

Zn-Gehalte in der Leber von Föten und neugeborenen Fohlen

H. Meyer, Diane Hebeler und W. Tiegs

Zusammenfassung

In 264 Leberproben von abortierten (6.–11. Monat) bzw. bis zu 2 Wochen p.n. verendeten Fohlen wurde der Zn-Gehalt bestimmt. Im Mittel enthielt die Leber $257 \pm 238 \mu\text{g Zn/g TS}$ (Tab. 1) bei einer Variation von 48–2514. Die Werte folgten keiner Normalverteilung (Abb. 1). Ohne Berücksichtigung von Extremwerten ($> 500 \mu\text{g/g TS}$, $n = 30$) lagen die Gehalte bei 6 bis 9 Monate alten Föten in einem einheitlichen Bereich (132–185 $\mu\text{g/g TS}$). Bei älteren Föten stiegen die Werte signifikant an und erreichten bei Neugeborenen $386 \pm 172 \mu\text{g/g TS}$. Ein gesicherter Einfluß von Geschlecht sowie verschiedenen Aborterregern war nicht zu erkennen (Tab. 2, 3 und 4). Die extrem niedrigen oder hohen Zn-Werte sprechen nach Erfahrungen bei anderen Species für eine marginale bzw. excessive Zn-Aufnahme tragender Stuten, deren Folgen diskutiert werden.

Schlüsselwörter: Pferd, Fötus, Zink, Leber

Zn concentrations in the liver of fetuses and newborn foals

The Zn-concentration in the livers of 264 aborted (6th to 11th month) or newly born foals (died within 2 weeks p.n.) was determined. The Zn-concentration averaged $257 \pm 238 \mu\text{g Zn/g DM}$ (tab. 1). The total variation (48–2514 $\mu\text{g Zn/g DM}$) did not follow a normal distribution (fig. 1). Excluding values $> 500 \mu\text{g Zn/g DM}$ ($n = 30$) the averages of 6 to 9 month old fetuses were quite similar (132–185 $\mu\text{g/g DM}$). With increasing fetal age the values increased with highest figures in the newly born foals (386 $\mu\text{g Zn/g DM}$). No significant differences were seen in relation to sex or type of infection (tab. 2, 3 and 4). Extremely low or high values indicate a marginal or excessive Zn supply of the pregnant mares. The consequences are discussed.

keywords: horse, fetus, zinc, liver

Die Zn-Versorgung tragender Stuten ist bisher kaum beachtet worden. Ausfallserscheinungen bei Fohlen durch Zn-Unterversorgung sind nicht bekannt, abgesehen von einem Verdachtsfall in einem Gestüt, in dem mehrere Fohlen nach der Geburt Haarverluste am Kronsaum zeigten und bei Stuten und Fohlen sehr niedrige Plasma-Zn-Werte (rd. 50 $\mu\text{g/ml}$) auffielen (Meyer *et al.* 1986). Bei Ratten kann ein fötaler Zn-Mangel zu Störungen in der Skelettentwicklung führen (Hickory *et al.* 1979), bei Schafen zu vorzeitiger Geburt oder Abort, bei Schweinen und Rindern aber zu verlängerter Tragezeit (Apgar *et al.* 1993). Andererseits führen auch überhöhte Zn-Aufnahmen zu Schäden. Bei tragenden Schafen, die Futter mit 750 mg Zn/kg Trockensubstanz (TS) erhielten, kam es zu Aborten und Totgeburten (Campbell und Mills 1979). Bei 2 Zuchtstuten (Percheron), die > 300 Tage lang zusätzlich 8 g Zink (als Zinklaktat) erhielten, wurde ein Fohlen mit Sehnenstelzfuß geboren, das andere verendete nach 2 Tagen (Ursache nicht geklärt; Graham *et al.* 1940).

Um eine Vorstellung über Normalwerte an Zink in Fohlenlebern zu gewinnen – und ggf. Hinweise auf eine Unter- oder Überversorgung –, wurden bei 264 abortierten bzw. innerhalb von 2 Wochen nach der Geburt verendeten Fohlen die Zn-Gehalte in der Leber bestimmt.

Material und Methode

Für die Untersuchung wurden Lebern von abortierten oder unmittelbar p.n. verendeten Fohlen aus der Abfohlsaison 1994 und 1995 herangezogen, die zur Klärung der Abortursache an verschiedene Untersuchungsämter in Norddeutschland geschickt worden waren. Über Rasse, Geschlecht, Alter der Tiere sowie die Abort- bzw. Todesursachen der untersuchten Föten bzw. Fohlen orientiert Tabelle 1. Es handelte sich überwiegend um Warmblutpferde aus Norddeutschland, z.T. auch um Vollblüter oder Ponys. Bei den Altersangaben wird für den 11. Trächtigkeitsmonat nicht zwischen Abort und Totgeburt unterschieden.

Um zusätzliche Informationen über die Fütterung der Stuten zu erhalten, wurden an die Besitzer Fragebogen verschickt. Davon kamen jedoch nur 41 % ($n = 50$) zurück. Die Angabe, ob eine Mineralfutterergänzung vorgenommen wurde oder nicht, erwies sich dennoch als informativ.

