

Zum Wasser- und Elektrolytgehalt im Verdauungskanal des Pferdes in Abhängigkeit von Wasserzufuhr und Bewegung

H. Meyer, B. Stadermann und M. Coenen

Institut für Tierernährung
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Einleitung

Der Darmkanal des Pferdes enthält nicht unerhebliche Mengen an Wasser und Elektrolyten (Coenen et al., 1990). Im Zusammenhang mit hohen Wasser- und Elektrolytverlusten während längerer Arbeit (Meyer et al., 1990 a) entsteht die Frage, ob der Darm, insbesondere der Dickdarm als Reservoir für Wasser und Elektrolyte dienen kann. Aus diesem Grunde wurden Pferde ante mortem für 2 Stunden bewegt oder nicht bewegt (bei Wasser ad lib. oder nach 20stündiger Wasserkarenz) und die Wasser- und Elektrolytmengen im Darmkanal insgesamt bzw. in verschiedenen Abschnitten erfaßt.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen standen insgesamt 20 Ponys¹ (von 103 bis 206 kg Körpermasse [KM]) zur Verfügung, die auf 4 Gruppen mit den Behandlungsfaktoren Ruhe (R) bzw. Bewegung (B) sowie Wasser ad lib. (W+) bzw. Wasserkarenz (W-) verteilt wurden (Tab. 1).

Die Ration bestand aus Wiesenheu, das mit Kochsalz (4prozentige Lösung) supplementiert und in 2 Mahlzeiten/Tag im Abstand von 12 Stunden angeboten wurde. Heuzusammensetzung sowie Futter-, Wasser- und Elektrolytaufnahmen sind in Tabelle 2 und 3 dargestellt.

Die Tiere stammten überwiegend aus Weidehaltung und wurden mindestens 24 Tage an die Heurration adaptiert. Die Ponys der Gruppen BW+ bzw. BW- wurden nach entsprechendem Training vor der Tötung für 2 Stunden (während der 4. und 5. h ppr.) auf einem Laufband bei

Zusammenfassung

Bei 20 Kleinpferden (103 bis 206 kg KM; Heufütterung: \varnothing 16 g TS/kg KM/d), die ante mortem 2 Stunden auf einem Laufband bewegt wurden oder nicht (bei Wasser ad lib. oder 20stündiger Wasserkarenz), wurden der Wasser- und Elektrolythaushalt im Verdauungskanal sowie die Protein- und Elektrolytkonzentrationen im Plasma bestimmt. Der Wasserbestand des Verdauungstraktes lag bei 143 ml/kg KM (Kontrollgruppe: Ruhe, Wasser ad lib.) und ging bei Wasserkarenz auf 125, nach Bewegung auf 116 bzw. 118 ml/kg KM zurück. Bei der Kombination von Bewegung und Wasserrestriktion stieg der Plasmaeiweißgehalt signifikant an, entsprechend einer Abnahme des Plasmavolumens von rd. 11 Prozent. Der Na-Gehalt im Verdauungskanal (rd. 350 mg/kg KM, Kontrollgruppe) korrelierte mit dem Wassergehalt zu $r = 0,78^{+++}$, für die K- und Cl-Mengen war diese Beziehung weniger straff (K: $r = 0,70^{+++}$; Cl: $r = 0,57^{+++}$). Nach der Bewegung nahm die Na-Konzentration im Dickdarmchymus signifikant, die Gesamt-Na-Menge tendenziell ab. Der Rückgang des gastrointestinalen Cl- und K-Bestandes war demgegenüber weniger ausgeprägt bzw. nicht nachweisbar.

Electrolyte and water content in the gastrointestinal tract of horses according to water supply and exercise

In 20 ponies (103 – 206 kg BW, hay feeding, \varnothing 16 g DM/kg (BW/d) with or without 2 h exercising on a treadmill ante mortem (with water ad lib. or water restriction for 20 h) the intestinal water and electrolyte metabolism and the plasma protein and electrolyte contents were investigated. The amount of water in the intestinal tract was 143 ml/kg BW (control group: resting, water ad lib.) and decrease with water restriction to 125 after exercising to 116 and 118 ml/kg BW, respectively. Combined exercise and water restriction resulted in a significant increase in plasma protein content, corresponding to a reduction of plasma volume of about 11 Percent. The Na content in the intestinal tract (about 350 mg/kg BW, control group) correlated to $r = 0,78^{+++}$ with the water content, this relationship was more moderate for the K or Cl content, respectively (K: $r = 0,70^{+++}$; Cl: $r = 0,57^{+++}$). After exercising the Na concentration in chyme of large intestine decreased significantly, the total amount of sodium tended to decline. In comparison, the reduction of the gastrointestinal amounts of chloride and potassium was less pronounced or not detectable.

Geschwindigkeiten von etwa 170 m/min und Temperaturen von 5 bis 16 °C (Okt. bis Febr.) bewegt. Während der Untersuchungszeit wurden die Tiere zufällig auf die Behandlungsgruppen verteilt, so daß für die Gruppen vergleichbare Umweltbedingungen vorlagen.

Die Pferde der Gruppen RW- bzw. BW- erhielten 20 Stunden a. m. kein Wasser. Dadurch wurde die Futteraufnahme nur geringgradig beeinträchtigt (Tab. 3). Bei allen Tieren wurden vor sowie 6 Stunden nach der Fütterung (in Ruhe bzw. unmittelbar im Anschluß an die Bewegungsbelastung, bei den Tieren der Bewegungsgruppen auch vor der Belastung) Blutproben gezogen und im Plasma Elektrolytkonzentrationen und Gesamteiweißgehalt (Biuret-Methode) bestimmt.

Nach der Tötung (Blutentzug nach Betäubung und Bolzenschuß, 6. h ppr.) wurde der Darmtrakt in toto exentriert, in einzelne Abschnitte separiert (s. Tab. 5 und folgende), der Inhalt nach Trockensubstanz (Exsikkation im Trockenschrank bei 80 °C bis zur Gewichtskonstanz) bestimmt. Für die Analyse der Na- und K-Gehalte stand nach nasser Veraschung das Flammenemissionsverfahren

¹ Die Tiere wurden im Anschluß an die Untersuchungen p. m. zu Lehrzwecken verwendet. Herrn Kollegen Wilkens und den beteiligten Mitarbeitern des Institutes für Anatomie der Tierärztlichen Hochschule Hannover danken wir für die verständnisvolle Kooperation bei der Durchführung der Untersuchungen.

Tab. 1: Versuchsplan

Gruppe		Tiere	
		(n)	KM (kg) ¹
RW +	Ruhe, Wasser ad lib. (Kontrolle)	(5)	174 ± 29
RW -	Ruhe, Wasserrestriktion ²	(5)	164 ± 10
BW +	Bewegung ³ , Wasser ad lib.	(5)	154 ± 30
BW -	Bewegung ³ , Wasserrestriktion ²	(5)	163 ± 15
Tötung jeweils 6 h ppr.			

