

Über die Verwertung und Wirkung organischer Mg-Verbindungen bei ruhenden und arbeitenden Pferden

H. Meyer, S. von Bieberstein, J. Zentek, M. Kietzmann und A. Nyari

Institut für Tierernährung der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Einleitung

Magnesium ist nicht allein als essentieller Nährstoff maßgebend, in höheren Dosen dient es bei verschiedenen Tierarten (Ratte: 200 mg/kg LM/d; Rind und Schwein 40 bis 60 mg/kg LM/d) auch zur Dämpfung von Steißreaktionen (Kämmerer et al., 1984; Niemack et al., 1978; Niemack 1985).

In dieser Indikation wird es in der Praxis auch beim Pferd versucht (Niemack, 1985); allerdings liegen darüber noch keine experimentellen Daten vor.

In zwei Versuchen wurde daher überprüft:

- die Verdaulichkeit verschiedener organischer und anorganischer Mg-Verbindungen und
- der Einfluß dieser Verbindungen auf verschiedene Leistungsparameter arbeitender Pferde.

Zusätzliche Erkenntnisse konnten über die Höhe der Mg-Gehalte im Schweiß, den postprandialen Verlauf der renalen Mg-Exkretion, den Mg-Gehalt im Plasma und somit über diagnostische Möglichkeiten zur Beurteilung der Mg-Versorgung des Pferdes gewonnen werden.

Material und Methodik

Die Versuche erfolgten in zwei Abschnitten (Tab. 1). Die Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel zeigt Tabelle 2.

Im Versuch A erhielten 3 Pferde (LM 220 kg) nach einer zeitgleichen Kontrollperiode jeweils eine der drei angegebenen Mg-Verbindungen, so daß ein möglicher Einfluß der variierenden klimatischen Bedingungen sowie der Versuchsdauer (von Januar bis Juni) ausgeschlossen werden konnte. In 5tägigen Verdauungsversuchen mit 3tägigen Harnsammelperioden (12 Std. bei 2stündiger Fraktionierung) wurden Mg-Verdaulichkeit sowie Höhe und Verlauf der renalen Mg-Abgabe geprüft. Die auf dem Laufband bewegten Pferde trugen einen Schweißsattel, so daß

Zusammenfassung

Mit 3 Pferden wurden in Bilanzversuchen die Nettoabsorption von Magnesium, die renale Exkretion und die Mg-Gehalte im Schweiß und Blutplasma untersucht (Zulage von 30 mg Magnesium als Oxid, Citrat, Aspartat-HCl zu einem Grundfutter, das eine Zufuhr von 14 mg Mg/kg LM/d sicherstellte). Parallel wurden die Pferde (sowie in einem 2. Versuch 3 weitere Pferde mit einer Mg-Aspartat-HCl-Zulage von 60 mg Mg/kg LM/d) auf einem Laufband für 1 bzw. 1,5 Std. belastet, das Herz-Kreislauf-System überwacht sowie Laktat, Pyruvat im Blut und Kortisol, Glukose, CK, AST und Magnesium im Plasma bestimmt. Von den verschiedenen Mg-Verbindungen erreichten die organischen die höchste scheinbare Verdaulichkeit. Der Plasma-Mg-Spiegel wurde durch die Zulage von 30 mg Mg/kg LM/d um rd. 0,25 und nach Zulage von 60 mg Mg/kg LM/d um 0,50 mmol/l erhöht. Der Mg-Gehalt im Schweiß stieg von 25 (Kontrollperiode ohne Zulage) auf 75 bis 100 mg/l an. Belastungsversuche zeigten keine Unterschiede für die untersuchten Parameter in den Perioden mit und ohne Mg-Zulage. Die renale Mg-Exkretion verlief postprandial glockenförmig und zeigte während der Bewegung eine Depression.

