–580)
	H	68,6	21,1	7,8	-	70	25	165
	S1	-	-	-	-	67,1 (37,7–99,3)	26,2 (11,9–119)	-
	S2	-	-	-	-	-	11 (3,0–32)	-
Kalb	S	71,2 (69,5–73)	19,2 (17,7–20,6)	4,14 (2,8–6,5)	1,37 (1,3–1,6)	79 (57–93)	55 (35–79)	280 (80–400)
	H	69,7	20,1	7,3	-	80	110	297
Schaf	S	70,4 (69,5–71,0)	21,2 (21,0–21,7)	3,95 (3,9–4,0)	1,43 (1,4–1,5)	120 (120–130)	76 (45–110)	95 (54–150)
	S1	-	-	-	-	55,2 (34,0–85,1)	8,9 (3,4–103)	-
Lamm	H	67,3	20,1	10,3	-	94	87	199
Schwein	S	71,9 (71,1–72,3)	20,7 (19,5–21,3)	4,9 (4,5–7,32)	1,4 (1,0–1,5)	180 (150–310)	13 (9–84)	360 (60–560)
	H	69,5	21,3	6,8	-	210	27	176
	S1	-	-	-	-	169 (41,5–263)	6,9 (1,1–27,7)	-
	S2	-	-	-	-	-	25 (9–36)	-
Huhn	S	70,3 (69,9–71,5)	22,1	4,7 (4,0–6,2)	1,70	74	3 (1–4)	330 (60–340)
	H	72,9	19,1	6,3	-	95	5	113,2
	S1	-	-	-	-	77,7 (59–176)	3,37 (3,3–4,1)	-
	S2	-	-	-	-	-	6 (5–7)	-

H: Holland et al. (1991); S: Souci et al. (2000); S1: Sager (2005); S2: Sager et al. (1998); -: keine Angaben

TABELLE 2: Angaben zu Eisen- und Kupfergehalten der Leber von Wild.

Wildart	Literaturstelle	Fe (mg/kg)*	Cu (mg/kg)*	Land
Feldhase	Pilarczyk et al. (2020)	122	3,35	Ukraine
Rehwild	Pilarczyk et al. (2020)	81,7	10,4	Ukraine
	Długaszek und Kopczynski (2011)	205,11**	26,18**	Polen
	Kicinska et al. (2019)	129	61,60	Polen
Wildschwein	Pilarczyk et al. (2020)	169	3,9	Ukraine
	Nella et al. (2017)	-	23,50	Spanien
	Długaszek und Kopczynski (2011)	260,06**	3,85**	Polen
	Kicinska et al. (2019)	144,14**	4,34**	Polen
Rind	Hashemi (2018)	-	4,565	Iran
	Kicinska et al. (2019)	122,52**	6,61**	Polen
Verschiedene Wildtiere	Kicinska et al. (2019)	134,53**	5,71**	Polen

*: Mittelwert oder Median; mg/kg Frischmasse; **: Angabe umgerechnet von Trockenmasse zu Frischmasse unter Annahme eines Wassergehaltes von 70 %; -: keine Angaben

© The author(s) 2024. Distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>**TABELLE 3:** Angaben zur Zusammensetzung von Wildfleisch; Referenzwerte (Mittelwerte oder Wertebereich).

Tierart	Literaturstelle	Wassergehalt, g/100g	Rohprotein, g/100g	Fett, g/100g	Asche, g/100g	Fe, mg/kg	Cu, mg/kg	Land
Gamswild	Hofbauer et al. (2006)	73,33–76,76	21,70–22,84	0,20–1,56	-	-	-	Österreich
	Ertl et al. (2016)	-	-	-	-	25	1,2	Österreich
Rehwild	Paulsen et al. (2014)	74,7–76,8	20,4–22,2	0,4–1,3	1,1–1,35	-	-	Österreich
	Winkelmayer et al. (2004)	72,03–74,12	22,48–22,77	0,36–1,78	-	-	-	Österreich
	Ertl et al. (2016)	-	-	-	-	30	1,6	Österreich
	Souci et al. (2000)	75,7	21,4	1,25	-	30	-	Deutschland
	Dannenberger et al. (2013)	-	-	-	-	32	2,8	Deutschland
	Falandysz (1994)	-	-	-	-	24	1,6	Polen
Rotwild	Gasparik et al. (2004)	-	-	-	-	-	2,49	Slowakei
	Ertl et al. (2016)	-	-	-	-	25	1,3	Österreich
Wildschwein	Souci et al. (2000)	74,7	20,6	3,34	-	23	1,7	Deutschland
	Sager (2005)	-	-	-	-	34,7	1,56	Österreich
	Lazarus et al. (2008)	-	-	-	-	74	3,5	Kroatien
	Falandysz et al. (2005)	-	-	-	-	-	3,3	Polen
	Ertl et al. (2016)	-	-	-	-	17	0,79	Österreich
Hase	Souci et al. (2000)	70,2	19,5	9,30	-	18	1,1	Deutschland
	Sager (2005)	-	-	-	-	18,4	1,17	Österreich
	Dannenberger et al. (2013)	-	-	-	-	19	1,7	Deutschland
	Falandysz (1994)	-	-	-	-	54	4,5	Polen
	Gasparik et al. (2016)	-	-	-	-	-	3,22	Slowakei
	Ertl et al. (2016)	-	-	-	-	33	2,7	Österreich
Hase	Souci et al. (2000)	73,3	21,6	3,01	-	28	2,15	Deutschland
	Strmiskova und Strmiska (1992)	-	-	-	-	29	2,3	Slowakei

-: keine Angabe

Schwermetallen zunehmend an Wichtigkeit. Schwermetalle sind sehr präsent in der Umwelt, nicht zuletzt, weil Wälder in ganz Europa über die letzten Jahrzehnte durch Emissionen von Industriebetrieben, Transportmitteln und zunehmender Freizeitaktivität verschmutzt wurden (Kuipers, 1996). Der pH-Wert des Bodens wird durch sauren Regen herabgesetzt, was dazu führt, dass die Löslichkeit der Metalle sowie die Aufnahme dieser von Pflanzen und somit auch von pflanzenfressenden Tieren zunimmt (Medvedev et al., 1997). Zu den bei Wildfleisch häufig untersuchten Schwermetallen zählt Cadmium, welches pathologische Prozesse im Körper wie zum Beispiel Veränderungen der Ovarstruktur, Nierenfunktionsstörungen, Leberversagen oder Bronchitis hervorrufen kann (Rous und Jelinek, 2000; Paniagua-Castro et al., 2007). Der Kontaminant Blei hat in Wildfleisch besondere Bedeutung, da über die Art der Erlegung eine Kontamination essbarer Gewebe mit Bleipartikeln verschiedener Größe möglich ist (Trinogga et al., 2019; Green et al., 2022), was von gesundheitlicher Bedeutung sein kann (BfR, 2010).

