

# Untersuchung zum Einfluß der Futterart auf Füllung und Zusammensetzung des Verdauungskanals sowie postprandiale Blut- und Harnparameter

H. Meyer, Barbara Stadermann, Simone Radicke, Ellen Kienzle und Astrid Nyari

Institut für Tierernährung  
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

## Zusammenfassung

In einem Versuch mit 8 Kleinpferden, die je zur Hälfte ausschließlich Heu oder Kraftfutter (Mais 84%, Weizenkleie 12%) + 10% Heu erhielten (identische TS-Aufnahme von 12,5 g/kg KM/d; 2malige Fütterung), wurde die Verdaulichkeit organischer und anorganischer Futterinhaltsstoffe, der postprandiale (ppr.) Verlauf der Wasseraufnahme und renalen Abgabe sowie verschiedener Blutparameter (Eiweiß, Harnstoff, Glucose, Triglyceride, Mengenelemente) ermittelt und post mortem (5 Std. ppr.) die Füllung des Verdauungskanals (Rohwasser, gebundenes Wasser, TS, Mengenelemente) sowie die mineralische Zusammensetzung der Galle bestimmt.

### Ergebnisse

1. Die Verdaulichkeit der organischen Substanz war bei Heufütterung um 30 %-Punkte geringer als nach Kraftfuttergabe, bei nahezu identischer Rp-Verdaulichkeit bei beiden Rationen (Tab. 5).
2. Die Pferde nahmen den größten Teil des Tränkwassers (bei Heu mehr als bei KF) während des Fressens auf. Die renale Wasserabgabe stieg bei beiden Rationstypen erst in der 4. Std. ppr. an mit einem Maximum in der 6. Std. ppr. und anschließend wellenförmigen Verlauf (Abb. 1).
3. Die Nettoabsorption für Calcium erreichte mit 56% bei der Heufütterung signifikant höhere Werte als nach Kraftfuttergabe (45%). Für Magnesium und Phosphor bestanden keine signifikanten Unterschiede.
4. Nach Heufütterung kam es in der 1. und 2. Std. ppr. zu einer signifikanten Erhöhung (23%) des Gesamtproteingehaltes im Blut (Schrumpfung des Plasmavolumens) und des Harnstoffspiegels (Abb. 2 u. 3).
5. Der Blutglucosespiegel stieg nach der stärkereichen KF-Ration innerhalb der 1. Std. von 57 auf 85 mg/dl und in der 3. Std. auf 99 mg/dl, nach Heufütterung zeigte sich 3 Std. ppr. ein tendenzieller Anstieg von 63 auf 86 mg/dl (Abb. 4).
6. Die TS-Menge im Darmkanal war 5 Std. ppr. nahezu identisch bei beiden Fütterungsgruppen mit tendenziell höheren Mengen im Colon dorsale und geringeren im Caecum und Colon ventrale nach Kraftfuttergabe (Tab. 9).
7. Die Wasser- (84–122 mg/kg KM) sowie Na- und K-Gehalte (244–308 mg Na; 198–230 mg K/kg KM) im Darmkanal lagen bei

Heufütterung deutlich höher (Wasser + 30%; Na + 20%; K + 16%) als bei KF-Gabe, während sich für Chlorid keine Unterschiede ergaben (121–136 mg/kg KM; Tab. 9 u. 10). Der Anteil an gebundenem Wasser im Chymus stieg vor allem im Colon descendens und in den Faeces an (Abb. 7).

8. Die pH-Werte im Chymus lagen im Dünndarm nach Heufütterung signifikant höher (7,4–8,3) als nach Kraftfutter (5,4–7,6; Abb. 8).

9. Die Na-Konzentration erreichte im Chymus die höchsten Werte im Dünndarm (bis 4,1 mmol/kg uS) mit abnehmender Tendenz im Dickdarm (Abb. 9), während die Ca-, Mg- und P-Gehalte in der Chymus-TS nach distal kontinuierlich zunahm, bei signifikant höheren Werten nach Kraftfuttergabe (Abb. 10).

10. Die Galle enthielt ähnliche Na- und Cl-Gehalte wie das Plasma, jedoch höhere Gehalte an den übrigen Mengen- und Spurenelementen (Tab. 11).

## Investigations on amount and composition of the gastrointestinal tract and postprandial parameters in blood and urine according to type of feed

In an experiment with 8 ponies, which were fed twice daily with hay or concentrate (corn 84%, wheat bran 12%) + 10% hay (4 animals each group), the apparent digestibility of organic and inorganic feed components, the time course of postprandial (ppr.) water intake and renal output as well as several parameters in blood (protein, urea, glucose, triglycerids, minerals) were investigated. Post mortem (5 h ppr.) the fill of the gastrointestinal tract (crude and bound water, dry matter, major elements) and the mineral composition of the bile were estimated.

### Results:

1. The apparent digestibility of organic matter was lower with hay than with concentrate feeding (30% points). The digestibility of crude protein was nearly identical with both diets.
2. The main part of water intake was observed during feed intake (with hay more than with mixed feed). The renal water output showed a delayed increase (4th h ppr.) with both ration types and peaked in the 6th h ppr., followed by an undulatory time course later on.
3. The net absorption of calcium was significantly higher with hay (56%) than with concentrate feeding (45%). For magnesium and phosphorus no significant differences could be recognized.
4. After hay feeding significant elevations of total plasma protein (23%; reduction of plasma volume) and urea levels in plasma were observed during the 1st and 2nd h ppr. (fig. 2 and 3).
5. The level of blood glucose increased within 1 h according to concentrate (with high starch content) feeding from 57 to 85 mg/dl and in the 3rd h ppr. to 99 mg/dl. Hay feeding resulted in a moderate augmentation from 63 to 86 mg/dl (fig. 4).
6. The amounts of dry matter in the intestinal tract were nearly identical with both feeding groups with a trend to higher amounts in the dorsal colon and lower in the cecum and ventral colon in concentrate fed ponies (table 9).
7. The water (84–122 mg/kg BW), Na and K contents (244–308 mg sodium; 198–230 mg potassium/kg BW) in the intestinal tract with roughage feeding exceeded those in the concentrate group (water + 30%; sodium + 20%; potassium + 16%), whereas no differences were obtained for chloride (121–136 mg/kg BW; tables 9 and 10). The part of bound water in chyme rose up predominantly in the small colon and feces (fig. 7).
8. The pH in chyme was significantly higher with hay (7,4–8,3) than with mixed feed. (5,4–7,6, fig. 8).
9. The Na concentration in the chyme reached maximal values in the small intestine (up to 4,1 mmol/kg fresh matter) and tended to decrease in the large bowel (fig. 9). The Ca, Mg and P contents in the chyme (dry matter) increased continuously in the distal segments of intestine with significant higher concentrations in the mixed feed group (fig. 10).
10. The Na and Cl contents of bile were comparable to those of plasma, the other major and trace elements were present in higher concentrations (table 11).

## Einleitung

Die Futterart (Rauhfutter/Kraftfutter) hat infolge unterschiedlicher Futteraufnahmedauer, Stimulation der Verdauungssekrete sowie Verdaulichkeit einen nachhaltigen Einfluß auf intestinale und extraintestinale Stoffwechselprozesse. Zur Charakterisierung der intestinalen Effekte wurden je 4 Kleinpferde mit gleichen Mengen Heu oder einem Kraftfutter (mit 10 % Heuanteil) versorgt und in vivo (Verdaulichkeit, Blut- und Harnparameter) sowie post mortem (Füllung des Verdauungskanal; Zusammensetzung von Chymus und Verdauungssekreten; praecaecale Stärkeverdauung; In-vitro-Untersuchungen an isolierten Darmsegmenten) die relevanten Parameter erfaßt.

Begleitende Untersuchungen befaßten sich mit mikrobieller Aktivität und Elektrolytgehalten im Magen (Coenen, 1992), Lipopolysaccharidgehalten im Darminhalt (Kampbues et al., 1992), Gasbildung und -zusammensetzung nach Inkubation von Dünn- bzw. Dickdarmchymus (Zentek et al., 1992), der Absorption flüchtiger Fettsäuren (v. Engelhardt et al., 1992), von Ammoniak (Bödeker, 1992) und Chlorid (Coenen, 1992) sowie elektrophysiologischen Parametern verschiedener Dickdarmabschnitte (v. Engelhardt et al., 1992). Weitere parallellaufende Untersuchungen sind noch nicht abgeschlossen.

