

Aktuelle Elementgehalte in Fleisch, Leber und Nieren aus Österreich

Current elemental composition of meat, liver and kidneys from Austria

M. SAGER

Zusammenfassung

In Proben von Fleisch, Nieren und Leber aus der veterinärmedizinischen Kontrolle wurde die Elementzusammensetzung unter Verwendung von zwei Aufschlussverfahren mit ICP-OES und ICP-MS analysiert.

Während für viele Elemente etwa eine Normalverteilung erhalten wurde, traten einzelne atypisch hohe Werte bei Pb in Rotwild- und Wildschweinfleisch sowie bei Cd in Schafleber und Schafniere auf. Die Werte für Pb und Cd hingen mit den Daten essentieller Elemente sowie Hauptelemente und auch untereinander nicht zusammen.

Die gefundenen Konzentrationsbereiche an Hauptelementen (Na, K, Ca, Mg, P), essentiellen Spurenelementen (Cu, Fe, Mn, Zn, Co, Mo) und sonstigen Spurenelementen (Cd, Pb, Cr, Ni, Al, Be, Li, Sr, Ba) werden in getrennten Tabellen angegeben und mit Daten aus großteils unbelasteten Gebieten aus Kanada, Polen, Schweden, Spanien, der Slowakei und Saudi Arabien (Schafe) verglichen.

Kennwörter

Spurenelementversorgung, Fleisch, Leber, Niere, Blei, Cadmium

Summary

The multi-elemental composition of meat, liver and kidney samples from the Austrian veterinary control service was investigated by two digestion procedures, employing ICP-OES and ICP-MS as final determination methods.

Whereas many element concentrations follow an approximately Gaussian frequency distribution, some atypically high contents of Pb and Cd were found in meat of deer and wild boar, as well as in liver and kidneys from sheep. Pb and Cd occur independently from essential and main elements and also from each other.

The concentration ranges found for main elements (Na, K, Ca, Mg, P), essential trace elements (Cu, Fe, Mn, Zn, Co, Mo) and other trace elements (Cd, Pb, Cr, Ni; Al, Be, Li, Sr, Ba) are tabulated separately and compared with similar data from largely non-contaminated areas from Canada, Poland, Sweden, Spain, Slovakia, and Saudi Arabia (sheep).

Keywords

trace element supply, meat, liver, kidney, lead, cadmium

Einleitung

Fleisch und Innereien sind wichtige tierische Lebensmittel, deren Untersuchung und Begutachtung nach dem Lebensmittelgesetz sowie nach veterinärmedizinischen Aspekten der Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit unterliegt. Die Zusammensetzung von Fleisch und Innereien erlaubt Rückschlüsse auf die Ernährung und die Gesundheit der geschlachteten Tiere. Spurenelementgehalte in den Geweben erlauben im Vergleich mit sogenannten „Normalwerten“ Aussagen über Umweltbelastungen, Fehlernährungen durch suboptimale Fütterung sowie erkrankungsbedingte Stoffwechselstörungen zu treffen.

Diese „Normalwerte“ werden aus klinisch gesunden Tieren ermittelt und unterliegen zahlreichen Einflüssen; sie sollten daher von Zeit zu Zeit in jedem Land neu ermittelt werden, auch um Verbesserungen der spurenelementanalytischen Techniken (z.B. niedrigere Nachweisgrenzen) zu berücksichtigen. Daten über die Zusammensetzung von möglichst vielen Elementen, soweit dies im Zuge einer Multielementanalyse leicht

möglich ist, könnten als Basis für Erkennungsmuster unbekannter Proben eingesetzt werden. Zur Beurteilung von unbekanntem Proben kann dann auf ein breites Elementmuster zurückgegriffen werden.

In der Praxis werden oft nur jene Inhaltsstoffe oder unerwünschten Stoffe bestimmt, deren Höchstwerte in einer entsprechenden Verordnung geregelt sind, was aus der Häufigkeit von Schadensfällen bzw. Verfälschungen in der Vergangenheit zustande gekommen ist.

Diese Studie zeigt die Situation am aktuellen österreichischen Markt die durch regionale Einflüsse wie die Zusammensetzung der Böden bzw. Pflanzen sowie die Fütterungspraxis beeinflusst sind.

Material und Methoden:

Es wurde ein offenes Nassaufschlussverfahren unter Verwendung von 4 g Probe in $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2\text{-HClO}_4$ sowie ein Druckaufschluss mit 0,5 g Probe in $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ verwendet. Die Messung erfolgte entweder mit ICP-OES bzw. ICP-MS (1).