Die Proben wurden aus verschiedenen Bereichen der Leber entnommen, gründlich gemischt, Teilproben getrocknet (TS-Bestimmung bei 103 °C), naß verascht (Salpeter-, Perchlorsäuregemisch) und in der Aschelösung Zink atomabsorptionsspektrometrisch bestimmt.

Die statistische Auswertung folgte den üblichen Methoden zur Berechnung von Mittelwerten, Standardabweichungen und

Tab. 1: Alter, Geschlecht, Rasse und Abort- bzw. Todesursache der untersuchten Föten und Fohlen.

Age, sex, breed and reason for abortion or death of the examined fetuses and foals.

Alter	n	Geschlecht	n	Rasse	n	Abort-bzw. Todesursache	n
6. Monat	8	Hengstfohlen	127	Warmblut ¹⁾	94	Equines Herpesvirus	45
7. Monat	21	Stutfohlen	126	Vollblut	25	Sc.species (β -hämol.)	19
8. Monat	36	ohne Angabe	11	Pony ²⁾	10	Actinobacillus equuli	6
9. Monat	49			Traber	3	E.coli	24
10. Monat	63			Kaltblut	1	andere Keime ⁴⁾	11
11. Monat	41			ohne Angabe ³⁾	133	Organerkrankungen ⁵⁾	10
1.-14. Tag p.n.	39					hormoneller Abort	7
ohne Angabe	7					ohne Befund	142

¹⁾ Hannoveraner, Holsteiner, Oldenburger, Quarter Horse, Trakehner, ²⁾ Deutsches Reitpony, Fjordpferd, Isländer, Minipferd, Welsh Pony, ³⁾ vermutlich zum größten Teil Warmblut

⁴⁾ Chlamydia sp., Klebsiella sp., Proteus sp., Staph. sp., Salmonella sp. ⁵⁾ Zwerchfellhernie, Atresia ani, Puerperalsyndrom

Korrelationen. Die statistischen Sicherheiten werden mit $p < 0,01^{**}$ oder $< 0,05^*$ angegeben.

Ergebnisse

Die Lebern aller untersuchten Tiere enthielten im Mittel 257 μg Zn/g Leber-TS bei einer Variation von 48 bis 2514 (Tab. 2). Die Werte folgten keiner Normalverteilung (Abb. 1), sondern wiesen eine starke Rechtsverschiebung auf.

Das Alter der Föten hatte nach den Rohdaten keinen systematischen Einfluß auf die Leber-Zn-Konzentrationen (Tab. 2). Allein für die neugeborenen Tiere errechneten sich

signifikant höhere und für die im 6. und 8. Monat abortierten Früchte signifikant niedrigere Gehalte. Werden nur die Werte bis 500 $\mu\text{g}/\text{g}$ TS berücksichtigt, so bleiben die Gehalte vom 7. bis 10. Monat auf einem weitgehend gleichmäßigen Niveau, anschließend nehmen sie systematisch zu (Abb. 2). Zwischen den Geschlechtern bestanden keine gesicherten Unterschiede.

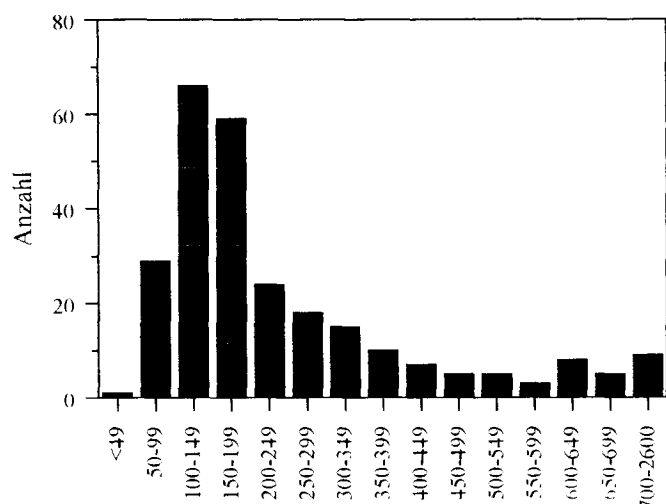


Abb. 1: Leber-Zn-Gehalte bei abortierten Föten und bis 14 Tage p.n. gestorbenen Fohlen (n = 264).

Zn concentrations in the livers of aborted fetuses resp. foals that died up to 2 weeks after birth (n = 264).

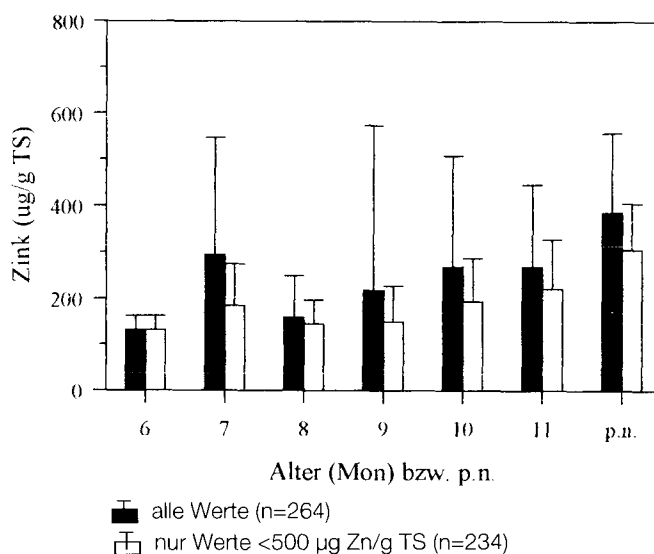


Abb. 2: Zn-Werte in der Leber von abortierten Föten und bis 14 Tage p.n. gestorbenen Föten in Abhängigkeit vom Alter (x + s).

