

V. Zusammenfassung

In einer dreistufigen Verlaufsstudie wurden bei 63 Pferden (37 Warm-, 10 Voll- und 12 Kaltblutpferden sowie 4 Ponies) im Abstand von mind. 4 Monaten Hufhorn- (im Rahmen der üblichen Hufpflegemaßnahmen anfallendes Wandmaterial vom distalen Tragrand sowie oberflächliches Sohlenhorn), Mähnenhaar- und Blutproben entnommen. Zugleich wurden Daten zur Fütterung erhoben und Proben der aktuell eingesetzten Futtermittel gesammelt. Neben einer Gliederung in Alters- und Rassengruppen, wurden die Pferde nach sensorischen Befunden des Hufhorns in 2 Klassen differenziert (Tiere mit intakter - iH, n = 38 - bzw. beanstandeter - bH, n = 25 - Hornqualität). Qualitativ minderwertiges Hufhorn unterschied sich von gesundem Hornmaterial durch eine spröde, brüchige oder weichere Konsistenz, Zusammenhangstrennungen und Fäulnisprozesse. Es erfolgte eine Bestimmung des Trockensubstanz- (TS, Hufhorn, Haare, Futtermittel) und Rohaschegehaltes (Hufhorn). In den verschiedenen Substraten wurden die Spurenelemente Zink, Kupfer und Selen (Zn u. Cu: Atomabsorptionsspektrophotometrisch, Se: fluorometrisch, ausgenommen Blut: Glutathionperoxidase als Indikatorenzym) analysiert. Zusätzlich wurde die Aktivität der alkalischen Phosphatase (AP, colorimetrisch) im Blutplasma gemessen. Am Hufhorn erfolgten weiterhin Bestimmungen physikalischer Parameter (Härte der Hornwand - Shore D - nach Equilibrierung des Materials im Wasserbad, Feuchtigkeitsgehalt mittels Trocknung des frischen Materials bei 105°C, Wasserabgabe bei Lagerung im Exsikkator, Wasseraufnahme bei Equilibrierung im Wasserbad, maximaler Feuchtigkeitsgehalt mittels Trocknung der maximal feuchten Substanz bei 105°C, s. Abb. 26) sowie teilweise Aminosäureanalysen (saure Hydrolyse u. HPLC, S-haltige Aminosäuren: zuvor Oxidation).

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

1. Es konnten keine jahreszeitlich- und altersbedingten Einflüsse auf die Zink-, Kupfer- und Selenkonzentrationen in Hufhorn, Mähnenhaar und Blutplasma festgestellt werden.
2. Die Hornwand (Kronhorn) unterschied sich von der Hornsohle durch niedrigere Feuchtigkeitsgehalte (intaktes Kronhorn: 280 ± 28 ; intaktes Sohlenhorn: 334 ± 32 g/kg uS), höhere Zn-, Cu- und Se-Konzentrationen (Kronhorn: Zn: $190,3 \pm 25,4$; Cu: $4,8 \pm 3,7$; Se: $0,23 \pm 0,07$; Sohlenhorn: Zn: $100,4 \pm 12,3$; Cu: $3,7 \pm 1,0$; Se: $0,20 \pm 0,05$ mg/kg TS) sowie höhere Cystin-, Histidin-, Prolin- und niedrigere Aspartat-, Glycin-, Tyrosin-, Phenylalanin- und Lysingehalte (s. Tab. 27).