## Material und Methoden

Für die Untersuchungen standen 8 Kleinpferde im Alter von 6–18 Jahren im Körpermasse-(KM-)Bereich von 147–311 kg zur Verfügung (Tab. 1). Ein Tier war, wie sich p. m. herausstellte, tragend (zum Zeitpunkt der Tötung im 6. Trächtigkeitsmonat). Über mindestens 8 Wochen erhielten 4 Pferde (je 2 Stuten und Wallache) eine überwiegend aus pelletiertem Kraftfutter (auf der Basis von Mais und Weizenkleie) bestehende Ration (Tab. 2), während die 4 anderen Tiere ausschließlich mit Wiesenheu (Tab. 2) versorgt wurden. Dem Futter wurde Chromoxid als Marker in Mengen von 0,25 % bzw. 0,19 % der Trockensubstanz (TS; Heu- bzw. Kraftfutterration) zugesetzt. Die Futterzuteilung erfolgte zunächst in einer Menge von 1,5 % Futtertrockenmasse (TS) der KM pro Tag. Da keine vollständige Aufnahme der Ration gewährleistet war, wurde nach etwa 6 Wochen (mindestens 2 1/2 Wochen a. m.) auf eine Futter-TS-Menge von 1,25 % der KM reduziert. Dadurch war gewährleistet, daß die gesamte Ration bis zur 5. Std. postprandial (ppr.; Tötungszeitpunkt) aufgenommen wurde (Zuteilung in 2 Mahlzeiten pro Tag – im Abstand von

12 Std. – jeweils zur Hälfte). Fütterungsgruppen sowie Aufnahme an Futter-TS und durchschnittliche Futteraufnahmedauer sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tab. 2:** Komponenten der Kraftfutmischung und Vitamin/Mineralstoffergänzung zur Heuration

Kraftfutmischung (%)	Vitamin/Mineralstoffmischung zur Supplementierung der Heuration (%)
Maisschrot <sup>1)</sup>	84,1
Weizenkleie	12,0
CaCl <sub>2</sub>	2,0
CaCO <sub>3</sub>	0,6
NaCl	0,55
KCl	0,4
MgO	0,15
Spurenelemente/ Vitamine <sup>2)</sup>	0,2
	CaCO <sub>3</sub> 47,0
	NaHCO <sub>3</sub> 32,3
	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> 9,0
	MgO 4,0
	Spurenelemente/ Vitamine <sup>1)</sup> 7,7

<sup>1)</sup> Zerkleinerungsgrad: 7-mm-Sieb; <sup>2)</sup> Vitamin A + E

Die Energie-, Rohrnährstoff- und Mineralstoffgehalte bzw. -aufnahmen mit den supplementierten Rationen sind in den Tabellen 3–4 aufgeführt. Die Vitaminversorgung beider Fütterungsgruppen war dem Bedarf (Meyer, 1992) angepaßt. Die Ausgangsfuttermittel (Heu, Mais und Kleie) waren während sämtlicher Versuchsphasen identisch. 10 Tage ante mortem erhielten alle Tiere der Kraftfuttergruppe dieselbe Mischfuttercharge.

Wasser stand den Tieren ad libitum zur Verfügung. Die Wasseraufnahme wurde in regelmäßigen Abständen (an je 2 d/Woche), während der Verlaufsuntersuchungen von Blutparametern (s. u.) sowie 6 Tage a. m. fortlaufend registriert.

Nach 4wöchiger Anfütterung wurden mit je 2 Tieren/Gruppe (Wallache) 10tägige Bilanzen (Kollektionsmethode) durchgeführt sowie bei 2 Tieren/Gruppe (Stuten) 2tägige ppr. Verlaufsuntersuchungen über die Harnausscheidung (Harnblasenkatheter) bzw. Blutzusammensetzung (Venenkatheter) vorgenommen.

Die in 14tägigen Intervallen bei allen Tieren gezogenen Blutproben dienten der Ermittlung klinischer Daten (rotes und weißes Blutbild, Hämatokrit, Gesamteiweiß) und weiterer physiologischer Parameter (s. u.). In regelmäßigen Abständen erfolgte eine Behandlung mit einem Antiparasiticum (Ivomec®). Zwischen der letzten Entwurmung und der Tötung lag ein Zeitraum von mindestens 3 Wochen.

Die Tiere wurden 5 Std. ppr. getötet (Blutentzug nach Betäubung durch Bolzenschuß), wobei unmittelbar a. m.

**Tab. 1:** Versuchsschema, Aufnahme an Futter-TS und Aufnahmedauer (MW ± SEM)

Ration	TS-Aufnahme g/kg KM		Aufnahmedauer <sup>1)</sup> min	Tierzahl	KM kg <sup>2)</sup>
	pro Tag	mit letzter Mahlzeit			
WiesenHEU (+ Vitamine/Mineralien)	12,4 ± 0,1	6,14 ± 0,05	250,0 ± 33,9	4	212,6 ± 34,6
KRAFTFUTTER (90 %) <sup>3)</sup> + Wiesenheu (10 %) <sup>3)</sup>	12,2 ± 0,1	6,09 ± 0,06	56,3 ± 6,3	4	196,6 ± 19,1

<sup>1)</sup> letzte Mahlzeit; <sup>2)</sup> unmittelbar ante mortem; <sup>3)</sup> bezogen auf TS

**Tab. 3:** Energie-, Rohnährstoff- und Vitamingehalte der supplementierten Rationen (Gehalte/kg TS)

	Heuration	Kraftfut- terration
Verdau. Energie (MJ) <sup>1)</sup>	9,9	13,2
Rohprotein (g) verdau.	189,3	120,1
Rohprotein (g) <sup>1)</sup>	138,4	87,0
Rohfaser (g)	276,2	60,4
Rohfett (g)	12,0	42,1
Stärke (g)	-	54,5

<sup>1)</sup> berechnet aufgrund der Verdauungsversuche (Tab. 5)

Blutproben entnommen wurden. Nach medianer Eröffnung der Bauchhöhle wurde durch Punktion Galle gewonnen, der Darmtrakt in toto exentriert und von den einzelnen Lokalisationen des Darmes (s. Tab. 8–10) unmittelbar p. m. Gewebe- und Chymusproben sowie Organe (Leber) entnommen und gewogen.

Die Blutparameter wurden nach folgenden Methoden bestimmt: Gesamteiweiß refraktometrisch anhand des Brechungsindex, Harnstoff kolorimetrisch mittels der Berthelot-Reaktion, Glucose photometrisch nach der GOD-Perid-Methode, Triglyceride photometrisch nach der GPO-PAP-Methode und Calcium und Magnesium mittels Atomabsorptionsspektrographie, Phosphor kolorimetrisch mit Na-Molybdat, Natrium und Kalium flammenphotometrisch nach *Schubknecht* und *Schinkel* (1963), Chlorid mittels coulometrischer Titration. Zur Bestimmung des Leberglycogengehaltes wurde das Gewebe unmittelbar p. m. mit eiskalter Perchlorsäure fixiert. Nach Neutralisation durch  $\text{KHCO}_3$  erfolgte die Bestimmung mit Amyloglucosidase. Glycogen wird zu Glucose hydrolysiert, die mit ATP, Hexokinase, NADP und Glucose-6-Phosphatdehydrogenase im optischen Test bestimmt wird. Zur Untersuchung der Chymus- und Kotproben dienten nachfolgende Methoden: Trockensubstanzgehalt durch Exsikkation im Trockenschrank bei 80° C bis zur Gewichtskonstanz. Stärke wurde polarimetrisch nach Salzsäureaufschluß bestimmt (VDLUFA-Methode, modifiziert nach *Radicke*, 1990), Chrom nach *Petry* und *Rapp* (1970). Nach

nasser Veraschung wurden die Elektrolyte sowie Calcium und Magnesium analog der Plasmaanalyse und Phosphor nach *Gericke* und *Kurmies* (1952) bestimmt. Die pH-Wertmessung erfolgte elektrometrisch mit einem pH-Meter. Die Wasserbindungskapazität von Chymus und Faeces wurde mittels Ultrazentrifugation (60 Min. bei 54 000 g) und Bestimmung des TS-Gehaltes im Sediment (Trocknen bei 103° C bis zur Gewichtskonstanz) erfaßt. Als „gebundenes Wasser“ wurde das im Sediment verbliebene Wasser definiert.

Die Berechnung der scheinbaren praecaecalen Verdaulichkeit der Stärke wurde nach folgender Formel durchgeführt:

$$\text{SV \%} = 100 - \frac{\% \text{ Marker im Futter}}{\% \text{ Marker im Chymus}} \times \frac{\text{Stärkegehalt im Chymus}}{\text{Stärkegehalt im Futter}} \times 100$$

Die Untersuchungsdaten sind als Mittelwert (MW) mit mittlerem Fehler der Mittelwerte (SEM) zusammengefaßt. Signifikante Mittelwertdifferenzen (t-Test nach Student) zwischen den Fütterungsgruppen wurden mit \*(p < 5%), \*\*(p < 1%) bzw. \*\*\*(p < 0,1%) gekennzeichnet.

## Ergebnisse

### I. ante mortem

#### Scheinbare Verdaulichkeit, Kotkonsistenz

Die scheinbare Verdaulichkeit von Trockensubstanz, organischer Substanz (oS) sowie Fett (Rfe) und löslichen Kohlenhydraten (NfE) war zwischen den Fütterungsgruppen signifikant, für Rohfaser (Rfa) – trotz großer Differenzen – nicht signifikant verschieden, während die Werte für Protein (Rp) in der gleichen Größenordnung lagen (Tab. 5).

Die Nettoabsorption von Calcium erreichte bei der Heugruppe signifikant höhere Werte als nach Kraftfuttermittelgabe (56,3 ± 1,3% gegenüber 45,1 ± 2,7%\*), für Magnesium (Heu 48,7 ± 0,7; KF 52,8 ± 3,6%) und Phosphor (Heu 8,9 ± 6,6; KF 17,4 ± 1,6%) lagen keine statistisch abzuschließenden Differenzen vor.

