

# Cu- und Zn-Gehalte in Leber und Niere von Föten und neugeborenen Fohlen

Diane Hebler, W. Tiegs und H. Meyer

Institut für Tierernährung, Tierärztliche Hochschule Hannover

## Zusammenfassung

Bei 172 abortierten bzw. in den ersten Lebenstagen verendeten Fohlen aus Norddeutschland wurden die Cu- und Zn-Gehalte in Leber und Niere bestimmt. Die Cu-Gehalte in der Leber ( $\bar{x}$  321±158 µg/g TS) stiegen während der letzten Trächtigkeitsmonate an und erreichten bei 11 Monate alten Föten 385±153 und bei Neugeborenen 427±224 µg/g TS. Rd. 61% dieser Tiere (n=47) blieben unter dem als kritisch anzusehenden Wert von 400 µg Cu/g TS. Die Cu-Gehalte in der Niere lagen unabhängig vom Alter und von den Gehalten in der Leber auf niedrigem Niveau (17±9 µg/g TS). Die Zn-Gehalte in der Leber ( $\bar{x}$  232±165 µg/g TS) nahmen ebenfalls gegen Ende der Trächtigkeit zu, während die Gehalte in der Niere auf niedrigem Niveau ( $\bar{x}$  87±16 µg/g TS) blieben. Zwischen den Cu- und Zn-Gehalten in der Leber bestand eine schwach positive, aber nicht gesicherte Beziehung ( $p > 0,05$ ).

**Schlüsselwörter:** Leber, Fötus, Fohlen, Kupfer, Zink

## Cu and Zn concentrations in liver and kidney of fetal and newborn foals

Copper and zinc status of liver and kidney was examined in 172 aborted fetuses and newborn foals from the northern part of Germany. Liver Cu concentration ( $\bar{x}$  321±158 µg/g DM) increased during the last month of gestation. The average liver concentration was 385±153 in 11 month old fetuses and 427±224 µg Cu/g DM in newborn foals. Liver Cu concentrations remained below the critical value of 400 µg/g DM in 61 % of these animals (n=47). Kidney Cu (17±9 µg/g DM) was without influence of age, and liver concentration. Liver Zn concentration ( $\bar{x}$  232±164 µg/g DM) also increased during the last month of gestation, whereas kidney concentrations remained at a low level ( $\bar{x}$  87±17 µg/g DM). Correlation between liver Cu and Zn concentrations was slightly positive, but without significance ( $p > 0,05$ ).

**keywords:** liver, fetus, foal, copper, zinc

## Einleitung

Die fötale Leber des Fohlens speichert Kupfer, das postnatal mobilisiert wird und so die geringe lactogene Cu-Aufnahme des Saugfohlens ergänzt (Meyer 1994). Über die Höhe und den Verlauf der Cu-Retention in der Leber liegen erst wenige Daten vor (Puls 1994; Meyer und Tiegs 1995), so daß weitere Untersuchungen notwendig sind, um die Cu-Versorgung der Saugfohlen beurteilen zu können.

Die Zinkretention in Leber und Niere des Pferdefötus ist weitgehend unbekannt. Die bisherigen Daten lassen eine weite Variation (48 bis > 2000 µg/g Leber TS) erkennen (Meyer et al. 1994). Auch hier sind Erhebungen notwendig, um mögliche Ursachen und eventuelle Konsequenzen einer Unter- oder Überversorgung der tragenden Stute für das Fohlen erkennen zu können.

## Material und Methode

Die untersuchten Organe (Leber und Niere) stammen von insgesamt 151 abortierten und 21 p.n. verendeten Fohlen, die im Zeitraum von Dezember 1994 bis Juli 1995 an verschiedene Untersuchungsstellen in Norddeutschland

zur Klärung der Abort- oder Todesursache geschickt wurden. Das Alter der Föten wurde, sofern keine Angaben vorlagen, über eine Regressionsgleichung aus der Scheitel-Steiß-Länge geschätzt ( $y=2,03+0,12 \cdot x-0,0004 \cdot x^2$ ). Weitere Informationen zum Untersuchungsmaterial sind in Tabelle 1 enthalten.