Utilization and effect of Mg-formulations in horses at rest and work

Apparent digestibility, renal excretion and Mg-concentrations in sweat were evaluated in digestion and balance trials with 3 horses (supplementation of 30 mg magnesium as oxide, citrate, and aspartate-hydrochloride to a basic food providing 14 mg Mg/kg BW/d). The horses (additionally 3 horses in a consecutive experiment with a supplement of 60 mg Mg/kg BW/d as aspartate-hydrochloride) were exercised on a treadmill (1 resp. 1.5 hours) with simultaneous monitoring of the circulatory system and evaluation of lactate and pyruvate in blood, cortisol, glucose, CK, AST, and magnesium in plasma. Organic Mg-supplements were higher digested, but not statistically significant. Mg-concentrations of plasma were raised by 0.25 resp. 0.50 mmol/l after the addition of 30 and 60 mg Mg/kg BW. Mg-concentrations in sweat were raised from 25 (control period) to 75-100 mg/l by Mg supplementation. Treadmill running had no influence of the Mg-supply on the blood-chemical parameters. Renal Mg-excretion followed a bell-shaped curve with a depression during exercise.

Schweißmenge und -zusammensetzung erfaßt werden konnten (zur Methodik Meyer et al., 1990 a).

In Periode B mit verdoppelter Zulage von Mg-Aspartat-HCl wurden Belastungszeit und -geschwindigkeit erhöht. Von den 3 Versuchspferden (235 kg LM) wurden je 2 zeitgleich geprüft (1 Pferd ohne und 1 mit Zulage), bei insgesamt vier Läufen je Tier.

Venöses Blut wurde aus der ungestauten V. jugularis entnommen, 10 ml sofort in ein Eisbad überführt und mit Perchlorsäure enteiweißt. Zur Bestimmung von Laktat und Pyruvat dienten die Testsätze der Fa. Sigma Diagnostics. Eine weitere Probe wurde in einem heparinisierten Röhrchen entnommen und zur Plasmagewinnung 10 Min. bei 3000 g zentrifugiert.

Zur Bestimmung von Glukose (Testsatz der Fa. Boehringer) wurde das frisch gewonnene Plasma mit 0,6%iger Perchlorsäure enteiweißt. Die Aktivitäten der Enzyme Aspartat-Aminotransferase (AST) und Creatinkinase (CK) wurden mit Testsätzen der Fa. Sigma Diagnostics, die Mg-Konzentration atomabsorptionsspektrophotometrisch gemessen.

Der Cortisolgehalt wurde mittels eines Enzymimmunoassays (Fa. Biermann, Bad Nauheim) analysiert.

Tab. 1: Versuchsanstellung

	Versuch A	Versuch B
n	3	3
Futtermenge, g/kg LM		
Heu	7	7
Mischfutter ¹	7	7
Mg-Aufnahme, mg/kg LM/d		
ohne Zulage	14	30
mit Zulage	44 ²	87 ³
Verdauungsversuche	je 7 Tage	–
Belastung, Laufband ⁴	3x	4x
Dauer, Min.	60	90
Intensität, m/Min.	220	250
Blutprobennahme	vor und nach Belastung	vor und nach Belastung
Umgebungstemperatur, °C	5–20	15–25

¹ Vorwiegend Hafer (95%), 2% Weizenbrotmehl bzw. Maiskleber sowie Mineralstoff- und Vitamingeränzungen entsprechend Bedarf.

² Zulage je 30 mg Mg/kg LM als Oxid, Citrat, Aspartat-Hydrochlorid.

³ Zulage 60 mg Mg/kg LM als Aspartat-Hydrochlorid.

⁴ Jeweils 4 Std. ppr.

Die Ergebnisse sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben, der Vergleich zwischen den einzelnen Ergebnissen ($p < 0,05$) erfolgte mittels einfaktorierlicher Varianzanalyse und Tukey-Test bzw. t-Test nach Student (ppr. renale Mg-Exkretion).

Ergebnisse

Futter- und Wasseraufnahme

Die Pferde fraßen das mit den Mg-Verbindungen supplementierte Kraftfutter im allgemeinen gut, nur nach MgO-Zulage war die Aufnahme verzögert, jedoch insgesamt ebenfalls vollständig. Selbst die 10%ige Einmischung von Mg-Aspartat-HCl (Versuch B) in das Mischfutter veränderte die Futteraufnahmegeschwindigkeit nicht.