Die Kotkonsistenz der Tiere der Kraftfuttermittelgruppe wies zu

**Tab. 4:** Durchschnittliche tägliche Energie (MJ)-, Nährstoff (g)- und Mineralstoffaufnahmen (mg)<sup>1)</sup> während der Bilanzperiode (B) und der Endphase (E<sup>2)</sup>; /kg KM

	Heuration		Kraftfuttermittelration	
	B	E	B	E
Verdau. Energie <sup>6)</sup>	0,14	0,12	0,17	0,17
Verdau. Rohprotein <sup>6)</sup>	2,08	1,73	1,31	1,09
Rohfaser	4,14	3,45	0,91	0,76
Rohfett	0,18	0,15	0,64	0,53
Stärke	-	-	0,82	0,68
Ca	102	85 [29,4] <sup>3)</sup>	110	117 [73,1] <sup>4)</sup>
P	59	49 [ 6,7] <sup>5)</sup>	99	56 [ 0 ] <sup>5)</sup>
Mg	32	26	44	39
Na	29	31	35	35
K	352	293	136	117
Cl	218	181	255	222

<sup>1)</sup> Spurenelemente (mg/kg KM): Cu 0,13–0,21, Zn 0,53–0,81, Fe 2,1–3,3, Mn 0,50–0,86; <sup>2)</sup> letzte 10 Tage a. m.; <sup>3)</sup> 29,4% aus  $\text{CaCO}_3$ ; <sup>4)</sup> 20,0% aus  $\text{CaCO}_3$ , 50,1% aus  $\text{CaCl}_2$ ; <sup>5)</sup> 6,7% aus  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ; <sup>6)</sup> nach Verdauungsversuchen (Tab. 5)

**Tab. 5:** Scheinbare Verdaulichkeit von Trockensubstanz, organischer Substanz und Rohrnährstoffen (%; n = je 2 [Stärke = 3] Tiere)

	Gruppe	
	Heu	Kraftfutter
TS	55,8 ± 0,4	84,8 ± 0,9***
OS	56,4 ± 0,1	86,7 ± 0,9***
Rp	73,1 ± 1,3	72,4 ± 1,5
Rfe	35,0 ± 4,4	61,1 ± 6,4*
Rfa	47,9 ± 0,3	64,2 ± 6,6
NfE	57,1 ± 0,3	92,1 ± 1,1***
Stärke		
gesamt	-	99,0 ± 0,5
praecaecal	-	78,9 ± 5,5

Anfang der Adaptationsphase eine tendenziell breiige Konsistenz auf, nach Gewöhnung stellten sich die Faeces der Kraftfüttertiere jedoch bereits bei der visuellen Betrachtung trockener dar als die der Heutiere – diese Beobachtung bestätigte sich bei Bestimmung der TS-Gehalte (20,8 ± 0,7 gegenüber 18,5 ± 1,9%\*\*).

**Wasseraufnahme und renale Abgabe**

Die Wasseraufnahme blieb während der Verdauungsversuche zwischen den Fütterungsgruppen gleich (Tab. 6). Während der Blutverlaufsuntersuchungen lagen sowohl Wasseraufnahme (Heu 54 ± 23; KF 25 ± 3 ml/kg KM/12 h) als auch Harnausscheidung (Heu 29 ± 15; KF 14 ± 5 ml/kg KM/12 h) bei den Tieren der Raufuttergruppe auf einem deutlich höheren Niveau als bei den mit Kraftfutter versorgten Tieren (n. s.). Der zeitliche Verlauf von Wasseraufnahme und Harnausscheidung zeigt, daß die Tiere während der Futteraufnahme am meisten tranken, die Harnausscheidung jedoch erst in der zweiten Tageshälfte ein Maximum erreichte (Abb. 1).

**Tab. 6:** Wasseraufnahme während der Verdauungsversuche (n = je 2 Tiere; 10 d)

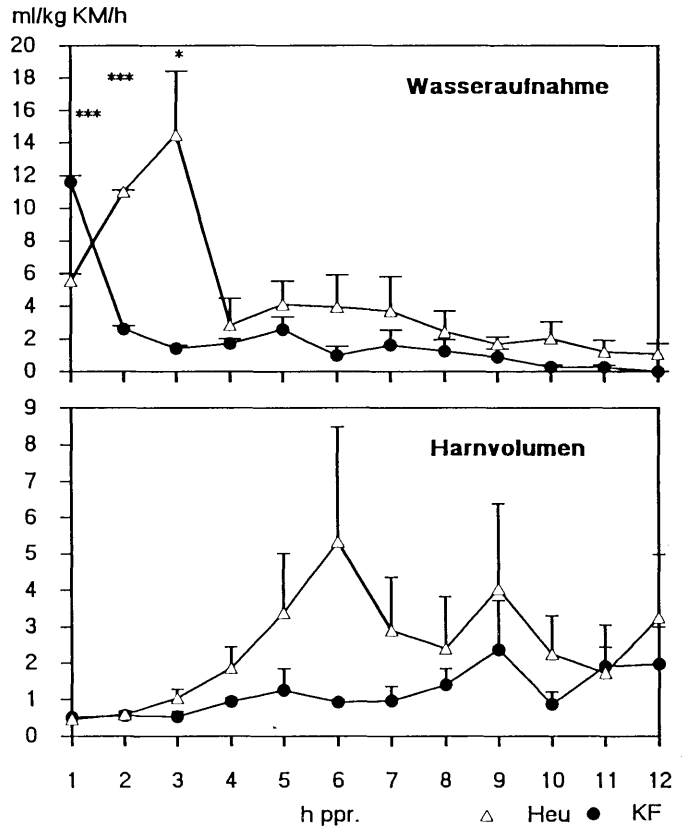
	Gruppe	
	Heu	Kraftfutter
ml/kg KM/d	100,1 ± 2,1	99,40 ± 24,3
ml/g Futter-TS	4,0 ± 0,1	3,97 ± 1,0

Differenzen Heu/KF n. a.

**Blutparameter**

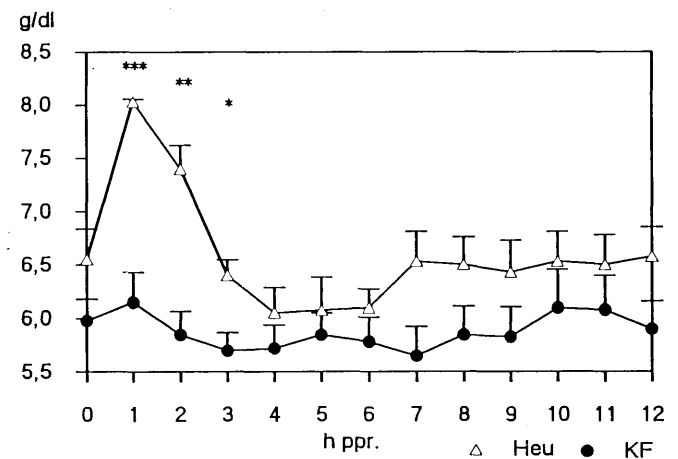
Die Plasmaproteingehalte zeigten sowohl im Niveau (Tagesmittelwerte: Heu 6,59 ± 0,39; KF 5,88 ± 0,11 g/dl\*\*\*) als auch im postprandialen Verlauf Differenzen zwischen den Fütterungsgruppen. Eine Std. nach Beginn der Heufütterung stieg der Gehalt hochsignifikant (+22,7%), bei Kraftfutterabgabe hingegen nur mäßig (+3,0%) an (Abb. 2).

Ein ähnliches Bild ergaben die Plasma-Harnstoffkonzentrationen mit einem deutlichen ppr. Anstieg bei den Tieren der Heugruppe (+9,4%; Abb. 3), der sich nach Korrektur der Werte auf identische Plasmavolumina jedoch weitgehend nivellierte.

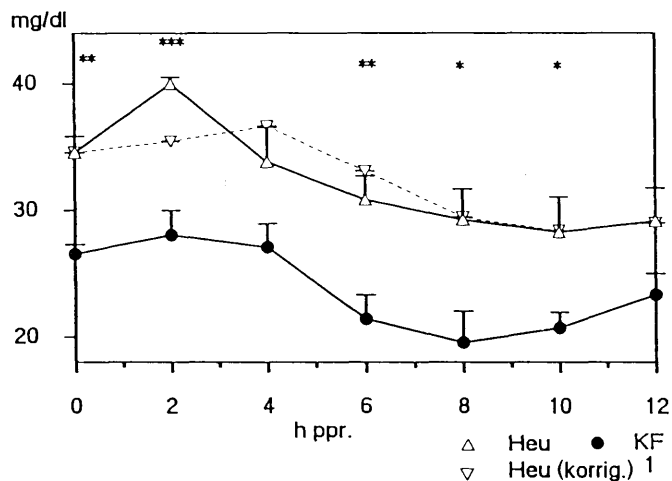


**Abb. 1:** Postprandialer Verlauf der Wasseraufnahme (oben) und der Harnausscheidung (unten; ml/kg KM/h; n = je 2 Tiere, 2 Wdhl.). Anstieg: Wasseraufnahme Heu 0./2. h ppr.\*\*\*, KF 0./2.-12. h ppr.\*\*\*. Harnausscheidung Heu 0./3.-4. h ppr.\*, KF 0./4. u. 6.h ppr.\*.

Auch der Blutglucosespiegel ließ deutliche Divergenzen zwischen den Rationstypen erkennen, die statistisch jedoch nicht abzusichern waren (Abb. 4). Nach einem raschen ppr. Anstieg der Werte bei der Kraftfütterration bleiben die Konzentrationen bis zur 6. Std. in einem Bereich von 90–100 mg/dl. Bei Heufütterung zeigt sich ein protrahierter Anstieg mit einem Maximalwert von 86 mg/dl in der 3. Std. ppr.