¹ a. m.² letzte Wasseraufnahme 20 h a. m.³ 2stündige Laufbandbelastung während der 4. und 5. h ppr.**Tab. 2:** Rohrnährstoff- und Mineralstoffgehalte des Wiesenheus (n = 16)

Trockensubstanz	g/kg uS	911 ± 18
Rohasche	g/kg TS	74 ± 12
Rohprotein	g/kg TS	102 ± 15
Rohfett	g/kg TS	15 ± 4
Rohfaser	g/kg TS	324 ± 15
N-freie Extraktstoffe	g/kg TS	485 ± 19
Calcium	g/kg TS	4,1 ± 0,7
Magnesium	g/kg TS	1,4 ± 0,2
Phosphor	g/kg TS	2,1 ± 0,4
Natrium	g/kg TS	0,8 ± 0,5
Kalium	g/kg TS	18 ± 3,0
Chlorid	g/kg TS	8,9 ± 3,8
Kupfer	mg/kg TS	6,9 ± 2
Zink	mg/kg TS	54 ± 38
Eisen	mg/kg TS	410 ± 239
Mangan	mg/kg TS	37 ± 15

(nach *Schubknecht* u. *Schinkel*, 1963), für die Cl-Bestimmung die coulometrische Titration zur Verfügung. Im Plasma wurden die Elektrolytkonzentrationen – methodisch analog – direkt analysiert. Das relative Plasmavolumen wurde anhand der Plasmaproteingehalte berechnet (*Carlson* u. *Harrold*, 1977).

Die statistische Auswertung der Untersuchungen (Angabe als $\bar{x} \pm s$) erfolgte für die Daten des Verdauungskanals mittels 2faktorieller Varianzanalyse für die Behandlungsfaktoren Ruhe/Bewegung bzw. Wasser ad lib./Wasserkarenz. Die Werte der Blutparameter wurden gruppenintern zwi-

schen den verschiedenen Behandlungen mit dem gepaarten t-Test geprüft. Signifikante Differenzen wurden bei einer Überschreitungswahrscheinlichkeit (p) von < 5 Prozent mit den unten genannten Buchstaben gekennzeichnet. Da überwiegend nur einfache Signifikanzen vorlagen, wurde auf eine Differenzierung zwischen einzelnen Signifikanzstufen verzichtet.

Gruppen		a	Behandlung	Ruhe/	
RW +/RW -		a		Bewegung	x
RW +/BW +		b		Wasser +/	
RW +/BW -		c		Wasser -	z
RW -/BW +		d			
RW -/BW -		e			
BW +/BW -		f			

Ergebnisse

Futteraufnahme und Körpermasseveränderungen

Die Versuchstiere nahmen die vorgesehenen Futtermengen weitgehend vollständig auf (Tab. 3), gesundheitliche Störungen traten nicht auf.

Die Körpermasse blieb im Verlauf der Versuche fast unverändert. Die Abnahmen während der Bewegung – ggf. korrigiert für Kot- und Harnabsatz – waren in den beiden Gruppen mit Belastung annähernd identisch (BW + 19 ± 5 bzw. BW- 18 ± 2 g/kg KM).

Chymus- und Wassermenge im Verdauungskanal

Die Trockensubstanzmengen im Verdauungskanal lagen in den verschiedenen Gruppen in gleicher Höhe. Andererseits fiel auf, daß die Chymus- bzw. Wassermenge in der Kontrollgruppe (RW +) um bis zu 21 Prozent bzw. 23 Prozent höher lag als in den drei übrigen Gruppen, die sich in dieser Hinsicht kaum unterschieden – allerdings waren die Wassermengen in den beiden Versuchsgruppen mit Bewegung am niedrigsten (Tab. 4). Aufgrund der hohen Streuung wurde keine Signifikanz erreicht.

Nach der Verteilung der Chymus- und Wassermengen in den einzelnen Darmabschnitten (Tab. 5) enthielt der Dickdarm rd. 80 Prozent des Gesamtwassers. Bei der Gruppe RW- und den beiden Gruppen mit Bewegung bestand die Tendenz zu geringen Wassergehalten im Magen, Colon

Tab. 3: Durchschnittliche Futter-, Wasser- und Elektrolytaufnahme (pro kg KM)

Gruppe (n)	RW + (5)	RW - (5)	BW + (5)	BW - (5)
Futteraufnahme g TS				
Adaptionsphase/d	16,8 ± 3,8	17,6 ± 1,6	17,7 ± 2,4	17,7 ± 2,2
/letzte 2 Mahlz. a. m.	15,3 ± 4,3	14,6 ± 3,0	15,8 ± 2,0	14,9 ± 3,8
/letzte Mahlz. a. m.	6,9 ± 3,2	5,8 ± 2,7	7,0 ± 1,5	6,1 ± 3,2
Wasseraufnahme ml		Depletion		Depletion
/letzte 30 h a. m.	80,5 ± 7,1	44,1 ± 37,1	109,1 ± 21,5	46,3 ± 10,9
/letzte 20 h a. m.	53,7 ± 5,3	-	72,8 ± 11,8	-
/letzte 6 h a. m.	27,0 ± 3,8	-	36,4 ± 9,9	-
Elektrolytaufnahme mg/d				
Natrium	31 ± 7	48 ± 22	46 ± 17	39 ± 14
Kalium	337 ± 89	399 ± 70	389 ± 63	338 ± 58
Chlorid	74 ± 20	163 ± 121	171 ± 113	122 ± 105

Tab. 4: Füllung und Wasserbestand des gesamten Verdauungskanals

Gruppe (n)	RW+ (5)	RW- (5)	BW+ (5)	BW- (5)
g TS/kg KM	14,4 ± 3,7	14,1 ± 4,3	13,7 ± 2,7	13,9 ± 4,4
g uS/kg KM	157,4 ± 31,0	138,9 ± 26,2	129,7 ± 25,3	131,4 ± 32,7
g H ₂ O/kg KM	142,9 ± 28,8	124,8 ± 22,8	116,0 ± 23,5	117,5 ± 28,5

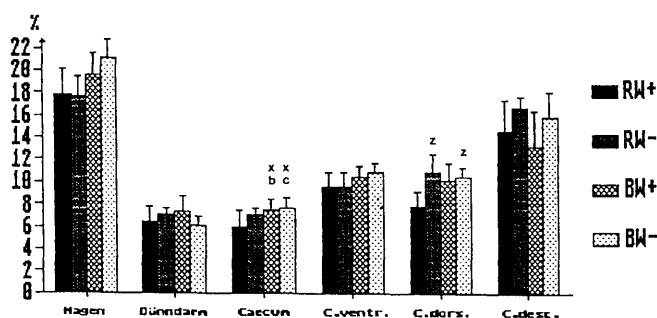
ventrale und dorsale, während sich im Dün- und Blinddarm keine auffälligen Veränderungen abzeichneten. Der Unterschied zwischen Kontrolle (RW+) und der Gruppe BW- betrug im Colon ventrale fast 20 Prozent. Die Veränderungen im Colon descendens sind nicht sicher zu vergleichen, da durch die Bewegung der Transport in das Rektum beschleunigt sein kann. Insgesamt betrug der Rückgang an Wasser im Dickdarm (außer Colon descendens) in den Behandlungsgruppen gegenüber der Kontrollgruppe 13 (RW-) bis rd. 18 ml/kg KM (BW+ bzw. BW-).