Es wurden Teilproben aus der ganzen Leber bzw. der linken Leberlappen sowie eine Niere entnommen und bis zur weiteren Verarbeitung in Plastikgefäßen bei -18°C aufbewahrt. Zur Untersuchung wurden Leber und Niere mechanisch von Fett, die Niere zusätzlich soweit möglich von anhaftendem Gewebe befreit und homogenisiert. Eine Teilprobe wurde über 48 Stunden gefriergetrocknet und im Anschluß gemahlen. 0,25g dieses Materials wurde unter Zusatz von Salpetersäure und Wasserstoffperoxid (5ml HNO<sub>3</sub>(65%) und 1ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(30%) p.a.) naß verascht (Mikrowelle mls 1200 mega, Fa. Milstone microwave laboratory systems). In der Aschelösung wurden die Kupfer- und Zinkgehalte atomabsorptionsspektrophotometrisch bestimmt. Der Variationskoeffizient betrug bei einer Prüfung der Wiederholbarkeit für Kupfer 1,8%, für Zink 2,1% (n=10).

**Tab. 1:** Alter, Geschlecht, Rasse und Herkunft der untersuchten Föten bzw. Fohlen  
age, sex, breed and origin of the fetuses and foals

Alter/age	n	Rasse/breed	n	Herkunft/origin	n
6.-11. Monat/6 <sup>th</sup> -11 <sup>th</sup> month	151	Warmblut/Standardbred	84	Institut I	66
1.-14. Tag p.p./ 1 <sup>st</sup> -14 <sup>th</sup> day p.p.	21	Vollblut/Thoroughbred	15	Institut II	58
Geschlecht/sex		Pony/pony	6	Institut III	25
Hengstfohlen/male	84	Traber/trotter	2	Institut IV	20
Stutfohlen/female	77	Kaltblut/heavy draught	1	Institut V	3
ohne Angabe/no information	11	ohne Angabe/no information	64		

Die statistische Auswertung umfasste Berechnungen von Mittelwert, Standardabweichung sowie Regressionsanalysen. Mittelwertvergleiche erfolgten mittels einfacher Varianzanalyse, signifikante Differenzen ( $p < 0,05$ ) sind mit Indices gekennzeichnet (PC Programme MS EXEL 5, MS XACT und SAS).

## Ergebnisse

### Kupfer

Die Lebern enthielten im Mittel  $321 \pm 158$   $\mu\text{g Cu/g TS}$  bei einer Variationsbreite von 58–933  $\mu\text{g/g TS}$ . Im Verlauf der Gravidität blieben die Cu-Gehalte bis zum 9. Trächtigkeitmonat auf einem weitgehend einheitlichen Niveau, stiegen im 10. und 11. Monat jedoch an mit den höchsten Werten zur Zeit der Geburt (Tab. 2). Das Geschlecht hatte keinen Einfluß auf die Cu-Gehalte in der Leber.

In der Niere betragen die Cu-Konzentrationen im Durchschnitt  $17 \pm 9$   $\mu\text{g Cu/g TS}$  bei einer Spanne von 4 bis 84  $\mu\text{g/g TS}$ . Die Werte blieben im Verlauf der Gravidität annähernd konstant (Tab. 2). Eine Abhängigkeit vom Geschlecht konnte nicht festgestellt werden, ebensowenig eine Beziehung zum Cu-Gehalt in der Leber. Vier Tiere mit Cu-Gehalten in der Niere  $> 40$   $\mu\text{g Cu/g TS}$  waren im 9. bzw. 10. Trächtigkeitmonat abortiert worden, bei einem Tier konnte eine Infektion mit equinem Herpesvirus nachgewiesen werden, bei den anderen war keine Ursache feststellbar.

### Zink

In den untersuchten Lebern waren im Mittel  $232 \pm 165$   $\mu\text{g Zn/g TS}$  enthalten mit einer erheblichen Variationsbreite von 56 bis 848  $\mu\text{g/g TS}$ . Die Zn-Werte stiegen in den letz-

**Tab. 2:** Cu-Konzentrationen in Leber und Niere von abortierten Foeten und neugeborenen Fohlen insgesamt und in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht ( $\mu\text{g/g TS}$ )

Cu concentrations in liver and kidney of aborted fetuses and newborn foals and in dependence on age and sex ( $\mu\text{g/g DM}$ )