Ziel dieser Arbeit war, die Zusammensetzung (Wasser, Eiweiß, Fett, Asche), die Vitamin-A-Gehalte, ausgewählte Elementgehalte und den Nicht-Protein-Stickstoffgehalt von Leber von in Österreich erlegtem Wild zu bestimmen.

wild, Rotwild, Gamswild, Auerwild (1 Sammelprobe von 5 Tieren), Birkwild (1 Sammelprobe von 8 Tieren), Muffelwild, Schwarzwild, Wildgänsen (Sammelprobe von 3 Tieren), Wildenten (2 Sammelproben von je ≥ 3 Tieren), Hasen (2 Sammelproben von ≥ 2 Tieren), Füchsen und Murmeltiere (Sammelprobe von 2 Tieren) unter Berücksichtigung des Alters, Geschlechts, der Jahreszeit sowie der Brunftaktivität. Wenn möglich, wurden mindestens 100 g einer Leber bereitgestellt und nur jene Organe ausgewählt, die keine Schussverletzungen aufwiesen. Angaben zu den Proben sind der Tab. 4 zu entnehmen.

Probenvorbereitung

Die Proben wurden unverzüglich nach Erlegen des Wildes tiefgefroren. Nach dem Auftauen wurden die Lebern, wenn nötig noch in kleine Stücke geschnitten und sodann homogenisiert (Retsch Gm-200 mit inertem Schneidsystem; Retsch, D).

Bestimmung des pH-Wertes und der Wasseraktivität

Die Ermittlung des pH-Wertes erfolgte mit einer Einstabmesskette (Einstichelektrode testo 205 pH, Testo, D). Die Wasseraktivität wurde nach der Taupunktmethode bei 22 °C bestimmt (LabSwift-aW, Novasina, CH).

Materialien und Methoden

Sammlung der Proben

Das für die Studie herangezogene Wild wurde im Zeitraum Mai 2021 bis Jänner 2022 in den Bezirken Murau, Murtal, Liezen, Leoben und Bruck-Mürzzuschlag in der Steiermark, in den Bezirken Eisenstadt-Umgebung und Neusiedl am See im Burgenland sowie in den Bezirken Mistelbach und Bruck an der Leitha in Niederösterreich erlegt. Es handelte sich um 106 Proben vom Reh-

TABELLE 4: Angaben zu den Wildtieren, deren Leberproben untersucht wurden.

Wildart	Anzahl	Herkunft (Bezirkskürzel)	Alter von – bis (Jahre)	Monat(e) der Erlegung	Anzahl Tiere, die zum Zeitpunkt der Erlegung aktiv in der Balz/Rausche/Brunft waren
Auerwild	1	MT		05	1
Birkwild	1	MT		05	1
Ente	2	EU	1	11	
Fuchs	2	BM, MU	1	12	
Wildgans	1	ND		11	
Gamswild	10	MT, BM, LN, LI	2–10	08–12	1
Feldhase	2	MT, MU	1–2	11, 12	
Rotwild	36	MT, LN, LI, MU, BL	<1–18	07–12	7
Muffel	7	EU	<1–ka	11, 12	1
Murmeltier	1	MU		10	
Rehwild	35	MT, BM, LN, LI, BM, MU, EU, BL	<1–6	07–12	12
Schwarzwild	8	EU, BL, MI, BM	<1–5	06, 10–01	7

BM: Bruck-Mürzzuschlag; LN: Leoben; LI: Liezen; MU: Murau; MT: Murtal (Steiermark); EU: Eisenstadt-Umgebung; ND: Neusiedl am See (Burgenland); BL: Bruck an der Leitha; MI: Mistelbach (Niederösterreich); ka: keine Angabe

© The author(s) 2024. Distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Bestimmung des Wasser-, Eiweiß-, Fett- und Aschegehalts

Es wurden die Trockenmasse (Trocknung für 4 Std. bei 103 °C; ASU, 2014a; Trockenschank Memmert UF-30, Memmert, D; Laborwaage Kern 572-30, Kern, D), Rohprotein- (Stickstoffbestimmung; ASU, 2014b; KjellFlex K-360, Büchi, CH), Rohfettgehalte (Soxhletextraktion mit Diethylether; ASU, 1980; Soxhletextraktor, Carl Roth, D) sowie Rohasche (ASU, 2017; Muffelofen AAF, Carl Roth, D) bestimmt. Die Reagenzien waren in p.a. Qualität (Carl Roth, D).

Bestimmung des Vitamin-A-Gehalts

Der Vitamin A Gehalt wurde als Vitamin-A-Palmitat mittels HPLC bestimmt. Für die Extraktion des Vitamin A wurden 3 g der fein zerkleinerten, homogenen Probe (Gm-200) in ein 50 ml Zentrifugenröhrchen eingewogen und 10 ml n-Hexan-IPA Lösung (Chem Lab, Belgien; Carl Roth, D) (60 : 40) zugesetzt. Das Gemisch wurde mittels Ultra Turrax (T-25, IKA Jahnke & Kunkel, D) 1 Minute lang homogenisiert und 10 min bei 3000 rpm und 3 °C abzentrifugiert (Sigma 3K30, Sigma, D). Der Überstand wurde in ein weiteres 50 ml Zentrifugenröhrchen abpipettiert und der verbliebene Bodensatz erneut zwei weitere male mit 10 ml n-Hexan-IPA Lösung (60 : 40) homogenisiert und zentrifugiert. Zu den gesammelten Überständen wurden 10 ml 0,9 molare NaCl (Carl Roth, D) Lösung pipettiert, kräftig geschüttelt und für 1 Stunde zur Phasenbildung stehen gelassen. Die obere n-Hexan Phase wurde quantitativ in ein weiteres 50 ml Zentrifugenröhrchen überführt, während die wässrige Phase noch zweimal mit 5 ml n-Hexan ausgeschüttelt wurde. Danach wurde das Zentrifugenröhrchen mit den gesammelten organischen Phasen auf 50 ml mit n-Hexan aufgefüllt. Ein Aliquot von 10 ml wurde in ein 50 ml Spitzkolben pipettiert und am Rotavapor (R-100, Büchi, CH) bei 50 °C unter Vakuum bis zur Trockne eingeeengt. Die Trockensubstanz wurde in 2 ml Methanol (Carl Roth, D) gelöst und für die HPLC Analyse in ein 2 ml HPLC Vial pipettiert (Lambert, 2006).

Das Vitamin A Palmitat wurde mittels HPLC (Waters Alliance, Water, USA) über eine LiChrosorb Si 60 (5 µm) LiChroCART Säule (Supelco, Sigma-Aldrich, USA) aufgetrennt und mit einem Dioden Array Detektor (Waters 996, Waters, USA) bei 313 nm detektiert. Als mobile Phase diente Methanol isokratisch mit einer Flußrate von 300 µl/min. Für die Standardreihe wurde Retinylpalmitat (Supelco, Sigma-Aldrich, USA) in Konzentrationen 2, 5, 20, 30, 40, 50 µg/ml verwendet (Bognar, 1986).