Ergebnisse der Analysendaten

Hauptelemente

Die Hauptelemente (Na, K, Ca, Mg und P) werden nur selten untersucht, sind aber für die Beurteilung einer ausgewogenen und bedarfsgerechten Ernährung wichtig. Die Konzentrationen der Hauptelemente zeigten zwischen den verschiedenen Arten von Fleisch keine großen Unterschiede. Trotz der unterschiedlichen Lebensweise unterscheiden sich Hauschwein- und Wildschweinfleisch nur etwas im Kaliumgehalt (Tabelle 1). Auch in der Leber wurden

sehr ähnliche Werte gefunden. Bei Schweineleber wurde eine größere Streuung festgestellt (Tabelle 2). In Nieren waren die Konzentrationen für Na und Ca höher als bei Fleisch und Leber, K und Mg jedoch im selben Bereich. Da die Verteilungen oft asymmetrisch sind, ist der Median statt des Mittelwertes angegeben (Tabelle 3).

Essentielle Spurenelemente

Um die ausreichende Versorgung der Nutztiersicherzustellen, werden die essentiellen Spurenelemente Cu, Fe, Mn, Zn, und manchmal auch Co und

Fleisch von	Na		K		Ca		Mg		P	
	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel
Schwein	643-871	730	3291-3838	3493	36,6-58,6	47,0	185-223	199		
Kalb	710-1526	1151	3501-3872	3710	46,2-77,0	66,9	203-240	223		
Rind	490-1436	1110	2246-3530	2854	35,2-67,7	53,3	120-208	153		
Pferd	374-661	543	2933-3658	3374	32,4-51,8	42,3	193-250	223	1914-2038	1993
Rotwild	295-936	630	2811-3788	3201	30,2-83,1	50,9	164-252	216	1775-2038	1917
Wildschwein	517-803	702	2798-3365	3076	30,8-64,5	48,9	172-227	205		

Tabelle 1: Hauptelemente in Fleisch (mg/kg Frischgewicht)

Leber von	Na		K		Ca		Mg		P	
	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel
Geflügel	657-849	771	2567-3141	2873	47,3-87,2	60,9	166-203	189	2791-2961	2876
Schwein	499-1472	796	2468-4064	2994	43,5-57,5	50,8	147-290	191		
Rind	567-825	696	2471-3231	2868	38,8-47,9	42,6	146-178	162		
Schaf	644-940	771	2403-2941	2672	33,3-203	92,8	139-177	162		

Tabelle 2: Hauptelemente in Leber (mg/kg Frischgewicht)

Niere von	Na		K		Ca		Mg		P	
	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	Median
Geflügel	1450-2161	1897	2265-2995	2571	80-258	97,0	156.243	171		
Schwein	1016-1847	1286	2200-2690	2468	54-138	73,5	137-176	157	1798-2674	2301
Rind	1521-2614	2065	2169-2584	2398	65-163	83,9	125-158	147	2031-2176	2099
Schaf	1249-2210	1668	1933-2575	2272	70-360	144,2	130-260	148	1921-2516	2470

Tabelle 3: Hauptelemente in Nieren (mg/kg Frischgewicht)

Mo über die Futtermittel supplementiert, was dem Futtermittelgesetz entsprechen muss und staatlich kontrolliert wird. Die Konzentrationen von Cu und Zn waren bei den körperlich aktiveren Tieren wie Wildschwein, Rotwild und Pferd deutlich höher. Der Gehalt an Mangan war beim Rotwildfleisch etwas höher (Baumrinden haben oft viel Mangan, fast immer mehr als Eisen).

Die Konzentration von Zink im Rindfleisch zeigte starke Streuung (siehe Tabelle 4). Die Nachweisgrenze der ICP-OES reichte für die Bestimmung von Co, Mo, As und V in Muskelfleisch nicht aus. Obwohl die als essentiell bekannten Elemente durch den

Metabolismus geregelt werden, unterliegt ihre Konzentration großer Streuung. Dies fällt besonders beim Rotwildfleisch auf, was auf unterschiedliches Alter oder Nahrungsspektrum zurückzuführen sein könnte. Bei Pferden wird das gleiche Alter beim Schlachten angenommen. Sämtliche essentiellen Spurenelemente sind mit Ausnahme von Zink in Leber und Niere gegenüber dem Muskelfleisch angereichert. Die bei Schafen bekannte höhere Empfindlichkeit gegenüber Kupfer äußert sich durch einen höheren Gehalt in der Leber. Geflügel wies im Vergleich dazu niedrige Cu-Konzentrationen auf. Der Gehalt von Eisen in Geflügel- und Schweineleber war ziemlich