	Leber/liver			Niere/kidney		
	n	$\bar{x} \pm s / \bar{x} \pm SD$	Variationsbreite/ variation	n	$\bar{x} \pm s / \bar{x} \pm SD$	Variationsbreite/ variation
alle Tiere/all	159	$321 \pm 158$	58–933	152	$17 \pm 9$	4–84
<b>Alter/age</b>						
6.Monat/6th month	3	$336 \pm 173$	213–534	3	$16 \pm 4$	13–20
7.Monat/7th month	8	$214 \pm 103$	58–320	5	$18 \pm 6$	12–24
8.Monat/8th month	25	$255 \pm 105$	68–381	22	$14 \pm 5$	8–32
9.Monat/9th month	30	$248 \pm 103^a$	79–493	29	$16 \pm 8$	9–53
10.Monat/10th month	46	$344 \pm 136^a$	137–664	45	$18 \pm 14$	7–84
11.Monat/11th month	26	$385 \pm 153$	129–577	27	$15 \pm 5$	4–26
1.-14.Tag p.n./ 1st-14th day p.n.	21	$427 \pm 224^b$	97–933	21	$20 \pm 6$	11–32
<b>Geschlecht/sex</b>						
Hengstfohlen/male	85	$310 \pm 156$	58–837	74	$16 \pm 6$	4–84
Stutfohlen/female	74	$338 \pm 167$	68–933	70	$17 \pm 11$	8–53

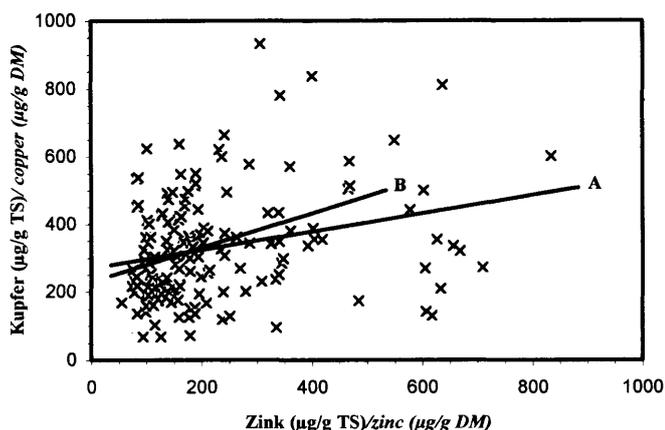
ten Trächtigkeitmonaten an mit signifikant höheren Werten zur Zeit der Geburt. Ein Einfluß des Geschlechts lag nicht vor (Tab. 3).

Die Niere enthielt im Mittel  $87 \pm 17 \mu\text{g Zn/g TS}$  bei einer Spanne von 59 bis  $165 \mu\text{g Zn/g TS}$ . Die Zn-Konzentrationen in der Niere blieben, ebenso wie die Cu-Konzentrationen, während der gesamten Tragezeit auf annähernd gleichem Niveau (Tab. 3). Das Geschlecht war ohne Einfluß.

**Tab. 3:** Zn-Konzentrationen in Leber und Niere von abortierten Foeten und neugeborenen Fohlen insgesamt und in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht ( $\mu\text{g/g TS}$ )

Zn concentrations in liver and kidney of aborted fetuses and newborn foals altogether and in dependence on age and sex ( $\mu\text{g/g DM}$ )

	Leber/liver			Niere/kidney		
	n	$\bar{x} \pm s / \bar{x} \pm SD$	Variationsbreite/ variation	n	$\bar{x} \pm s / \bar{x} \pm SD$	Variationsbreite/ variation
alle Tiere/all	159	$232 \pm 165$	56–848	152	$87 \pm 16$	59–165
<b>Alter/age</b>						
6.Monat/6th month	3	$122 \pm 51$	82–179	3	$96 \pm 21$	81–120
7.Monat/7th month	8	$224 \pm 115$	117–437	5	$98 \pm 20$	83–134
8.Monat/8th month	25	$157 \pm 55^a$	83–309	22	$89 \pm 18$	59–151
9.Monat/9th month	30	$169 \pm 108^a$	80–606	29	$87 \pm 19$	71–165
10.Monat/10th month	46	$228 \pm 168^a$	56–709	45	$85 \pm 16$	62–153
11.Monat/11th month	26	$282 \pm 195$	78–848	27	$82 \pm 14$	67–140
1.-14.Tag p.n./ 1st-14th day p.n.	21	$386 \pm 180^b$	140–656	21	$91 \pm 10$	76–110
<b>Geschlecht/sex</b>						
Hengstfohlen/male	85	$244 \pm 171$	56–400	74	$88 \pm 18$	63–140
Stutfohlen/female	74	$222 \pm 157$	82–848	70	$84 \pm 15$	59–165



