

# Zur Zusammensetzung des Hufhorns in Abhängigkeit von Alter, Rasse und Hufhornqualität

M. Coenen und Stefanie Spitzlei

Institut für Tierernährung, Tierärztliche Hochschule Hannover

## Zusammenfassung

Hufhorn-, Haar- und Blutproben von 63 Pferden (3mal, Intervall mind. 4 Monate) wurden bezüglich Härte (sensorisch und Shore D), der Zn-, Cu- und Se-Gehalte untersucht (ferner: alkalische Phosphatase im Blut – AP –, teilweise Aminosäuren – AS – im Hufhorn); parallel wurden die Futtermittel überprüft. Ergebnisse: Die Härtegrade (Shore D) lagen für sensorisch intaktes bzw. mangelhaftes Hufhorn bei  $58,0 \pm 2,3$  bzw.  $51,8 \pm 7,8$ . Beanstandetes Hufhorn enthielt signifikant weniger Zink als Horn von einwandfreier Festigkeit (keine Unterschiede für Cu und Se in Abhängigkeit von der Hufhornqualität). Entsprechende Differenzen lagen bei den Zn-Konzentrationen in Haar und Plasma sowie bei der Aktivität der AP im Plasma vor. Die Zn-Gehalte der Rationen waren jedoch nicht verschieden. Bei intaktem Hufhorn stand die Härte (Shore D) in linearer Beziehung zum Cystin (% d. AS) nicht jedoch bei Hufhorn von schlechter Qualität. Nach einer Zinkzulage bei Pferden mit beanstandetem Hufhorn war ein Anstieg der Zinkgehalte im Horn festzustellen.

**Schlüsselwörter:** Huf, Hornqualität, Spurenelemente, Aminosäuren

## Investigations on the composition of hoofhorn in dependance on age, breed and quality

Samples of hoofhorn, hair and blood from 63 horses (3 repeatings, intervall min. 4 month) have been analysed for hardness (by sensoric valuation and Shore D), Cu, Zn and Se (furtheron alkaline phosphatase – AP – in plasma and in selected samples of hoofhorn amino acids – AA). Results: The values for Shore D were  $58,0 \pm 2,3$  and  $51,8 \pm 7,8$  respectively for intact and inferior (related to sensoric valuation) hoofhorn respectively. Horn of lowered hardness contained significantly less zinc than material of good stability (no differences in Cu and Se in relation to hoofhorn quality). Analogous differences were found in hair and plasma as well as in the activity of AP in plasma. But low Zn concentrations in hoofhorn were not related to Zn deficient rations. A linear relation between horn hardness and cystine (% of AA) was observed for intact hoofhorn only. An increase of Zn concentration in hoofhorn could be established after feeding supplementary Zn to horses with inferior hooves.

**keywords:** hoof, horn quality, trace elements, amino acids

## Einleitung

Eine hohe Festigkeit des Hufhorns ist Voraussetzung für eine uneingeschränkte Einsetzbarkeit des Pferdes. Ein ungenügende Stabilität des Hufhorns kann genetisch bedingt sein (Josseck 1991), andererseits sind auch Fütterungseinflüsse möglich. Insbesondere Beobachtungen zu Interaktionen zwischen Fütterungsintensität und Spurenelementstatus des Hufhorns (Butler und Hintz 1977) deuten darauf hin, daß bereits bei wachsenden Pferden nutritiv bedingte Veränderungen in der Hufhornzusammensetzung möglich sind, die für die Hufhornfestigkeit möglicherweise relevant sind. Beim Rind ist die Bedeutung der Spurenelementversorgung für die Klauengesundheit beschrieben (Literatur s. Wagner 1985). Daher interessiert, ob beim Pferd die Zusammensetzung des Hufhorns bei verschiedenen Rassen und Altersgruppen nach der Hufhornhärte differiert und Konsequenzen für die Fütterung insbesondere wachsender Pferde gezogen werden müssen.