Zn concentrations in the livers of aborted fetuses and foals in dependance on age.

Ein Einfluß der Abortursache (Tab. 3) auf den Leber-Zn-Gehalt ist bei den kleinen Gruppen für die verschiedenen Erreger nicht sicher zu überprüfen. Da eine weitere Unterteilung in Abhängigkeit vom Alter der Föten nur z. T. möglich war,

Tab. 2: Zn-Konzentration in der Leber ($\mu\text{g/g TS}$) insgesamt und in Relation zu Alter und Geschlecht.
Zn concentration in the liver in total and relation to age and sex.

	n	$\bar{x} \pm s$	Variationsbreite	n ¹⁾	$\bar{x} \pm s$ ¹⁾
Mittelwert	264	257 \pm 238	48–2514	234	193 \pm 98
Alter					
6. Monat a.p.	8	132 \pm 31 ^{a)}	82–179	8	132 \pm 31 ^{a)}
7. Monat a.p.	21	295 \pm 253 ^{ab)}	76–915	17	185 \pm 90 ^{ab)}
8. Monat a.p.	36	159 \pm 91 ^{a)}	83–599	35	146 \pm 52 ^{ab)}
9. Monat a.p.	49	218 \pm 356 ^{ab)}	48–2514	46	150 \pm 77 ^{ab)}
10. Monat a.p.	63	269 \pm 239 ^{ab)}	56–1301	55	194 \pm 93 ^{ab)}
11. Monat a.p.	41	269 \pm 177 ^{ab)}	67–848	37	222 \pm 106 ^{b)}
1.–14. Tag p.n.	39	386 \pm 172 ^{b)}	140–842	29	306 \pm 99 ^{c)}
Geschlecht					
Hengstfohlen	127	275 \pm 209	56–1236	110	195 \pm 100
Stutfohlen	126	249 \pm 272	48–2514	113	186 \pm 88

¹⁾ ohne Werte > 500 $\mu\text{g Zn/g TS}$

wurde anhand der Werte aus dem Gesamtkollektiv (Tab. 2) ein Erwartungswert aufgrund der Altersverteilung in den Ursachegruppen berechnet. Geht man davon aus, daß bei diesem Erwartungswert ähnliche Streuungen wie im Gesamtkollektiv vorliegen, so sind allenfalls bei den Aborten durch das equine Herpesvirus systematische Effekte zu erkennen. In Tabelle 4 werden daher Föten dieser Gruppen entsprechend ihrem Alter aufgegliedert und die Werte mit denjenigen gleichaltriger Föten ohne eine gesicherte Abortursache verglichen. Wegen der schiefen Verteilung wurden nur Werte unter 500 $\mu\text{g/g TS}$ berücksichtigt. Der Vergleich zwischen den Altersgruppen zeigt keine signifikanten Differenzen, doch besteht – außer bei den 11 Monate alten Föten – die Tendenz zu geringeren Werten nach Virusabort. Bei den

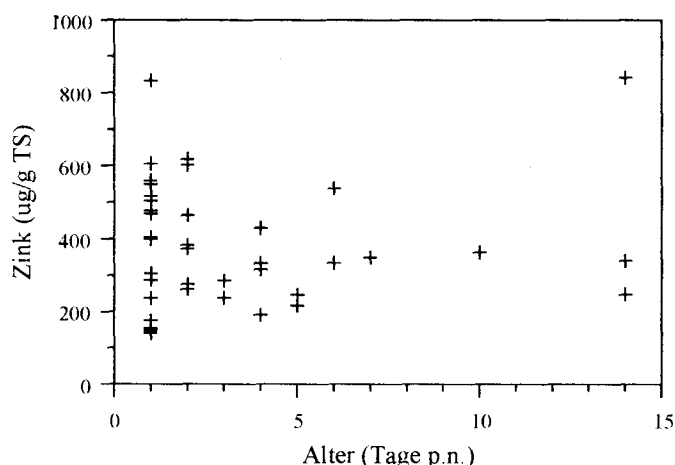


Abb. 3: Zn-Werte in der Leber von bis 14 Tage nach der Geburt gestorbenen Fohlen in Abhängigkeit vom Alter (n = 40).
Zn concentration in the liver of foals died up to 14 days p.p (post partum) (n = 40).

neugeborenen Fohlen veränderten sich die Zn-Lebergehalte mit zunehmendem Alter nicht systematisch (Abb. 3).

Tab. 3: Zn-Gehalte in der Leber bei verschiedenen Abortursachen ($\mu\text{g/g TS}$).