Bestimmung des Nicht-Protein-Stickstoffs

Für die Bestimmung des Nichtproteinstickstoffgehalts (NPN) wurden 10 g fein zerkleinerte Leber mit 90 ml 10 %ige Trichloressigsäure (Carl Roth, D) versetzt, im Ultra-Turrax (T-25, IKA Jahnke & Kunkel, D) für 1 Minute homogenisiert und über einen Faltenfilter (MN 615 ¼, Macherey-Nagel, D) filtriert. Ein Aliquot aus 25 ml wurde in ein Aufschlussgefäß pipettiert, mit 10 g Aufschlussreagenz – einer Mischung aus Kaliumsulfat und Kupfersulfat (100 : 3,33) – und 30 ml konzentrierter Schwefelsäure (Carl Roth, D) versetzt und im Aufschlussgerät (Büchi 425, Bü-

chi, CH) aufgeschlossen. Danach wurde die Probelösung mit 200 ml Wasser verdünnt und mittels Destillationsapparatur (Kjehl-Flex K-360, Büchi, CH) im Überschuss von 34 %iger NaOH (Roth, D) in ein, mit 2 %ige Borsäurelösung (Carl Roth, D) vorgelegtes, Becherglas destilliert. Nach Destillation wurde mit 0,1 N Salzsäure (Carl Roth, D) bis zum Farbumschlag des Mischindikators, bestehend aus Methylenblau : Methylrot (1 : 2), von grün auf violett titriert. Der Gehalt an Nichtproteinstickstoff wird in mg/kg berechnet, wobei 1 ml verbrauchte Salzsäure 1,4 mg Stickstoff der Probeneinwaage entspricht.

Bestimmung der Kupfer- und Eisengehalte

Die Gehalte an Kupfer und Eisen wurden mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS; AAnalyst 300, Perkin Elmer, USA) bestimmt. Dafür wurden 1 g Probenmaterial in einem Teflonbecher mit 4 ml 65 %iger Salpetersäure (Roth, D) versetzt und bei 120 °C im Abzug nass verascht. Während der Veraschung wurden so oft 0,5 ml Wasserstoffperoxid 35 % (Carl Roth, D) und Salpetersäure zugesetzt, bis sich keine nitrosen Gase mehr bildeten und die Flüssigkeit klar und farblos war. Nach Abkühlen auf Zimmertemperatur wurde die Lösung in einen 10 ml Messkolben quantitativ überführt und auf 10 ml mit Reinstwasser aufgefüllt. Die Geräteeinstellungen für die Bestimmung von Kupfer und Eisen sind in Tab. 5 angegeben. Die Standardlösungen wurden aus Trisitol-Ampullen (Merck, D) mit Reinstwasser hergestellt. Die Proben mussten zur Messung z.T. verdünnt werden. Die Ergebnisse je Probe sind Mittelwerte von drei Messungen.

Statistik

Die Ergebnisse wurden nach Tierart geordnet deskriptiv-statistisch dargestellt (Mittelwert ± Standardabweichung). Eine Analyse auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Wildarten erfolgte auf Grund der z.T. niedrigen (bei 7 von 12 Wildarten nur 1–2 Proben) wurde nicht vorgenommen. Für Reh- (n = 35) und Rotwild (n = 36) wurde geprüft, ob Alter, Geschlecht, und Erlegungszeitpunkt (Monate vor, während und nach der Brunft) (Tab. 6) signifikante Einflussfaktoren auf die chemischen Parameter darstellten (dreifaktorielle Varianzanalyse, mit Bonferroni's post hoc Test; Signifikanz bei p < 0,05; Statgraphics 3.0, Statistical Graphics Corp., USA).

Ergebnisse

Zusammensetzung nach Tierart

Die chemische Zusammensetzung sowie pH-Wert und Wasseraktivität der Leber der verschiedenen Tierarten sind in

TABELLE 5: Einstellung für die Bestimmung der Elemente Eisen und Kupfer mittels AAS.

Element	Wellenlänge (nm)	Spaltweite	Acetylen (l/min)	Preßluft (l/ml)	Standardreihe (mg/l)	Nachweisgrenze* (mg/kg)
Fe	248,3	0,2	1,0	8,4	1,0–5,0–8,0	10,0
Cu	324,8	0,7	0,7	7,8	0,5–1,0–2,0	5,0

*: Probenverdünnung berücksichtigt

TABELLE 6: Kategorien innerhalb der Faktoren Alter, Geschlecht, und Erlegungszeitpunkt.

Faktor	Rotwild	n =	Rehwild	n =
Alter (Jahre)	≤1	19	≤1	17
	2–10	7	2–5	11
	>10	10	>5	7
Geschlecht	männlich	19	männlich	16
	weiblich	17	weiblich	19
Erlegungszeitpunkt (Monat)	7–8	8	6	3
	9 (=Brunft)	7	7–8 (=Brunft)	15
	10–12	21	9–12	17

TABELLE 7: pH-Werte und Wasseraktivitätswerte in Wildleber.

Wildart	Anzahl	pH-Wert	aW
Auerwild	1	6,03	0,969
Birkwild	1	6,15	0,966
Ente	2	6,16 ± 0,05	0,960 ± 0,001
Fuchs	2	6,09 ± 0,21	0,965 ± 0,001
Wildgans	1	6,19	0,960
Gamswild	10	6,18 ± 0,12	0,966 ± 0,004
Feldhase	2	6,18 ± 1,04	0,967 ± 0,009
Rotwild	36	6,26 ± 0,18	0,961 ± 0,004
Muffel	7	6,01 ± 0,23	0,961 ± 0,003
Murmeltier	1	6,20	0,961
Rehwild	35	6,32 ± 0,15	0,962 ± 0,004
Schwarzwild	8	6,15 ± 0,14	0,964 ± 0,003

TABELLE 8: Gehalte an Rohprotein, Wasser, Fett und Asche sowie an Nicht-Protein-Stickstoff in Wildleber.

Wildart	n=	Rohprotein, g/100g	NPN, g/100g	Wasser, g/100g	Fett, g/100g	Asche, g/100g
Auerwild	1	18,23	0,42	70,90 ± 0	1,95	1,30
Birkwild	1	20,40	0,38	69,80 ± 0	1,01	1,38
Ente	2	16,16 ± 2,20	0,31 ± 0,01	71,75 ± 2,15	1,80 ± 0,04	1,12 ± 0,06
Fuchs	2	21,09 ± 0,21	0,41 ± 0,11	72,15 ± 0,95	3,08 ± 0,56	1,23 ± 0,08
Wildgans	1	18,87	0,34	76,10	2,07	1,15
Gamswild	10	20,32 ± 0,60	0,33 ± 0,04	72,68 ± 1,47	1,73 ± 0,27	1,34 ± 0,21
Feldhase	2	19,04 ± 1,04	0,31 ± 0,03	73,45 ± 0,25	1,08 ± 0,15	1,31 ± 0,02
Rotwild	36	20,68 ± 2,27	0,30 ± 0,05	70,80 ± 3,83	4,10 ± 5,92	1,26 ± 0,18
Muffel	7	19,61 ± 1,20	0,27 ± 0,01	72,51 ± 1,20	1,86 ± 0,45	1,58 ± 0,17
Murmeltier	1	20,72	0,36	69,30	3,84	1,12
Rehwild	35	20,72 ± 1,35	0,29 ± 0,04	72,50 ± 1,71	1,87 ± 0,55	1,33 ± 0,15
Schwarzwild	8	17,47 ± 1,74	0,29 ± 0,03	72,88 ± 2,00	1,99 ± 0,59	1,25 ± 0,14

NPN: Nicht-Protein-Stickstoff

TABELLE 9: Gehalte an Eisen und Kupfer sowie Vitamin A in Wildleber (mg/kg Frischmasse).