## Material und Methoden

Von insgesamt 63 willkürlich ausgewählten Pferden (Tab. 1) wurden im Abstand von 4 Monaten anlässlich routinemäßi-

ger Hufpflege folgende Proben entnommen: 1. Kron- und Sohlenhorn, 2. Haare, 3. Blutplasma, 4. Futter. Bei dem Horn handelte es sich um Material, das im Rahmen der üblichen Hufpflegemaßnahmen durch den Hufschmied anfiel (d.h. oberflächliches Sohlenhorn, Kronhorn aus dem Bereich des Tragrandes). Die Fütterung wurde durch Erfassung der Futtermengen (Probewägungen) und Analyse aller Rationskomponenten überprüft.

Bei der Hufpflege wurde nach sensorischen Merkmalen eine Beurteilung der Hufhornqualität und Einteilung in 2 Gruppen vorgenommen; a) gute Hufhornbeschaffenheit: frei von Abweichungen in der Festigkeit, keine Schäden am Tragrand oder in der weißen Linie, b) schlechte Hufhornbeschaffenheit: sensorisch erkennbare Abweichungen in der Festigkeit, Risse und Spalten im Kronhorn, weiches Sohlenhorn, Konsistenzveränderungen in Bereich der weißen Linie. Die Einteilung der Tiere nach Beurteilung der Hornqualität ist in Tabelle 2 aufgeführt.

Die Probenmaterialien wurden bezüglich der Gehalte an Zink, Kupfer (Atomabsorptionsspektrophotometrie) und Selen (Fluorometrie bzw. im Vollblut Glutathionperoxydase als Indikatorenzym, Heikens 1992) überprüft. Im Hufhorn

**Tab. 1:** Anzahl und Verteilung der Pferde auf Rassen und Betriebe  
Number and distribution of horses in relation to breed and stables

Rasse	Tiere (n)	Betriebe(n)
Warmblut	37/34/31 <sup>1)</sup>	13
Vollblut	10/10/9	5
Kaltblut	12/10/10	2
Pony	4/4/2	3

<sup>1)</sup> n bei 1., 2. und 3. Probenahme

erfolgten zusätzlich Untersuchungen zum Aminosäurenmuster sowie Härtemessungen nach Shore D (DIN 53505, spitzer Eindringkörper, 15 sec. Eindringzeit, Härteskala 0–100, wobei 0 der kleinsten und 100 der größten Härte entspricht; das Probenmaterial wurde zuvor bis zur Gewichtskonstanz gewässert).

Die Ergebnisse, wiedergegeben als Mittelwerte (Mw) ± Standardabweichung (SD), wurden anhand der mehrfaktoriellen Varianzanalyse (SAS; Faktoren: Zeit der Probenahme, Alter, Rasse, Hufhornqualität) geprüft. Für jedes Pferd erfolgte eine Mittelwertbildung über alle Proben; ausgenommen hiervon waren Tiere mit auffälliger Hufhornfestigkeit, für die nach der 1. bzw. 2. Probengewinnung durch die Tierbesitzer eine Änderung in der Fütterung vorgenommen wurde (Einsatz von Mineralfutter) bzw. eine gezielte Zulage eines zinkhaltigen Ergänzungsfutters (520 mg Zn/Tag) erfolgte. Von diesen Pferden wurden die Werte aus der 2. und 3. Probenahme separat berücksichtigt.

**Tab. 2:** Verteilung der Pferde nach der Beurteilung der Hufhornqualität

Distribution of horses related to quality of hoof horn

Hornqualität	intakt	beanstandet	Hornqualität	intakt	beanstandet
Rasse	n	n	Alter	n	n
Warmblut	23	14	≠ 6	9	6
Vollblut	5	5	7–10	16	7
Kaltblut	8	4	11–14	7	6
Pony	2	2	≠ 15	6	6

## Ergebnisse

Die sensorische Beurteilung der Hufhornfestigkeit wurde durch die Härtemessung nach Shore D bestätigt; zu allen Untersuchungszeitpunkten lagen signifikante Unterschiede zwischen intaktem und beanstandetem Hufhorn vor (Tab. 3).