Zn concentration in the liver related to various reasons for abortion.

Abortursache	n	$\bar{x} \pm s$ (Variationsbreite)	Erwartungswert ¹⁾
Equines Herpesvirus	38	169 \pm 75 (83–369)	249
Act. equuli	3	322 \pm 282 (92–637)	232
E. coli	11	247 \pm 86 (76–309)	239
Sc.species (β -häm.)	19	247 \pm 170 (61–633)	216
andere Keime ²⁾	6	197 \pm 142 (55–385)	229
Organerkrankungen ³⁾	6	230 \pm 163 (87–326)	230
hormoneller Abort	7	155 \pm 246 (79–239)	230
kein Befund	142	268 \pm 300 (67–2514)	236

¹⁾ gewogener Mittelwert entsprechend dem Alter der abortierten Fröchte

²⁾ Chlamydia sp., Klebsiella sp., Proteus sp., Staph. sp.

³⁾ Darmruptur, Zwerchfellhernie, Atresia ani, Puerperalsyndrom

Bei den Rückmeldungen der Fragebögen zeigte sich, daß in Betrieben mit Mineralfuttermittelgabe während der Weidesaison oder im Stall die Zn-Werte in der Leber zwar nicht signifikant, jedoch deutlich höher lagen (Tab. 5), ähnlich wie die Cu- und Se-Gehalte (Hebel 1996).

Die Zn-Gehalte in der Niere blieben unabhängig vom Alter oder Geschlecht der Föten oder der Abortursache auf ei-

nem weitgehend einheitlichen Niveau von 80–100 µg/g TS bei einer sehr geringen Variation (Variationskoeffizient ≈ 18%, *Hebeler et al. 1996*).

Tab. 4: Zn-Werte in der Leber (µg/g TS) von abortierten Föten und bis 14 Tage p.n. gestorbenen Fohlen (bei Tieren ohne EHV-Nachweis oder ohne mikrobiologischen Befund nur Werte < 500µg/g TS berücksichtigt).

Zn concentration in the liver of aborted fetuses and foals that died up to 14 days after birth (animals without EHV evidence or without microbiological findings).

Alter	EHV-Nachweis		ohne mikrobiologischen Befund	
	n	x±s	n	x±s
6. Monat a.p.	1	158	2	120±24
8. Monat a.p.	3	117±38	24	147±45
9. Monat a.p.	6	136±25	26	160±82
10. Monat a.p.	17	162±64	29	194±102
11. Monat a.p.	11	213±90	18	208±112
1. - 14. Tag p.n.	6	385±249	7	342±82

Diskussion

Die Ursachen der weiten Variation bei den Leber-Zn-Gehalten sind anhand der vorliegenden Unterlagen nur schwer zu eruieren. Fehler bei der Analytik oder durch Kontamination sind weitgehend auszuschließen, da alle Proben, die aus verschiedenen Lokalisationen in der Leber stammten, gleichartig behandelt wurden und Tiere mit Werten > 500 µg/g von fast allen Untersuchungsstellen stammten. Wiederholungsuntersuchungen bei extremen Werten führten zu identischen Befunden.

Bei 53 % der untersuchten Föten konnte ein spezifischer mikrobiologischer Befund erhoben werden. Da nach *Graham et al. (1994)* bei abortierten Rinderföten insbesondere nach Infektionen der Spurenelementgehalt in der fötalen Leber stark zurückgehen soll, bleibt die Frage nach einer Beeinflussung der Zn-Gehalte durch die Aborterreger. Die Vergleiche in Tabelle 3 und 4 können die Aussage *Grahams* nicht bestätigen, aber auch nicht völlig ausschließen. Insgesamt besteht jedoch der Eindruck, daß der Einfluß der Aborterreger gering war, mit Sicherheit geringer, als noch

von *Graham et al. (1994)* bei Kälbern beschrieben. Auffallend bleibt jedoch, daß bei den mikrobiell verursachten Aborten bei keinem Tier ein Wert über 500 µg/g Leber-TS gefunden wurde.

Eine Retention von Zink im Sinne einer Speicherung scheint in der fötalen Leber im Gegensatz zum Kupfer nur in geringem Umfang stattzufinden (Tab. 4). Dies wird durch die Beobachtung bestätigt, daß die Leber zur Zeit der Geburt nur rd. 8 % des Gesamtkörperzinks umfaßt (*Meyer und Ahlswede 1976*) und es auch post natum zu keinem Rückgang der Leber-Zn-Werte kommt (Abb. 3).

Die weite Variation der Leber-Zn-Werte kann auf genetischen oder nutritiven Faktoren beruhen. Wenngleich auch für den Zn-Stoffwechsel bei anderen Spezies genetisch bedingte Variationen vorkommen (*Bremner et al. 1977, Richards 1989*), so bleibt diese Frage beim Pferd vorerst offen. In einer früheren Untersuchung (*Meyer und Ahlswede 1976*) fielen bei einem unterentwickelten Fötus extrem hohe Zn-, aber niedrige Cu-Werte im Gesamtkörper (bei normalen Leberwerten) auf.