**Abb. 2:** Postprandialer Verlauf des Plasma-Gesamteiweißspiegels (g/dl; n = je 2 Tiere, 2 Wdhl.). Anstieg: Heu 0./1. h ppr.\*\*\*



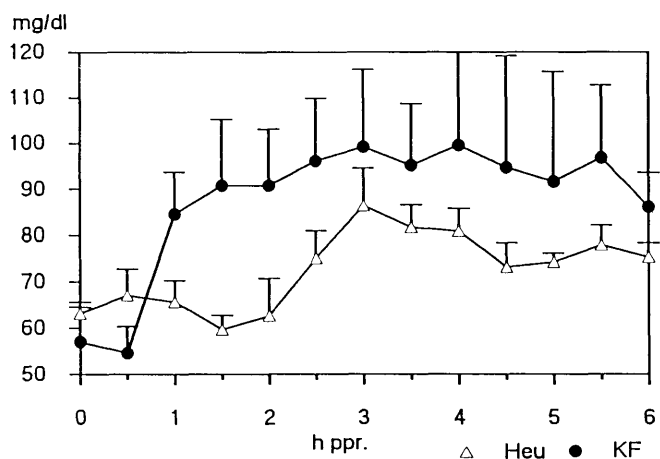
**Abb. 3:** Postprandialer Verlauf des Plasma-Harnstoffspiegels (mg/dl; n = je 2 Tiere, 2 Wdhl.)  
 1 auf identische Plasmavolumina (Berechnung auf der Basis des apr. Plasma-Gesamteiweißgehaltes; nach Carlson und Harrold 1977)  
 Anstieg: Heu 0./2. h ppr.\*\*\*

Der Triglyceridspiegel im Plasma (MW von 6 Tageswerten) war bei Heufütterung höher als bei Kraftfuttergabe (45,0 ± 4,9 bzw. 36,6 ± 1,8 mg/dl). Die Werte zeigten keinen eindeutigen postprandialen Verlauf.

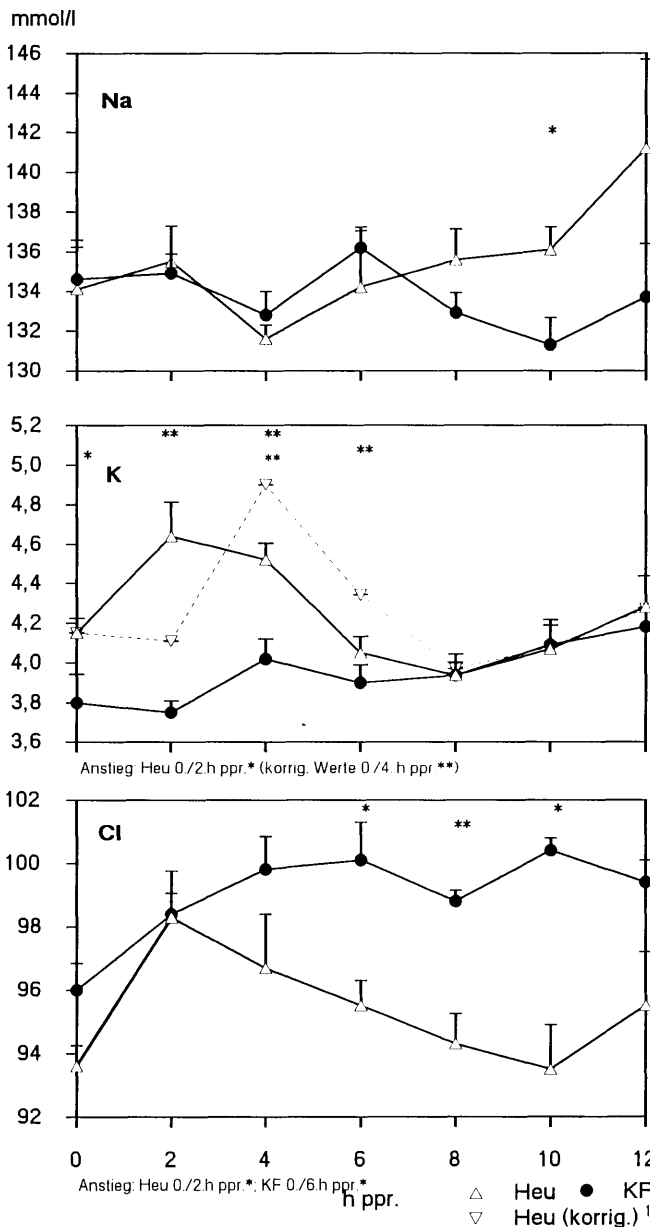
Die Konzentrationen an Calcium, Magnesium und anorganischem Phosphor im Plasma (MW von 7 Tageswerten) wiesen signifikante Unterschiede zwischen den Rationstypen auf, auch nach Korrektur auf identische Plasmavolumina (Tab. 7).

Im ppr. Verlauf zeigten die Plasma-Mg-Werte nach Heufütterung einen raschen, bei Kraftfuttergabe einen protrahierten Anstieg mit längerer Plateauphase. Den ppr. Ca- und P-Konzentrationen konnte kein eindeutiger Verlauf zugeordnet werden.

Während der durchschnittliche Plasma-Na-Spiegel sich nicht wesentlich zwischen den Fütterungsgruppen unterschied (Heu 133,8 ± 0,4, KF 135,5 ± 0,8 mmol/l), fielen bei den K- (Heu 4,24 ± 0,1, KF 3,95 ± 0,04 mmol/l\*\*\*) und Cl-Konzentrationen (Heu 95,3 ± 0,5, KF 99,0 ± 0,4



**Abb. 4:** Postprandialer Verlauf des Blut-Glucosespiegels (mg/dl; n = je 2 Tiere, 2 Wdhl.).  
 Anstieg: Heu 0./3.-4. und 5.-6. h ppr.\* bis \*\*, KF 0./6. h ppr.\*.



**Abb. 5:** Postprandialer Verlauf des Plasma-Na- (oben), K- (Mitte) und -Cl-Spiegels (unten; mmol/l; n = je 2 Tiere, 2 Wdhl.)  
 1 auf identische Plasmavolumina (Berechnung auf der Basis des apr. Plasma-Gesamteiweißgehaltes; nach Carlson und Harrold 1977)

mmol/l\*\*\*) signifikante Differenzen auf. Bei den Tieren der Heugruppe zeigte sich ein Anstieg der Na-Konzentrationen in der zweiten Tageshälfte, während die Plasma-K- und -Cl-Spiegel in dieser Gruppe durch einen raschen Anstieg mit Maximalwerten bereits nach 2 Std. gekenn-

**Tab. 7:** Ca-, Mg-, P- (mmol/l) sowie Cu- und Zn-Konzentrationen im Plasma (μmol/l; n = je 2 Tiere, 7 Tageswerte, 2 Wdhl.)

	Gruppe	
	Heu	Kraftfutter
Ca	3,06 ± 0,01	2,99 ± 0,03**
Mg	0,65 ± 0,04	0,73 ± 0,01***
P	0,94 ± 0,04	0,80 ± 0,01***
Cu	15,33 ± 0,23	14,35 ± 1,06
Zn	6,27 ± 0,40	5,68 ± 0,32

zeichnet waren. Der ppr. Anstieg des Plasma-K-Gehaltes blieb nach Korrektur der Werte auf identische Plasmavolumina erhalten mit Verlagerung des Peaks in die 3. Std. nach der Fütterung (Abb. 5).

II. post mortem

Das relative Gewicht des Darmgewebes verschiedener Abschnitte des Verdauungskanals zeigte kein einheitliches Bild. Während die Gewebegewichte von Caecum und Colon ventrale nach Heufütterung höher lagen, weist das Leergewicht des Colon dorsale nach Mischfuttergabe auf eine größere Masse. Die Leber erreichte bei den Tieren der Kraftfuttergruppe deutlich höhere Gewichte (um 29%) als nach Heugabe, bei gleichzeitig höheren Glykogengehalten (Tab. 8).

Trockensubstanz- und Wasserbestand des Darmkanals zeigen sich am stärksten im Bereich des Dickdarms von der Futterart beeinflusst (Tab. 9). Die Gesamt-TS-Menge war für beide Gruppen fast identisch, die Gesamtwassermenge nach Heufütterung jedoch signifikant größer. Rationsspezifische Effekte auf die Trockensubstanzgehalte des Chymus sind am deutlichsten im Magen und vorderen Dünndarm sowie im Colon zu beobachten, lassen sich statistisch jedoch nicht absichern. Insgesamt fallen höhere Gehalte am Anfang und Ende des Verdauungskanals auf (Abb. 6).