3. Es bestanden hochsignifikante lineare Beziehungen zwischen den Spurenelementgehalten des Kron- und Sohlenhorns (Zn: iH: $r = 0,58^{**}$; bH: $r = 0,52^{**}$; Cu: iH: $r = 0,75^{**}$, bH: $r = 0,78^{**}$; Se: iH: $r = 0,85^{**}$; bH: $r = 0,91^{**}$).
 4. Kaltblutpferde (KB) wiesen im Vergleich zu Warmblut (WB) und Vollblut (VB) im Hufhorn niedrigere Gehalte an Rohasche (KB: 9 ± 3 ; WB u. VB: 12 ± 5 g/kg TS) und höhere Zn-Gehalte (Kronhorn: KB: $215,6 \pm 19,1$; WB: $195,2 \pm 18,5$; VB: $174,2 \pm 17,4$ mg/kg TS) sowie im Mähnenhaar höhere Cu-Konzentrationen auf (KB: $11,6 \pm 6,2$; WB: $6,7 \pm 0,8$, VB: $6,5 \pm 0,9$ mg/kg TS).
 5. Zu jedem Probenahmezeitpunkt bestanden lineare Beziehungen zwischen den Selcngehalten in Hufhorn und Mähnenhaar, Hufhorn und Blutplasma, Mähnenhaar und Blutplasma sowie Blutplasma und Futter (s. Tab. 29 u. 31). Für Zink und Kupfer konnten keine direkten Beziehungen zur Nährstoffversorgung abgeleitet werden.
 6. Beanstandetes Hufhorn unterschied sich von intaktem Material durch:
 - höhere Feuchtigkeitsgehalte (beanstandetes Kronhorn: $303,5 \pm 31,5$; intaktes Kronhorn: $280,1 \pm 27,7$ g/kg uS, $p < 0,01$),
 - vermehrte Wasseraufnahmen und -abgaben sowie höhere maximale Feuchtigkeitsgehalte (s. Tab. 22)
 - geringere Hornhärten (Shore-D-Härteeinheiten: beanstandetes Kronhorn: 53 ± 7 ; intaktes Kronhorn: 58 ± 3 ; $p < 0,01$)
 - geringere Zn-Konzentrationen (beanstandetes Kronhorn: $170,7 \pm 29,5$; intaktes Kronhorn: $195,3 \pm 22,6$; $p < 0,01$; beanstandetes Sohlenhorn: $96,4 \pm 14,2$; intaktes Sohlenhorn: $102,9 \pm 10,7$ mg/kg TS; $p < 0,05$)
 - niedrigere Threonin-, Serin-, Phenylalanin-, Prolin- und höhere Argininkonzentrationen im Kronhorn sowie niedrigere Threonin- und höhere Alanin- und Methioninkonzentrationen im Sohlenhorn ($p < 0,05$; s. Tab. 27).
- Zusätzlich lagen bei Tieren mit einer qualitativ minderwertigen Hornsubstanz (bH) im Vergleich zu Tieren mit intaktem Hufhorn (iH)
- niedrigere Zn-Gehalte im Mähnenhaar (bH: $141,9 \pm 11,6$; iH: $149,6 \pm 14,7$ mg/kg TS; $p < 0,05$) und Blutplasma (bH: $61,7 \pm 5,8$; iH: $66,1 \pm 8,0$ $\mu\text{g/dl}$; $p < 0,05$) sowie
 - geringere Plasmaaktivitäten der AP (bH: 216 ± 52 ; iH: 259 ± 82 U/l; $p < 0,05$) vor.

7. Seitens der Spurenelementversorgung bestanden hingegen keine Unterschiede zwischen den Tiergruppen beanstandeter und intakter Hornqualität (bH: Zn: $57,8 \pm 19,6$; Cu: $9,6 \pm 2,9$; Se: $0,09 \pm 0,05$; iH: Zn: $54,6 \pm 9,5$; Cu: $8,8 \pm 2,0$; Se: $0,1 \pm 0,05$ mg/kg TS).
8. Bei intaktem Kronhorn stand die Härte (Shore D) in linearer Beziehung zu den Cystingehalten ($y = 1,13x + 49,48$; $r = 0,62^*$; $n = 10$, Mw über 3 Probenahmen), während ein solches Verhältnis im Horn beanstandeter Qualität nur andeutungsweise zu erkennen war.
9. Eine Supplementierung von 520 mg Zink (als Zinkcarbonat) pro Tier und Tag zusätzlich zur Ration bewirkte einen Anstieg der Zn-Konzentrationen im Kronhorn der Tiere beanstandeter Hornqualität, während ein solcher im Sohlenhorn, Mähnenhaar und Blutplasma ausblieb. In einer Gruppe von Tieren mit intakter Hornqualität ($n = 4$) konnten in keinem der untersuchten Substrate erhöhte Zn-Konzentrationen nach einer Zn-Supplementierung registriert werden (s. Tab. 36 u. 37).