Der Einfluß der Zn-Aufnahme tragender Stuten auf die fötalen Zn-Werte in der Leber ist bisher experimentell nicht geprüft worden. Mit Sicherheit ist aus früheren Untersuchungen bei Schafen und Ratten abzuleiten, daß bei einer marginalen Zn-Versorgung die fötalen Zn-Werte zurückgehen und bei überhöhten Gaben ansteigen. Dieses deutet sich auch bei den Angaben über die Effekte einer Mineralfutterzulage bei den tragenden Stuten (Tab. 5) in der vorliegenden Untersuchung an.

In Zn-Mangelversuchen mit tragenden Schafen fielen die Zn-Gehalte in der fötalen Leber auf 80 µg/g TS (*Apgar et al. 1993*). In den vorliegenden Untersuchungen lag bei 11 Monate alten Föten bzw. neugeborenen Tieren bei 4 Tieren der Zn-Gehalt unter 100 µg/g TS und bei 10 Tieren unter 150 µg/g TS. Ob dies bereits ein Hinweis auf eine ungenügende Zn-Versorgung der tragenden Stuten ist, muß offen bleiben, da bei einem Zn-Mangel – wie die Versuche bei Schafen, aber auch die Untersuchungen bei wachsenden Fohlen mit klinisch manifestem Zn-Mangel zeigen (*Harrington et al. 1973*) – die Depression der Lebergehalte nicht so stark ist wie etwa beim Kupfer. In den Versuchen von *Harrington et al. (1973)* mit wachsenden Fohlen gingen die Leber-Zn-Gehalte z.B. nur von 199 auf 121 µg/g TS zurück.

Eine Zn-Unterversorgung ist bei ausschließlicher Verfütterung von Grünlandkonservaten, Stroh oder Getreidekörnern ohne Ergänzung nicht auszuschließen. Durch hohe Zufuhr

Tab. 5: Einfluß einer Mineralfuttergabe auf die Zn-Gehalte in der Leber (µg/g TS) von abortierten Föten und bis 14 Tage p.n. gestorbenen Fohlen.

Influence of mineral supplement on the Zn concentrations of the liver of aborted fetuses and foals that died up to 14 days after birth.

	Weidehaltung			Stallhaltung		
	n	x±s	Variationsbreite	n	x±s	Variationsbreite
mit Mineralfutter	11	287±187	102–663	29	286±186	75–669
ohne Mineralfutter	38	227±160	55–669	20	200±126	55–605

an Kalzium oder phytinreichen Futtermitteln erscheint auch ein sekundärer Zn-Mangel denkbar.

Bei den 30 Föten mit Leber-Zn-Gehalten von über 500 µg/g TS stellt sich die Frage nach einer überhöhten Zn-Aufnahme der tragenden Stuten. Schafföten, deren Mütter Futter mit 750 mg/kg aufnehmen, wiesen rd. 2000 µg Zn/g Leber auf (Campbell und Mills 1979). Kowalczyk et al. (1986) fanden in der Leber von 75 Tage alten Fohlen, deren Mütter während der Trächtigkeit erhöhte Zn-Mengen aufgenommen hatten, 2200 µg Zn/g TS (Tab. 6). Auch bei Ratten kommt es zu einer Steigerung der fötalen Leber-Zn-Gehalte bei excessiver Zn-Aufnahme der Mütter (Ketcheson et al. 1969). Der Fötus verfügt ebenso wie juvenile Tiere über die besondere Fähigkeit, durch verstärkte Bildung von Metallothionein Zink in der Leber zu retinieren (Kincaid et al. 1976a u. 1976b, Richards 1989). Dafür sprechen auch die beim Pferd beschriebenen Fälle von Zn-Vergiftung, die nur jüngere Tiere betreffen (Tab. 6).

Die Folgen einer erhöhten Zn-Aufnahme tragender Stuten und erhöhter Gehalte in der fötalen Leber sind noch nicht sicher abzuschätzen. Nach Erfahrung bei Schafen sind Aborte und Totgeburten aus diesem Grund nicht ausgeschlossen (Campbell und Mills 1979).

Ferner stellt sich die Frage, ob eine hohe Zn-Aufnahme evtl. die Cu-Absorption hemmt und damit die Cu-Speicherung in der fötalen Leber. Nach der vorliegenden Erhebung bestand bei Zn-Gehalten < 500 µg/g TS zwischen den Cu- und Zn-Gehalten eine positive Beziehung ($r = 0,26^{**}$, $n = 233$). Die Abhängigkeit wurde schwach negativ ($r = - 0,08$, $n = 27$), wenn nur die Zn-Werte über 500 µg/g TS berücksichtigt werden (Abb. 4). Hinter diesen Abhängigkeiten können sich

verschiedene, evtl. antagonistisch wirkende Faktoren verbergen. Einerseits wird – wenn mineralisierte Mischfutter oder Mineralfutter zugefüttert werden – das Angebot beider Elemente parallel zunehmen (in den meisten Futtern dieser Art liegt die Relation Zn : Cu bei 5 : 1, Meyer 1995), andererseits kann es bei einem sehr hohen Zn-Angebot zu einer Minderung der Cu-Absorption (Cousins 1985) gekommen sein.