Fleisch von	Cu			Fe			Mn		
	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median
Schwein	0,46-0,65	0,56	0,56	4,1-7,3	6,2	7,3	0,077-0,084	0,080	0,080
Wildschwein	0,86-1,48	1,17	1,19	12,1-25,4	18,4	16,8	<0,04-0,17	0,080	0,120
Kalb	0,15-0,35	0,27	0,29	3,9-13,2	9,5	10,4	0,054-0,086	0,070	0,070
Rind	0,27-0,35	0,31	0,31	8,2-14,2	12,0	13,4	0,042-0,064	0,060	0,060
Pferd	0,97-1,49	1,19	1,18	20,7-29,7	25,3	25,3	<0,03-0,145	0,100	0,110
Rotwild	0,91-2,25	1,56	1,62	15,9-58,4	34,7	31,5	0,12-0,44	0,240	0,240

Fleisch von	Zn			Co		Mo
	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median
Schwein	17,2-24,6	19,9	17,8	<0,006	<0,006	<0,006
Wildschwein	24,1-60,6	37,3	34,4	<0,006	<0,006	<0,006
Kalb	21,6-52,1	40,6	44,3	<0,006	<0,006	<0,006
Rind	23,6-71,2	X	27,0	<0,006	<0,006	<0,006
Pferd	44,9-77,7	61,4	65,6	<0,006	<0,006	<0,006
Rotwild	23,6-63,8	48,5	53,2	<0,006-0,010	<0,006	<0,006

Tabelle 4. Essentielle Spurenelemente in Fleisch (mg/kg Frischgewicht)

Element	Geflügelleber (n=6)		Schafsleber (n=6)		Rinderleber (n=6)		Schweineleber (n=7)	
	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	Median
Cu	3,28-4,05	3,37	3,4-103	8,900	11,9-119	26,200	1,1-27,7	6,900
Fe	59-176	77,7	34,0-85,1	55,200	37,7-99,3	67,100	41,5-263	169,000
Mn	1,98-3,19	2,47	0,79-2,97	2,170	1,16-3,37	2,720	0,05-2,97	2,600
Zn	26,0-54,1	29,8	18,6-37,6	34,600	31,0-130	36,200	35,9-77,3	48,000
Co	0,014-0,032	0,028	0,027-0,104	0,058	0,051-0,066	0,055	<0,006-0,028	0,025
Mo	0,52-0,76	0,6	0,50-1,29	1,020	0,77-1,15	1,000	0,013-1,29	1,060

Tabelle 5: Essentielle Spurenelemente in Leber (mg/kg Frischgewicht)

variabel. Geflügel- und Schweineleber hatten signifikant weniger Kobalt als Schafs- und Rinderleber. Die Molybdänwerte lagen im gut messbaren Bereich (Tabelle 5).

Die Nieren regeln den Spurenelementhaushalt durch Ausscheidung oder Akkumulation von Überschüssen in besonderer Weise. Während Zink, Eisen und Cobalt in allen untersuchten Nieren am

gleichen Konzentrationsniveau waren, wurden in Geflügelniere etwas mehr Mangan und Molybdän gefunden und in Schweinenieren etwas mehr Kupfer als in den anderen (Tabelle 6).

Blei und Cadmium

Da aus den Messungen mit ICP-MS wesentlich mehr Daten vorliegen und die Nachweisgrenzen

Element	Geflügelniere (n=10)		Schafsnieren (n=6)		Rindernieren (n=11)		Schweinenieren (n=6)	
	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	Median	Bereich	Median
Cu	1,69-3,05	2,19	2,08-3,04	2,750	3,21-4,05	3,590	4,13-7,97	6,220
Fe	34,9-62,0	47,2	33,8-62,2	38,100	34,0-73,3	49,400	31,3-64,2	41,700
Mn	1,44-2,53	1,68	0,61-0,98	0,708	0,40-1,23	0,920	0,95-1,46	1,150
Zn	17,2-35,4	22,8	16,7-28,7	19,000	16,0-19,8	17,900	20,9-36,3	22,300
Co	0,019-0,048	0,032	0,021-0,080	0,043	0,012-0,026	0,019	0,011-0,030	0,019
Mo	0,49-1,04	0,75	0,33-0,56	0,390	0,26-0,49	0,310	0,42-0,64	0,570

Tabelle 6: Essentielle Spurenelemente in Nieren (mg/kg Frischgewicht)

bei der Messung am ICP-OES oft unterschritten wurden, wurden in *Tabelle 7* nur Ergebnisse aus den Messungen mit ICP-MS dargestellt.