Unter den Trockensubstanzgehalten im Chymus (Abb. 1) deuten sich bei den Tieren mit vorheriger Bewegung höhere Werte im Magen, vor allem aber – wie auch bei ruhenden Pferden mit Wassermangel – im Chymus des Colon dorsale an.

Veränderungen des Plasmavolumens

Zur Charakterisierung des Plasmavolumens wurden Plasmaeiweißgehalt und Hämatokrit herangezogen (Tab. 6). Nach 14stündiger Wasserkarenz stieg der Nüchternwert für das Plasmaeiweiß um durchschnittlich 0,31 g/dl. Postprandial nahm der Plasmaeiweißgehalt zu, bei Wassermangel jedoch verstärkt.

Die 2stündige Bewegung erhöhte bei Wasser ad lib. den Plasmaproteingehalt im Mittel nur um 0,11 g/dl, bei

**Abb. 1:** Trockensubstanzgehalte im Chymus einzelner Abschnitte des Verdauungskanals (Prozent).

gleichzeitigem Wasserentzug um 0,99 g/dl. Beim Hämatokrit zeichneten sich ähnliche Veränderungen ab.

Elektrolytgehalte im Verdauungskanal

Der Gesamtbestand an Kalium (Tab. 7) lag um 200 bis 235 mg/kg KM und zeigte keine systematischen Veränderungen in Abhängigkeit von den Behandlungen. Die Na-Mengen erreichten mit 280 bis 350 mg/kg KM (davon rd. 80 Prozent im Dickdarm) deutlich höhere, die Cl-Mengen (rd. 150 mg/kg KM, davon rd. 60 Prozent im Dickdarm) erheblich tiefere Werte. Für Natrium und Chlorid fallen in den Gruppen mit Bewegung geringere Mengen auf, vor allem im Colon ventrale, für Natrium auch im Colon dorsale.

Die Na-Konzentration im Chymus (Abb. 2) stieg im Dünndarm erheblich an und fiel dann kontinuierlich ab. Beim Vergleich der Gruppen mit und ohne Bewegung sind signifikant geringere Konzentrationen bei den bewegten Tieren im Dickdarmbereich auffallend. Die Summe der Na- und K-Ionen änderte sich jedoch nicht, da die K-Konzentrationen im Dickdarmchymus zunahmen.

Tab. 5: Füllung und Wasserbestand in den einzelnen Abschnitten des Verdauungskanals (pro kg KM)

Gruppe (n) Lokalisation	RW+ (5)	RW- (5)	BW+ (5)	BW- (5)
Magen g uS g H ₂ O	14,6 ± 5,1 11,8 ± 4,0	11,6 ± 8,5 9,5 ± 6,7	13,3 ± 5,2 10,8 ± 4,2	9,3 ± 6,7 7,4 ± 5,1
Dünndarm g uS g H ₂ O	16,6 ± 3,0 15,6 ± 3,0	12,9 ± 2,7 12,0 ± 2,6	12,4 ± 4,2 11,5 ± 4,0	15,1 ± 5,1 14,2 ± 4,8
Caecum g uS g H ₂ O	26,4 ± 6,7 24,9 ± 6,7	25,8 ± 4,4 24,0 ± 4,2	25,5 ± 8,2 23,6 ± 7,7	24,1 ± 5,6 22,1 ± 4,8
Colon ventrale g uS g H ₂ O	53,3 ± 18,6 52,8 ± 16,9	49,2 ± 9,8 44,4 ± 8,8	51,3 ± 11,0 45,7 ± 9,7	48,0 ± 15,2 42,8 ± 13,5
Colon dorsale g uS g H ₂ O	33,7 ± 5,0 31,1 ± 4,7	30,8 ± 7,7 27,6 ± 7,2	24,1 ± 6,7 21,7 ± 6,3	30,0 ± 7,6 26,8 ± 6,8
Colon descendens g uS g H ₂ O	7,9 ± 1,6 6,8 ± 1,7	7,4 ± 2,0 6,2 ± 1,6	3,1 ± 1,9 ^{x,b,d} 2,7 ± 1,6 ^{x,b,d}	5,2 ± 2,1 ^{x,c} 4,4 ± 1,6 ^{x,c}

Tab. 6: Mittlere Veränderungen von Plasmaproteingehalt (g/dl) und Hämatokrit (%) im postprandialen Verlauf und unter dem Einfluss von Wasserkarenz und Bewegung

		Plasmaprotein (g/dl)	relatives Plasmavolumen ¹ (%)	Hämatokrit (%)
Wasserkarenz				
Veränderungen nach 14 h (nüchtern)	W + / W -	+ 0,31 ^{ns}	- 4,00 ^{ns}	+ 1,8 ^{ns}
Postprandial				
Veränderungen bis 6 h (Ruhe)	W +	+ 0,23*	- 2,92*	+ 2,3*
	W -	+ 0,31 ^{ns}	+ 3,80 ^{ns}	+ 0,8 ^{ns}
Bewegung (4. + 5 h ppr.)				
	W +	+ 0,11 ^{ns}	+ 0,20 ^{ns}	+ 6,5*
	W -	+ 0,99**	- 11,7**	+ 4,9***

¹ berechnet aufgrund der Veränderungen der Plasmaeiwerte nach *Carlson u. Harold (1977)*
^{ns} = nicht signifikant, *p < 5%, **p < 1%, ***p < 0.1%

Tab. 7: Na-, K- und Cl-Bestand des gesamten Verdauungskanals (mg/kg KM)

Gruppe (n)	RW + (5)	RW - (5)	BW + (5)	BW - (5)
Na	356,1 ± 85,7	324,3 ± 61,3	277,4 ± 47,9	296,8 ± 46,0
K	202,7 ± 48,7	227,9 ± 52,0	235,3 ± 57,8	233,9 ± 95,1
Cl	153,8 ± 29,4	151,7 ± 39,7	141,8 ± 37,3	130,7 ± 33,0

Der Wassermangel führte umgekehrt zu signifikant höheren Na-Gehalten im Magen, aber auch im Dünndarmbereich, während im Dickdarm keine auffallenden Veränderungen entstanden. Die Summe der Na- und K-Ionen blieb bei den Tieren mit Wassermangel höher, die Differenz erreichte jedoch nur im Magen Signifikanz. Die Cl-Konzentrationen (Abb. 3) lagen am Eingang des Verdauungskanals am höchsten und gingen nach distal zurück. Nach Bewegung kam es zu keinen eindeutigen Veränderungen in der Konzentration, während des Wasserentzuges jedoch zu signifikant höheren Konzentrationen im Magen, tendenziell auch im Dünndarm.