Wildart	n=	Fe, mg/kg	Cu, mg/kg	Vitamin A, mg/kg
Auerwild	1	89,71	6,00	893,3
Birkwild	1	40,28	8,17	945,6
Ente	2	55,74 ± 32,01	24,63 ± 18,75	322,8 ± 201,1
Fuchs	2	165,76 ± 54,87	23,31 ± 8,99	1040,7 ± 247,2
Wildgans	1	22,26	23,23	750,1
Gamswild	10	77,45 ± 40,20	27,19 ± 27,82	311,1 ± 199,2
Feldhase	2	92,74 ± 32,39	8,09 ± 3,38	634,3 ± 335,2
Rotwild	36	96,25 ± 30,69	28,02 ± 30,13	202,7 ± 155,2
Muffel	7	40,05 ± 13,90	20,67 ± 29,26	501,9 ± 251,5
Murmeltier	1	71,88	9,86	514,8
Rehwild	35	86,85 ± 30,03	40,44 ± 37,67	605,8 ± 228,7
Schwarzwild	8	177,62 ± 84,20	6,66 ± 2,66	222,9 ± 166,0

den Tabellen 7 und 8 angeführt, ausgewählte Elementgehalte und der Gehalt an Vitamin A in Tabelle 9. Es sind jeweils Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

Die durchschnittlichen pH-Werte je Wildart waren im Bereich von 6,03–6,26, die Wasseraktivität war im Bereich von 0,960–0,969 (Tab. 7).

Die durchschnittlichen Rohproteingehalte je Wildart waren im Bereich 16,16–21,09 g/100g. Zu beachten sind die Gehalte an Nicht-Protein-Stickstoff, die 8–14 % des Gesamtstickstoffs ausmachen. Bei der üblichen Umrechnung des Gesamtstickstoffs in Rohprotein mit dem Faktor 6,25 (ASU, 2014b) ergeben sich damit zu hohe Werte für den Rohproteingehalt.

Die durchschnittlichen Rohfettgehalte betragen 1,01–4,1 g/100g, die Wassergehalte 69,3–76,10 g/100g, die Aschegehalte 1,12–1,58 g/100g, die Nichtproteinstickstoffgehalte 0,29–0,42 g/100g (Tab. 8).

Die durchschnittlichen Eisengehalte waren im Bereich von 22–178 mg/kg, die Kupfergehalte im Bereich 6–28 mg/kg. Insbesondere bei den Kupfergehalten sollte jedenfalls bei Wildhuftieren die Möglichkeit geschoßbedingter Kontaminationen berücksichtigt werden.

Die Vitamin A-Gehalte waren im Bereich 223–1041 mg/kg.

Nachdem bei einigen Wildarten nur geringe Probenzahlen zur Untersuchung gelangten, wurde nur bei Rot- und Rehwild eine detaillierte Betrachtung der Ergebnisse vorgenommen.

Auswertung für Rot- und Rehwild nach Geschlecht, Alter und Jahreszeit (bzw. Brunft)

Die Ergebnisse für Rot- und Rehwild sind in Tab. 10 zusammengestellt.

Bei den 36 Proben Rotwildleber ergaben sich nur für den Wasser- und Aschegehalt statistisch signifikante Unterschiede. Der Wassergehalt war während der Brunft signifikant niedriger als vor und nach der Brunft ($p = 0,001$), während der Aschegehalt höher war ($p = 0,002$). Der Aschegehalt war in Leber von weiblichem Rotwild höher als in jener von männlichem Rotwild ($p < 0,001$).

Bei Rotwild wies die Leber eines männlichen Kalbes mit Peritonitis die niedrigsten Fett- (0,5 %) und Vitamin A- (5,3 mg/kg) Gehalte sowie den niedrigsten pH-Wert (5,7), allerdings einen überdurchschnittlich hohen Rohproteingehalt (22,4 %) auf. Der höchste Rohfettgehalt (6,6 %) wurde in der Leber eines adulten Rothirsches

während der Brunft ermittelt; das Organ wies einen niedrigen Rohproteingehalt auf (17,8 %), aber den höchsten pH-Wert (6,83).

Bei den 35 Proben Rehwildleber ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Diskussion

pH-Wert und Wasseraktivität

Der pH-Wertebereich in den untersuchten Leberproben war mit 6,0–6,3 höher als in Muskulatur von Wildhuftieren (Stolle et al. 1995). Saisonale Schwankungen, die sie für Muskulatur von Wildwiederkäuern (höhere Werte in der Brunft) von Brodowski und Beutling (1998) berichtet wurden, konnten nicht nachgewiesen werden.

Die Wasseraktivitätswerte waren im Bereich 0,960–0,969 und damit niedriger als für Muskelfleisch angegeben (Weber, 2008). Trotz dieser niedrigeren Wasseraktivität ist Wildleber auf Grund des pH-Wertes von über 6,0 als leicht verderbliches Lebensmittel einzustufen. Die für Nebenprodukte der Schlachtung geltende Höchsttemperatur von 3 °C (VO (EG) Nr. 853/2004) ist auch bei Wildleber anzuwenden.

Vergleich der Zusammensetzung von Wildlebern nach Wildart

Ein Vergleich der Zusammensetzung der untersuchten Wildleberproben gestaltet sich wegen der z.T. geringen Probenzahlen je Tierart schwierig. Größere Probenzahlen konnten nur für die Tierarten Reh, Rotwild, Wildschwein und Gamswild erhalten werden. Dabei haben Lebern von Reh-, Rot- und Gamswild durchschnittliche Rohproteingehalte von über 20 %, während der durchschnittliche Rohproteingehalt in der Leber von Schwarzwild unter 18 % lag. Aus wildbiologischer Sicht wären Einflüsse von Alter, Geschlecht und jahreszeitlicher Aktivität von Bedeutung.

Aufgrund der geringen Probenmenge beim Vogelwild ist ein Vergleich schwierig, die folgenden Schlussfolgerun-

TABELLE 10: Zusammensetzung, Wasseraktivität, pH-Werte, und Gehalte an Vitamin A sowie Kupfer und Eisen in Lebern von Rot- und Rehwild.**a:** Rohproteingehalte und Nicht-Protein-Stickstoff (g/100g Frischmasse; Mittelwerte).