Während Blei in Leber und Nieren sowie Pferdefleisch etwa normalverteilt war, traten bei Rotwild- und Wildschweinfleisch einzelne atypisch hohe Konzentrationen auf, die sich als feinverteilte Bleisplitter aus dem Abrieb des Tötungsgeschosses erklären lassen und bis zu 30 cm um den Schusskanal streuen können. Diese Werte wurden durch bis zu 6-fach Bestimmung abgesichert. Cadmium war im Fleisch normal verteilt und zeigte in Schafleber und Schafniere (Schaf + Lamm) hohe Werte. Deutliche Unterschiede könnten sich zwischen Hühnernieren und Putennieren (= Geflügelniere) ergeben, jedoch war die Probenzahl gering. Die höheren Gehalte in Rinder-

nieren sind bekannt und entsprechen dem höheren Alter bei der Schlachtung. Das Auftreten einzelner hoher Werte lässt sich indirekt aus den unterschiedlichen Werten für Mittelwert und Median (*Tabelle 7*) erkennen, was auch die gezielte Untersuchung auf diese Parameter rechtfertigt. Der gesetzliche Grenzwert von 0,5 mg/kg Blei in Leber und Nieren wurde im Zuge unserer Untersuchungen nie überschritten; der Richtwert von 0,25 mg/kg Blei in Pferdefleisch und Wildfleisch wurde in einzelnen Fällen überschritten, vermutlich auf Grund des Einschusses. Der Gehalt an Cadmium lag im Beobachtungszeitraum 2002/2003 etwa jede 5. Rinderniere über dem gesetzlichen Grenzwert von 1 mg/kg und etwa jede 10. Rinderleber über jenem von 0,5 mg/kg; bei anderen Tieren, die nicht ein so hohes Schlachtalter erreichen, wurden auch diese Grenzwerte nicht erreicht.

	n	Pb			Cd		
		Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median
Pferdefleisch	5	0,0035-0,0152	0,006	0,005	0,006-0,183	0,068	0,062
Rotwildfleisch	21	0,0009-0,321	0,037	0,013	<0,0002-0,0130	0,002	0,001
Wildschweinfleisch	14	0,0016-0,123	0,022	0,011	0,0007-0,0033	0,002	0,001
Geflügelleber	4	0,0002-0,0280	0,008	0,002	0,018-0,222	0,110	0,101
Schafleber	16	0,0035-0,208	0,046	0,033	0,007-0,356	0,112	0,042
Schweineleber	6	0,0010-0,0298	0,001	0,007	0,020-0,046	0,032	0,034
Rinderleber	19	0,0128-0,0692	0,035	0,029	0,028-0,169	0,088	0,083
Geflügelniere	4	0,0041-0,0137	0,007	0,006	0,032-0,748	0,278	0,166
Schafniere	16	0,0151-0,0928	0,042	0,037	0,009-3,348	0,557	0,058
Schweineniere	6	0,0001-0,0374	0,012	0,006	0,089-0,233	0,153	0,156
Rinderniere	18	0,0003-0,138	0,061	0,053	0,115-0,738	0,37	0,37

Tabelle 7: Analysendaten von Blei und Cadmium (Druckaufschluss und ICP-MS) in Fleisch, Leber und Nieren (mg/kg Frischgewicht)

Weitere Spurenelemente aus der ICP-OES Multi-Elementbestimmung

In Fleischproben wurden auch die Elemente Cr, Ni, Al und Li bestimmt (*Tabelle 8*). Die ermittelten Konzentrationen für Cr, V, Be und Ba sowie auch für Al, Li und Sr lagen unter der Nachweisgrenze. Pb und Cd wurden in einer höheren Probenzahl mit ICP-MS bestimmt. Ob Cr und Ni aus Schneidewerkzeugen im Zuge der Aufbereitung stammen (rotierendes Messer im Kunststoffbecher), kann nicht ausgeschlossen werden. Auch die Aluminiumwerte könnten „zufällig“ sein. Beim Barium wird die ungünstige Nachweisgrenze nicht durch die Messung, sondern von einer Kontamination durch das Laborglas verursacht. Wildschwein-, Pferde- und Rotwildfleisch enthielt etwas mehr Lithium und zum Teil weniger Strontium als die anderen Sorten. Gegenüber dem Muskelfleisch waren die Konzentrationen in Leber durchwegs bei Cd und Ni, nicht jedoch Al, Be, Ba, Li, Sr, Cr und Pb erhöht. Der große Konzentrationsbereich beim Cd in