Auffallend war die Steigerung der Wasseraufnahme nach Zulage der Mg-Verbindungen (Versuch A). Bei allen drei Substanzen in gleicher Weise ausgeprägt, fiel sie vor allem in den ersten 4 Std. nach Beginn der Futteraufnahme auf. Die Kotkonsistenz wurde durch die Mg-Zulagen nicht beeinflusst (keine Abnahme der Kottrockensubstanz).

Mg-Stoffwechsel

– Verdaulichkeit

Das Magnesium aus der Grundration wurde zu rund 30 % scheinbar verdaut (Tab. 3), aus den organischen Mg-Verbindungen zu einem höheren Prozentsatz. Da die Mg-Aufnahme in der Kontroll- und Versuchsperiode unterschiedlich war, wurde auch die wahre Verdaulichkeit unter Annahme einer gleichbleibenden endogenen fäkalen Mg-Ausscheidung berechnet. Auch nach dieser Korrektur wird

Tab. 2: Zusammensetzung der verwendeten Futtermittel (g/kg)

	Heu		Kraftfutter	
	A	B	A	B
Rohprotein	64	130	103	109
Rohfett	13	14,4	49	50
Calcium	3,07	3,10	4,04	4,21
Phosphor	1,46	1,60	2,63	2,78
Magnesium	0,90	1,68	1,03	2,57

Tab. 3: Verdaulichkeit des Magnesiums (Versuch A)

	Kontrolle	+ MgO	+ Mg-Citrat	+ Mg-Aspartat-HCl
scheinbare Verdaulichkeit %	31,4 \pm 14,0	33,4 \pm 17,0	40,0 \pm 16,8	45,6 \pm 15,6
wahre Verdaulichkeit % ¹	46,7	38,0	44,7	50,4

¹ Berechnet; endogene fäkale Mg-Verluste mit 2 mg/kg LM/d angenommen (Hintz und Schryver, 1972).

deutlich, daß die Verwertung des Magnesiums aus den organischen Mg-Verbindungen tendentiell (nicht signifikant) höher lag als für das Magnesium aus der Grundration oder nach Ergänzung von Mg-Oxid. Die Mg-Verdaulichkeit veränderte sich während der Bewegungsperiode nicht.

– Plasma-Mg-Spiegel

Die Plasma-Mg-Spiegel blieben während der Kontrollperiode im Bereich von 0,8 mmol/l, erreichten nach Zulage verschiedener Mg-Verbindungen jedoch 1 mmol/l und mehr mit der Tendenz zu höheren Werten nach MgO-Verabreichung. Die höhere Dosierung von Mg-Aspartat hatte einen weiteren steigernden Effekt auf die Höhe des Mg-Blutspiegels (Tab. 4).

Tab. 4: Mg-Konzentration im Plasma, 4. und 6. Std. ppr. (mmol/l)

Kontrolle	Kontrolle	Mg-Oxid	Mg-Citrat	Mg-Aspartat-HCl	Mg-Aspartat-HCl
(A)	(B)			(A)	(B)
n 30	32	30	30	30	29
0,74 \pm 0,08 ^a	1,06 \pm 0,12 ^b	1,08 \pm 0,22 ^b	0,9 \pm 0,19 ^c	0,97 \pm 0,15 ^{b c}	1,56 \pm 0,08 ^d

Ein gesicherter Einfluß der Bewegung auf die Plasma-Mg-Spiegel war nicht zu erkennen, allenfalls die Tendenz zu niedrigeren Werten am Ende der Belastung.

– Renale Mg-Exkretion

Die renale Mg-Exkretion lag bei den Durchgängen mit Mg-Zulagen signifikant höher als in der Kontrollperiode. Zwischen den Verbindungen bestanden jedoch keine eindeutigen Abstufungen (Tab. 5). Der postprandiale Verlauf der

Tab. 5: Renale Mg-Ausscheidung (mg/kg LM/12 h; n = 9)

Zulage	Kontrolle	Mg-Oxid	Mg-Citrat	Mg-Aspartat-HCl
Ruhe:	3,46 \pm 1,1 ^a	9,04 \pm 2,2 ^b	8,88 \pm 1,0 ^b	8,09 \pm 1,0 ^b
Belastung:	2,83 \pm 0,3 ^a	8,06 \pm 1,5 ^b	7,61 \pm 1,3 ^b	8,03 \pm 2,0 ^b

renalen Mg-Ausscheidung (Abb. 1) folgte einer typischen Rhythmik mit Anstieg innerhalb von 4 bis 6 Std. nach Futteraufnahme und späterem Abfall auf die Ausgangswerte bis zur erneuten Fütterung. Am Tage mit Bewegung deutet sich während der Belastung bei der hohen Aufnahme eine signifikante Reduktion der renalen Exkretion an.