Faktor	Rotwild	Wasser, %	RP, %	NPN, %	Rehwild	Wasser, %	RP, %	NPN, %
Alter (Jahre)	≤1	71,9	20,9	0,30	≤1	72,2	20,7	0,29
	2–10	68,4	21,3	0,30	2–5	72,6	21,0	0,28
	>10	70,4	18,9	0,29	>5	73,0	20,4	0,29
Geschlecht	männlich	70,1	19,7	0,28	männlich	72,9	20,8	0,27
	weiblich	71,7	21,6	0,31	weiblich	72,2	20,7	0,30
Erlegungszeitpunkt (Monat)	7–8	72,2	21,3	0,31	6	72,2	21,0	0,32
	9 (=Brunft)	65,2*	17,4	0,25	7–8 (=Brunft)	73,0	20,7	0,27
	10–12	71,7	21,4	0,31	9–12	72,3	20,7	0,29

NPN: Nicht-Protein-Stickstoff; RP: Rohprotein; *: statistisch signifikant niedrigerer Wert ($p < 0,05$)**b:** Fett- und Aschegehalte (g/100g Frischmasse; Mittelwerte).

Faktor	Rotwild	Fett, %	Asche, %	Rehwild	Fett, %	Asche, %
Alter (Jahre)	≤1	1,6	1,3	≤1	2,1	1,4
	2–10	2,0	1,3	2–5	1,7	1,3
	>10	2,2	1,2	>5	1,7	1,3
Geschlecht	männlich	1,9	1,2*	männlich	1,7	1,3
	weiblich	1,7	1,4	weiblich	2,0	1,3
Erlegungszeitpunkt (Monat)	7–8	1,6	1,3	6	1,7	1,6
	9 (=Brunft)	2,5	1,1*	7–8 (=Brunft)	1,7	1,3
	10–12	1,7	1,3	9–12	2,0	1,3

*: statistisch signifikant niedrigerer Wert ($p < 0,05$)**c:** aW und pH-Werte (Mittelwerte).

Faktor	Rotwild	aW	pH	Rehwild	aW	pH
Alter (Jahre)	≤1	0,96	6,2	≤1	0,96	6,3
	2–10	0,96	6,3	2–5	0,96	6,3
	>10	0,96	6,3	>5	0,96	6,3
Geschlecht	männlich	0,96	6,26	männlich	0,96	6,3
	weiblich	0,96	6,27	weiblich	0,96	6,3
Erlegungszeitpunkt (Monat)	7–8	0,96	6,2	6	0,96	6,3
	9 (=Brunft)	0,96	6,4	7–8 (=Brunft)	0,96	6,3
	10–12	0,96	6,3	9–12	0,96	6,3

d: Gehalte an Vitamin A, Eisen und Kupfer (mg/kg Frischmasse; Mittelwerte).

Faktor	Rotwild	Vitamin A	Fe	Cu	Rehwild	Vitamin A	Fe	Cu
Alter (Jahre)	≤1	176	93,8	25,4	≤1	633	93,6	47,6
	2–10	276	106,2	30,8	2–5	647	88,9	47,0
	>10	206	94,6	32,9	>5	683	67,3	28,7
Geschlecht	männlich	150	91,9	21,5	männlich	664	78,2	41,4
	weiblich	269	101,4	35,4	weiblich	634	94,1	39,6
Erlegungszeitpunkt (Monat)	7–8	237	84,2	29,4	6	422	106,9	29,7
	9 (=Brunft)	124	96,0	11,5	7–8 (=Brunft)	662	83,4	34,4
	10–12	220	101,2	33,5	9–12	675	86,4	54,2

gen beziehen sich auf die wenigen Proben dieser Studie. Während die untersuchten Proben von Birkwild, Auerwild und Wildenten einen Fettgehalt von jeweils unter zwei Prozent haben, weisen die untersuchten Lebern von Wildgänsen höhere Fett- aber niedrigere Rohproteingehalte auf. Der Rohproteingehalt der beprobten Wildvogellebern ist niedriger als jener vieler Säugetiere (vgl. Tab. 1). Die Eisengehalte in den untersuchten Lebern von Wildenten und Wildgänsen sind niedriger als in der Leberprobe von Auer- und Birkwild. Der Kupfergehalt ist bei den Proben der erstgenannten Wildarten deutlich höher als bei der Probe von Birkwild. Zu beachten sind aber die geringen Probenzahlen.

Den niedrigsten Fettgehalt der beprobten Lebern weisen jene von Hasen auf, den höchsten zeigen jene der Rothirsche in der Brunft. Lässt man die Brunftstücke außer Acht, haben Lebern von Fuchs und Marmelotier die höchsten Fettgehalte unter den in dieser Arbeit untersuchten Proben. Auch der Proteingehalt in Lebern dieser beiden Tierarten ist mit über 20 Prozent im oberen Bereich zu finden. Wildschweine haben einen – bezogen auf die in dieser Studie untersuchten Proben – geringen Proteingehalt und mit knapp zwei Prozent einen mittleren Fettgehalt in

der Leber. Auch der Eisenanteil ist beim Fuchs, neben dem Schwarzwild, höher gelegen als jener der anderen beprobten Wildarten. Die höchsten Kupfergehalte wurden in Lebern von Rehwild, die niedrigsten in Leber von Auerwild und Schwarzwild nachgewiesen.

Der Vitamin A Gehalt in der Fuchsleber ist mit Abstand der höchste, gefolgt von Birkwild und Auerwild sowie Wildgänsen. Rotwild-, Schwarzwild- und Gamswildlebern hingegen beinhalten weniger Vitamin A. In den 1930er–1940er Jahren wurden übrigens vermehrt die Vitamin A Gehalte in Leber von Eisbären, Polarfüchsen und Huskys untersucht, nachdem von Vergiftungen durch Verzehr von Eisbärenleber berichtet worden war (Hypervitaminose A), ein anderes Motiv war die Frage, wie sich die Vitamin A Supplementierung bei Pelztieren auswirkt (Holmes et al., 1941). Für Eisbärenleber wurden Gehalte von umgerechnet 7300 mg/kg (Rodahl, 1949), für Leber von frei lebenden Grau- und Rotfüchsen in den USA durchschnittlich 64 mg/kg, mit einem Maximum von 355 mg/kg (Holmes et al., 1941) angegeben, was unter den Ergebnissen unserer Studie (etwa 1000 mg/kg) liegt, allerdings wurden nur 2 Tiere untersucht. Die Aufnahme von etwa 90 mg Vitamin A kann bei Kindern akut toxisch wirken,

bei Erwachsenen sind tägliche Gaben von ca. 30 mg über Monate toxisch (MSD Manual, oJ). Dies mag erklären, warum berichtet wird, dass Speisen, in die Fuchsleber boshafterweise hineingemischt wurde, heftigen Durchfall auslösen sollen (Mayerhofer und Pirquet, 1925). Der Verzehr von 100 g Wildleber von Schalenwild würde nach den Ergebnissen unserer Studie die Aufnahme von 22–61 mg Vitamin A bedeuten, was bei regelmäßiger Zufuhr für Erwachsene gesundheitlich bedenklich sein könnte, andererseits ist es unwahrscheinlich, dass Wildleber über Monate täglich verzehrt wird.

