

Chloridkonzentrationen und -mengen im Verdauungskanal des Pferdes

M. Coenen

Institut für Tierernährung, Tierärztliche Hochschule

Schlüsselwörter: Pferd, Chlorid, Magen-Darm-Trakt, Arbeit, Raufutter, Mischfutter

Einleitung

Vom Chloridbestand des Körpers, rd. 1200 mg/kg Körpermasse, entfallen insgesamt etwa 14 Prozent auf den Inhalt des Magen-Darm-Trakts (Coenen, 1992). Diese Menge interessiert als internes Reservoir, sie ist jedoch erheblichen Schwankungen unterworfen. Deshalb wurden vergleichende Untersuchungen zur Verteilung von Chlorid auf die verschiedenen Abschnitte des Verdauungstraktes sowie zur praecaecalen Nettoabsorption angestellt und Einflüsse von Futterart und Fütterungszeit sowie Veränderungen nach Laufbelastung und minimierter Cl-Zufuhr geprüft.

Material und Methoden

Insgesamt 41 Ponys (156 ± 34 kg Körpermasse [KM]) erhielten ausschließlich Heu (Rohprotein [Rp] 102, Rohfaser [Rfa] 324 g/kg Trockenmasse [TS]), ergänzt mit NaCl (Aufnahme: $TS 18 \pm 2$ g/kg KM \times Tag⁻¹ [d⁻¹], Chlorid [Cl] 158 ± 79 mg/kg KM \times d⁻¹), 27 weitere Tiere (130 ± 38 kg KM) ein industriell gefertigtes, pelletiertes Mischfutter (Rp 138 g, Rfa 175 g/kg TS; Aufnahme: $TS 18 \pm 1$ g/kg KM \times d⁻¹; Cl 112 ± 7 mg/kg KM \times d⁻¹). Mit einem durch Waschen demineralisierten Heu (Rp 84 g, Rfa 381 g, Cl 0,4 g/kg TS) wurden außerdem 10 Ponys versorgt (134 ± 30 kg KM; Aufnahme: $TS 17 \pm 3$ g, Cl $5 \pm 0,9$ mg/kg KM \times d⁻¹). Die Fütterung erfolgte in 2 Mahlzeiten/d im Abstand von 12 Stunden (h). Die Ponys wurden zu Lehrzwecken 3,5, 6 oder 12 h post prandial (ppr) getötet, zu den beiden erstgenannten Zeitpunkten z. T. nach 1- oder 2stündiger Belastung auf einem Laufband (max. 200 oder 167 m/min). Nach Exenteration erfolgte eine Zerlegung des Magen-Darm-Traktes (MDT) in die Segmente Magen, Dünndarm, Caecum, Colon ventrale, dorsale und descendens, die sodann mechanisch entleert wurden. Nach Quantifizierung stand der Inhalt für die Untersuchungen zur Verfügung (TS \rightarrow Heißtrocknung 105 °C, Cl \rightarrow coulometrische Titration nach wässriger Extraktion, Detailangaben s. Coenen, 1992).

Zusammenfassung

Bei Untersuchungen post mortem an insgesamt 78 Ponys, die alternativ nur Heu oder Mischfutter erhielten, wurden die Cl-Konzentrationen und Cl-Mengen in Magen, Dünndarm, Caecum, Colon ventrale, dorsale und descendens unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren Futterart, Zeit post prandial (ppr), Laufbandbelastung und Restriktion der Cl-Aufnahme geprüft. Mit zwei Pferden (Caecumfistel) erfolgte in vivo über insgesamt 12 Stunden ppr die Bestimmung der praecaecalen Nettobewegung bei einer Heu- sowie einer gemischten Heu-Kraftfutter-Ration.

Die Cl-Konzentrationen fielen vom Magen bis zum Colon von rd. 2800 auf 700 mg/kg Chymus ab. Bei Heuverzehr waren die Werte höher als nach Mischfutteraufnahme. Die Restriktion der Cl-Zufuhr (< 10 mg/kg KM \times d⁻¹) ergab im Magen und im Dünndarm geringere Konzentrationen als unter Kontrollbedingungen. Rd. 50 Prozent der insgesamt im Magen-Darm-Trakt vorhandenen Cl-Mengen entfielen auf den praecaecalen Bereich. Der Dickdarm enthielt bei Heuaufnahme höhere Cl-Mengen als nach Mischfutterverzehr. In allen Abschnitten des Verdauungskanals bestanden lineare Beziehungen zwischen Wasser- und Chloridmengen.

Mit fortschreitender Zeit ppr nahm der Cl-Bestand vor allem im Magen und Dünndarm ab. Nach Laufbandarbeit wurde in den einzelnen Segmenten des Verdauungstraktes ein Rückgang der Cl-Mengen beobachtet (deutlicher bei Heu- als bei Mischfutteraufnahme). Im praecaecalen Bereich bestand im Mittel über 12 h eine Nettosekretion nach Heufütterung und eine Nettoabsorption von 25 Prozent bei gemischter Heu-Kraftfutter-Ration.