Beziehungen zwischen Wasser- und Elektrolytgehalten im Dickdarm

Die Mengen an Natrium, Kalium und Chlorid korrelierten mit den Wassermengen des gesamten Verdauungstraktes mit $r = 0,78^{+++}$ bzw. $r = 0,70^{+++}$ bzw. $r = 0,57^{++}$. In ähnlicher Größenordnung lagen auch die Beziehungen zwischen den genannten Parametern im Dickdarmbereich

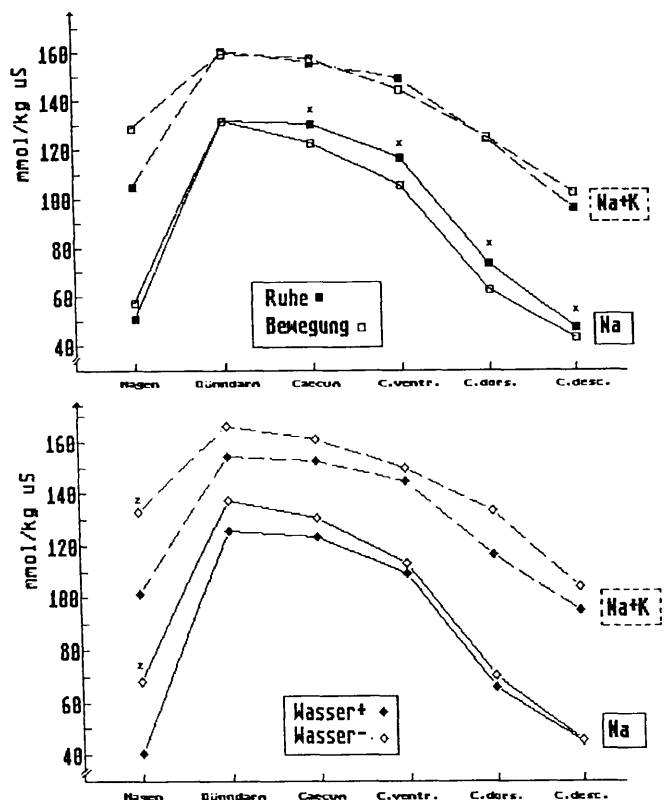


Abb. 2: Na-Konzentrationen und Summe der Na- und K-Konzentrationen im Chymus verschiedener Abschnitte des Verdauungskanals (mmol/kg uS) bei Ruhe bzw. Bewegung (oben) sowie Wasser ad lib. bzw. Wasserkarenz (unten).

Tab. 8: Na-Mengen in verschiedenen Abschnitten des Verdauungskanals (mg/kg KM)

(n) Lokalisation	Gruppe			
	RW + (5)	RW - (5)	BW + (5)	BW - (5)
Magen	12,3 ± 4,2	18,0 ± 15,1	12,9 ± 3,4	13,9 ± 9,9
Dünndarm	48,8 ± 9,6	40,3 ± 9,2	36,1 ± 13,3	48,1 ± 16,5
Caecum	69,6 ± 25,7	78,6 ± 14,1	69,6 ± 24,0	70,4 ± 18,7
Colon ventrale	155,6 ± 55,0	134,4 ± 31,8	121,5 ± 28,8	116,9 ± 25,9
Colon dorsale	55,5 ± 11,7	54,9 ± 17,9	34,1 ± 12,1 ^x	43,5 ± 7,9 ^x
Colon descendes	8,4 ± 2,3	8,0 ± 2,2	3,3 ± 2,2 ^{x,b,d}	5,0 ± 1,6 ^{x,c,e}

Tab. 9: Cl-Mengen in verschiedenen Abschnitten des Verdauungskanals (mg/kg KM)

(n) Lokalisation	Gruppe			
	RW + (5)	RW - (5)	BW + (5)	BW - (5)
Magen	31,4 ± 7,8	36,6 ± 19,8	32,9 ± 14,0	25,0 ± 19,6
Dünndarm	33,4 ± 9,5	29,1 ± 8,2	26,1 ± 9,2	33,2 ± 8,6
Caecum	22,7 ± 7,0	25,3 ± 9,6	30,7 ± 24,5	19,0 ± 4,2
Colon ventrale	42,1 ± 13,9	39,3 ± 13,7	33,5 ± 4,5	30,9 ± 4,4
Colon dorsale	18,9 ± 5,0	16,5 ± 4,7	15,7 ± 1,4	18,8 ± 1,3
Colon descendes	5,3 ± 0,9	5,0 ± 1,4	2,7 ± 1,4 ^{x,b,d}	^x 3,9 ± 1,3 ^x

(Abb. 4), allerdings war die Beziehung beim Kalium deutlich geringer ($r = 0,59^{++}$).

Während die Na-Menge nahezu proportional mit der Wassermenge anstieg (gleichbleibende Konzentration von etwa 110 mmol Na/kg uS), blieben die Cl- und K-Mengen mit steigender Wassermenge geringer.

Elektrolytgehalte im Plasma

Die Wasserkarenz führte nach 14 Stunden beim Chlorid (+5,3 mmol/l⁺⁺⁺), aber auch für Natrium (+3,8 mmol/l) zu einem deutlichen Anstieg der Plasmaspiegel (nüchtern), die zuvor mit annähernd 100 bzw. rd. 140 mmol/l im Normalbereich lagen. Innerhalb der 2stündigen Bewegungsphase fiel die Cl-Konzentration im Plasma bei Wasser ad lib. um 5,2 mmol/l^{ns}, bei gleichzeitigem Wasserentzug war der Rückgang unbedeutend (-0,8 mmol/l). Der Plasma-Na-Spiegel stieg unter dem Einfluß der Bewegung minimal an, bei zusätzlichem Wasserentzug war die Zunahme deutlicher ausgeprägt (+10 mmol/l^{ns}). Der Plasma-K-Spiegel stellte sich unter dem Einfluß der verschiedenen Behandlungen indifferent dar.