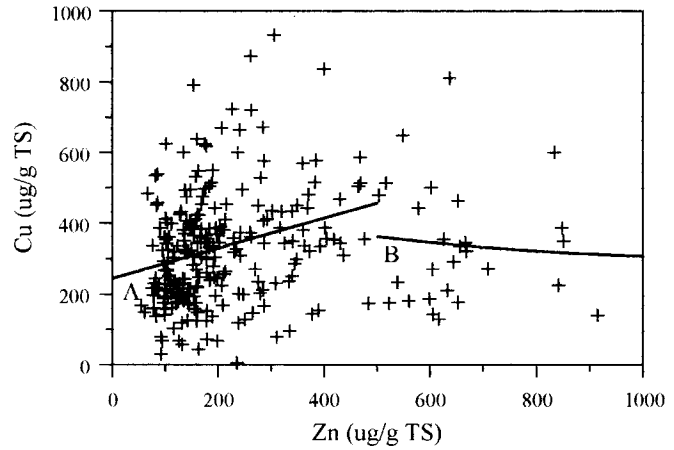


Abb. 4: Zn- und Cu-Gehalte in der Leber von abortierten Föten und bis 14 Tage p.n. gestorbenen Fohlen (n = 261), ohne einen Extremwert > 2500 µg Zn/g TS.

Zn and Cu concentrations in the liver of aborted fetuses and foals that died up to 14 days p.p, without extreme values.

A: $y = 245 + 0,43 x$, $r = 0,26^{***}$, nur Zn-Werte < 500 µg/g TS (n= 234)

B: $y = 483 - 0,31 x + 0,0001 x^2$, $r = - 0,08$ n.s., nur Zn-Werte > 500 µg/g TS (n = 27)

Tab. 6: Zn-Gehalte in der Leber bei Zn-Vergiftungen.
Zn concentration in the liver after Zn intoxication.

n	Futter	Futter-Zn-Gehalt (mg/kg TS)	Alter der Tiere (Mon)	Leber-Zn-Gehalt (µg/g TS)	Quelle
3	Quelle unklar	5400	10	5077 ^{a)}	1
1	Gras kontaminiert	11850	8	5032	2
1	Gras kontaminiert	—	12	1673	3
3	Gras kontaminiert	574–1266	9–10	1423–3667	4
2	Gras kontaminiert	612–1120	3–12	5718 / 6689	5
4	Gras kontaminiert	—	2,5–18,5	1214–3097 ^{a)}	6
2	Fütterungsversuch	1000	14	2728 / 3511	7
2	Fütterungsversuch	2000	14	4361 / 4524	7
1	Quelle unklar	—	5	2433 ^{a)}	8
3	Quelle unklar	—	10	796–2402	9

^{a)} berechnet aus uS, 30 % TS in der Leber angenommen

- 1) Willoughby et al. (1972),
- 2) Kronemann und Goedegebuure (1980),
- 3) Gunson et al. (1982),
- 4) Hoskam et al. (1982),
- 5) Eamens et al. (1984),
- 6) Kowalczyk et al. (1986),
- 7) Bridges und Moffitt (1990),
- 8) Campbell-Beggs et al. (1994),
- 9) Bridges et al. (1984)

Schließlich ist zu berücksichtigen, daß eine extrem hohe Zn-Retention in der fötalen Leber evtl. die post natal notwendige Cu-Mobilisation (Meyer und Tiegs 1995) beeinträchtigt, da Zink die Bildung von Metallothioneinen fördert, Kupfer aber eine stärkere Bindung zu diesen Eiweißen besitzt als Zink (Cousins 1985). Für diese Vermutung spricht die Beobachtung von Kowalczyk et al. (1986), die bei 2,5 Monate alten Fohlen, deren Mütter während der Gravidität hohe Zn-Gehalte im Futter hatten, Symptome eines Cu-Mangels feststellten bei gleichzeitig hohen Zn-Lebergehalten (Tab. 6). Eine ähnliche Situation lag offenbar auch bei den Fohlen von Campbell-Beggs et al. (1994) vor.

Wenn die extrem hohen Leber-Zn-Gehalte bei Föten und Neugeborenen durch überhöhte Zn-Aufnahmen verursacht wurden, so bleibt die Frage nach den Zn-Quellen, denn nach früheren Beobachtungen (s. Tab. 6) müssen die Aufnahmen sehr hoch gewesen sein, um eine starke Anreicherung bei den Föten zu erzielen. Verzinkte Stalleinrichtungen in Kombination mit verstärktem Lecken, organische Säuren in Futtermitteln (Milchsäure, Propionsäure) bzw. Stallsäuren, die eine Lösung des Zinks begünstigen, Mashfütterung aus verzinkten Gefäßen oder hohe Zn-Gehalte in Futtermitteln könnten als Ursache in Frage kommen.

Normalbereiche für den Leber-Zn-Gehalt bei neugeborenen Fohlen können aus Vergleichen mit anderen Spezies nicht

Tab. 7: Zn-Gehalte in der Leber bei Neugeborenen bzw. Föten am Ende der Gravidität ($\mu\text{g/g}$ TS).