Bei Tieren mit defektem Hufhorn scheint der Zinkstatus verändert zu sein, wobei ursächlich nicht eine ungenügende Zn-Versorgung sondern eher eine beeinträchtigte Zn-Verwertung angenommen wird. Dennoch konnte bei diesen Pferden durch eine erhöhte Zn-Zufuhr die Zn-Konzentration im Hufhorn beeinflusst werden. Danach ist eventuell in Fällen abweichender Hufhornqualität eine forcierte Zn-Versorgung angezeigt. Hingegen liegt keine Indikation für eine forcierte Cu- und / oder Se-Zufuhr vor.

Spitzlei, Stefanie: Investigations on the composition of equine hoof horn with regard to quality of the hoof horn (integrity, hardness) and relation to nutrient supply

VI. Summary

In a study of three steps, samples of hoof horn (hoof wall and sole arising during usual hoof care), mane and blood were taken from 63 horses (37 warm-blooded horses, 10 thoroughbreds, 12 cold-blooded horses and 4 ponies) in intervals of at least 4 months. Simultaneously data concerning feeding management and -composition were noted and samples of currently used feeds were taken. Besides classification according to age and breed, the horses were divided into two classes according to results of the sensorial valuation of the hoof horn (horses with intact horn - IQ, n = 38 - horses with horn of poor quality - PQ, n = 25 - respectively). Hoof horn of poor quality was distinguished from intact horn by chapped, brittle or soft consistency, signs of sandcrack or putrefactive processes. Dry matter (DM; hoof horn, mane, feedstuff) and ash (hoof horn) were determined. In the several substrates copper, zinc and selenium were estimated (Zn and Cu: atomic absorption spectrophotometry; Se: fluorometry, except for blood: indicated by activity of glutathione peroxidase in blood), blood plasma was furtheron analysed for alkaline phosphatase (AP; colorimetric method). Moreover, some other physical characteristics of the hoof horn were examined (hardness of the horn wall - Shore D - after material has been equilibrated in water, moisture content by drying fresh matter at 105°C, water emission of samples stored in an exsiccator, water absorption during equilibration in water, maximum moisture content of the watered hoof horn by drying it at 105°C, Fig. 26), and amino acids were partially analysed (hydrolysis and HPLC, sulphur containing amino acids: before oxidation).

The results were as follows:

1. There was no indication that seasons or age impair concentrations of zinc, copper and selenium in hoof horn, mane and blood plasma.