Geflügelleber erklärt sich durch den höheren Anteil an Puten gegenüber Hühnern, jedoch wäre zu einer definitiven Aussage eine höhere Probenzahl nötig gewesen. Pb, Cr, Be und Ba lagen in den Leberproben überwiegend unter der Nachweisgrenze. Ni, Li und Sr waren größtenteils gut messbar und normalverteilt. Die Konzentration von Li war in Rinderleber, Ni in Schweineleber und Sr in Geflügelleber höher (*Tabellen 7, 9*). Hinsichtlich der weiteren Spurenelemente in den Nieren waren Cd, Al, Li und Sr mit Ausnahme von Schweinenieren nicht normalverteilt, sondern asymmetrisch mit mehreren kleinen und einigen hohen Werten. In den Schafsnieren waren Be und Ba unter allen untersuchten Proben am höchsten. Chrom lag überall unter der Nachweisgrenze (*Tabelle 10*). Einzelne atypisch hohe Werte bei Pb in Rotwild- und Wildschweinfleisch, könnten von feinstverteilten Bleisplitter aus dem Tötungsgeschoss stammen. Mit statistischen Verfahren (Korrelationsanalyse, Faktorenanalyse), getrennt nach Muskel-,

Fleisch von	Cr			Ni			Al		
	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median
Schwein	<0,05	<0,05	<0,05	0,046-0,067	0,055	0,053	<0,4-0,9	0,51	0,52
Wildschwein	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02-0,033	<0,02	<0,02	<0,4-0,85	<0,4	0,42
Kalb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,2-0,046	0,021	0,021	<0,4-1,2	0,46	<0,4
Rind		<0,05	<0,05	<0,02-0,045	0,025	0,024	<0,4-1,0	0,67	0,94
Pferd	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02-0,050	0,031	0,022	<0,4-1,8	0,77	0,51
Rotwild	<0,05	<0,05	<0,05	<0,02-0,55	0,024	0,027	<0,4-14,9	1,51	<0,4

Fleisch von	Li			Sr			Ba		
	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median	Bereich		
Schwein	<0,001-0,0014	0,001	0,001	0,017-0,018	0,018	0,018	<0,2		
Wildschwein	<0,001-0,025	0,006	0,003	<0,007-0,047	0,016	0,012	<0,2-0,29		
Kalb	0,001-0,0025	0,001	0,001	0,019-0,039	0,028	0,027	<0,2-0,44		
Rind	<0,001-0,004	0,002	0,003	0,025-0,049	0,035	0,030	<0,2		
Pferd	0,0015-0,026	0,007	0,004	<0,007-0,050	0,019	0,011	<0,2-0,22		
Rotwild	<0,001-0,023	0,010	0,006	<0,007-0,079	0,028	0,016	<0,2-0,94		

Tabelle 8: Weitere Analysen von Chrom, Nickel, Aluminium und Lithium im Fleisch (ICP-OES Bestimmung)

Leber- und Nierenproben, konnte gezeigt werden, dass die Pb und Cd Werte nicht voneinander und auch nicht mit anderen untersuchten Elementgehalten zusammenhängen. (Tab. 7)

Vergleich mit anderen Literaturdaten

In der Fachliteratur wurde keine Arbeit gefunden, die Haupt- und Spurenelemente in den obgenannten Probetypen miteinander verknüpft. Hinsichtlich der essentiellen und unerwünschten Spurenelemente gibt es eine intensivere Untersuchung an spanischen Kühen aus unbelasteten Gebieten Galiziens (494 Proben; [3]).

Aluminium: Die Konzentration von Aluminium lag in sämtlichen Proben von Schweinen und Rindern aus Schweden im Median im Bereich 0,02 – 0,05 mg/kg [4], wie in dieser Untersuchung, während in Schafen aus Australien, Syrien und Saudi-Arabien etwa 15-20 mg/kg gefunden wurden [5].

Arsen: Die großteils niedrigen Gehalte von 1997/98 aus Österreich [2] haben sich bestätigt, wenngleich auch die Nachweisgrenze der ICP-OES viel schlechter ist als jene der damals eingesetzten Hydrid-AAS. Ebenso lag Arsen im Fleisch spanischer Kühe bei 0,005 mg/kg und auch in Leber und Nieren leicht höher [6]. In kanadischen Proben von Schweineleber, Schweineniere, Geflügelleber und Geflügelniere wurden jedoch Spitzenwerte bis 5 mg/kg gefunden, da dort Organo-Arsenverbindungen wie Arsanilsäure und Phenylarsonsäure als Wachstumsförderer für Schweine und Geflügel zugelassen sind. In Rindern war der Gehalt von Arsen deutlich geringer [7].