Die Eisen- sowie Kupferwerte dieser Studie weisen einige Parallelen zu Werten in der Literatur auf. Pilarczyk et al. (2020) geben durchschnittliche Kupfergehalte von 3,35 mg/kg und Eisengehalte von 122 mg/kg in Hasenleber an. Eine Hasenprobe dieser Studie ist mit einem Eisengehalt von 125 mg/kg und einem Kupfergehalt von 4,70 mg/kg sehr nahe an diesen Werten, während die zweite beprobte Hasenleber einen deutlich niedrigeren Eisengehalt, aber einen höheren Kupfergehalt aufweist. Pilarczyk et al. (2020) geben für Rehlebern einen durchschnittlichen Kupfergehalt von 10,4 mg/kg an, Długaszek und Kopczynski (2011) geben 26,18 mg Cu/kg an, während in unserer Stu-

© The author(s) 2024. Distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

die ein Mittelwert von 40,44 mg/kg erhalten wurde. Ein höheren Kupfergehalt von 61,60 mg/kg wird von Kicinszka et al. (2019) berichtet. Der in unserer Studie ermittelte durchschnittliche Eisengehalt in Rehwildlebern ist mit 86,95 mg/kg dem Wert von Pilarczyk et al. (2020) (81,7 mg/kg) sehr ähnlich, während Dlugaszek und Kopczynski (205,11 mg/kg) und Kicinszka et al. (129 mg/kg) höhere Werte berichteten.

Die oben genannten Autoren haben auch Elementgehalte in Wildschweinlebern bestimmt. Auch hier ist, die Eisenwerte betreffend, Pilarczyk et al. (2020) mit 169 mg/kg sehr nahe am Ergebnis unserer Studie. Die Kupfergehalte sind mit 3,85 mg/kg (Dlugaszek und Kopczynski, 2011) und 4,34 mg/kg (Kicinszka et al., 2019) meist niedriger als der Mittelwert in unserer Studie (6,66 mg/kg). Lediglich Neila et al. (2017) konnte in Spanien einen höheren Kupfergehalt von 23,50 mg/kg nachweisen.

Variationen innerhalb einer Tierart

Auf statistisch signifikante Unterschiede wurde nur bei Reh- und Rotwild geprüft, während bei den anderen Wildarten nur eine beschreibende Darstellung erfolgt. Statistisch signifikante Unterschiede konnten nur beim Rotwild hinsichtlich des Asche- und Wassergehalts festgestellt werden. Es zeigten sich aber Tendenzen, denen in umfassenden Studien nachgegangen werden könnte.

Anders als beim Rotwild weisen Rehböcke während der Brunft einen geringeren Fettgehalt der Leber auf als außerhalb. Häufig, aber nicht bei allen Proben ist er in der kälteren Jahreszeit (Monate 9–12) höher. Auch der Rohproteingehalt steigt gegen Jahresende an. Bei männlichem Rotwild war der Fettgehalt der Leber in der Brunft um bis zu zehnfach höher (6,6 %) als außerhalb der Brunft. Dieses Phänomen lässt sich aber nur bei männlichen und nicht bei weiblichen Tieren beobachten. Wildbiologisch kann der höhere Fettgehalt in den Lebern einzelner Hirsche als mittelfristiges Depot für das kräftezehrende Brunftgeschehen interpretiert werden. Der Rohproteingehalt während der Brunft war aber niedriger (17 %), während er sonst zwischen 21 und 23 % lag. Dies könnte durch den Abbau von Proteinen bei niedrigen Kohlenhydratreserven (wofür die pH-Werte über 6 sprechen) bedingt sein.

Wildschweinlebern weisen einen niedrigeren Rohproteingehalt als Hausschweine (Tab. 1) auf, wobei dieser Wert von den niedrigen Rohproteingehalten (15 %) in Leberproben von Frischlingen beeinflusst wurde. Die Lebern von adulten Wildschweinen enthielten wie auch die meisten anderen untersuchten Arten ungefähr 20 % Rohprotein.

Vergleich der Zusammensetzung von Wildlebern mit der von Schlachttieren

Im Vergleich zu Nutztieren ist die Leber der Wildtiere fettärmer. Der Fettgehalt von Schaf-, Kalb-, Rind- und Schweineleber ist in der Literatur mit Werten von 3–4,5 % angegeben. Der Proteingehalt bei jenen Tierarten zwischen 19 und 21 % (Tab. 1) ähnelt den in dieser Studie erhobenen Daten, ebenso der Wassergehalt, welcher sich bei Nutztieren laut Literatur zwischen 70 und 72 % befindet. Zu beachten ist, dass der aus dem Gesamtstickstoff errechnete Rohproteingehalt unter Berücksichtigung der NPN-Gehalte einen etwa um 10 % niedrigeren Proteingehalt entspricht.

Eisen ist in den 106 untersuchten Wildlebern annähernd gleich bis teilweise sogar etwas weniger enthalten

als in den Nutztierlebern. Hier sind Werte zwischen 69 mg/kg beim Rind und 180 mg/kg beim Schwein beschrieben (Tab. 1). Das Schwein und Wildschwein sind diesen Wert betreffend somit sehr ähnlich. Auch Kupfer ist in den meisten Wildlebern in einem geringeren Anteil zu finden als bei den Nutztierlebern. Das Schwein weist einen niedrigen Gehalt von 13 mg/kg auf. Schaf, Kalb und Rind haben mit beschriebenen Werten von 32 bis 76 mg/kg ein Vielfaches mehr Kupfer in der Leber. Der Vitamin A Gehalt der beschriebenen Nutztiere ist im selben Bereich wie jener von Rotwild, Gamswild und Schwarzwild, bei den anderen Wildarten weisen die Lebern höhere Vitamin A Gehalte auf (Holland et al., 1991; Souci et al., 2000; Majchrzak et al., 2006).

Vergleich der Zusammensetzung von Wildlebern mit der von Wildfleisch

Vergleicht man die Kupfer- und Eisengehalte der Lebern der in der vorliegenden Studie untersuchten Wildtierarten mit jenen, die in der Literatur für Wildfleisch angegeben sind, fällt auf, dass die Leber eisen- aber auch kupferhaltiger ist als Muskelfleisch. Der Kupfergehalt in den von Ertl et al. (2016) untersuchten Muskelproben der Wildtierarten Gamswild, Rehwild, Rotwild, Wildschwein und Feldhasen befindet sich zwischen 1,2 und 2,7 mg/kg, während sich die Werte in dieser Studie zwischen 9,85 mg/kg bei den Murmeltierlebern und 40,44 mg/kg bei den Rehwildlebern bewegen. Auch Souci et al. (2000) beschrieben ausschließlich Werte nicht über 2,15 mg/kg Cu für Muskelfleisch.

Die Eisengehalte liegen nach Souci et al. (2000) und Ertl et al. (2016) zwischen 17 mg/kg und 33 mg/kg bei Wildfleisch der oben bereits genannten Tierarten. Die Mittelwerte der Lebern dieser Studie erstrecken sich von 22,26 mg/kg bei der Wildgans und 177,61 mg/kg beim Wildschwein. In der Sammelprobe von Birkhahnleber wurde ein höherer Eisengehalt von 402,77 mg/kg nachgewiesen. Insgesamt haben die Leberproben höhere Kupfer- und Eisengehalte als das Muskelfleisch der Wildarten.