**Abb.1:** Beziehung zwischen Cu- und Zn-Gehalten in der Leber

liver Cu and Zn concentrations

A: ( $y = 269 + 0,27x$ ,  $r = 0,26$ ,  $p = 0,12$ ,  $n = 158$ )

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

without Zn concentrations  $> 500 \mu\text{g/g DM}$

B: ( $y = 229 + 0,51x$ ,  $r = 0,32$ ,  $p < 0,05$ ,  $n = 145$ )

Die Beziehung zwischen Kupfer und Zink in der Leber war schwach positiv, jedoch nicht signifikant (Abb. 1).

## Diskussion

Die Abort- bzw. Todesursache scheint die Cu- und Zn-Gehalte in der Leber von Pferdeföten nur wenig zu beeinflussen (Tab. 4). Ein statistisch abgesicherter Unterschied zwischen infektiöser und nicht-infektiöser Abort- bzw. Todesursache besteht nicht (Tab. 4), es fehlt jedoch eine Kontrollgruppe nicht-abortierter Föten bzw. Fohlen glei-

chen Alters. Die von *Graham et al.* (1994) beobachteten signifikant niedrigeren Cu-Gehalte bei Rinderföten mit infektiöser Abortursache im Vergleich zu nicht-infektiöser Ursache können bei Pferdeföten bis jetzt nicht festgestellt werden.

Durch die Probennahme aus verschiedenen Leberbereichen und Homogenisierung dieses Materials wurde versucht, die ungleichmäßige Verteilung des Kupfers in der Fohlenleber, die in verschiedenen Leberbereichen um 40% schwanken kann (*O'Cuil et al.* 1970), als Ursache auszuschließen.

Die Cu-Gehalte in der Leber zeigen eine ähnliche Verteilung auf wie frühere Untersuchungen von *Meyer und Ahlswede* (1976) bzw. *Meyer und Tiegs* (1995), die ebenfalls einen signifikanten Anstieg der Konzentrationen bei großer Variationsbreite (6–874  $\mu\text{g/g TS}$ ) in den letzten Trächtigkeitmonaten bis zur Geburt feststellten. Ein Anstieg der fötalen Leber-Cu-Gehalte mit zunehmender Trächtigkeitsdauer ist auch bei Rind und Schaf beobachtet worden (*Gooneratne und Christensen* 1989, *Graham et al.* 1994, *Williams et al.* 1978) und kann im Sinne einer Speicherung gedeutet werden.

Die große Variation der Werte (58–933  $\mu\text{g/g TS}$ ) ist nach Erfahrungen bei anderen Spezies durch eine unter-

**Tab. 4:** Leber-Cu- und Zn-Gehalte in Föten bzw. Fohlen in Abhängigkeit vom mikrobiologischen Befund ( $\mu\text{g/gTS}$ )liver Zn and Cu concentrations in dependence on the microbiological result ( $\mu\text{g/gDM}$ )

Abortursache/ cause of abortion	n	Kupfer/copper		Zink/zinc	
		$x\pm s/x\pm SD$	Vergleichswert <sup>1)</sup> / comparative value <sup>1)</sup>	$x\pm s/x\pm SD$	Vergleichswert <sup>1)</sup> / comparative value <sup>1)</sup>
Equine Herpes virus/ equine herpes virus	29	427 $\pm$ 155	348	186 $\pm$ 91	239
Sc. species ( $\beta$ -häm.)/ Sc. species ( $\beta$ -hem.)	13	235 $\pm$ 118	296	261 $\pm$ 184	204
Act. equuli/ Act. equuli	4	575 $\pm$ 180	417	521 $\pm$ 291	360
E. coli	9	318 $\pm$ 130	345	249 $\pm$ 165	267
andere Keime <sup>2)</sup> / other infections <sup>2)</sup>	6	285 $\pm$ 125	341	259 $\pm$ 207	261
Organerkrankungen <sup>3)</sup> / organic diseases <sup>3)</sup>	6	354 $\pm$ 164	339	262 $\pm$ 183	278
hormoneller Abort/ hormonal abort	7	255 $\pm$ 90	264	155 $\pm$ 60	177
kein Befund/ without result	89	299 $\pm$ 149	312	221 $\pm$ 147	218