Die Spurenelementgehalte (Zn, Cu, Se) sind in Tabelle 4 aufgeführt. Insgesamt waren für Zink, Kupfer und Selen im Sohlenhorn niedrigere Konzentrationen festzustellen als im Horn aus der Hufhornwand (Kronhorn). Sowohl bei Pferden

**Tab. 3:** Härte des Hufhorns nach Shore D (DIN 53 505) differenziert nach Rasse und Hufhornqualität (Mw ± SD)

Degrees of hardeness according Shore D (DIN 53305) related to breed and hoofhorn quality (mean ± SD)

Pferde	Hornqualität	(n)	Shore-D-Härteeinheiten
Warmblut	intakt	(23)	57,9±2,6 a <sup>1)</sup>
	beanstandet	(13)	52,6±6,4 b
Vollblut	intakt	(5)	58,0±1,2
	beanstandet	(5)	53,1±6,2
Kaltblut	intakt	(8)	58,1±2,3 a
	beanstandet	(4)	51,8±7,8 b
alle Tiere	intakt	(38)	58,0±2,3 a
	beanstandet	(23)	51,8±7,8 b

<sup>1)</sup> unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen

mit intakter als auch mit beanstandeter Hornqualität lagen hochsignifikante lineare Beziehungen zwischen den Spurenelementkonzentrationen in Hornwand und Hornsohle vor. Diese waren bei Selen am engsten (intakt:  $r = 0,85$ ; beanstandet:  $r = 0,91$ ) und bei Zink am weitesten (intakt:  $r = 0,58$ ; beanstandet:  $r = 0,52$ ), während Kupfer eine Zwischenstellung einnahm (intakt:  $r = 0,75$ ; beanstandet:  $r = 0,78$ ).

Signifikante Unterschiede in Abhängigkeit vom Alter waren nicht festzustellen, während für Zink und Selen Rassenunterschiede auftraten. Im Hufhorn der Kaltblutpferde lagen die höchsten, in dem der Vollblüter die niedrigsten Zn-Konzentrationen vor. Bei Selen war das Gegenteil der Fall.

Bei intaktem Hufhorn wurden sowohl im Kron- als auch im Sohlenhorn signifikant höhere Zn-Konzentrationen gefunden als bei beanstandeter Hufhornfestigkeit. Entsprechende Differenzen waren bei Kupfer und Selen nicht vorhanden.

In Hornproben von 7 Pferden, deren Hufhorn hinsichtlich der Festigkeit deutliche Abweichungen zeigte sowie in Hornproben von 5 Kontrolltieren, wurden Aminosäureanalysen durchgeführt. Statistisch gesicherte Differenzen in Abhängigkeit von der Hufhornqualität waren weder bei S-haltigen (Tab. 5) noch anderen Aminosäuren erkennbar.

Parallel zum Hufhorn wurden Haare, Blut und Futter untersucht. Die Cu-Konzentrationen im Mähnenhaar waren bei Kaltblutpferden am höchsten (Kaltblutpferde:  $11,6 \pm 6,2$ , Warm- bzw. Vollblüter  $6,7$  bzw.  $6,5$  mg/kg fettfreie TS); im Plasma war diese Differenzierung nicht vorhanden. Die Rationen der Kaltblüter wiesen im Mittel mit  $6,5$  mg/kg TS die geringste Cu-Konzentration auf (Warm- bzw. Vollblutpferde  $10,1$  bzw.  $11,2$  mg/kg Futtertrockenmasse). Bei den Vollblutpferden wurden im Haar und im Blut höhere Se-Konzentrationen (Haar:  $386 \mu\text{g/kg}$  fettfreie TS, Vollblut:  $71 \mu\text{g/l}$ ) festgestellt als bei Pferden anderer Rassen. Die signifikant niedrigeren Werte bei den Kaltblutpferden (Haar:  $217 \mu\text{g/kg}$  fettfreie TS, Blut  $24 \mu\text{g/l}$ ) korrespondierten mit geringen Se-Konzentrationen in der Ration (38