Diskussion

Veränderungen des Wasser- und Elektrolytgehaltes durch Wasserrestriktion und Bewegung sind im Darmkanal des Pferdes aus methodischen Gründen nur durch Post-mortem-Untersuchungen zu erfassen. Selbst bei gut über eine

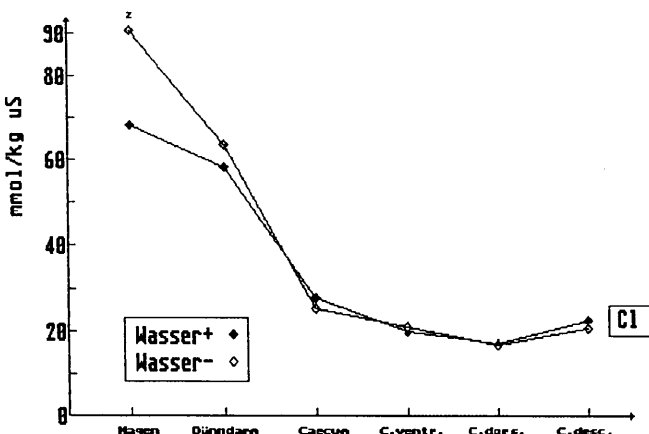


Abb. 3: Cl-Konzentrationen im Chymus verschiedener Abschnitte des Verdauungskanals (mmol/kg uS).

Fistel zugänglichen und abgrenzbaren Teilkompartimenten wie dem Zäkum ist bei In-vivo-Untersuchungen mit Markern nur eine begrenzte Aussage zur Füllung möglich (Jehner, 1989). Eine Analyse post mortem zwingt dazu, verschiedene Tiere zu vergleichen, so daß bei begrenzter Tierzahl und hohen Streuungen evtl. nur Tendenzen für 3 Behandlungseffekte deutlich werden.

Die bei Heufütterung beobachteten Wassergehalte im Darmkanal lagen in der Gruppe RW+ mit rd. 160 ml/kg KM in ähnlicher Größenordnung wie in früheren Untersuchungen (170 bis 180 ml/kg KM; Coenen et al., 1990). Die Höhe der Wassermenge im Darmkanal wird bei einem gegebenen Futtermittel überwiegend von der im Darmkanal verbliebenen unverdauten Futtermenge bestimmt, wie aus Abbildung 5 hervorgeht ($r = 0,71^{+++}$; $y = 5,4x + 49,9$; $n = 20$). Dabei fällt ein Tier mit einem relativ hohen Wassergehalt (bezogen auf die TS-Menge) heraus. Bleibt dieses Tier unberücksichtigt, so steigt die Korrelation auf $r = 0,83^{+++}$ ($y = 5,8x + 41,5$; $n = 19$).

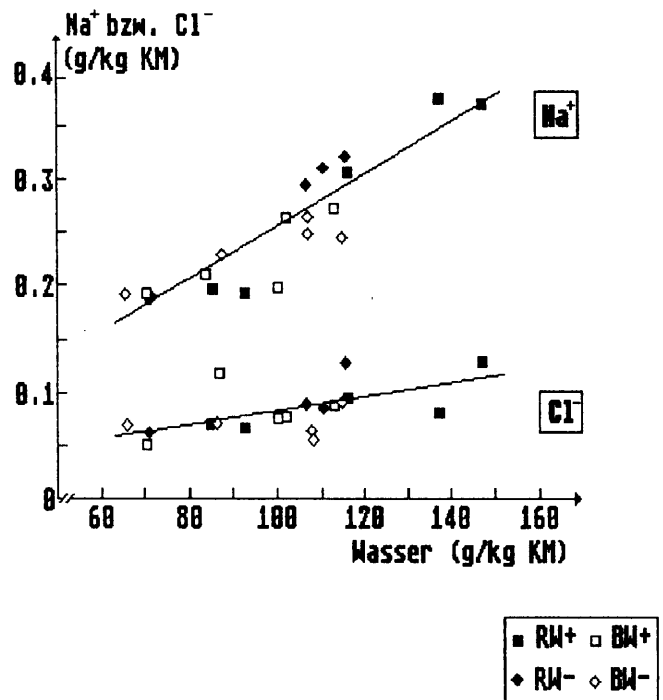


Abb. 4: Beziehungen zwischen Wasser- (x) und Na- bzw. Cl-Bestand (y) im Dickdarm (g/kg KM, n = 20)
 Na $r = 0,89^{+++}$; $y = 0,0025x + 0,003$
 Cl $r = 0,56^{+}$; $y = 0,0006x + 0,023$

Werden auch Ergebnisse früherer Untersuchungen mit Heufütterung und ähnlicher Fragestellung einbezogen (Coenen et al., 1990; Meyer et al., 1992), so erreicht die Beziehung zwischen den genannten Parametern $r = 0,80^{+++}$ ($y = 6,4x + 40,2$; $n = 40$). Andererseits ist aus früheren vergleichenden Untersuchungen mit Heu bzw. Kraftfutter bekannt (Coenen et al., 1990), daß nach Kraftfutter bei gleichen TS-Mengen im Darm wesentlich geringere Wassermengen im Intestinaltrakt verbleiben. Für diesen Effekt kann eine geringere Wasserbindung des unverdauten Materials aus dem Kraftfutter, aber auch – bei der straffen Beziehung zwischen Wasser und Natrium (Abb. 4) – der geringere Einstrom Na-reicher Verdauungsssekrete (Meyer, 1992) aufgrund der unterschiedlichen Aufnahmedauer der Futterarten verantwortlich sein.

Die nach der Bewegung beobachtete Reduktion des Wasserbestandes, die sich auch durch Erhöhung der TS-Gehalte im Magen, Zäkum und Colon ventrale andeutet (Abb. 1), kann wegen der großen Streuung nicht sicher quantifiziert werden. Um den Einfluß der bei den einzelnen Tieren schwankenden TS-Mengen (die den Wasserbestand maßgeblich bestimmen) zu eliminieren, wurde die Korrelation zwischen Wasserbestand und TS-Menge – getrennt nach Ruhe und Bewegung – berechnet (Abb. 5). Nach den ermittelten Regressionsgleichungen würde der Wassergehalt nach Bewegung (bei 14 g TS/kg KM im Darmkanal) etwa 14 ml, bei Eliminierung eines Tieres der Gruppe RW+ (s. Abb. 5) 9 ml/kg KM tiefer liegen als bei Ruhe.