<sup>1)</sup> gewogener Mittelwert entsprechend dem Alter der abortierten Früchte/ mean corresponding to the age of aborted fetuses

<sup>2)</sup> Chlamydia sp., Klebsiella sp., Proteus sp., Staph. sp

<sup>3)</sup> Darmruptur, Zwerchfellhernie, Atresia ani, Puerperalsyndrom/ intestinal rupture, diaphragmatic hernia, anal atresia, puerperal disorder

schiedliche Cu-Versorgung der Stuten zu erklären, die bei dieser Untersuchung jedoch nicht erfasst werden konnte. Bei ausreichender Cu-Zufuhr scheint eine hohe fötale Retention möglich, wie Werte bis über 900  $\mu\text{g Cu/g TS}$  zeigen. Eine überhöhte fötale Cu-Speicherung ist nach Erfahrungen bei Schweinen durch extreme Cu-Zufuhr nicht zu erreichen (Meyer 1978). Bei ungenügender Cu-Aufnahme tragender Stuten ist mit einem geringen Cu-Übergang in die fötale Leber zu rechnen, insbesondere da adulte Pferde – im Gegensatz zu Wiederkäuern – nur geringe hepatale Cu-Reserven (20–30  $\mu\text{g Cu/g TS}$ ) besitzen (Meyer 1994). Bei Wiederkäuern sind bei ungenügender Cu-Versorgung der Muttertiere extrem niedrige Cu-Gehalte in der fötalen Leber (335  $\mu\text{g Cu/g TS}$  in den letzten 3 Trächtigkeitmonaten) beobachtet worden (Gooneratne und Christensen 1989), bei Lämmern mit klinischen Symptomen eines Mangels (swayback) waren durchschnittlich 11  $\mu\text{g Cu/g TS}$  in der Leber (Brenner und Gürtler 1977).

Aufgrund dieser Untersuchung kann noch keine Aussage getroffen werden, ob allein die Fütterung oder auch andere Faktoren, z. B. genetische Einflüsse, für die weite Variation verantwortlich sind. So ist bei Lämmern ein Einfluß des Genotyps auf die fötalen Leber-Cu-Gehalte (Wiener et al. 1977) dokumentiert.

Der Einfluß von Zink auf die Cu-Gehalte in der fötalen Leber scheint gering zu sein (Abb.1). Obwohl durch hohe Zn-Gaben die Cu-Verwertung beeinträchtigt wird (Cousins 1985), sind die Konzentrationen an Zink und Kupfer noch positiv korreliert. Diese Beziehung mag darauf beruhen, daß bei einer Mineralstoffergänzung in der Regel gleichzeitig Kupfer und Zink appliziert werden. In Abbildung 1 fällt allerdings auf, daß bei Tieren mit sehr hohen

Zn-Werten hohe Cu-Werte eher unterrepräsentiert sind, so daß sich ein Zn-Cu-Antagonismus andeutet. Werden die Tiere mit Zn-Gehalten über 500  $\mu\text{g/g TS}$  ausgeklammert, steigt die Beziehung zwischen Kupfer und Zink auf  $r = 0,32$  ( $p < 0,05$ ).

Aufgrund des relativ geringen Cu-Gehaltes der Stutenmilch ist in den ersten Lebensmonaten eine ausreichende Leber-Cu-Konzentration des neugeborenen Fohlens von großer Bedeutung, da Kupfer zur Deckung des Bedarfs p.n. aus der Leber mobilisiert wird. Um die Cu-Versorgung zu sichern, werden von Meyer und Tiegs (1995) 300 im 11. Trächtigkeitmonat und 400  $\mu\text{g Cu/g Leber TS}$  bei der Geburt als wünschenswert angesehen. Im vorliegenden Probenkollektiv lagen die Gehalte nur bei 39 % der p.n. verendeten Tiere ( $n = 21$ ) oberhalb dieses Wertes, von den 11 Monate alten Föten ( $n = 26$ ) erreichten 75% mehr als 300  $\mu\text{g Cu/g TS}$  in der Leber. Die Cu-Versorgung der tragenden Stuten scheint daher in Norddeutschland nicht überall optimal zu sein.