**Tab. 4:** Spurenelementgehalte (Zn, Cu, Se) in Hornwand und Hornsohle in Abhängigkeit von Alter, Rasse und Hornqualität (Mw aus 3 Probenahmeterminen; Mw ± SD)

Trace elements (Zn, Cu, Se) in in horn of the wall and sole in dependance on age, breed and hoofhorn quality (mean over 3 sampling periods; mean ± SD)

	(n)	Zink (mg/kg TS)		Kupfer (mg/kg TS)		Selen (µg/kg TS)	
		Wand	Sohle	Wand	Sohle	Wand	Sohle
Alter <sup>1)</sup> (Jahre)	(n)						
≤7	(13)	197,3±23,1	105,6±8,1	4,2±1,0	3,3±0,6	218±43	192±35
8–10	(12)	196,5±21,0	100,7±11,2	4,5±0,8	3,4±0,8	215±64	190±49
≥11	(13)	192,3±24,8	102,3±12,7	5,1±1,1	4,2±1,2	230±74	200±64
Rasse <sup>1)</sup>	(n)						
Warmblut	(23)	195,2±18,5 <sup>a2)</sup>	105,1±9,9 <sup>a</sup>	4,3±0,9	3,4±1,0	229±40 <sup>a</sup>	206±42 <sup>a</sup>
Vollblut	(5)	174,2±17,4 <sup>b</sup>	93,5±10,6 <sup>b</sup>	4,7±1,1	4,0±0,8	293±74 <sup>b</sup>	232±43 <sup>a</sup>
Kaltblut	(8)	215,6±19,1 <sup>c</sup>	106,5±7,7 <sup>a</sup>	5,0±0,3	3,7±0,7	156±46 <sup>c</sup>	140±34 <sup>b</sup>
Hornqualität	(n)						
intakt	(38)	195,3±22,6 <sup>a</sup>	102,9±10,7 <sup>a</sup>	4,6±1,0	3,6±1,0	221±60	194±49
beanstandet	(25)	170,7±29,5 <sup>b</sup>	96,4±14,2 <sup>b</sup>	5,2±1,7	3,9±1,1	241±82	205±52

<sup>1)</sup> Proben von Pferden mit intaktem Hufhorn<sup>2)</sup> Werte mit unterschiedlichen Indizes je Variable sind signifikant verschieden**Tab. 5:** Cystin und Methionin (% der Σ-Aminosäuren im Hufhorn, Mw ± SD)

Cystin and methionine (% of Σ amino-acids in hoofhorn, mean ± SD)

Hornqualität Lokalisation	gut (n=5)		beanstandet (n=7)	
	Wand	Sohle	Wand	Sohle
Cystin	6,96±1,00	5,87±0,68	6,77±0,74	5,62±0,64
Methionin	1,14±0,08	1,28±0,12	1,16±0,09	1,53±0,08

µg/kg TS der Gesamtration). Auch die Zn-Konzentrationen in Haar und Blutplasma differierten zwischen den Rassen (Tab. 6); nur bei diesem Spurenelement bestanden signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Hornqualität. In Fällen beanstandeter Hufhornfestigkeit wurden im Haar sowie in Blutplasma niedrigere Werte festgestellt als bei Pferden mit intaktem Hufhorn; die mittleren Zinkkonzentrationen der Rationen unterschieden sich jedoch nicht. Die Aktivität der alkalischen Phosphatase im Blut von Pferden mit beanstandeter Hufhornqualität war signifikant niedriger als bei den unauffälligen Vergleichstieren.