Tab. 8: Gewicht von Magen- und Darmgewebe und Leber (g uS/kg KM<sup>1</sup>; n = je 4 Tiere) sowie Leberglykogengehalt (g/100 g Frischsubstanz<sup>2</sup>) und -menge (mg/kg KM<sup>3</sup>; n = je 3 Tiere)

Lokalisation	Gruppe	
	Heu	Kraftfutter
Magen <sup>1)</sup>	3,1 ± 0,4	3,4 ± 0,8
Dünndarm <sup>1)</sup>	12,1 ± 3,0	14,1 ± 2,1
Caecum <sup>1)</sup>	6,1 ± 2,1	3,5 ± 1,6
Colon ventrale <sup>1)</sup>	11,4 ± 2,0	7,4 ± 1,5*
Colon dorsale <sup>1)</sup>	7,7 ± 2,1	10,1 ± 3,3
Colon descendens <sup>1)</sup>	7,1 ± 3,1	6,7 ± 1,6
ges. Darmtrakt <sup>1)</sup>	44,4 ± 6,1	41,8 ± 3,0
Leber <sup>1)</sup>	10,8 ± 1,3	13,9 ± 1,1**
Leberglykogengehalt <sup>2)</sup>	0,75 ± 0,2	1,47 ± 0,9
Leberglykogenmenge <sup>3)</sup>	80,6 ± 23,7	218,8 ± 81,2*

Tab. 9: Trockensubstanz- und Wasserbestand des Verdauungskanals (g/kg KM; n = je 4 Tiere)

	Trockensubstanz		Wasser	
	Heu	Kraftfutter	Heu	Kraftfutter
Magen	2,9 ± 0,8	2,6 ± 0,4	13,5 ± 3,2	10,0 ± 2,2
Dünndarm	0,5 ± 0,1	0,9 ± 0,3	10,4 ± 1,4	15,6 ± 5,2
Caecum	1,2 ± 0,3	1,2 ± 0,3	15,4 ± 2,5	18,1 ± 3,1
Colon ventr.	5,5 ± 0,5	2,9 ± 1,7*	50,3 ± 2,8	15,7 ± 2,3***
Colon dors.	2,7 ± 0,5	4,3 ± 1,8	26,1 ± 3,5	21,9 ± 4,3
Colon desc.	1,0 ± 0,2	0,9 ± 0,3	6,1 ± 0,2	3,1 ± 1,0*
ges. Verdauungstrakt	13,8 ± 1,7	12,8 ± 2,2	121,8 ± 10,4	84,4 ± 8,4*
% Dickdarm	75,4	72,7	80,4	69,7

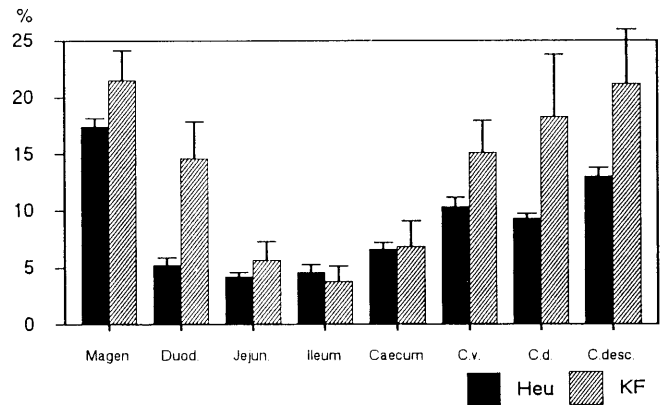


Abb. 6: Trockensubstanzgehalte im Chymus (%; n = je 4 Tiere).

Die Menge des im Chymus gebundenen Wassers (ml/g TS) lag nach Heufütterung an den meisten Lokalisationen des Darmkanals höher als beim Mischfutter. Der prozentuale Anteil gebundenen Wassers am Gesamtchymuswasser (Abb. 7) nahm im distalen Bereich zu.

Die im Darminhalt gemessenen pH-Werte lagen nach Kraftfuttergabe niedriger als nach Heufütterung, besonders ausgeprägt im vorderen Dünndarm (Abb. 8).

Vom Elektrolytbestand des Verdauungskanals entfielen, wie Tab. 10 zeigt, beim Natrium und Kalium 70–80% auf den Dickdarm, während der überwiegende Teil des Chlorids im Magen-Dünndarm-Bereich lokalisiert war. Die höchsten Na- (Abb. 9) und Cl-Konzentrationen im Chymus kamen jedoch im Dünndarm, die höchsten K-Gehalte im Colon dorsale (bis 107 mmol/kg uS, KF-Gruppe) vor.

Die Ca-, Mg- und P-Konzentrationen im Chymus zeigten im Verlauf des Darmkanals einen - z. T. diskontinuierlichen - Anstieg, bei höheren Werten für die KF-Gruppe (Abb. 10).

Die in der Galle ermittelten Ca-, Mg- und P- sowie Spurenelement-Konzentrationen (Tab. 11) lagen nach Mischfuttergabe tendenziell um 40 (Ca) bzw. 30% (Mg) höher als nach Heu. Bei Phosphor, Kupfer und Zink waren die Werte nach Kraftfuttergabe etwa doppelt so hoch wie in der Heugruppe, und auch beim Eisen lagen sie in der Kraftfuttergruppe immerhin noch um 40% höher. Die Elektrolytgehalte zeigten keine eindeutigen Unterschiede zwischen den Fütterungsgruppen.

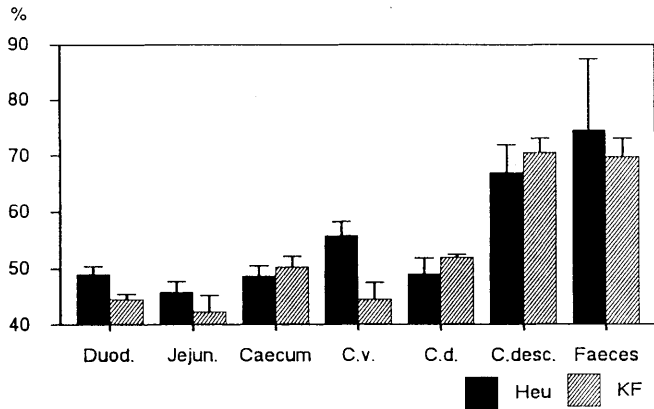


Abb. 7: Anteil gebundenen Wassers am Gesamtwasser (%) in Darminhalt und Faeces (n = je 2-4).

**Diskussion**

Die unterschiedlichen Futtertypen wirken vorrangig auf die Dauer der Futterraufnahme – wie bereits früher beschrieben (Meyer et al., 1975) und auch in vorliegender Untersuchung auffallend (Tab. 1) – und damit auf die Produktion von Speichel (Meyer et al., 1986), vermutlich aber auch auf die anderer Verdauungssekrete. Der nach diskontinuierlicher Futterraufnahme stoßweise Zufluß von Wasser in den Verdauungskanal, der über 125 ml/kg KM im Anschluß an eine Mahlzeit betragen kann (Meyer, 1992b), hat Konsequenzen für den Gesamtwasserhaushalt. So war die renale Wasserabgabe in den ersten Std. ppr. deutlich reduziert, obwohl die Tiere während der Futterraufnahme verstärkt tranken (Abb. 1). Die Reaktion der Niere ist – wie Clarke et al. (1988) zeigen konnten – durch Aktivierung des Renin-Angiotensin-Systems zu erklären. Trotz der erhöhten Wasseraufnahme und reduzierten renalen Wasserabgabe kam es bei der Heufütterung in den ersten 2 Std. ppr. zu einer signifikanten Schrumpfung des intravasalen Flüssigkeitsraumes, wenn die Veränderungen des Plasma-Proteingehaltes, die nach den Beobachtungen von Carl-

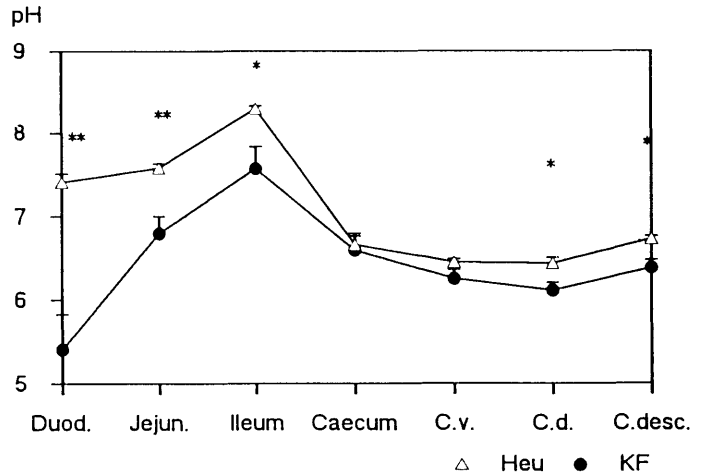


Abb. 8: pH-Werte im Chymus verschiedener Lokalisationen des Darmkanals (n = je 4 Tiere).

son und Harrold (1977) dafür ein sicherer Indikator sind, zugrunde gelegt werden. Danach hat die ausschließliche Heufütterung den internen Wasserhaushalt stärker belastet als die KF-Ration, vermutlich nicht nur durch eine höhere Sekretion, worauf auch die höheren Na-Konzentrationen im Duodenumchymus hinweisen (Abb. 9), und längere Fixation von Wasser im Verdauungskanal (s. u.), sondern auch durch die eher langsamere Wasseraufnahme ppr. (Abb. 1). Schnurpel (1991) beobachtete auch nach Kraftfütterung eine Schrumpfung des Plasmavolumens. In ihren Untersuchungen war einerseits die TS-Aufnahme um 30% höher und andererseits die Wasseraufnahme verzögert, so daß Unterschiede zu den eigenen Befunden nicht überraschen.