Barium: Da Barium selten bestimmt wird, wurden

keine unmittelbaren Vergleichsproben gefunden. In Pflanzen und Futtermitteln sind, je nach Gebiet, Mittelwerte von <10 mg/kg, bzw. 10-20 mg/kg (auf Urgestein) zu erwarten. Gehalte unter der Nachweisgrenze der Methode waren zu erwarten. Schafsnieren enthalten mehr Barium als andere Gewebe.

Blei: Wie in dieser Untersuchung, so lagen auch die Gehalte von kanadischen (Proben aus den Jahren 1982-89) [7] und polnischen Proben [8] großteils an der Nachweisgrenze von 0,04 bzw. 0,03 mg/kg Frischgewicht. Vermutlich besteht ein abnehmender Trend hinsichtlich des Bleis in Innereien, wobei der Vergleich mit den auf Trockengewicht bezogenen Daten aus 1997 [1] nur bedingt möglich ist. Umweltbelastungen auf weidende Rinder erhöhen die Bleikonzentration sowohl in Muskeln als auch Leber [8].

Cadmium: Die Werte aus Österreich in Muskel, Niere und Leber liegen im Median im gleichen Bereich von Werten aus wenig belasteten Gebieten Nordwest-Spaniens [6] und Nordwest-Polens [8], wobei auch in den untersuchten spanischen und polnischen Gebieten in Geflügel-, Schafs- und Rindernieren einige Spitzenwerte auftraten. Cadmiumquellen können Phosphate aus der Fütterung sein sowie eine Belastung der Weideflächen aus der atmosphärischen Deposition cadmiumhaltiger Stäube, wie z.B. in [2] oder [11] dargelegt. Bei großflächiger Belastung ist das Wild mehr gefährdet als Stalltiere. Bei weidenden Rindern, deren Stoffwechsel mit dem des Rotwilds vergleichbar ist, können z.B. die Cadmiumkonzentrationen in Leber auf das 10-fache und in Muskeln auf das 100-fache des Hintergrundwerts ansteigen [9]. Das Zn/Cd Verhältnis, welches in Böden und Gesteinen im Bereich 300-1000 ziemlich

	Hühnerleber (n=6)		Rinderleber (n=6)		Schafsleber (n=6)		Schweineleber (n=7)					
	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Median			
Cd	0,017-0,497	0,157	0,018	0,041-0,34	0,181	0,177	0,022-1,32	0,322	0,166	0,017-0,062	0,038	0,040
Zn	26,0-54,1	36,400	29,800	31,0-130	54,400	35,400	18,6-37,6	32,500	34,600	35,9-77,3	53,900	48,000
Zn/Cd	109-1736	1094,000	1498,000	143-821	400,000	376,000	14-219	156,000	196,000	739-4559	1827,000	1194,000
Pb	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05-0,062	<0,05	<0,05	<0,05-0,052	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cr	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	0,048-0,107	0,071	0,061	<0,02-0,142	0,071	0,072	0,034-0,118	0,079	0,082	0,075-0,289	0,174	0,157
Al	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4-1,02	0,410	<0,4	<0,4-0,76	0,470	0,470	<0,4-0,78	<0,4	<0,4
Be	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001-0,0066	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Sr	0,030-0,068	0,041	0,035	<0,007-0,027	0,012	0,011	0,020-0,102	0,040	0,029	0,008-0,037	0,026	0,026
Ba	<0,2-0,28	<0,2	<0,2	<0,2-0,52	<0,2	<0,2	<0,2-0,48	<0,2	<0,2	<0,2-0,82	<0,2	<0,2
Li	0,0018-0,0029	0,002	0,002	0,011-0,0406	0,014	0,011	0,001-0,0325	0,007	0,003	0,0014-0,0053	0,003	0,003

Tabelle 9: Analyse von Cadmium, Zink, Blei, Chrom, Nickel, Aluminium, Beryllium, Lithium, Strontium und Barium in Leber (mg/kg Frischgewicht) sowie das Zn/Cd Verhältnis mittels ICP-OES