Chloride in the gastro-intestinal tract of the horse

In 78 Ponys, fed by hay or complete feed only, post mortem investigations were conducted regarding to the concentration and amount of chloride (Cl) in stomach, small intestine, caecum, colon ventrale, dorsale and descendens. The influences of feed, exercise (treadmill), time post-prandial and Cl-intake were proofed. In two horses, fitted with a caecal fistula, the praecaecal net movement was investigated over 12 hours post-prandial after feeding hay or a mixed ration (hay : concentrate, 1 : 1). The Cl-concentrations dropped from about 2800 mg/kg stomach content to 700 mg/kg in the colon. The values were higher feeding hay than concentrates. The restricted Cl-intake ($10 < \text{mg/kg BW} \times \text{d}^{-1}$) resulted in lower concentrations in stomach and small intestine. Nearly 50 % of the total amount of Cl were present in stomach and small intestine. The large bowel contained significant higher amounts of Cl in the hay group than in ponys fed by concentrates. With progressive time after feeding the amounts of Cl decreased, mainly in stomach and small intestine. After treadmill exercise Cl was reduced in all parts of the alimentary tract. Under all conditions (kind of feed, rest and exercise) existed linear relationships between Cl and water in the several segments of the gastro-intestinal tract. Praecaecally a net secretion was observed after feeding hay, while in the case of the mixed ration net absorption reached 25 %.

Mit 2 caecumfistulierten Großpferden (412 u. 396 kg KM) wurde die praecaecale Nettoabsorption geprüft, a) bei Heufütterung (Aufnahme: $TS 19,6$ g, Cl 225 mg/kg KM \times d⁻¹) und b) bei einer Ration zu gleichen Teilen aus Heu und Kraftfutter (Aufnahme: $TS 19,2$ g, Cl 58 bzw. 103 mg/kg KM \times d⁻¹; unterschiedlich wegen divergenter Heuqualität).

Ergebnisse

1. Cl-Konzentration

Bei ausreichender Cl-Aufnahme über Heu oder Mischfutter fielen die Cl-Konzentrationen von 2923 (Heu) bzw.

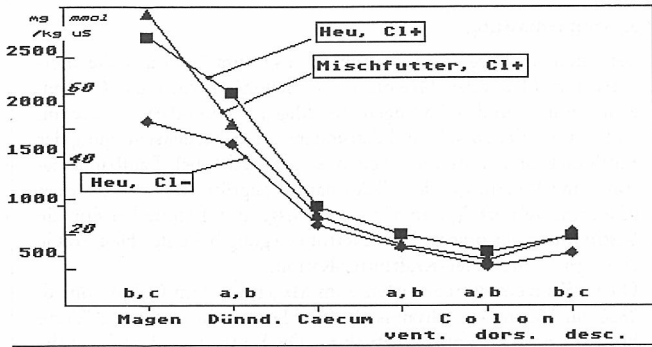


Abb. 1: Cl-Konzentrationen im Inhalt des Magen-Darm-Traktes nach Heu- (n = 41) oder Mischfutteraufnahme (n = 27) bei ausreichender (CI+) oder minimierter Cl-Aufnahme (CI-). a = Signifikanz → Heu CI+ vs. Mischf. CI+; b = Signifikanz → Heu CI+ vs. Heu CI-; c = Signifikanz → Mischf. CI+ vs. Heu CI-.

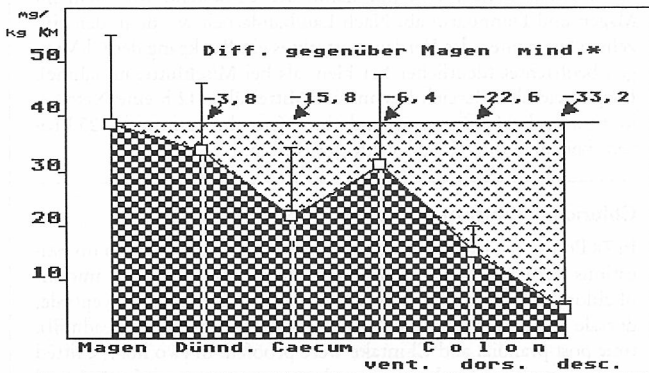


Abb. 2: Cl-Mengen im Inhalt des Magen-Darm-Traktes bei ausreichender Cl-Aufnahme (n = 68; alle Behandlungen zusammengefaßt, alle Differenzen gegenüber Magen signifikant).

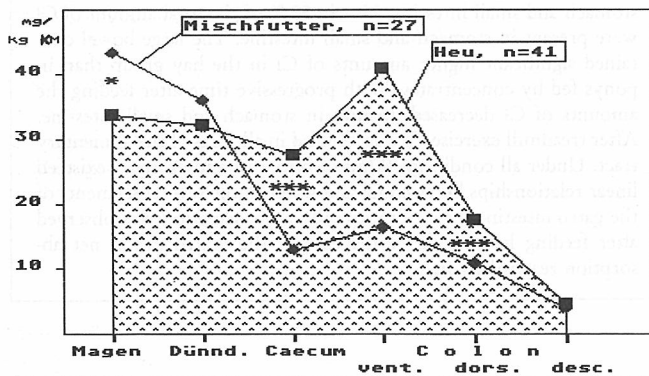


Abb. 3: Cl-Mengen im Inhalt des Magen-Darm-Traktes bei Heu- (n = 41) oder Mischfutteraufnahme (n = 27; Tiere ohne und nach Laufbandbelastung zusammengefaßt).