Der auffallend wellenförmige Verlauf der ppr. Harnabgabe (Abb. 1) für beide Fütterungsgruppen könnte Ausdruck einer temporären Wassersekretion in den Dickdarm sein, wie es Clarke et al. (1990) aufgrund früherer, aber noch umstrittener (Sperber et al., 1992) Ergebnisse von Argenzio

Tab. 10: Elektrolytbestand des Verdauungskanals (mg/kg KM; n = je 4 Tiere)

Lokalisation	Na		K		Cl	
	Heu	KF	Heu	KF	Heu	KF
Magen	20,6 ± 4,4	16,9 5,9	48,2 14,4	16,0 3,5	45,5 7,4	54,4 18,2
Dünndarm	40,5 ± 8,6	60,9 19,2	11,1 1,8	16,3 4,3	22,9 3,9	42,7 15,0
Caecum	54,6 ± 12,2	58,9 19,4	22,8 4,3	20,7 5,3	13,3 2,7	18,2 5,8
C. ventr.	136,9 ± 10,2	52,6** 13,5	83,3 6,1	50,0 15,0	27,1 3,8	11,3* 3,6
C. dors.	48,9 ± 10,3	49,4 9,1	51,7 6,0	84,4 28,8	10,5 3,1	8,3 2,4
C. desc.	6,8 ± 1,7	5,9 2,1	14,6 2,8	10,4 3,4	1,7 0,4	1,1 0,4
gesamt	308,2 ± 40,6	244,6 34,5	231,6 23,6	197,9 54,4	120,9 17,2	135,9 31,9
% Dickdarm	80,5 ± 1,9	66,9 7,7	75,1 5,4	82,1 3,6	43,0 2,7	28,8** 2,2

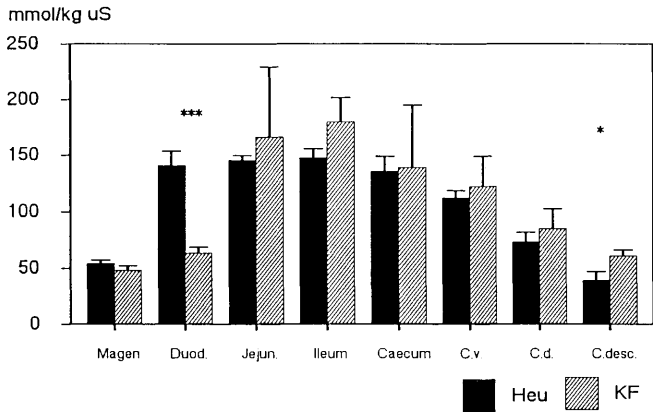


Abb. 9: Na-Konzentration im Chymus (mmol/kg uS; n = je 4 Tiere).

et al. (1974) annahmen, oder auf einer temporär ansteigenden und gegenregulatorisch abnehmenden Reninproduktion (Davis und Freeman, 1976) beruhen. Wenn der Wasserstrom in den Dickdarm durch osmotische Kräfte bewirkt würde, hätte wegen der zu erwartenden höheren Bildung osmotisch wirksamer Stoffe (Fettsäuren) eine stärkere Reaktion nach der Kraftfuttergabe erwartet werden müssen. Auch der wellenförmige Verlauf der Harnausscheidung kann durch die Hypothese des Wassereinstroms in den Dickdarm schwerlich erklärt werden.

Die im Verdauungskanal 5 Std. nach der letzten Mahlzeit verbliebene TS-Menge entspricht ähnlich wie in früheren Untersuchungen (Coenen et al., 1990; Tötung 3,5 Std. ppr.) ziemlich exakt der insgesamt pro Tag aufgenommenen TS-Menge. Diese Beziehung besteht offenbar unabhängig von der Höhe der TS-Aufnahme (12,5 in vorliegender Untersuchung bzw. 18–19 g/kg KM/d in früheren Untersuchungen) oder der Höhe der Verdaulichkeit des jeweiligen Futters. Obwohl die KF-Ration um etwa 30%-Punkte besser verdaut wurde als die Heurration (Tab. 5), waren die TS-Mengen im Darmkanal fast identisch (Tab. 9). Dies spricht für eine langsamere Verweildauer der unverdauten Futterteile des Kraftfutters im Dickdarm, offenbar vorrangig im Colon dorsale. Nach Tabelle 10 war die TS-Menge in diesem Darmabschnitt nach Kraftfutteraufnahme um fast 60%, in früheren Untersuchungen rund 30% (Coenen et al., 1990) höher als nach Heufütterung. Mit dieser Beobachtung steht in Einklang, daß auch das Leergewicht dieses Darmabschnittes (Tab. 8) bei der KF-Gruppe tendenziell größer als bei der Heugruppe war.

Nach diesen Befunden und der Feststellung von Perez Noriega (1989), daß nach Aussetzen einer Mahlzeit die faecale TS-Abgabe innerhalb von 12 Std. um 50% zurückging, entsteht der Eindruck, daß im Dickdarm bei knapper TS-Aufnahme (oder hoher Futterverdaulichkeit) ein gewisser Füllungsstatus zu erhalten versucht wird, möglicherweise zur verstärkten Ausnutzung des verfügbaren Futters. Ob daraus Obstipationsrisiken entstehen, bleibt zu prüfen. Beachtenswert ist jedoch, daß nach der KF-Fütterung bereits im Colon dorsale sehr hohe TS-Gehalte im Chymus vorlagen (Abb. 6).

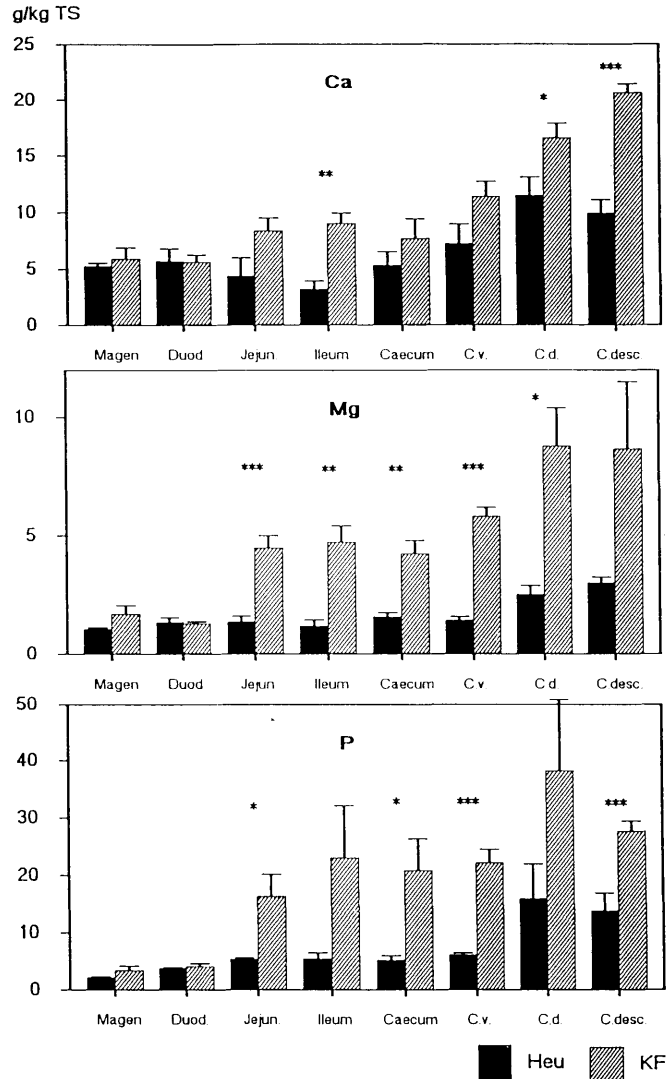


Abb. 10: Ca- (oben), Mg- (Mitte) und P-Gehalte (unten) im Chymus (g/kg TS; n = je 4 Tiere).

Die beiden Rationstypen hatten offenbar auch einen Einfluß auf die Passagevorgänge im Magen-Darm-Bereich. Trotz erheblich rascherer Aufnahme des Kraftfutters (Tab. 1) waren die im Magen verbliebenen TS-Mengen nur geringgradig niedriger, die im Dünndarm sogar höher als nach Heufütterung. Neben einer langsameren Magenentleerung aufgrund des höheren TS-Gehaltes im Mageninhalt, der sich auch noch im Duodenalchymus widerspiegelt (Abb. 6), scheint auch die Passage der Kraftfutterpartikel durch den Dünndarm eher langsamer zu sein als die der Heupartikel.

Die im Verdauungskanal insgesamt retinierten Wassermengen lagen absolut niedriger als in früheren Untersuchungen (Coenen et al., 1990). Dies ist wesentlich bedingt durch die geringere TS-Aufnahme, da die im Darmtrakt retinierte Wassermenge primär von der Gesamt-TS-Menge im Darmkanal abhängt (Meyer, 1992b). Daneben spielt aber auch die Art des Futters eine Rolle. In der vorliegenden Untersuchung war nach Heufütterung die Wassermenge um 45% höher als nach Kraftfutter, der Unterschied jedoch nicht so



ausgeprägt wie in einer früheren Untersuchung (+80%; 3,5 Std. ppr.; Coenen et al., 1990). Dies kann damit zusammenhängen, daß das hier eingesetzte Kraftfutter größere Maisanteile enthielt, die noch zu 20% im Dickdarm verdaut wurden (Tab. 5), so daß dort infolge Fermentation entsprechend höhere Mengen an osmotisch wirkenden Kräften vorlagen. Dafür spricht auch der relativ niedrige TS-Gehalt im Kot der KF-Tiere.

Die höhere Wasserretention nach Heugabe kann z. T. durch den stärkeren Zufluß von Verdauungssekreten, zum anderen aber auch durch spezifisch wasserbindende Kräfte der im Heu enthaltenen Strukturpolysaccharide (Eastwood, 1973) bedingt sein. Diese Effekte konnten allerdings bei der angewandten Methode zur Erfassung des gebundenen Wassers nicht verifiziert werden (Abb. 7). Möglicherweise hat die Anwendung sehr hoher Zentrifugalkräfte bestehende Unterschiede nivelliert. Andererseits deutet sich bei dieser Methode jedoch der erwartete stärkere Anstieg der Wasserbindung im Chymus im distalen Bereich des Verdauungskanales an.