**Tab. 6:** Zinkkonzentrationen in Haar, Blutplasma und Futter sowie die Aktivität der Alkalischen Phosphatase im Blut (Mw ± SD)

Concentration of zinc in hair, blood plasma, and feed as well as the activity of alkaline phosphatase in blood plasma (mean ± SD)

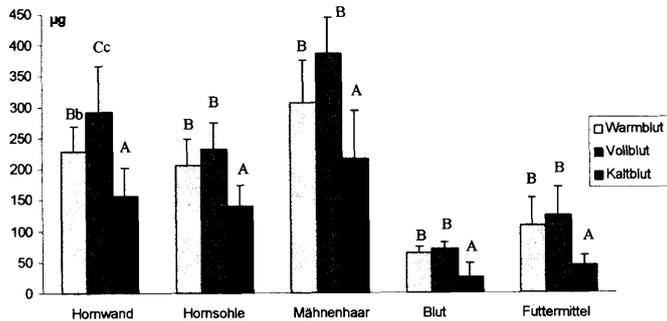
	n	Futter mg/kgTS	Haar mg/kg TS	Plasma		
				Zn, µg/dl	AP, U/l	
Alter <sup>1)</sup>	≤7	13	50,8±11,7	154,7±18,9	67,3±6,7	245±97
(Jahre)	8–10	12	57,6±24,4	144,9±11,3	66,0±8,6	260±81
	≥11	13	62,9±18,5	148,9±11,9	64,9±9,1	270±71
Rasse <sup>1)</sup>	Warmblut	23	55,2±6,6	150,5±14,0 <sup>a</sup>	69,8±6,6 <sup>a</sup>	243±87 <sup>ab</sup>
	Vollblut	5	68,0±11,3	137,7±8,3 <sup>b</sup>	69,4±6,4 <sup>a</sup>	220±64 <sup>a</sup>
	Kaltblut	8	47,3±10,4	155,7±18,1 <sup>a</sup>	55,7±4,8 <sup>b</sup>	320±49 <sup>b</sup>
Hornqualität	intakt	38	54,6±9,5	149,6±14,7 <sup>a</sup>	66,1±8,0 <sup>a</sup>	259±82 <sup>a</sup>
	beanstandet <sup>2)</sup>	25	57,8±19,6	143,1±7,1 <sup>b</sup>	61,7±5,8 <sup>b</sup>	216±59 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Haarproben von Pferden mit intaktem Hufhorn<sup>2)</sup> Werte mit unterschiedlichen Indizes je Variable sind signifikant verschieden

## Diskussion

Ein Alterseffekt auf die Spurenelementgehalte (Zn, Cu, Se) im Hufhorn sowie in Haar und Blut ist nach vorliegenden Daten nicht vorhanden.

Beim Rassenvergleich fielen vor allem für Selen Unterschiede auf. Tatsächlich jedoch handelt es sich hierbei nicht um einen wirklichen Rasseeffekt (Abb. 1), sondern um einen



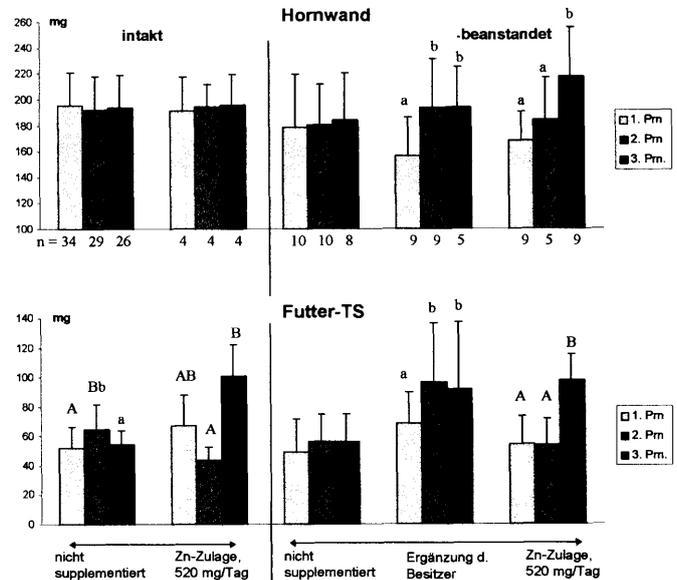
**Abb. 1:** Selengehalte in den verschiedenen Substraten von Warm-, Voll- und Kaltblutpferden (µg/kg TS bzw. /l Blut; unterschiedliche Groß- bzw. Kleinbuchstabenkennzeichen hoch- bzw. einfach-signifikante Unterschiede)