Schlussfolgerungen

Die 106 untersuchten Proben von Leber von in Österreich erlegtem Rehwild, Rotwild, Gamswild, Auerwild, Birkwild, Muffelwild, Schwarzwild, Wildgänsen, Wildenten, Hasen, Füchsen und Murmeltieren wiesen eine ähnliche Rohprotein-, Rohfett- und Aschegehalte auf wie die Leber von Rind und Schwein bzw. Huhn.

Die Gehalte an Eisen waren in den untersuchten Leberproben von Wildvögeln im Bereich 22,3–89,7 mg/kg, bei anderem Wild (mit Ausnahme von Muffelwild) im Bereich 72–178 mg/kg, was mit Literaturangaben für landwirtschaftliche Nutztiere, wie Rind und Schwein bzw. Huhn übereinstimmt. Die Kupfergehalte waren im Bereich 6–40 mg/kg, und damit in dem auch bei Rind und Schwein bzw. Huhn typischen Bereich (5–87 mg/kg). Die Vitamin-A-Gehalte waren im Bereich 750–946 mg/kg bei Wildvögeln, höher bei Füchsen und niedriger bei anderem Wild. Innerhalb einer Wildart wurden aber erhebliche Schwankungen in den Element- und Vitamin-A-Gehalten beobachtet. Auf Grund des hohen pH-Wertes von über 6,0 ist Wildleber ein leicht verderbliches Lebensmittel; diesem Umstand wird durch niedrigere vorgeschriebene Kühltemperaturen Rechnung getragen.

© The author(s) 2024. Distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Danksagung

Herrn Doz. Dr. Sager sei für die Bereitstellung der AAS und der Geräteeinstellungen für die Elementanalysen und Frau Brigitte Pilz für die Mitarbeit im Labor gedankt. Die Leberproben wurden von ortsansässigen Jägerinnen und Jägern bereitgestellt, denen hiermit für die Mitarbeit gedankt wird.

Finanzierung

Die Untersuchungen wurden von der Zeitschrift „Der Anblick“ und dem Verein Grünes Kreuz gefördert.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen und Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literaturverzeichnis

- Aktionswerte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln:** Veröffentlicht mit Geschäftszahl: BMG-75210/0013-II/B/13/2015 vom 18.5.2015
- ASU – Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren (2017):** L 06.00–4 2017-10. Bestimmung der Asche in Fleisch, Fleischerzeugnissen und Wurstwaren; Gravimetrisches Verfahren (Referenzverfahren).
- ASU – Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren (2014a):** L 06.00–3 2014-08. Bestimmung des Wassergehaltes in Fleisch und Fleischerzeugnissen; Gravimetrisches Verfahren; Referenzverfahren.
- ASU – Amtliche Sammlung von Untersuchungsverfahren (2014b):** L 06.00–7 2014-08. Bestimmung des Rohproteingehaltes in Fleisch und Fleischerzeugnissen; Titrimetrisches Verfahren nach Kjeldahl; Referenzverfahren.
- Untersuchungsverfahren nach §35 LMBG (1980):** L06:00-6 09/1980. Soxhlet-Extraktion. Berlin: Beuth.
- Alao BO, Falowo AB, Chulayo A, Muchenje V (2017):** The Potential of Animal By-Products in Food Systems: Production, Prospects and Challenges. *Sustainability* 9: 1089.
- Amman G, Deutz A, Kammerlander B, Maroschek M, Maurer ST, Meran F, Pirker H, Rath A, Rudorfer G (2019):** Der Leitbruch. 3. aktualisierte Auflage. Steirischer Jagdschutzverein, Graz, Österreich.
- BfR (2010):** Bleibelastung von Wildbret durch Verwendung von Bleimunition bei der Jagd. Stellungnahme Nr. 040/2011 des BfR vom 3. Dezember 2010. Zugriff 2024 Apr 2. Online verfügbar: <https://www.bfr.bund.de/cm/343/bleibelastung-von-wildbret-durch-verwendung-von-bleimunition-bei-derjagd.pdf>
- Bognar A (1986):** Bestimmung von Vitamin A in Lebensmitteln mittels Hochleistungs-Flüssigkeitschromatografie (HPLC). *European Food Research & Technology*. 182: 492–497.
- Brodowski G, Beutling D (1998):** The hygienic production of meat of game under hunting conditions – A study of fallow deer, roe deer, wild boars and red deer from Saxonia-Anhalt, Fleischwirtschaft 78(11): 1208–1210.
- Cobos A, Veiga A, Diaz O (1999):** Chemical and fatty acid composition of meat and liver of wild ducks (*Anas platyrhynchos*). *Food Chem* 68: 77–79.
- Dannenberg D, Nuernberg G, Nuernberg K, Hagemann E (2013):** The effects of gender, age and region on macro- and micronutrient contents and fatty acid profiles in the muscles of roe deer and wild boar in Mecklenburg-Western Pomerania (Germany). *Meat Sci* 94: 39–46.
- Đlugaszek M, Kopczyński K (2011):** Comparative analysis of liver mineral status of wildlife. *Probl Hig Epidemiol* 9(4): 859–863.
- Ertl K, Kitzer R, Goessler W (2016):** Elemental composition of game meat from Austria. *Food Addit Contam Part B Surveill* 9(2): 120–126.
- Falandysk J, Szymczyk-Kobrzynska K, Brzostowski A, Zalewski K, Zasadowski A (2005):** Concentrations of heavy metals in the tissues of red deer (*Cervus elaphus*) from the region of Warmia and Mazury, Poland. *Food Addit Contam* 22: 141–149.
- Falandysk J (1994):** Some toxic and trace metals in big game hunted in the northern part of Poland in 1987–1991. *Sci Total Environ* 141: 59–73.
- Fitzhenry LB, Cawthorn DM, Muchenje V, Bureš D, Kotrba R, Hoffman LC (2019):** Carcass composition and yields of wild fallow deer (*Dama dama*) in South Africa. *Afr J Wildl Res* 49(1): 100–110.
- Freudenreich P, Bach H (1993):** Anfall und Verwertung von Schlachtnebenprodukten. In: Inst. f. Fleischerzeugung und Vermarktung der Bundesanstalt für Fleischforschung Kulmbach. Beiträge zur Erzeugung und Vermarktung von Fleisch. Kulmbacher Reihe Band 12. Eigenverlag der BAFF, Kulmbach, D.
- Gasparik J, Binkowski LJ, Jahnatek A, Smehyl P, Dobias M, Lukac N, Blaszczyk M, Semla M, Massanyi P (2016):** Levels of Metals in Kidney, Liver and Muscle Tissue and their Influence on the Fitness for the Consumption of Wild Boar from Western Slovakia. *Biol Trace Elem Res* 177: 258–266.
- Gasparik J, Massanyi P, Slamecka J, Fabis M (2004):** Concentration of selected metals in liver, kidney and muscle of the red deer (*Cervus elaphus*). *J Environ Sci Health A* 39: 2105–2111.
- Green R, Taggart M, Pain D, Smithson K (2022):** Implications for food safety of the size and location of fragments of lead shotgun pellets embedded in hunted carcasses of small game animals intended for human consumption. *PLoS ONE* 17:e0268089.
- Hashemi M (2018):** Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. *Ecotoxicol Environ Saf* 154: 263–267.
- Hofbauer P, Bauer F, Paulsen P (2006):** Saisonale Unterschiede von Gemsenfleisch. Mitteilung zu Qualitätsparametern des Rückenmuskels. *Fleischwirtschaft* 7: 100–102.
- Hoffman LC, Wiklund E (2006):** Game and venison – meat for the modern consumer. *Meat Sci* 74: 197–208.
- Holland B, Welch AA, Unwin ID, Buss DH, Paul AA, Southgate DAT (1991):** The Composition of Foods. 5. erweiterte Auflage. The Royal Society of Chemistry and Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Cambridge, UK.
- Holmes AD, Tripp F, Ashbrook FG, Kellogg EE (1941):** A study on Vitamin A in the nutrition of foxes. *Wildlife Research Bulletin* 3, US Government Printing Office, Washington.
- Kicinska A, Glichowska P, Mamak M (2019):** Micro- and microelement contents in the liver of farm and wild animals and the health risks involved in liver consumption. *Environ Monit Assess* 191: 132.
- Kuiters AT (1996):** Accumulation of cadmium and lead in red deer and wild boar at the Veluwe, The Netherlands. *VetQ* 18 Suppl 3: 134–135.
- Lambrecht K (2006):** Einfluß der Wirkstoffformulierung auf die Resorption von Vitamin A beim Ferkel. Dissertation, München.
- Lazarus M, Orct T, Blanusa M, Vickovic I, Sostarić B (2008):** Toxic and essential metal concentrations in four tissues of red deer (*Cervus elaphus*) from Baranja, Croatia. *Food Addit Contam A* 25: 270–283.
- Limeneh DY, Tesfaye T, Ayele M, Husien NM, Ferede E, Haile A, Mengie W, Abuhay A, Gelebo, GG, Gibril M (2022):** A Comprehensive Review on Utilization of Slaughterhouse By-Product: Current Status and Prospect. *Sustainability* 14: 6469.
- Majchrzak D, Fabian E, Elmadfa I (2006):** Vitamin A content (retinol and retinal esters) in livers of different animals. *Food Chem* 98: 704–710.
- Mayerhofer E, Pirquet C (1925):** Lexikon der Ernährungskunde. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, S. 324.
- Medvedev N, Panichev N, Hycarinen H (1997):** Levels of heavy metals in seals of Lake Ladoga and the White Sea. *Sci Total Environ* 206: 319–324.
- MSD Manual, undatiert:** Vitamin-A-Intoxikation. Zugriff 2024 Apr 2. Online verfügbar: <https://www.msmanuals.com/de/profi/ern%C3%A4hrungsbedingte-st%C3%B6rungen/vitaminmangel-abh%C3%A4ngigkeit-und-intoxikation/vitamin-a-intoxikation#:~:text=Eine%20Hypervitaminose%20A%20kann%2C%20meist,f%C3%BChrt%20zu%20%C3%9Cbellekeit%20und%20Erbrechen.>
- Neila C, Hernandez-Moreno D, Fidalgo IE, Lopez-Beceiro A, Soler E, Perez-Lopez M (2017):** Does gender influence the levels of