Die scheinbare Verdaulichkeit der organischen Futterinhaltsstoffe (Tab. 5) läßt die aufgrund der unterschiedlichen Rohfasergehalte (Tab. 3) zu erwartenden Differenzen erkennen. Die beobachtete Verdaulichkeit der organischen Substanz entspricht sehr genau den Werten, die nach der allgemeinen Regressionsgleichung ( $sVoS \% = 93 - 1,26 x$ ) zu erwarten sind ( $x = Rfa TS$ ).

Die relativ zu anderen Erhebungen bei Mischfuttern (Meyer, 1984) niedrige Rp-Verdaulichkeit aus dem Kraftfutter kann mit der stärkeren Fermentation der im Dünndarm unverdauten Maisreste und einer höheren mikrobiellen N-Fixierung im Dickdarm im Zusammenhang stehen (Drochner und Meyer, 1991). Darauf deutet auch der relativ starke Abfall des Plasma-Harnstoffspiegels in der 6.-10. Std. ppr. bei dieser Futterart hin (Abb. 3). Auch Günther (1984) fand eine erheblich geringere Verdaulichkeit von Mais- im Vergleich zu Haferrohprotein.

Die geringere Nettoabsorption von Calcium (bei annähernd gleicher Aufnahme; Tab. 4) während der KF-Periode bestätigt frühere Untersuchungsergebnisse (Nebring, 1991) und spiegelt sich in Daten zum Plasma-Ca-Wert (Tab. 7) und den intestinalen Ca-Gehalten (Abb. 10) wider. Unterschiede in den Ca-Konzentrationen im Chymus übersteigen deutlich den durch divergierende Aufnahmen (Tab. 4) zu erwartenden Effekt. Ursächlich wurden für die höhere Ca-Nettoabsorption bei Rauhfuttermationen Einflüsse des intestinalen Wasserumlaufes und eine mögliche Stimulierung passiver Transportvorgänge im Sinne des bulk flow vermutet (Stadermann et al., 1992). Eine positive Beeinflussung der Löslichkeit des Calciums beim Heu ist aufgrund der intestinalen pH-Werte nicht zu vermuten (Abb. 8). Die mit der Galle abgegebenen nicht unerheblichen Ca-Mengen – bei rd. 30 ml/kg KM/d rd. 150 mg/kg KM/d – dürften bei Heufütterung aufgrund des vermutlich stärkeren Galleflusses eher höher gewesen sein als bei Kraftfuttermation und liefern somit keinen Erklärungsansatz für die unterschiedliche Ca-Nettoabsorption.

Für die Mg-Nettoabsorptionen wurden entgegen früheren Beobachtungen (Meyer et al., 1982; Nebring, 1991) keine Unterschiede beobachtet. Die höheren Plasma-Mg-Werte nach KF-Gabe sind im wesentlichen Ausdruck der höheren Mg-Aufnahme bei dieser Futtermation.

Für Phosphor wurden keine spezifischen Einflüsse auf die Nettoabsorption festgestellt. Der dennoch signifikant höhere Plasma-P-Spiegel bei den Pferden der Rauhfuttergruppe ist nicht durch die Höhe der P-Aufnahme erklärbar, sondern eher durch das weite Ca/P-Verhältnis in der KF-Ration.

Die Spurenelementkonzentrationen der Galle lagen für Zink und Kupfer höher als im Plasma, was (für Kupfer von Cymbaluk et al., 1981 beschrieben) im Sinne einer Exkretion gedeutet werden kann.

Die Beobachtungen über den Elektrolytbestand im Verdauungskanal entsprechen weitgehend früheren Feststellungen (Coenen et al., 1990; Meyer et al., 1992) unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Futter- und Chymusmengen.

Erstmals konnte auch die Konzentration von Elektrolyten in der Galle gemessen werden. Für Natrium und Chlorid lagen die Konzentrationen in ähnlicher Höhe wie im Plasma, für Kalium höher. Ein postprandialer Anstieg des Na-Plasmaspiegels – wie von Clarke et al. (1988) nach hoher KF-Menge beobachtet und bei einem niedrigeren Na-Gehalt in der Gesamtsekretmenge zu erwarten (Meyer, 1992b) – konnte nicht bestätigt werden. Ursächlich könnte die geringere Na-Aufnahme für diese Divergenz verantwortlich gewesen sein.

Der postprandiale Anstieg der Plasma-K-Werte (um rd. 10%) nach Heufütterung ist, wie Abbildung 5 zeigt, nur z. T. durch die Schrumpfung des Plasmavolumens zu erklären. Er entsteht vermutlich vorwiegend durch einen raschen K-Zustrom nach Aufnahme des K-reichen Heus. Der schnelle und starke Anstieg des Blutglucosespiegels nach der Kraftfuttermation beruht im wesentlichen auf der Aufnahme hoher Stärkemengen, die zu 80% im Dünndarm verdaut wurden (Tab. 5) und einen entsprechenden Zufluß an Glucose erwarten ließen. Auch Stull und Rodiek (1988) beschreiben einen ähnlichen Verlauf des Plasma-Glucosespiegels in Abhängigkeit vom Stärkegehalt in der Ration, trotz eines parallel erhöhten Insulinspiegels. Der ppr. Blutglucosespiegel des Pferdes scheint offenbar weniger straff reguliert zu werden als bei anderen Species (Meyer et al., 1976). Der nach Heufütterung später einsetzende und nicht so ausgeprägte Anstieg des Glucosespiegels, der tendenziell auch von Stull und Rodiek (1988) nach Luzerneheu gesehen wurde, könnte durch die in dieser Phase vermehrte Absorption von Propionsäure aus dem Dickdarm und die nachfolgende Gluconeogenese erklärt werden. Die höhere Glycogenmenge in der Leber bei der Kraftfuttermation, die z. T. vermutlich auch für das höhere Lebergewicht (Tab. 8) verantwortlich ist, kann als Folge des starken Glucosezustroms aus dem Verdauungskanal gewertet werden.

Trotz geringerer Rohfettaufnahme mit der Heurration (Tab. 4) lagen die Plasma-Triglyceridspiegel in dieser Gruppe höher. Auch in anderen Untersuchungen konnte

keine Beziehung zwischen Plasma-Triglyceridgehalt und Fettzufuhr verifiziert werden, im Gegenteil bei höherer Fettzufuhr lagen die Plasmaspiegel niedriger (Eilmans, 1991). Möglicherweise kommt es bei höherer Fettaufnahme zu einem schnelleren Umsatz. Aspekte einer vermehrten Fettsynthese aus Kohlenhydraten bei geringerer Fettzufuhr (Grunwald, 1991) dürften dagegen für die höheren Plasmagehalte beim Heu nur von begrenzter Bedeutung gewesen sein.

Die Plasma-Harnstoffgehalte zeigten sich deutlich durch die Proteinaufnahme mit der Ration (Tab. 4) beeinflusst und lassen sich durch eine auf der Basis früherer Versuche aufgestellten Regressionsgleichung (Pferdekamp, 1978) größenordnungsmäßig rekonstruieren ( $y = 4,56 + 18,51 x$ ;  $r = 0,95$ ; Differenz zu gemessenen Werten: Heu + 13%, KF + 3%).

Im postprandialen Verlauf wurde beim Rauhfutter 2 Std. nach der Fütterung ein Anstieg des Plasma-Harnstoffspiegels registriert, der jedoch offensichtlich durch Veränderungen des Plasmavolumens vorgetäuscht worden war (Abb. 3). Der Rückgang der Harnstoffkonzentration im Plasma nach etwa 6 Std. fällt besonders bei Mischfutter auf. Er könnte auf einer verstärkten N-Fixierung im Dickdarm beruhen, da die Harnstoffspiegel im Plasma und im Dünndarmchymus im Gleichgewicht stehen (Schmidt et al., 1982) und so permanent größere Harnstoffmengen in den Dickdarm einfließen. Bei günstigen Bedingungen (erhöhter Stärkezufluß) ist mit einer vermehrten N-Bindung und damit auch Abnahme der Rohproteinverdaulichkeit zu rechnen.

Die in den vorliegenden Untersuchungen beobachteten Einflüsse der Futterart auf den Gesamtwasserhaushalt müssen bei der Belastung von Pferden beachtet werden. Generell sollte vor stärkeren körperlichen Anstrengungen mindestens eine Karenzzeit von 3 Std. nach Fütterungsbeginn liegen. Die in Abhängigkeit von Futterart, Futterzusammensetzung und Fütterungszeitpunkt erheblichen Veränderungen im Protein-, Harnstoff-, Glucose- und K-Gehalt im Blut müssen bei der klinischen Bewertung berücksichtigt werden.

## Literatur

Argenzio, R. A., Lowe, J. E., Pickard, D. W., und Stevens, C. E. (1974): Digesta passage and water exchange in the equine large intestine. *Am. J. Physiol.* 226, 1035–1042.

Bödeker, D. (1992): Einfluß von kurzkettigen Fettsäuren auf den Ammoniaktransport durch die Colonschleimhaut von Pferden. *Pferdeheilkunde*, Sonderheft, 147–149.

Carlson, G. P., und Harrold, D. R. (1977): Relationship of protein concentration and water content of equine serum and plasma samples. *Vet. Clin. Path.* 6, 18–20.

Clarke, L. L., Ganjam, V. K., Fichtenbaum, B., Hatfield, D., und Garner, H. E. (1988): Effect of feeding on renin-angiotensin-aldosterone system of the horse. *Am. J. Physiol.* 254, R 524–R 530.