	Hühnerleber (n=6)		Schafsleber (n=6)		Rinderleber (n=11)		Schweineleber (n=6)	
	Bereich	Mittel	Median	Bereich	Mittel	Bereich	Mittel	Median
Cd	0,024-2,453	0,047	0,007-3,162	0,511	0,132-3,064	0,604	0,081-0,265	0,182
Zn	17,2-35,4	22,8	16,7-28,7	19	16,0-19,8	17,9	20,9-36,3	22,3
Zn/Cd	14-826	494	<0,05-0,17	0,057	6-121	30	87-450	138
Pb	<0,05-0,10	<0,05	<0,05-0,17	<0,05	<0,05-0,16	0,057	<0,05	<0,05
Cr	<0,05	<0,05	<0,05	0,09	<0,05-0,07	<0,05	<0,05	<0,05
Ni	0,029-0,062	0,053	0,051-0,166	1,150	0,016-0,071	0,046	0,046-0,087	0,065
Al	<0,4-3,8	0,4	<0,4-7,2	<0,001	<0,4-4,4	<0,4	<0,4-1,1	0,71
Be	<0,001	<0,001	<0,001-0,008	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Sr	0,043-0,0584	0,096	0,050-1,142	0,186	0,017-0,089	0,047	0,010-0,183	0,005
Ba	<0,2-0,69	0,2	0,35-1,55	0,95	<0,2-0,85	<0,2	<0,2-0,32	0,039
Li	0,0050-0,0584	0,009	0,0099-0,0632	0,022	0,0017-0,089	0,008	0,0026-0,0102	0,005

Tabelle 10: Analyse von Cadmium, Zink, Blei, Chrom, Nickel, Aluminium, Beryllium, Lithium, Strontium und Barium in Nieren, (mittels ICP-OES (mg/kg Frischgewicht) sowie das Zn/Cd Verhältnis mittels ICP-OES

konstant ist, und von welchem die Toxizität des Cadmiums abhängt, war besonders in den Nieren stark streuend.

Cobalt: Die ermittelten Co-Werte, die leichte Anreicherungen in der Leber zeigen, passen gut zu den Werten von Rindern und Schweinen aus Schweden [4].

Chrom: Wie in dieser Untersuchung lagen auch in Proben von Rindern und Schweinen aus Schweden [3] sowie aus Österreich [9] die meisten Werte unter 0,010 mg/kg. In Proben von Schafen aus Australien, Syrien und Saudi Arabien wurde mehr Chrom gefunden [5]. Hohe Blindwerte kann man durch Verwendung von Keramikmessern vermeiden.

Kupfer: Trotz der starken Einbindung in mannigfache metabolische Aktivitäten kann die Kupferkonzentration in den untersuchten Geweben starken Schwankungen unterworfen sein. Im Fleisch lagen die Kupferwerte mit 1-2 mg/kg deutlich unter jenen von Pflanzen und Futtermitteln. Die Konzentration in polnischen Hühnern lag bei 50 %, jene von polnischen Enten und Gänsen lag um einen Faktor 5 höher [8]. Bei Schafen, Rindern und Pferden traten zuweilen starke Anreicherungen in der Leber und in geringerem Maße in der Niere auf. Australische Schafe enthielten zehnmal mehr Kupfer in der Leber als Schafe aus Saudi Arabien, bei vergleichbaren Gehalten in Muskel und Nieren [4]. Aus den USA wurden Spitzenwerte von Cu in Pferdeleber, Kalbsleber und Lammleber in Konzentrationen bis zu 500 mg/kg berichtet [7]. Auch in dieser Untersuchung wurden einzelne hohe Werte ermittelt. Bei Rindern aus kontaminierten Weideflächen wurden normalverteilte Cu-Werte in Rindfleisch und Rinderleber auf höherem Niveau (2-5-fach) als bei dieser Untersuchung gefunden [9]. Einzelne hohe Werte könnten auch auf die Fütterung mit Cu-reichen Futtermitteln zurückzuführen sein. Bei den Schweinen war der Gehalt an Kupfer allgemein geringer.

Lithium: Lithiumdaten werden selten verlangt, obwohl es essentiell ist und Mangel (beim Menschen) zu manisch-depressiven Erkrankungen führt [12]. Während man in Pflanzen im Mittel etwa 0,1-0,2 mg/kg (Trockenmasse) findet (eigene Daten), liegen die Gehalte in den untersuchten Fleisch- und Innereiprüfungen deutlich tiefer. Ein einzelner hoher Wert trat bei einer Rinderniere auf.

Molybdän: Die erhöhten Gehalte in Leber bei Schaf, Rind und Schwein sowie in geringerem Maß in den entsprechenden Nieren, sind ähnlich jenen von Schafen aus Australien, Syrien oder Saudi Arabien [5].