Durch die 2stündige Bewegung nahm die Körpermasse – unabhängig von der Wasserversorgung, wie auch früher beobachtet (Meyer et al., 1990 a) – um rd. 19 g/kg ab. Dies ist überwiegend durch kutane und respiratorische Wasserverluste zu erklären. Nach früheren Beobachtungen entspricht die ermittelte KM-Abnahme einem Schweißverlust von etwa 17 ml/kg KM (Meyer et al., 1990a). Die Wasserabgabe über den Schweiß steht somit größenordnungsmäßig mit der berechneten Abnahme des Wasserbestandes im Darmkanal in Einklang. Der kutane Wasserverlust kann jedoch auch durch Drosselung der renalen kompensiert worden sein. Nach früheren Beobachtungen (Meyer et al.,

1990b) geht die renale Wasserabgabe bei ausreichender Wasseraufnahme während einer 2stündigen Bewegung allenfalls um 1 bis 1,5 ml/kg KM zurück. Andererseits zeigen die Pferde der Gruppe BW+ keine auffallenden Veränderungen des Plasmaproteinspiegels (Tab. 6), so daß die kutanen Wasserverluste im wesentlichen aus dem Verdauungskanal kompensiert zu sein scheinen, weniger durch Schrumpfung des extrazellulären Flüssigkeitsraumes.

Bei den Pferden der Gruppe BW– ging der Wasserbestand im Verdauungskanal nicht stärker zurück als bei den Gruppen BW+ bzw. RW–. Eine Kompensation der kutanen Wasserverluste scheint hier zusätzlich über die Einengung des Plasmawassers bzw. des extrazellulären, extraintestinalen Raumes erfolgt zu sein (s. Tab. 6). Der Inulinraum (extrazellulär und extraintestinal) ist beim Pferd mit rd. 160 ml/kg KM anzusetzen (Vogel, 1962). Wenn dieser Flüssigkeitsraum, wie die Veränderungen der Plasmaeiweißgehalte andeuten (Tab. 6), um 10 Prozent (rd. 16 ml/kg KM) geschrumpft sein sollte, so läge hier eine Erklärung für den unveränderten Wasserbestand des Darmkanals der Gruppe BW– gegenüber BW+. Dies könnte bedeuten, daß die kompensatorischen Möglichkeiten des Darmkanals zur Freisetzung von Wasser nicht voll ausgeschöpft waren, vermutlich weil wegen des nach der Bewegung bestehenden Cl-Defizits (s. u.) zunächst der extrazelluläre, extraintestinale Raum eingengt wurde. Andererseits wird die nach früheren Beobachtungen (Meyer et al., 1990 b) bei Wassermangel beobachtete Drosselung der renalen Wasserabgabe durch zusätzliche Bewegungsleistungen nicht mehr verstärkt, so daß auf diesem Weg keine Kompensationsmöglichkeit bestand.

Infolge der Wasserkarenz nahm der Wasserbestand des Verdauungskanals bei annähernd gleichen TS-Mengen im Darmkanal (RW+, RW–; Tab. 4) im Mittel um 18 ml/kg KM oder rd. 12,5 Prozent ab, wobei offenbar alle Bereiche (ausgenommen Zäkum) betroffen waren. Da die Pferde der Gruppe RW– innerhalb der letzten 20 Stunden a. m. rd. 50 ml Wasser/kg KM weniger aufnahmen als die Kontrolltiere (RW+), müssen sie zusätzlich Wasser eingespart haben. Nach früheren Beobachtungen ist bei Heufütterung nach 20stündiger Wasserkarenz mit einer Drosselung der renalen – nicht der fäkalen – Wasserabgabe von rd. 7,5 ml/kg KM zu rechnen (Meyer et al., 1985). Bei den Tieren war zudem eine geringgradige, aber nicht signifikante Reduktion des Plasmawassers (Tab. 6) festzustellen. Dennoch bleibt eine erhebliche Lücke in der Wasserbilanz, die nicht hinreichend erklärt werden kann.

Der 20stündige Wasserentzug machte sich vor allem im TS-Gehalt des Chymus im Colon dorsale bemerkbar (Abb. 1). Der im Zusammenhang mit Dickdarmpstipationen gelegentlich ursächlich genannte Wassermangel (primär oder durch Schweißverlust; Doenecke, 1934) müßte demnach sehr ausgeprägt sein, bevor erhebliche funktionsstörende Eindickungen des Chymus erwartet werden können.

Die Konzentrationen von Natrium und Chlorid lagen im Darmchymus (Abb. 2 u. 3) in ähnlicher Größenordnung wie früher beobachtet (Alexander, 1962; Coenen, 1992).

Nach der Bewegung gingen die Na-Konzentrationen im

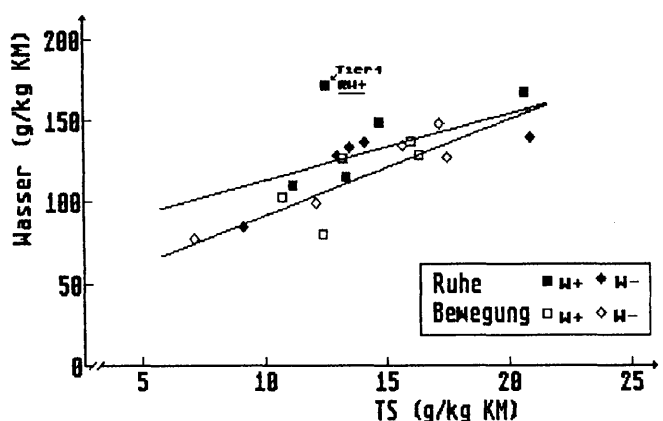


Abb. 5: Beziehungen zwischen Trockensubstanz- (x) und Wasserbestand (y) im Verdauungskanal (g/kg KM)
 insgesamt $r = 0,71^{+++}$; $y = 5,4x + 49,9$ ($n = 20$)
 Ruhe $r = 0,62^{+}$; $y = 4,3x + 72,3$ ($n = 10$)
 Bewegung $r = 0,86^{+++}$; $y = 6,4x + 28,7$ ($n = 10$)

Dickdarmchymus signifikant zurück im Vergleich zu den nicht bewegten Tieren (Ab. 2, oben). Dafür können allein die kutanen Verluste verantwortlich sein, die aufgrund der berechneten Schweißmenge (s. o.) etwa 50 mg/kg KM/2 h betragen haben dürften (Meyer et al., 1990 a). Wird mit dieser Zahl der Rückgang des Gesamt-Na-Bestandes im Darmkanal bei den beiden Gruppen mit Bewegung (-60 bzw. -80 mg/kg KM gegenüber RW+ bzw. RW-, Tab. 7) verglichen, so liegen ähnliche Größenordnungen vor. Wenn -ähnlich wie beim Wasser- die Korrelation zwischen TS- und Na-Gehalt für Tiere mit und ohne Bewegung berechnet wird (Abb. 6), so würde bei einem TS-Gehalt im Gesamtdarmkanal von 14 g/kg KM eine Abnahme von 64 mg Na/kg KM zu erwarten sein. Beim Natrium sind renale Kompensationsvorgänge während der Bewegung (Heilemann et al., 1990) weitgehend zu vernachlässigen.