Zn concentrations in the livers of neonates and fetuses at the end of pregnancy.

	Zn-Gehalt	Autor
Fohlen / Föten		
11. Monat	507 \pm 254	Meyer und Ahlswede 1976
Kalb		
Geburt	1010	Hansard et al. 1968
Geburt	647 \pm 37	Smart et al. 1983
Geburt	704 \pm 59	Gooneratne und Christensen 1989
Geburt	716 \pm 385	Abdelrahman und Kincaid 1993
letztes Trimester	1028 \pm 81	Graham et al. 1994
Lamm		
Geburt	265 \pm 90 ¹⁾	Bremner et al. 1977
Geburt	250	Williams et al 1978
Geburt	490	Hansard und Mohammed 1968
Hund		
Geburt	176 \pm 81	Meyer et al. 1985
Katze		
Geburt	163 \pm 60	Piechotta und Kolb 1994

¹⁾ umgerechnet aus uS, 20 % TS in der Leber angenommen

abgeleitet werden, da offenbar artspezifische Unterschiede vorliegen (Tab. 7) aufgrund verschiedener Zn-bindender Metalloproteine (Bremner et al. 1977, Richards 1989).

Schlußfolgerungen

Die ermittelten Leber-Zn-Gehalte bei abortierten oder post natal verendeten Fohlen sprechen dafür, daß in dem Herkunftsgebiet der Fohlen die Zn-Versorgung nicht überall optimal war. Einige extrem niedrige wie auch hohe Werte deuten auf eine marginale bzw. excessive Zn-Aufnahme. Zur Beurteilung der Versorgung können nach Erfahrungen bei anderen Spezies die Leber-Zn-Gehalte der Neugeborenen herangezogen werden.

Als vorläufige Normalwerte für den Zn-Gehalt in der Leber neugeborener Fohlen werden 100–500 $\mu\text{g/g}$ TS angesehen.

Bei der Prüfung von Abortursachen – die in der Regel nur zu 50 % durch mikrobiologische oder andere Ursachen (Zwillingsträchtigkeiten) geklärt werden können (Acland 1987) – erscheint eine zusätzliche Bestimmung der Leber-Zn-Gehalte, ebenso der Se-Gehalte (Meyer et al. 1995) sinnvoll.

Literatur

- Abdelrahman, M. M. und R. L. Kincaid (1993): Deposition of copper, manganese, zinc and selenium in bovine fetal tissue at different stages of gestation. *J. Dairy Sci* 76, 3588–3594
- Acland, H. M. (1987): Abortion in mares: Diagnosis and prevention. *Comp. Equine* 9, 318–324
- Apgar, J., G. A. Everett und J. A. Fitzgerald (1993): Dietary zinc deprivation affects parturition and outcome of pregnancy in the ewe. *Nutr. Res.* 13, 319–330
- Bremner, I., R. B. Williams und B. W. Young (1977): Distribution of copper and zinc in the developing sheep fetus. *Br. J. Nutr.* 38, 87–92
- Bridges, C. H. und P. G. Moffitt (1990): Influence of variable content of dietary zinc on copper metabolism of weanling foals. *Am. J. Vet. Res.* 51, 275–280
- Bridges, C. H., J. E. Womack, E. D. Harris und W. L. Scrutchfield (1984): Considerations of copper metabolism in osteochondrosis of suckling foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 185, 173–178
- Campbell, J. K. und C. F. Mills (1979): The toxicity of zinc to pregnant sheep. *Env. Res.* 20, 1–13
- Campbell-Beggs, C. L., P. L. Johnson, N. T. Messer, J. C. Lattimer, G. Johnson und S. W. Casteel (1994): Osteochondrosis dissecans in an Appaloosa foal associated with zinc toxicosis. *J. Equine Vet. Sci.* 14, 546–550
- Cousins, R. J. (1985): Absorption, transport, and hepatic metabolism of copper and zinc: Special reference to metallothionein and coeruleoplasmin. *Phys. Rev.* 65, 238–309
- Eamens, G. J., J. F. Macadam und E. A. Laing (1984): Skeletal abnormalities in young horses associated with zinc toxicity and hypocuprosis. *Austr. Vet. J.* 61, 205–207
- Gooneratne, S. R. und D. A. Christensen (1989): A survey of maternal and fetal tissue zinc, iron manganese and selenium concentrations in bovine. *Can. J. Anim. Sci.* 69, 151–159
- Graham, R., J. Sampson und H. R. Hester (1940): Results of feeding zinc to pregnant mares and to mares nursing foals. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 97, 41–47