2. The horn wall (coronary horn) was distinguished from the horn sole by lower moisture contents (intact coronary horn: 280 ± 28 ; intact sole horn: 334 ± 32 g/kg fresh matter), higher concentrations of Zn, Cu and Se (coronary horn: Zn: $190,3 \pm 25,4$; Cu: $4,8 \pm 3,7$, Se: $0,23 \pm 0,07$; sole horn: Zn: $100,4 \pm 12,3$, Cu: $3,7 \pm 1,0$, Se: $0,20 \pm 0,05$ mg/kg DM) as well as higher contents of cystine, histidine and proline and lower contents of aspartic acid, glycine, tyrosine, phenylalanine and lysine (Tab. 27).
3. There were linear significant relations between the concentrations of trace elements in the horn wall and sole (Zn: IQ: $r = 0,58^{**}$; PQ: $r = 0,52^{**}$; Cu: IQ: $r = 0,75^{**}$, PQ: $r = 0,78^{**}$, Se: IQ: $r = 0,85^{**}$, PQ: $r = 0,91$).
4. Compared to warm-blooded horses (WB) and thoroughbreds (TH), cold-blooded horses (CB) showed lower contents of ash (CB: 9 ± 3 , WB and TH: 12 ± 5 g/kg DM) and higher contents of zinc (coronary horn: CB: $215,6 \pm 19,1$; WB: $195,2 \pm 18,5$, TH: $174,2 \pm 17,4$ mg/kg DM) in the hoof horn as well as higher concentrations of copper in the mane (CB: $11,6 \pm 6,2$; WB: $6,7 \pm 0,8$, TH: $6,5 \pm 0,9$ mg/kg DM).
5. Each time samples were taken, there were linear relations between the contents of selenium in hoof horn and mane, hoof horn and blood plasma, mane and blood plasma as well as blood plasma and selenium concentration in the diet (Tab. 29 and 31). As zinc and copper are concerned, no direct relations to nutrient intake could be found.
6. Hoof horn of poor quality was distinguished from intact horn by:
 - higher moisture contents (coronary horn of poor quality: $303,5 \pm 31,5$; intact coronary horn: $280,1 \pm 27,7$ g/kg fresh matter; $p < 0,01$)
 - increased absorption and emission of water as well as higher maximum moisture contents (Tab. 22)
 - lower hardness of horn (coronary horn of poor quality: 53 ± 7 ; intact coronary horn: 58 ± 3 Shore-D-units of hardness; $p < 0,01$)
 - lower concentrations of zinc (coronary horn of poor quality: $170,7 \pm 29,5$; intact coronary horn: $195,3 \pm 22,6$, $p < 0,01$; sole horn of poor quality: $96,4 \pm 14,2$; intact sole horn: $102,9 \pm 10,7$ mg/kg DM; $p < 0,05$)

- lower concentrations of threonine, serine, phenylalanine, proline, and higher concentrations of arginine in the coronary horn as well as lower concentrations of threonine and higher concentrations of alanine and methionine in the sole horn (Tab. 27; $p < 0,05$)

Additionally, the following characteristics were different in horses with horn of poor quality (PQ) compared to animals with intact hoof horn quality (IQ):

- lower concentrations of zinc in the mane (PQ: $141,9 \pm 11,6$; IQ: $149,6 \pm 14,7$ mg/kg DM; $p < 0,05$) and blood plasma (PQ: $61,7 \pm 5,8$; IQ: $66,1 \pm 8,0$ $\mu\text{g/dl}$; $p < 0,05$) as well as
 - lower plasma activities of the alkaline phosphatase (PQ: 216 ± 52 ; IQ: 259 ± 82 U/l; $p < 0,05$).
7. As far as the concentration of trace elements in the ration is concerned, there were no differences between the horses with hoof horn of poor quality and the horses with intact hoof horn quality (PQ: Zn: $57,8 \pm 19,6$; Cu: $9,6 \pm 2,9$; Se: $0,09 \pm 0,05$; IQ: Zn: $54,6 \pm 9,5$; Cu: $8,8 \pm 2,0$; Se: $0,1 \pm 0,05$ mg/kg DM)
8. Intact coronary horn showed a linear relation between hardness (Shore D) and concentration of cystine ($y = 1,13x + 49,48$, $r = 0,62^*$; $n = 10$, mean over 3 sampling periods), while such a relation could hardly be found in horn of poor quality.
9. When the diet was supplemented by 520 mg of zinc (zinc carbonate) per horse and day, the Zn-concentrations in the coronary horn of those horses with horn of poor quality increased. There was no detectable increase in the sole horn, mane and blood plasma. A group of horses with intact horn, who got the supplementary Zn ($n = 4$), did not show any increase of Zn-concentration (Tab. 36 and 37).

In horses with hoof horn of poor quality the Zn-status seems to have altered; an impaired Zn-utilization is supposed to be the reason rather than insufficient Zn-supply. However, Zn-concentration in the hoof horn could be influenced by increased zinc supply. Therefore, Zn-intake should probably be forced in cases of poor hoof horn quality. There is no indication that intake of copper and / or selenium should be forced.