Die Na-Konzentration im Plasma blieb bei der Gruppe BW+ unverändert, stieg bei BW- jedoch um 6 Prozent an. Da das Plasmavolumen stärker zurückging, als die Na-Konzentration anstieg, nahm die Na-Menge im extrazellulären, extraintestinalen Raum um rd. 20 mg/kg KM ab. Dies entspricht etwa dem Unterschied zwischen der Gruppe BW+ und BW- und erklärt vermutlich die geringe Reduktion des Na-Bestandes im Verdauungskanal in Gruppe BW- im Vergleich zu BW+ (Tab. 7).

Der Cl-Gehalt des Darmkanals ist erheblich geringer als der Na-Gehalt (rd. 50 Prozent), so daß die Möglichkeiten zur Kompensation kutaner Verluste begrenzt sind. Andererseits erreichen die Cl-Abgaben über den Schweiß wesentlich höhere Werte (bei der angenommenen Schweißmenge im vorliegenden Fall rd. 95 mg/kg KM/2 h).

Ein größenordnungsmäßig entsprechender Rückgang des Cl-Bestandes im Darmkanal war im vorliegenden Versuch nicht nachweisbar. Da in der Gruppe RW+ die Cl-Aufnahme deutlich tiefer lag als in den übrigen Gruppen (Tab. 3), können für den Vergleich nur die Gruppen RW-/BW- herangezogen werden. Der Cl-Bestand im Darmkanal ging bei der Gruppe BW- (nach Bewegung) nur um rd. 20 mg/kg KM zurück (Tab. 7), daher muß der Organismus auch auf andere Quellen zur Kompensation der kutanen

Verluste zurückgegriffen haben. Die Drosselung der renalen Cl-Abgabe erreichte bei 2stündiger Bewegung und ähnlich hoher Cl-Aufnahme etwa 6 bis 8 mg/kg KM (Heilemann et al., 1990). Zusätzlich ist der Rückgang der Plasma-Cl-Konzentration und des Volumens des extrazellulären, extraintestinalen Raumes nach der Bewegung zu berücksichtigen. Nach den vorliegenden Daten können dadurch etwa 60 mg Cl/kg KM disponibel geworden sein, so daß für die Gruppe BW- eine plausible Erklärung der relativ geringen Reduktion des intestinalen Cl-Bestandes im Vergleich zu RW- möglich ist.

Durch Wasserkarenz ist keine Veränderung des Na- bzw. Cl-Bestandes im Verdauungskanal zu erwarten. Der Rückgang der Na-Menge in Gruppe BW- um rd. 32 mg/kg KM dürfte vorrangig durch die Abnahme des Wasserbestandes zu erklären sein. Nach der Regressionsgleichung in Abb. 5 wäre bei der geringeren Wassermenge eine Abnahme um 39 mg/kg KM zu erwarten gewesen.

Die erhöhten Konzentrationen für Natrium und Chlorid im Magen und Dünndarm nach Wasserkarenz können, außer durch den fehlenden, temporär evtl. vorkommenden Verdünnungseffekt durch Trinkwasser, auf einen Anstieg der Konzentrationen dieser Elemente in den Verdauungsekreten oder einer verstärkten Wasserabsorption beruhen. Die um > 20 Prozent niedrigere Aufnahme an Natrium und Chlorid (Tab. 3) dürfte nach Beobachtungen von Coenen (1992) für Chlorid nicht von Bedeutung sein.

Wasserentzug und Bewegung veränderten den K-Gehalt im Darmkanal nicht systematisch. Infolge der relativ geringen K-Verluste mit dem Schweiß (bei 17 ml Schweiß rd. 25 mg/kg KM) waren keine ausgeprägten Veränderungen zu erwarten. Die nach Bewegung sogar angestiegene Menge kann mit einem temporären Na-Defizit und einer erhöhten K-Sekretion (oder geringeren K-Absorption), wie sie auch bei Na-Mangel nachgewiesen wurde (Lindner et al., 1984), in Zusammenhang stehen. Dafür spricht auch die nach Bewegung unveränderte Summe der Na- und K-Konzentrationen im Chymus (Abb. 2).

Insgesamt deuten die Ergebnisse an, daß der Verdauungskanal bei erhöhten kutanen Wasser- und Elektrolytverlusten eine Reservoirfunktion zur Kompensation des Wasser- und im Hinblick auf die Elektrolyte insbesondere des Na-Haushaltes übernehmen kann. Quantitative Angaben über die Größe dieses Reservoirs sind bisher nicht möglich. Dabei stellt jedoch auch der Rationstyp (Rauhfutter-Krafftutter-Anteil) eine Einflußgröße dar (Coenen et al., 1990). Vor körperlichen Belastungen sollten - neben genügenden Rauhfuttermengen (etwa 0,4 kg/100 kg KM/Mahlzeit) - ausreichend Wasser und Elektrolyte, insbesondere Natrium und Chlor (200 mg NaCl/kg KM 3 bis 4 Stunden vor der Bewegung) bereitgestellt werden.

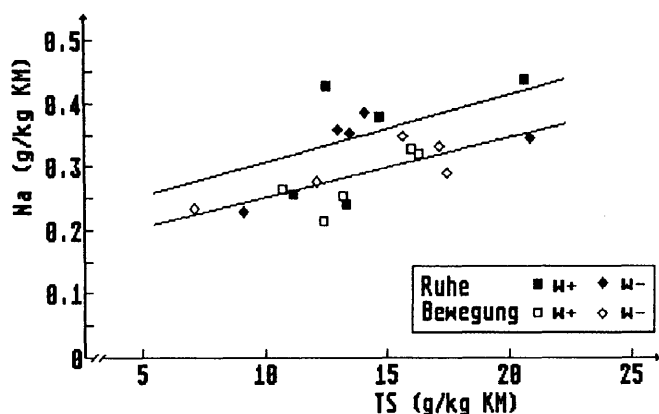


Abb. 6: Beziehungen zwischen Trockensubstanz- (x) und Na-Bestand (y) im Verdauungskanal (g/kg KM) insgesamt $r = 0,58^{**}$; $y = 0,011x + 0,15$ ($n = 20$)
Ruhe $r = 0,55$; $y = 0,011x + 0,19$ ($n = 10$)
Bewegung $r = 0,76^{**}$; $y = 0,010x + 0,14$ ($n = 10$)

Literatur

- Alexander, F. (1962): The concentration of certain electrolytes in the digestive tract of the horse and pig. Res. vet. Sci. 3, 78-84.
Carlson, G. P., und Harrold, D. R. (1977): Relationship of protein concen-