– Mg-Gehalte im Schweiß

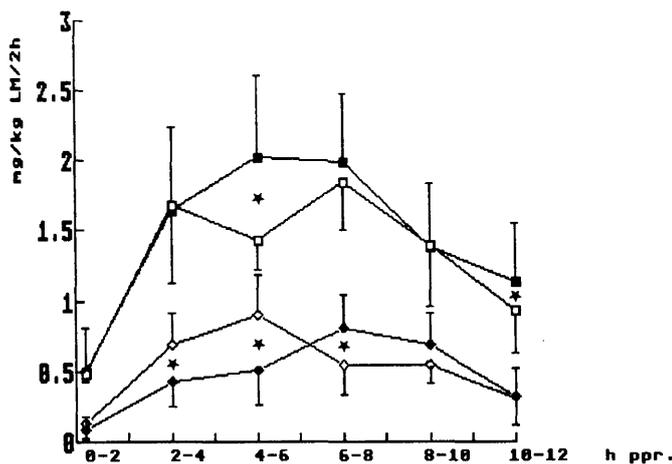
Die Mg-Konzentration im Schweiß lag während der Kontrollperiode bei 25 mg/l und stieg nach Supplementierung deutlich an. Zwischen der Konzentration im Plasma und im Schweiß bestand eine gesicherte Beziehung ($r = 0,57^*$, $n = 27$; Tab. 6).

Tab. 6: Mg-Konzentration im Schweiß (mg/l)

Zulage	Kontrolle	Mg-Oxid	Mg-Citrat	Mg-Aspartat-HCl
n	6	4	7	6
0-30 Min.	- ¹	94,3 ± 14,4	131,3 ± 75,4	112,7 ± 63,8
30-60 Min.	- ¹	55,3 ± 5,7	78,1 ± 33,0	85,6 ± 49,7
0-1 Std.	24,6 ± 15,0	74,8 ± 8,38	104,8 ± 53,7	96,7 ± 53,3

¹ Nur Sammelprobe über 60 Min.**Einfluß auf klinische und klinisch-chemische Parameter**

Die Mg-Zulagen hatten keinen Einfluß auf Herz- und Atemfrequenz sowie die Körpertemperatur bei Belastung (Tab. 7). Auch die gemessenen Parameter des Energiestoffwechsels (Pyruvat, Laktat), des Muskelstoffwechsels (Creatinkinase) sowie das Kortisol wiesen keine gerichteten Veränderungen bei hoher Mg-Zulage auf.

**Abb. 1:** Renale Mg-Exkretion. Mg-Zulage mit (□) bzw. ohne (■) Bewegung; Kontrolle mit (◆) bzw. ohne (◇) Bewegung.**Diskussion**

Die Mg-Zulagen beeinflussten mit Ausnahme von Mg-Oxid die Akzeptanz der Ration nicht. Vom Mg-Oxid ist von Rindern bekannt, daß es bei Gehalten im Kraftfutter von mehr als 5 % schlechter akzeptiert wird (Oostendorp und Harmsen, 1961). Das Pferd scheint bereits bei weniger als 1 % MgO im Futter mit einer zögernden Aufnahme zu reagieren. Die Mg-Zulagen verursachten keine auffälligen Veränderungen der Kot-Trockensubstanz, doch die erhöhte

Wasseraufnahme bei allen Mg-Zulagen – und zwar nahezu ausschließlich in den ersten 4 Std. nach Fütterungsbeginn – sprechen für eine temporär erhöhte Wassersekretion und -retention im Darm durch die erhöhte Mg-Aufnahme.