© The author(s) 2024. Distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

- heavy metals in liver of wild boar? *Ecotoxicol Environ Saf* 140: 24–29.
- Paniagua-Castro N, Escalona-Cardoso G, Chamorro-Chevallos G (2007):** Glycine reduces cadmium-induced teratogenic damage in mice. *Reprod Toxic* 23: 92–97.
- Paulsen P, Bauer F, Winkelmayr R, Smulders FJM, Hofbauer P (2005):** Zu Qualitätsparametern von vakuumverpacktem Rehfleisch. *Fleischwirtschaft* 85(11): 114–117.
- Paulsen P, Winkelmayr R, Irschik I (2014):** Wildfleisch aus Niederösterreich: Verzehr, Produktion und Wertschätzungen durch „Kundige Personen“. *Fleischwirtschaft* 94(1): 98–101.
- Pilarczyk B, Tomza-Marciniak A, Pilarczyk R, Udala J, Kruzhel B, Ligocki M (2020):** Content of essential and non-essential elements in wild animals from western Ukraine and the health risks associated with meat and liver consumption. *Chemosphere* 244: 125506
- Rodahl K (1949):** Toxicity of Polar Bear Liver. *Nature* 164: 530–531.
- Rous P, Jelinek P (2000):** The effect of increased soil contamination with heavy metals on their content in some rabbit tissues. *Czech J Anim Sci* 45(7): 319–324.
- Sager M (2005):** Aktuelle Elementgehalte in Fleisch, Leber und Nieren aus Österreich. *Ernährung/Nutrition* 29: 199–205.
- Sager M, Grüner M, Würzner H (1998):** Gehalte ausgewählter Spurenelemente in Leber und Nieren von Nutztieren. *Die Bodenkultur* 49(2): 109–117.
- Souci SW, Fachmann W, Kraut H (2000):** Die Zusammensetzung der Lebensmittel Nährwert-Tabellen. 6. Revidierte und ergänzte Auflage. MedPharm Scientific Publishers, Stuttgart, D.
- Stolle A, Marx H, Kühnlein C (1995):** Zur Beurteilung der Fleischqualität bei Schalenwild. *J Vet Med B* 42, 345–354.
- Strmiskova G, Strmiska F (1992):** Contents of mineral substances in venison. *Nahrung* 36: 307–308.
- Trinogga AL, Courtiol A, Krone O (2019):** Fragmentation of lead-free and lead-based hunting rifle bullets under real life hunting conditions in Germany. *Ambio* 48: 1056–1064.
- Verordnung (EG) Nr. 853/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates** vom 29. April 2004 mit spezifischen Hygienevorschriften für Lebensmittel tierischen Ursprungs. *ABl. L* 139/55.
- Verordnung (EU) 2021/57 der Kommission** vom 25. Januar 2021 zur Änderung des Anhangs XVII der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) betreffend Blei in Schrotmunition in oder in der Nähe von Feuchtgebieten. *ABl.* 24/19.
- Verordnung (EU) 2023/915 der Kommission** vom 25. April 2023 über Höchstgehalte für bestimmte Kontaminanten in Lebensmitteln und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 1881/2006. *ABl. L* 119/103–157.
- Weber H (2008):** Mikrobiologie der Lebensmittel. Band 3 Fleisch-Fisch-Feinkost, 2. Auflage. Behr's Verlag, Hamburg, D.
- Winkelmayr R, Hofbauer P, Paulsen P (2004):** Qualität des Rückenmuskels. Qualitätsparameter des Rückenmuskels von Rehen aus dem Voralpengebiet in Österreich. *Fleischwirtschaft* 10: 88–90.

Address of corresponding author:

Mag. Nadine Diethart
Abteilung für Hygiene und Technologie
von Lebensmitteln
Zentrum für Lebensmittelwissenschaften
und Öffentliches Veterinärwesen
Klinisches Department für Nutztiere und
Sicherheit von Lebensmittelsystemen
Veterinärmedizinische Universität Wien
Veterinärplatz 1
A-1210 Wien
Österreich
nadinediethart@gmx.at