- tration and water content of equine serum and plasma samples. *Vet. Clin. Path.* 6, 18-20.
- Coenen, M. (1992): Zu Chloridhaushalt und Chloridbedarf des Pferdes. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Habilitationsschrift.
- Coenen, H., Meyer, H., und Stadermann, B. (1990): Untersuchungen über die Füllung des Magen-Darm-Traktes sowie Wasser- und Elektrolytgehalte der Ingesta bei Pferden in Abhängigkeit von Futterart, Fütterungszeitpunkt und Bewegung. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* Heft 21, 7-20, Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
- Doenecke, H. (1934): Beiträge zur kJ-Ätiologie, Diagnose und Therapie der Kolik des Pferdes. Verlag Gebr. Bischoff, Wittenberge.
- Heilemann, M., Meyer, H., Gomda, Y., und Perez Noriega, H. (1990): Postprandialer Stoffwechsel von Natrium, Kalium und Chlor bei ruhenden und arbeitenden Pferden. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* Heft 21, 52-59, Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
- Jehner, C. (1989): Untersuchungen über das Zäkumvolumen beim Pferd. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- Lindner, A., Schmidt, M., Meyer, H., und Teleb, H. M. (1984): Veränderungen des intestinalen sowie intermediären Wasser- und Elektrolytstoffwechsels bei Pferden mit chronischem Natriummangel. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. u. Futtermittelkde.* 52, 155-170.
- Meyer, H. (1992): Intestinaler Wasser- und Elektrolytstoffwechsel des Pferdes. Übers. *Tierernähr.* 20, 135-166.
- Meyer, H., Kienzle, E., Stadermann, B., Radicke, S., und Coenen, M. (1992): Untersuchungen an Darmkanal und Organen von Pferden (unveröffentlicht).
- Meyer, H., Heilemann, M., Hipp-Quarton, A., Perez Noriega, H., und Gomda, Y. (1990 a): Schweißmenge und Schweißzusammensetzung beim Pferd. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* Heft 21, 21-34, Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
- Meyer, H., Gomda, Y., Perez Noriega, H., Heilemann, M., und Hipp-Quarton, A. (1990 b): Untersuchungen über den postprandialen Wasserstoffwechsel bei ruhenden und arbeitenden Pferden. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* Heft 21, 35-51, Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
- Meyer, H. (1990 c): Beiträge zum Wasser- und Mineralstoffhaushalt des Pferdes. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* Heft 21, Paul Parey, Hamburg u. Berlin.
- Meyer, H., Lindner, A., und Schmidt, M. (1985): Beiträge zur Verdauungsphysiologie des Pferdes, 11. Mitt.: Untersuchungen zum Einfluß einer restriktiven Wasserzufuhr auf den Gesamtwasserstoffwechsel sowie den intestinalen Wasserumlauf. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. u. Futtermittelkde.* 54, 264-276.
- Schubknecht, W., und Schinkel, H. (1963): Universalschrift für die Bestimmung von Kalium, Natrium und Lithium nebeneinander. *Z. Anal. Chem.* 194, 176-183.
- Vogel, G. (1962): Beiträge zur Kenntnis der Nierenphysiologie einiger Haussäugetiere. Verlag Paul Parey, Hamburg u. Berlin.

Prof. Dr. H. Meyer

Dr. Stadermann

Priv.-Doz. Dr. M. Coenen

Institut für Tierernährung

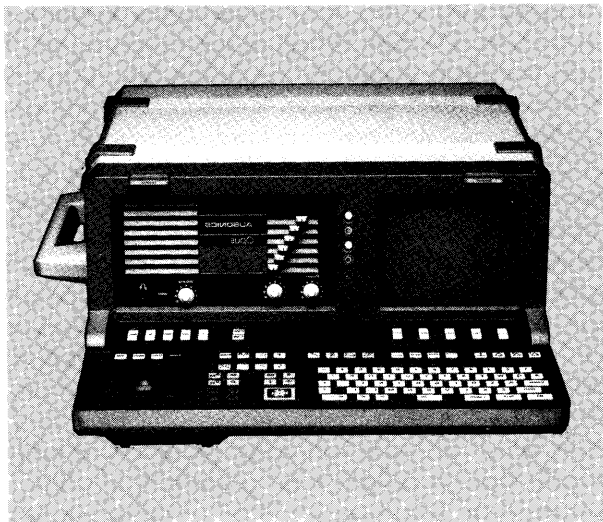
Tierärztliche Hochschule Hannover

Bischofsholer Damm 15

3000 Hannover 1

Tel. (05 11) 8 56 75 08

Ultraschall für Tierärzte

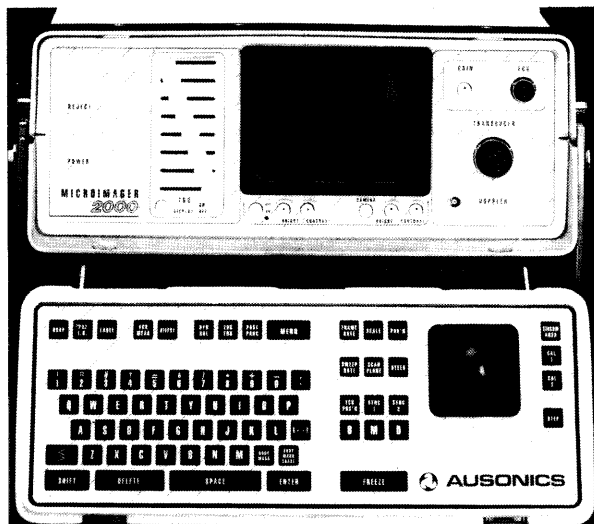


OPUS I

Der neue, tragbare Sectorscanner von Ausonics. Aufrüstbar mit EKG- und PW/CW-Doppler-Modul. Die besonders gute Bildqualität mit hoher Auflösung erlaubt den variablen Einsatz bei Kleintieren (Organ- und Herzdiagnostik) sowie bei Pferden (Herz- und Sehnendiagnostik, Gynäkologie). Hierzu stehen Spezialschallköpfe von 2,5 bis 7,5 MHz zur Verfügung.

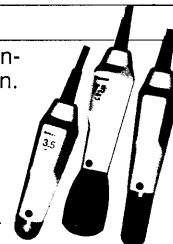
VET Eickemeyer

Unser Geräteprogramm, dessen Schallköpfe speziell für die Anwendung bei Groß- und Kleintieren geschaffen wurden.



SONOVET II, Neues Modell

Sectorscanner mit umfassendem Anwendungsspektrum bei Groß- und Kleintieren. Hohe Bildqualität, übersichtliche Bedienelemente, tragbar (14,4 kg). Spezialschallköpfe für Kleintiere, Gynäkologie, Organ- und Sehnendiagnostik beim Pferd.



Vet.-Instrumente-Praxisbedarf

Eltstraße 8 · D-7200 Tuttlingen

Telefon (0 74 61) 7 20 54 · Telefax (0 74 61) 39 05