- Graham, T. W., M. C. Thurmond, F. C. Mohr, C. A. Holmberg, M. L. Anderson und C. L. Keen (1994): Relationships between maternal and fetal liver copper, iron, manganese and zinc concentrations and fetal development in California Holstein dairy cows. *J.Vet.Diagn.Invest.* 6, 77–87
- Gunson, D. E., D. F. Kowalczyk und C. R. Shoop (1982): Environmental zinc and cadmium pollution associated with generalised osteochondrosis, osteoporosis and nephrocalcinosis in horses. *J.Am.Vet.Med.Assoc.* 180, 295–299
- Hansard, S. L. und A. S. Mohammed (1968): Maternal-fetal utilisation of zinc by sheep. *J.Anim.Sci.* 27, 807–813
- Hansard, S. L., A. S. Mohammed und J. W. Turner (1968): Gestation effects upon maternal-fetal zinc utilisation in the bovine. *J.Anim.Sci.* 27, 1097–1102
- Harrington, D. D., J. Walsh und V. White (1973): Clinical and pathological findings in the horses fed zinc-deficient diets. *Proc. 3rd Equi.Nutr.Conf.*, 51–54
- Hebeler, D. (1996): Zum Zn-, Cu- und Se-Gehalt in Organen und Geweben abortierter Pferdeföten bzw. post natum verendeter Fohlen aus Norddeutschland. Hannover, tierärztl. Hochsch., Diss.
- Hebeler, D., H. Meyer und W. Tiegs (1996): Cu- und Zn-Gehalte in Leber und Niere von Föten und neugeborenen Fohlen. *Pferdeheilkde* 12, 198–193
- Hickory, W., R. Nanda und F. A. Catalanotto (1979): Fetal skeletal malformations associated with moderate zinc deficiency during pregnancy. *J.Nutr.* 109, 883–891
- Hoskam, E. G., G. J. De Graaf und E. Noorman (1982): Zinkvergiftung bij veulens. *Tijdschr. Diergeneesk.* 107, 672–680
- Ketcheson, M. R., G. P. Barron und D. H. Cox (1969): Relation of maternal dietary zinc during gestation and lactation to development and zinc, iron and copper content of the postnatal rat. *J.Nutr.* 98, 301–311
- Kincaid, R. L., W. J. Miller, R. P. Gentry, M. W. Neathery und D. L. Hampton (1976a): Intracellular distribution of zinc and 65 zinc in calves receiving high but nontoxic amounts of zinc. *J.Dairy Sci.* 59, 552–554
- Kincaid, R. L., W. J. Miller, P. R. Fowler, R. P. Gentry, D. L. Hampton und M. W. Neathery (1976b): Effect of high dietary zinc upon zinc metabolism and intracellular distribution in cows and calves. *J.Dairy Sci.* 59, 1580–1584
- Kowalczyk, D. F., D. E. Gunson, C. R. Shoop und C. F. Ramberg (1986): The effects of natural exposure to high levels of zinc and cadmium in the immature pony as a function of age. *Env.Res.* 40, 285–300
- Kronemann, J. und G. Goedegebuure (1980): Zinc poisoning in a foal. *Tijdschr. Diergeneesk.* 105, 1049–1053
- Meyer, H. (1995): *Pferdefütterung*. 3. Aufl. Blackwell Verlag Berlin, Wien
- Meyer, H. und L. Ahlswede (1976): Körperzusammensetzung von Fohlen und Nährstoffbedarf tragender Stuten. *Übers.Tierernährg.* 4, 263–292
- Meyer, H. und W. Tiegs (1995): Cu-Gehalte in der Leber von Föten und neugeborenen Fohlen. *Pferdeheilkd.* 11, 5–11
- Meyer, H., C. Dammers und E. Kienzle (1985): Körperzusammensetzung neugeborener Welpen und Nährstoffbedarf tragender Hündinnen. *Fortschr. Tierphys. Tierern.* 16, 7–25
- Meyer, H., E. Heckötter, M. Merkt, E.-M. Bernoth, E. Kienzle und J. Kamhues (1986): Schadensfälle beim Pferd durch Futtermittel. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 93, 486–491
- Meyer, H., J. Zentek, A. Heikens und S. Struck (1995): Untersuchungen zur Se-Versorgung von Pferden in Norddeutschland. *Pferdeheilkde* 11, 313–321
- Piechotta, D. und E. Kolb (1994): Der Gehalt an Fe, Cu, Zn und Mn in 13 Geweben von Katzen unterschiedlichen Alters. *Tierärztl. Umschau* 49, 115–123
- Richards, M.P. (1989): Recent developments in trace element metabolism and funktion: Role of metallothionein in copper and zinc metabolism. *J.Nutr.* 110, 1062–1070
- Smart, M.E., D.A.Christensen und M.Shargool (1983): The liver copper (Cu) and zinc (Zn) concentrations of the bovine fetus and its dam during pregnancy. *Can.J.Anim.Sci.* 31, 1021
- Williams, R.B., I. McDonald und I. Bremner (1978): The accretion of copper and of zinc by the fetuses of prolific ewes. *Br.J.Nutr.* 40, 377–386
- Willoughby, R.A., E. MacDonald, B.J. MacSherry und G.Brown (1972): Lead and zinc poisoning and the interaction between Pb and Zn poisoning in the foal. *Can. J. comp. Med.* 36, 348–359

Prof. Dr. Dr. h.c. Meyer

Dr. Diane Hebeler

Dr. W. Tiegs

Institut für Tierernährung
Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
30173 Hannover

Tel. 0511/ 8 56 74 66

Fax 0511/ 8 56 76 98

1. Internationale Konferenz über Endometritis/Endometrose beim Pferd

4. bis 5. Oktober 1997, Leipzig