Selenium in several substrates of warm-blooded horses, thoroughbreds and coldblooded horses (columns from left to right, µg/kg DM and µg/l respectively; different letters indicate significant differences – A/B etc. p<1%, a/b etc. p<5%)

fütterungsbedingten Unterschied. Die Ration der Voll- und Warmblutpferde war im Mittel signifikant selenreicher als die der Kaltblüter. Diese Differenzierung findet sich in allen untersuchten Substraten wieder.

Bei Zink hingegen deutet sich ein Einfluß der Rassenzugehörigkeit an. Die Rationen der Kaltblutpferde wiesen die geringste Zinkkonzentration auf, entsprechend niedrig waren auch die Plasmazinkgehalte. Im Hufhorn der Pferde dieser Rasse wurde jedoch die höchste Zinkkonzentration gefunden. Auffällig ist in diesem Zusammenhang, daß bei den Kaltblutpferden einerseits die niedrigsten Zinkkonzentrationen im Blut beobachtet wurden, andererseits die mittlere Aktivität der alkalischen Phosphatase am höchsten lag. Zinkkonzentrationen im Blut, die wiederholt unter 60 µg/dl liegen, können als Indikator einer knappen oder unzureichenden Zinkversorgung angesehen werden (Meyer 1995). Bei einem Zinkdefizit bzw. -mangel ist allerdings auch die Aktivität der alkalischen Phosphatase herabgesetzt (Harrington et al. 1973), was bei den Kaltblutpferden nicht festzustellen war (Referenzwerte 143–395 U/l, Kaneko 1989). Daher können die Zinkkonzentrationen im Blut der Kaltblutpferde nicht als Hinweis für einer unzureichenden Zinkversorgung gewertet werden. Auffällig sind die Unterschiede in den Zinkkonzentration des Hufhorns in Abhängigkeit von der Hufhornqualität. Die Parallelität niedriger Zinkgehalte im Kron- und Sohlenhorn bei Pferden mit schlechter Hornbeschaffenheit und korrespondierend geringer Konzentrationen in Haar und Blut weisen auf eine Bedeutung dieses Spurenelementes für die Hufhornzusammensetzung

zung bzw. -festigkeit hin. Da andererseits die Zinkgehalte der Ration bei Pferden mit auffälligem Hufhorn nicht von denen der Vergleichspferde mit gesichert höherer Hufhornhärte abweichen, kann eine primär knappe oder defizitäre Zinkversorgung offenbar nicht Ursache der schlechteren Hufhornqualität sein. Die bei auffälligen Tieren niedrigeren Werte für die Aktivität der alkalischen Phosphatase deuten vielmehr auf eine Veränderung im Zinkhaushalt, evtl. mit einer verminderten Zinkverwertung hin. Dennoch scheint eine zusätzliche Zinkgabe die Zinkkonzentration im Hufhorn zu erhöhen (Abb. 2). Die i.d.R. auch Zink enthal-