Die Zn-Gehalte in der Leber sind im Vergleich zu früheren Untersuchungen in ähnlichem Rahmen, jedoch fehlen Extreme über 1000  $\mu\text{g/gTS}$  (64–1684  $\mu\text{g/g TS}$  bzw. 48–2517  $\mu\text{g/gTS}$ , Meyer und Ahlswede 1976 bzw. Meyer et al. 1994). Beim Kalb liegen zur Zeit der Geburt die Zn-Gehalte in der Leber höher als beim Fohlen mit 704 $\pm$ 59 (Gooneratne und Christensen 1989a) bzw. 716 $\pm$ 385  $\mu\text{g/g TS}$  (Abdelrahman und Kincaid 1993), beim Lamm sind die Gehalte ähnlich wie beim Fohlen (265 $\pm$ 90  $\mu\text{g/g TS}$ , Brenner et al. 1977; umgerechnet aus  $\mu\text{S}$  bei 20 % TS in der Leber). Normalwerte für Fohlen können daher noch nicht formuliert werden. Nach der Verteilung der Werte (Abb. 2) sind vorerst Gehalte zwischen 100 und 250  $\mu\text{g Zn/g Leber TS}$  als praxisüblich anzusehen.

Spontane Zn-Mangelzustände sind mit Ausnahme eines wahrscheinlichen Falles (Meyer et al. 1986) bisher bei neugeborenen Fohlen nicht beschrieben worden. Ob Gehalte in der Leber  $< 100 \mu\text{g/g TS}$  für eine marginale Zn-Versorgung der Stuten sprechen, ist fraglich, da z.B. in Versuchen mit Fohlen von Harrington et al. (1973) nach zweimonatiger Zn-armer Fütterung die Zn-Gehalte in der Leber noch oberhalb dieser Werte blieben. Im Zusammenhang mit Störungen der Skelettentwicklung sind niedrige Zn-Gehalte in der Leber (die mit den Zn-Gehalten im Metacarpus positiv korrelieren (Meyer und Ahlswede 1976)) nicht unwichtig, da Zn-haltige Enzyme u.a. bei der Skelettmineralisation eine bedeutende Rolle einnehmen und ein Mangel bei Rattenföten entsprechende Störungen verursachte (Hickory et al. 1979).

Auffallend in dieser und in früheren Untersuchungen (Meyer und Ahlswede 1976 und Meyer et al. 1994) war der z. T. extrem hohe fötale Leber-Zn-Gehalt (Abb. 2), der

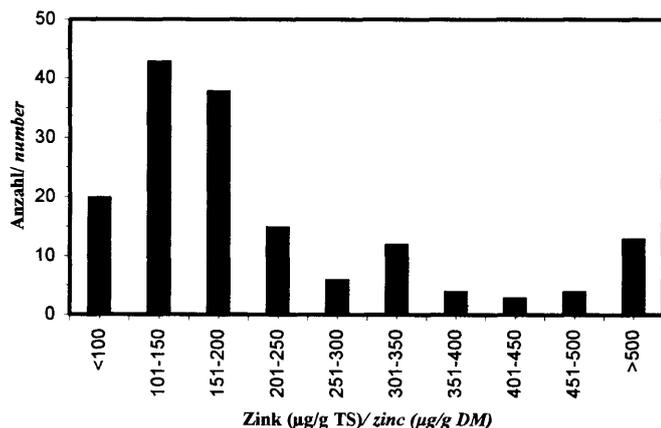


Abb. 2: Zn-Gehalte in der Leber  
liver Zn concentrations (n=158)

nach Erfahrungen bei anderen Species (Ratte, Ketcheson et al. 1969, Schaf, Campbell und Mills 1979) auch auf einer überhöhten Zn-Aufnahme des Muttertieres beruhen kann. Eine hohe Zn-Aufnahme während der Trächtigkeit verursacht beim Schaf auch Aborte und Totgeburten. Ungeklärt bleiben in diesem Zusammenhang die Ursachen der erhöhten Zn-Aufnahme, neben hohen Zn-Gehalten in Futtermitteln könnte sie auch auf dem Belegen verzinkter Stalleinrichtungen beruhen.