Clarke, L. L., Argenzio, R. A., und Roberts, M. C. (1990): Effect of meal feeding on plasma volume and urinary electrolyte clearance in ponies. *Am. J. Vet. Res.* 51, 571–576.

Coenen, M. (1992): Beobachtungen zum Vorkommen von Magenulcera beim Pferd. *Pferdeheilkunde*, Sonderheft, 188–191.

Coenen, M., 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.* H. 21, 7–20.

Cymbaluk, N. F., Schryver, H. F., Hintz, H. F., Smith, D. R., und Lowe, J. E. (1981): Influence of dietary molybdenum on copper metabolism in ponies. *J. Nutr.* 111, 96–106.

Davis, J. O., und Freeman, R. H. (1976): Mechanisms regulating renin release. *Physiol. Rev.* 56, 1–56.

Drochner, W., und Meyer, H. (1991): Verdauung organischer Substanzen im Dickdarm verschiedener Haustierarten. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.* H. 22, 18–40.

Eastwood, M. A. (1973): Vegetable fibre: its physical properties. *Proc. Nutr. Soc.* 32, 137–143.

Eilmans, I. (1991): Fettverdauung beim Pferd sowie die Folgen einer marginalen Fettversorgung. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

Engelhardt, W. v., Burmester, M., Hansen, K., und Becker, G. (1992 a): Transepithelialer Transport von Acetat, Propionat und Butyrat im Caecum, im proximalen und im distalen Colon von Ponys. *Pferdeheilkunde*, Sonderheft, 171–174.

Engelhardt, W. v., Burmester, M., Hansen, K., und Becker, G. (1992 b): Elektrophysiologische Parameter einzelner Dickdarmabschnitte des Ponys. *Pferdeheilkunde*, Sonderheft, 169–170.

Gericke, S., und Kurmies, B. (1952): Die kolorimetrische Phosphorbestimmung mit Ammonium-Vanadat-Molybdat und ihre Anwendung in der Pflanzenanalyse. *Z. Pflanzenernähr., Düngung und Bodenkde.* 59, 235–247.

Grunwald, D. (1991): Marginale Linolsäureversorgung und Parameter des Lipidstoffwechsels beim adulten Pony. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

Günther, C. (1984): Untersuchungen über die Verdaulichkeit und Verträglichkeit von Hafer, Quetschhafer, Gerste und Mais beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

Kamphues, J., Denell, S., und Radicke, S. (1992): Lipopolysaccharidkonzentrationen im Magen-Darm-Trakt von Ponys nach Aufnahme von Heu bzw. einer kraftfutterreichen Ration. *Pferdeheilkunde*, Sonderheft, 59–63.

Meyer, H. (1992 a): *Pferdefütterung*. 2. Aufl., Paul Parey, Berlin und Hamburg.

Meyer, H. (1992 b): Intestinaler Wasser- und Elektrolytstoffwechsel des Pferdes, Übers. *Tierernähr.* 20, 135–166.

Meyer, M., Ahlswede, L., und Reinhard, H. J. (1975): Untersuchungen über Freßdauer, Kaufrequenz und Futterzerkleinerung beim Pferd. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 82, 54–58.

Meyer, H., Kröger, H., und Sagel, B. (1976): Untersuchungen über die Variationsursachen des Geburtsgewichtes bei Ferkeln sowie die Körper- und Blutzusammensetzung untergewichtiger Ferkel. *Dtsch. tierärztl. Wschr.* 83, 438–448.

Meyer, H., Schmidt, M., Lindemann, G., und Muuss, H. (1982): Praecaecale und postileale Verdaulichkeit von Mengen- (Ca, P, Mg) und Spurenelementen (Cu, Zn, Mn) beim Pferd. *Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr.*, H. 13, 61–69.

Meyer, H., Coenen, M., Teleb, H. W., und Probst, D. (1986): Untersuchungen über Futterzerkleinerung und Freisetzung von Futterinhaltsstoffen im Kopfdarm des Pferdes. *Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde.* 56, 266–275.

Meyer, H., Stadermann, B., und Coenen, M. (1992): Zum Wasser- und Elektrolytgehalt im Verdauungskanal des Pferdes in Abhängigkeit von Wasserzufuhr und Bewegung. *Pferdeheilkunde* 8, 287–294.

Nehring, T. (1991): Einfluß der Futterart auf die Nettoabsorption von Calcium sowie Magnesium und Phosphor beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

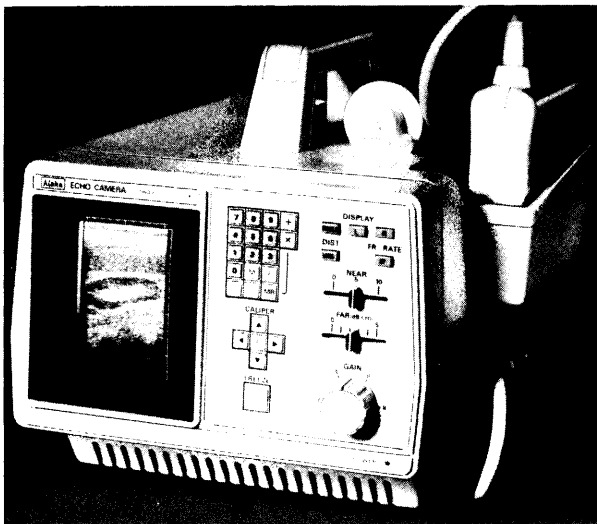
Perez Noriega, H. R. (1989): Untersuchungen über den postprandialen Wasser- und Elektrolythaushalt des Pferdes unter Variation des Wasser- und Futterangebotes. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

- Petry, H. und Rapp, W. (1970): Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen. Z. Tierphysiol., Tierernähr. u. Futtermittelkde. 27, 181-189.
- Pferdekamp, M. (1978): Einfluß steigender Proteinmengen auf den Stoffwechsel des Pferdes. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Radicke, S. (1990): Untersuchungen zur Verdauung von Mais und Haferstärke beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Schmidt, M., Lindemann, G., und Meyer, H. (1982): Intestinaler N-Umsatz beim Pferd. Fortschr. Tierphysiol. Tierernähr., H. 13, 40-51.
- Schmurpel, B. (1991): Einfluß von Futterart und Höhe der Ca-Aufnahme auf Ca-Blutspiegel und renale Ca-Exkretion beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.
- Schubknecht, W., und Schinkel, H. (1963): Universalschrift für die Bestimmung von Kalium, Natrium und Lithium nebeneinander. Z. Anal. Chem. 194, 176-183.
- Sperber, I., Björnhaug, G., und Holtenius, K. (1992): A separation mechanism and fluid flow in the large intestine of the equine. Pferdeheilkunde, Sonderheft, 29-32.
- Stadermann, B., Nebring, T., und Meyer, H. (1992): Calcium- und Magnesiumabsorption bei Rauhfutter oder Mischfutter. Pferdeheilkunde, Sonderheft, 77-80.

- Stull, C. L., und Rodiek, A. V. (1988): Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets. J. Nutr. 118, 206-213.
- Zentek, J., Nyari, A., und Meyer, H. (1992): Untersuchungen zur H<sub>2</sub>- und CH<sub>4</sub>-Exhalation beim Pferd. Pferdeheilkunde, Sonderheft, 64-66.

Prof. Dr. H. Meyer  
 Dr. B. Stadermann  
 Dr. S. Radicke  
 Priv.-Doz. Dr. E. Kienzle  
 Dr. A. Nyari  
 Institut für Tierernährung  
 Tierärztliche Hochschule Hannover  
 Bischofsholer Damm 15  
 D-3000 Hannover 1  
 Telefon (05 11) 8 56-75 08

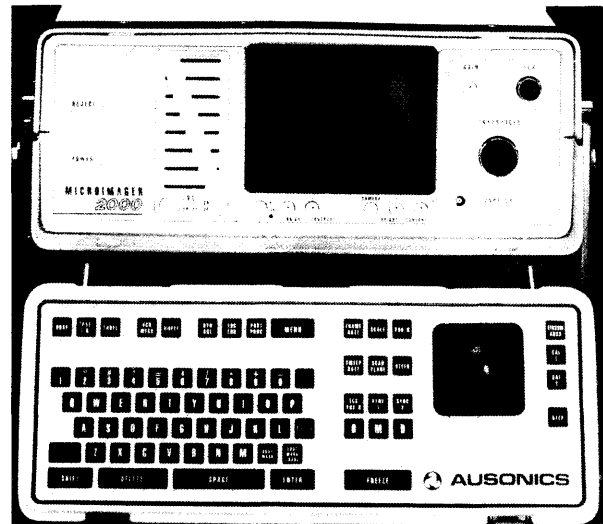
## Ultraschall für Tierärzte



### ALOCA SSD-210 DX II

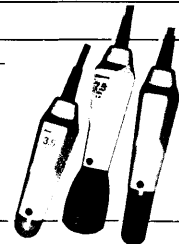
**Linearscanner** mit hoher Auflösung, einfacher Bedienung und hoher Mobilität. Handlich leicht (14 kg), schlanker Spezialschallkopf 5 MHz mit besonders langer Zuleitung (3 m) für die Gynäkologie bei Großtieren. Gerne demonstrieren wir Ihnen die Leistungsfähigkeit unserer Geräte in Ihrer Praxis! Rufen Sie uns einfach an.

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



### SONOVET II

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



**VET Eickemeyer**

Vet.-Instrumente-Praxisbedarf  
 Eltstraße 8 · D-7200 Tuttlingen  
 Telefon (0 74 61) 7 20 54 · Telefax (0 74 61) 39 05