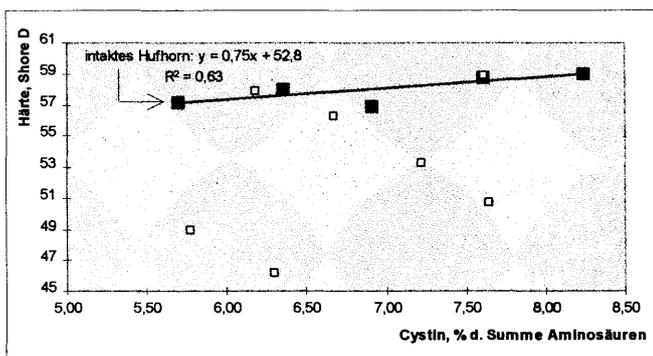
**Abb. 2:** Zinkgehalte in Hornwand und Futtermitteln (mg/kg TS) der einzelnen Tiergruppen im Verlauf des Untersuchungszeitraumes (unterschiedliche Groß- bzw. Kleinbuchstaben kennzeichnen hoch- bzw. einfach-signifikante Differenzen; Prn. = Probenahmetermin, Abstand der Probenahmen mind. 4 Monate)

Zinc concentrations in hoofhorn (wall) and ration (mg/kg DM) for several groups of horses during the investigation period (different letter indicate significant differences – A/B etc p<1%, a/b etc p<5 %, Prn. = time of sample collection, 3 repeating intervals of min. 4 month)

tenden Ergänzungen, die von den Tierhaltern eingesetzt wurden, vor allen aber die gezielte Zinksupplementierung (520 mg/Tier x Tag) ergaben eine Erhöhung der Gehalte im Kronhorn. Ein Supplementierungseffekt war allerdings nur bei den Pferden mit beanstandeter Hufhornqualität festzustellen; obwohl die Zinkkonzentration in der Ration zinksupplementierter Kontrollpferde von knapp 70 (1. Probenahme) auf rd. 100 mg/kg TS (3. Probenahme) anstieg, blieb die Konzentration dieses Spurenelementes im Hufhorn konstant. Die Veränderung der Zinkkonzentration im Horn aus dem tragrandnahen Wandbereich ist bemerkenswert, da innerhalb der ca. 4monatigen Beprobungsintervalle (d.h. mind. 8 Monate zwischen 1. und 3. Untersuchung) eine vollständige Erneuerung des Kronhorns aufgrund der üblichen Wachstumsgeschwindigkeit (Josseck 1991) nicht erfolgt sein dürfte. Ob besondere Austausch-

vorgänge zwischen der gut durchbluteten Lederhaut und dem Horngewebe, die den Anstieg der Zinkkonzentration im Hufhorn erklären könnten, erfolgen, bedarf noch der Klärung. Hinweisend hierfür ist die beim Pferd nachgewiesene Aktivität einer ATPase an den Zellmembranen in der Mittelzone des Kronhorns (Bolliger 1991). Dieses normalerweise nur im Statum geminativum der Epidermis vorkommende Enzym soll für aktive Transportvorgänge verantwortlich sein (Bolliger und Geyer 1992). Vergleichbare Veränderungen in Abhängigkeit von einer Zinksupplementierung sind allerdings im langsamer wachsenden Sohlenhorn, aber auch in Haar und Blut nicht darzustellen.

Aufgrund der mehrfach beschriebenen Bedeutung S-haltiger Aminosäuren für die Festigkeit des Hufhorns (Larson et al. 1956, Ekfalck et al. 1985, Ekfalck 1990) wurde eine Differenzierung im vorliegenden Untersuchungsmaterial erwartet. Die mittleren prozentualen Anteile von Cystin und Methionin an der Summe der Aminosäuren differierten jedoch nicht in Abhängigkeit von der Hufhornqualität. Dennoch besteht ein Zusammenhang zwischen der Hufhornhärte (Shore D) und dem relativen Cystingehalt (Abb. 3). Bei der Keratogenese erfolgt zum einem ein direkter Einbau von Cystin in den aushärtenden Zellverband, zum anderen aber auch die Oxydation von Sulfhydryl- zu Disulfidgruppen (Larson et al. 1956, Ekfalck et al. 1985, Ekfalck 1990). Möglicherweise sind derartige Vorgänge bei schlechter Hufhornqualität verändert. Hierfür spricht der Befund, daß nur bei qualitativ einwandfreiem Horn die Härte (Shore D) in linearer Beziehung zum Cystinanteil an den Aminosäuren steht (Abb. 3), während dieser Zusammenhang für Material von beanstandeter Festigkeit nicht vorliegt.