Die Plasma-Mg-Spiegel stiegen nach der Mg-Zulage deutlich an. Auffallend sind die in der Tendenz eher höheren Werte nach Mg-Oxid, obwohl die resorbierte Menge kleiner als nach Zulage der organischen Mg-Verbindungen war, was durch eine unterschiedliche intrazelluläre Aufnahme erklärt werden könnte. Die Beziehung zwischen absorbiertes und renal ausgeschiedener Mg-Menge differenziert sich aufgrund dieser Beobachtungen zwischen den Verbindungen (Tab. 5).

Die geringere renale Mg-Ausscheidung nach Mg-Aspartat-HCl trotz höherer Absorption könnte auf eine vermehrte Retention sowohl im Weichgewebe als auch im Knochen beruhen, wie in früheren Untersuchungen (Classen et al., 1973) beschrieben. Eine signifikante Erhöhung der Mg-Retention nach Mg-Aspartat bestand nicht, vermutlich wegen der relativ kurzen Beobachtungszeit.

Die renale Mg-Exkretion stand in deutlicher Beziehung zu der Höhe des Mg-Spiegels im Plasma ($r = 0,76^*$, $n = 12$). Der Anteil des filtrierbaren Magnesiums im Plasma dürfte bei den verschiedenen Verbindungen in ähnlicher Größenordnung gelegen haben.

Der Verlauf der renalen Mg-Ausscheidung (Abb. 1) folgte dem schon früher beschriebenen Rhythmus (Meyer et al., 1990 b). Magnesium wird vorrangig im Dünndarm absorbiert (Meyer et al., 1982), so daß der nach der Futteraufnahme rasche Anstieg der renalen Exkretion verständlich ist.

Der Mg-Gehalt im Schweiß wird nach den bisherigen Unterlagen mindestens von zwei Faktoren beeinflusst: der Dauer des Schwitzens und der Höhe des Plasma-Mg-Spiegels. Der Einfluß der Bewegungsdauer – auch aus früheren Untersuchungen bekannt (Meyer et al., 1990 a) – ist möglicherweise durch anfänglich größere Beimischungen an Zelldetritus zu erklären. Bisher ist jedoch nicht geprüft, ob sich bei längerer Bewegungsdauer ein Plateau im Mg-Gehalt vom Schweiß einstellt. Der Rückgang von der 1. zur 2. Halbstunde ist jedoch größer als der von der 1. zur 2. Std. (Meyer et al., 1990 a). Andererseits ist offenbar aber auch der Plasma-Mg-Spiegel für die Höhe des Mg-Gehaltes im Schweiß verantwortlich. Wegen des hohen Gradienten zwischen Plasma und Schweiß ist diese Beziehung nicht durch einfache Diffusionsvorgänge zu erklären.

Tab. 7: Veränderungen klinischer und klinisch-chemischer Parameter nach körperlicher Belastung und Supplementierung mit Mg-Aspartat-HCl (je 3 Pferde, 3 bzw. 4 Meßperioden)

Mg-Zulage Belastung	Versuch A				Versuch B			
	ohne		mit		ohne		mit	
	vor	nach	vor	nach	vor	nach	vor	nach
Atemfrequenz/Min.	12 ± 1,6 ^a	108 ± 26 ^b	15 ± 1,8 ^a	112 ± 23 ^b	21 ± 0,5 ^a	139 ± 4,1 ^c	20 ± 0,6 ^a	131 ± 7,4 ^c
Herzfrequenz/Min.	39 ± 1,0 ^a	83 ± 6,2 ^b	39 ± 1,6 ^a	83 ± 5,9 ^b	47 ± 0,5 ^a	128 ± 3,0 ^c	44 ± 2,5 ^a	115 ± 6,2 ^c
Körpertemp., °C	37,7 ± 0,1 ^a	39,4 ± 0,4 ^b	37,7 ± 0,2 ^a	39,4 ± 0,2 ^b	37,6 ± 0,2 ^a	40,2 ± 0,1 ^b	37,5 ± 2,3	40,0 ± 0,3 ^b
Laktat, mmol/l	0,59 ± 0,15 ^{ab}	0,78 ± 0,27 ^a	0,42 ± 0,06 ^b	0,70 ± 0,17 ^a	0,71 ± 0,05 ^a	2,09 ± 0,19 ^c	0,69 ± 0,02 ^a	1,81 ± 0,03 ^c
Pyruvat, mmol/l	48 ± 16 ^a	52 ± 20 ^{ad}	33 ± 5,0 ^a	49 ± 11 ^a	85 ± 13 ^b	189 ± 29 ^c	81 ± 12 ^{bd}	173 ± 18 ^c
CK, U/l	51 ± 15 ^{abc}	67 ± 12 ^{acd}	39 ± 7,0 ^b	51 ± 16 ^{abc}	41 ± 4,0 ^{ce}	75 ± 12 ^d	35 ± 8,0 ^c	57 ± 7,0 ^{abcd}
Kortisol, nmol/l	172 ± 73 ^{acd}	150 ± 67 ^{ad}	273 ± 82 ^{bc}	185 ± 85 ^c	96,3 ± 17,4 ^a	110 ± 32,3 ^{ad}	219 ± 82,5 ^{bc}	110 ± 32,3 ^{ad}
Glucose, mmol/l	4,8 ± 1,0 ^a	4,7 ± 1,2 ^a	5,2 ± 0,3 ^a	5,0 ± 0,5 ^a	5,4 ± 0,1 ^a	7,0 ± 0,5 ^b	5,3 ± 0,5 ^a	7,3 ± 0,5 ^b
AST, U/l	—	—	—	—	36 ± 22 ^a	77 ± 5,0 ^b	47 ± 11 ^a	78 ± 5,0 ^b