## Literatur

- Abdelrahman, M. M. and Kincaid, R. L. (1993): Deposition of copper, manganese, zinc and selenium in bovine fetal tissue at different stages of gestation. *J.Dairy Sci.* 76, 3588–3593
- Bremner, I., Williams, I. and Young, B. W. (1977): Distribution of copper and zinc in the liver of the developing sheep foetus. *Br.J.Nutr.* 38, 87–92
- Brenner, K. V. und Gürtler, H. (1977): Kupferstatus von Schafen anhand von Organanalysen. *Monatsh.Vet.Med.* 32 245–248
- Campbell, J. K. and Mills, C. F. (1979): The toxicity of zinc to pregnant sheep. *Env.Res.* 20 1–13

- Cousins, R. J. (1985): Absorption, transport and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and caeruloplasmin. *Physiol.Rev.* 5 283–309
- Gooneratne, S. R. and Christensen, D. A. (1989): A survey of maternal copper status and fetal tissue copper concentration in Saskatchewan bovine. *Can.J.Anim.Sci.* 69, 141–150
- Gooneratne, S. R. and Christensen, D. A. (1989a): A survey of maternal and fetal tissue zinc, iron, manganese and selenium concentration in bovine. *Can.J.Anim.Sci.* 69, 151–159
- Graham, T. W., Thurmond, M. C., Mohr, F. C., Holmberg, C. A., Anderson, M. L. and Keen, C. L. (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
- Harrington, D. D., Walsh, J. and White, V. (1973): Clinical and pathological findings in the horses fed zinc-deficient diets. *Proc.3rd Equ.Nutr.Phys.Symp., Univ.Florida, Gainesville* 51–54
- Hickory, W., Nanda, R. and Catalanotto, F. A. (1979): Fetal skeletal malformation associated with moderate zinc deficiency during pregnancy. *J.Nutr.* 109 883–891
- Ketcheson, M. R., Barro, G. and Cox, D. (1969): Relationship of maternal dietary zinc during gestation and lactation to development and Zn, Fe and Cu content of postnatal rat. *J.Nutr.* 98 301–311
- Meyer, H. und Ahlswede, L. (1976): Über das intrauterine Wachstum und die Körperzusammensetzung von Fohlen sowie den Nährstoffbedarf tragender Stuten. *Übers. Tierern.* 4, 263–292
- Meyer, H. (1978): Cu-Umsatz und -bedarf beim Saugferkel. *Übers. Tierernährg.* 6 149–164
- Meyer, H., Heckötter, E., Merkt, M., Bernoth, E.-M., Kienzle, E. und Kamphues, J. (1986): Aktuelle Probleme aus der tierärztlichen Fütterungsberatung. 6.Mitteilung: Schadensfälle beim Pferd durch Futtermittel. *Dtsch.tierärztl.Wschr.* 93 486–490
- Meyer, H. (1994): Kupferstoffwechsel und Kupferbedarf beim Pferd. *Übers. Tierernährg.* 22, 363–394
- Meyer, H., Tiegs, W. und Struck, S. (1994): Kupfer- und Zinkkonzentrationen in der Leber von abortierten und neugeborenen Fohlen. 14.Arbeitstagung Mengen-Spurenelemente, 25.-26. Nov. 1994, Jena, Hrsg. Anke 348–353
- Meyer, H. und Tiegs, W. (1995): Cu-Gehalte in der Leber von Föten und neugeborenen Fohlen. *Pferdeheilkunde* 11, 5–11
- O'Cuil, T., Hamilton, A. F. and Egan, D. A. (1970): Copper distribution in the liver. *Irish Vet.J.* 24, 21–30
- Puls, R. (1994): Mineral levels in animal health. *Diagnostic data.* 2nd edition. Clearbrook, British Columbia
- Wiener, G., Wilmut, J. and Field, A. (1977): Maternal and lamb breed interactions in the concentration of Cu in tissues and plasma of sheep. *Proc.3rd Int.Symp. Trace Elements*, 469–472
- Williams, R. B., McDonald, I. and Bremner, I. (1978): The accretion of copper and zinc by the foetuses of prolific ewes. *Br.J.Nutr.* 40, 377–386

Gefördert durch Effem GmbH, Verden

Diane Hebeler  
Dr. W. Tiegs  
Prof. Dr. Dr. h.c. H. Meyer

Institut für Tierernährung  
Tierärztliche Hochschule Hannover  
Bischofsholer Damm 15  
D-30173 Hannover