Nickel: Während sämtliche Proben aus Schweden im Bereich 0,01 mg/kg liegen [4], war die Konzentration bei den Proben aus Österreich in den Innereien etwas höher. In Leber aus metallstaubbelasteten Kühen der

Ostslowakei war Nickel etwa 2- bis 3- fach [9] und in den Nieren syrischer Schafe [5] etwa 10 mal höher als bei dieser Studie.

Vanadium: Vanadiumgehalte an oder unter der Nachweisgrenze waren zu erwarten. Intoxikationen mit höheren Gehalten wären erkennbar gewesen.

Zink: Die ermittelten Zinkgehalte in sämtlichen Geweben entsprechen jenen aus Saudi Arabien, Polen, Spanien oder Schweden. Einzelne Spitzenwerte werden für Schweine- und Rinderleber aus den USA berichtet [7]. Bei Umweltbelastungen kann das Zink sowohl in Leber als auch in Muskel erhöht werden. [9]. Auch Arzneimittel können dem Tier merkliche Zinkmengen zuführen.

Literatur

- [1] *Sager M.:* Multielementbestimmung in Fleisch mittels ICP-OES, Ernährung/nutrition Vol. 29/5 2005
- [2] *Sager M, Grüner M., Würzner H.:* Gehalte ausgewählter Spurenelemente in Leber- und Nieren von Nutztieren. Die Bodenkultur 49(2), 109- 117 (1998)
- [3] *Lopez Alonso M, Benedito J.L., Miranda M., Castillo C., Hernández J, Shore R.F.:* Interactions between toxic and essential trace metals in cattle from a region with low levels of pollution, Arch. Environ. Contam. Toxicol, 42, 165-172 (2002)
- [4] *Jorhem L, Sundström B, Astrand C, Haegglund G.:* The levels of zinc, copper, manganese, selenium, chromium, nickel, cobalt, and aluminium in the meat, liver and kidney of Swedish pigs and cattle, Z. Lebensm. Unters. Forsch. 188, 39-44 (1989)
- [5] *Sadiq M., Alam I. :* Metal concentrations in different body parts of saudi lambs, J. Environ. Sci. Health A26(5), 607-619 (1991)
- [6] *Lopez Alonso M., Benedito J.L, Miranda M, Castillo C, Hernandez J, Shore R F:* Arsenic, cadmium, lead, copper and zinc in cattle from Galicia, NW Spain, Sci Tot Environ 246, 237-248 (2000)
- [7] *Salisbury C.D.C., Chan W, Saschenbrecker P.W.:* Multielement concentrations in liver and kidney tissues from five species of Canadian slaughter animals. J.A.O.C. 74 (4), 587-591 (1991)
- [8] *Falandysz J.:* Manganese, copper, zinc, iron, cadmium, mercury and lead in muscle meat, liver and kidneys of poultry, rabbit and sheep slaughtered in the northern part of Poland, 1987. Food Add. Contam. 8 (1), 71-83 (1991)
- [9] *Korenekova B., Skalicka M, Nad'P.:* Concentration of some heavy metals in cattle reared in the

vicinity of a metallurgic industry, *Vet. Arhiv* 72(5), 259-267 (2002)

- [10] *Wilplinger M, Schönsleben I., Pfannhauser W.*: Versorgungszustand der Österreicher mit dem Spurenelement Chrom. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* 203, 207-209 (1996)
- [11] *Lopez Alonso M., Benedito J.L., Miranda M., Castello C., Hernandez J., Shore R.F.*: Toxic and trace elements in liver, kidney, and meat from cattle slaughtered in Galicia (NW Spain). *Food Add. Contam.* 17(6), 447-457 (2000)
- [12] *Meißner D.*: Spurenelemente - Speziationsanalyse, Supplementierung und Therapie mit Spurenelementen, *Wiss. Verlagsges. MbH Stuttgart* 1999.
- [13] Anonym: *Aspects sanitaires et nutritionnels des oligo-éléments et des éléments en traces.* WHO Genève 1997

Adresse des Autors:

*Univ. Doz. Dr. Manfred Sager
Österreichische Agentur für Gesundheit und
Ernährungssicherheit und Bundesamt für
Ernährungssicherheit
Landwirtschaftliche Forschung Wien
Kompetenzzentrum Elemente
Spargelfeldstrasse 191
A – 1226 Wien
Telefon: 050 555-32801
e-mail: manfred.sager@ages.at*

Danksagung: für die Aufbereitung von Fleischproben aus der Steiermark sei Fr. *Dr. Christa Wentzel* aufrichtigst gedankt

Eingelangt am: 8.7.2004

Akzeptiert am: 30.12.2004