Schlussfolgerungen

1. Der Mg-Bedarf des Pferdes kann im Erhaltungsbedarf, wie auch früher postuliert (*Hintz und Schryver, 1972; Meyer, 1979*), durch 12 bis 15 mg/kg LM/d gedeckt werden. Bei dieser Menge wird ein normaler Mg-Spiegel im Blut erreicht.
2. Bei arbeitenden Pferden steigt der Mg-Bedarf infolge Mg-Verlusten über den Schweiß. Bei 1- bis 2stündigen Belastungen ist ein zusätzlicher Bedarf von 1,3 bis 2,5 mg/kg LM/d (0,65 bis 1,3 g/Pferd, 500 kg LM) zu erwarten, der jedoch im allgemeinen durch die notwendige höhere Futtermenge (rd. 2 kg Kraftfutter) abgedeckt wird. Bei längerdauernden Bewegungen ohne Zwischenmahlzeiten können dagegen Versorgungslücken entstehen, die aber bei Pferden nach Distanzritten aufgrund von Blutanalysen (*Carlson und Mansmann, 1974*) nicht ausgeprägt waren.
3. Bei ausreichender Mg-Versorgung (14 mg/kg LM/d) liegen die Mg-Gehalte im Plasma um 0,75 mmol/l. Werte über 1,0 bis 1,6 mmol/l sprechen für eine deutlich erhöhte Mg-Aufnahme, während umgekehrt erst bei Unterschreiten von 0,65 mmol/l auf eine ungenügende Mg-Versorgung geschlossen werden muß (*Meyer, 1979*). Neben Plasmawerten kann auch der Mg-Gehalt im Harn (3. bis 5. Std. ppr.; s. Abb. 1) für die Beurteilung der Mg-Versorgung herangezogen werden. Die Relation von Creatinin zu Magnesium (jeweils in mg pro l) von über 7,5 in diesem Zeitraum spricht für eine ungenügende Versorgung (*Meyer und Stadermann, 1990*).
4. Für eine zusätzliche Mg-Gabe zur Dämpfung von Streßreaktionen oder zur Leistungssteigerung bestehen nach vorliegend erfaßten Parametern keine Indikationen. Bei höheren Mg-Applikationen – wie bei anderen Spezies geprüft – sind, abgesehen von den Kosten, Risiken einzukalkulieren (Interferenz mit der Verwertung anderer Elemente, Darm- und Harnsteine, Kotveränderungen oder erhöhter Wasserumsatz), die einer Anwendung in der Praxis entgegenstehen.