**Abb. 3:** Härte des Hufhorns (y, Shore D) in Abhängigkeit vom Cystingehalt (x) bei intakter ■ und beanstandeter □ Hufhornfestigkeit

Hardeness of hoofhorn (Shore D) in dependance on cystine in cases of intact ■ and inferior □ hoofhorn quality

## Schlußfolgerungen

Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, daß der Zinkstatus bei Pferden mit schlechter Hufhornfestigkeit verändert ist. Ursache ist vermutlich nicht eine ungenügende Zinkzufuhr, sondern eher eine Beeinträchtigung der Zinkverwertung. Im Rahmen diätetischer Maßnahmen ist

eine Zinksupplementierung zu begründen, während allgemeine Zulagen von Spurenelementen nicht indiziert sind. Durch eine erhöhte Zinkzufuhr kann nach vorläufigen Befunden die Zinkkonzentration im Hufhorn beeinflusst werden; unklar ist allerdings noch, ob hierdurch auch eine Erhöhung der Hufhornfestigkeit erreicht werden kann.

Die Perspektiven einer Beifütterung von S-haltigen Aminosäuren sind noch nicht abschließend zu bewerten, da der Anteil von Cystin und Methionin an den Aminosäuren insgesamt bei schlechter Hufhornqualität nicht verringert ist.

## Literatur

- Bolliger, C. (1991): The equine hoof- morphological and histochemical findings. Zürich, Vet. Med. Fakultät der Uni Zürich, Diss.
- Bolliger, C. und Geyer, H. (1992): Zur Morphologie und Histochemie des Pferdehufes. Pferdeheilkunde 8, 269–286
- Butler, K. D. JR. and Hintz, H. F. (1977): Effects of level feed intake and gelatin supplementation on growth and quality of hoofs of ponies. J. Anim. Sci. 44, 257–261
- Ekfalck, A. (1990): Amino acids in different layers of matrix of the normal equine hoof: Possible importance of the amino acid pattern for research on laminitis. J. Vet. Med. B. 37, 1–8
- Ekfalck, A., Funkquist, B. and Obel, N. (1985): Incorporation of L- 75 Se- cystine in tissue fragments from the matrix of the hoof and the claw- a tool for studying the pathogenesis of laminitis? Equine Vet. J. 17, 377–380
- Harrington, D. D., Walsh, J. and White, V. (1973): Clinical and pathological findings in the horse fed zinc- deficient diets. Proc 3rd. Equine Nutr. Phys. Sym., Univ. Florida, Gainesville 51–54
- Heikens, A. (1992): Untersuchungen zum Selengehalt in wirtschaftseigenen Futtermitteln und zur Selenversorgung von Pferden und Wiederkäuern in Ostfriesland. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Josseck, H. (1991): Hufhornveränderungen bei Lipizzanerperden und ein Behandlungsversuch mit Biotin. Untersuchungen des makroskopischen Hufstatus und des Hornwachstums zum Verlauf des Plasmabiotinspiegels und über genetische Grundlagen der Hufhornschäden. Zürich, Vet. Med. Fakultät der Univ. Zürich, Diss.
- Kaneko, J. J. (1989): Clinical Biochemistry of Domestic Animals. 4th ed., Academic Press, Inc.
- Larson, B., Obel, N. and Aberg, B. (1956): On the biochemistry of keratinisation in the matrix of the horses hoof in normal conditions and in laminitis. Nord. Vet.- Med. 8, 761–776
- Meyer, H. (1995): Pferdefütterung. 3. Aufl. Verlag Blackwell, Berlin
- Wagner, C. (1985): Untersuchungen zum Einfluß der Fütterung auf die Klauengesundheit von Milchkühen unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse im Landkreis Wesermarsch (eine Feldstudie). Hannover, Tierärztl. Hochsch. Diss.

M. Coenen  
Stefanie Spitzlei

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