Literatur

- Carlson, G., und Mansmann, R.* (1974): Serum electrolyte and plasma protein alterations in horses used in endurance rides. *J. Am. Vet. Med. Ass.* 165, 262–264.
- Classen, H. P. G., Marquardt, P., Späth, M., Ebel, H., und Schumacher, K.-A.* (1973): Vergleichende tierexperimentelle Untersuchungen über die Resorption von Magnesium als Sulfat, Chromid, Aspartat und Aspartat-Hydrochlorid aus dem Magen-Darm-Trakt. *Arzneim.-Forsch. (Drug Res.)* 23, 267–271.
- Hintz, H. F., und Schryver, H. F.* (1972): Mg-metabolism in the horse. *J. Anim. Sci.* 35, 755–759.
- Kämmerer, K., Kietzmann, M., und Kreisner, M.* (1984): Untersuchungen mit Magnesium, 2. Mitteilung: Die Wirkung von Magnesiumchlorid und Magnesiumaspartat-Hydrochlorid auf Streßreaktionen. *Zbl. Vet. Med. A* 31, 321–333.
- Meyer, H.* (1979): Mg-Stoffwechsel und Mg-Bedarf des Pferdes. *Übers. Tierern.* 7, 75–92.
- Meyer, H., Schmidt, M., Lindemann, G., und Muuß, H.* (1982): Praecaecale und postileale Verdaulichkeit. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* 13, 61–69.
- Meyer, H., Heilemann, M., Hipp-Quarton, A., Perez Noriega, H., und Gomda, Y.* (1990 a): Schweißmenge und Schweißzusammensetzung beim Pferd. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* 21, 21–34.

- Meyer, H., Heilemann, M., Perez Noriega, H., und Gomda, Y.* (1990 b): Postprandiale renale Ausscheidung von Calcium, Magnesium und Phosphor bei ruhenden und arbeitenden Pferden. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* 21, 78–85.
- Meyer, H., und Stadermann, B.* (1990): Möglichkeiten zur Bestimmung der Mineralstoffversorgung des Pferdes durch Harnanalysen. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* 21, 86–97.
- Niemack, E. A.* (1985): Magnesium, Mineralstoff – Spurenelement – Heilmittel. *Schw. Arch. Tierheilk.* 127, 597–604.
- Niemack, E. A., Stöckli, F., Classen, H. G., und Helbig, J.* (1978): Überraschende Beruhigungseffekte von Magnesium-Aspartat-Hydrochlorid als neues Anwendungsgebiet in der modernen Nutztierhaltung. *Krankenhausarzt* 51, 489–496.
- Oostendorp, D., und Harmsen, H.* (1961): Magnesium koekjes tegen kopziekte. *Proefstation Wageningen, Med.* 67.

Prof. Dr. H. Meyer
 Institut für Tierernährung
 Tierärztliche Hochschule
 Bischofsholer Damm 15
 D-3000 Hannover 1

Kurzreferat

Die Anwendung der Drahtschlingentechnik zur internen Fixation von Transversal-Gleichbeinfrakturen in der Mitte bzw. im basalen Drittel bei 15 Pferden

(Circumferential wiring of mid-body and large basilar fractures of the proximal sesamoid bone in 15 horses)

B. B. Martin, D. M. Nunamaker, L. H. Evans, J. A. Orsini und S. E. Palmer (1991)

Veterinary Surgery 20, 9–14

Zur Fixation von Transversalfrakturen in der Mitte des Gleichbeines (12 Pferde) sowie im basalen Drittel des proximalen Sesambeines (4 Pferde) wurde eine Drahtschlingentechnik angewandt. Bekannt ist diese Methode zur internen Fixation von Patellafrakturen beim Menschen und beim Hund.

Ein 18-Gauge-Stahldraht wurde bei 5 Pferden um beide Fragmente, bei 10 Pferden durch das proximale und um das distale Fragment geführt. Die Pferde kehrten ins Training zurück, sobald sie klinisch lahmheitsfrei waren und röntgenologisch eine komplikationslose Frakturheilung sichergestellt war.

11 Pferde wurden wieder im Leistungssport eingesetzt, 3 Pferde wurden zur Zucht genutzt, einem Pferd wurde das Gnadenbrot gewährt, und es wurde auf die Weide gestellt. 5 der Sportpferde konnten ihren Leistungsstandard halten oder sogar erhöhen, 6 Pferde waren jedoch nur noch bedingt im Sport einsetzbar, sie erreichten die zuvor erbrachten Leistungen nicht mehr. *Cornelia P. Herbolz*