2675 (Mischfutter) im Magen kontinuierlich ab auf rd. 700 mg/kg Chymus-Frischmasse (uS) (Abb. 1). Die niedrigsten Konzentrationen waren im Chymus des Colon dorsale mit 531 und 458 mg/kg uS zu beobachten. Insgesamt wurden die geringeren Cl-Konzentrationen bei Mischfutteraufnahme gemessen (z. T. signifikant). Nach Cl-ärmerer Fütterung lagen die Konzentrationen statistisch gesichert

(ausgenommen Caecum) unter denen der Vergleichsgruppe.

2. Cl-Mengen

Der Magen enthielt im Mittel mit rd. 40 mg/kg KM die höchsten Cl-Mengen (Abb. 2). Magen und Dünndarm umfaßten im Mittel über alle Behandlungen, ausgenommen nach Restriktion der Cl-Zufuhr, mit 71 mg/kg LM knapp 50 Prozent der insgesamt im Intestinum vorhandenen Cl-Mengen. Entscheidend für die Cl-Gehalte war in allen Segmenten des MDT die enthaltene Wassermenge. Es bestanden signifikante Beziehungen zwischen beiden Größen.

Die Futterart Heu vs. Mischfutter übte einen signifikanten Einfluß auf die Cl-Mengen (und Wassermengen) im MDT aus. Im Magen waren nach Mischfutteraufnahme höhere, im Dünndarm ausgeglichene und im Dickdarm insgesamt deutlich geringere Cl-Mengen lokalisiert als bei Heufütterung (Abb. 3). In der Mischfuttergruppe gingen die Cl-Mengen mit Übergang von Dünndarm zum Caecum um rd. 20 mg/kg KM zurück.

Mit fortschreitender Zeit ppr nahmen die Cl-Mengen im Chymus ab. Der Inhalt des gesamten MDT enthielt bei Heufütterung 3,5 h ppr 208 mg Cl/kg KM; 6 bzw. 12 h ppr lagen die Cl-Mengen mit 154 bzw. 163 mg/kg KM signifikant niedriger. Insgesamt ergab sich im Verlauf der Zeit ppr eine Abnahme im praecaecalen Bereich, die im Dickdarm, vor allem im Colon enthaltenen Cl-Mengen veränderten sich dagegen kaum (Abb. 4).

Nach Bewegung auf dem Laufband waren die Gesamtmengen an Cl im Chymus bei Heufütterung signifikant (171 vs. 142 mg/kg KM), nach Mischfutteraufnahme ohne statistische Absicherung (133 vs. 107 mg/kg KM) geringer als im Status der Ruhe. Für beide Rationstypen wurden bei belasteten Tieren auch an den einzelnen Lokalisationen konstant niedrigere Cl-Mengen gefunden als bei Ponys in Ruhe (Abb. 5). Die Differenzen ließen sich vereinzelt absichern. Nach einer im Mittel 27 Tage andauernden Restriktion der Cl-Versorgung (< 10 mg/kg KM x d⁻¹) enthielt der MDT bei 2 Ponys ohne vorherige Laufbandbelastung insgesamt 202 mg Cl/kg KM. Da jedoch im Intestinum der Cl-arm

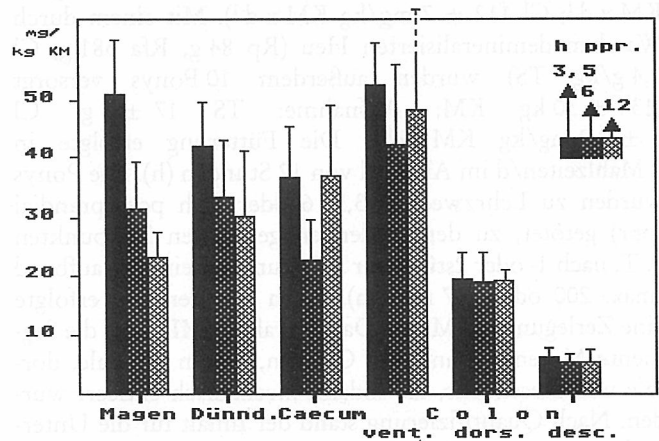


Abb. 4: Cl-Mengen im Inhalt des Magen-Darm-Traktes zu unterschiedlichen Zeitpunkten post prandial (Ponys ohne Laufbandbelastung).

ernährten Ponys umfangreichere Wassermengen enthalten waren als bei den Kontrolltieren, ist der unmittelbare Vergleich nicht möglich. Daher wurden die Cl-Gehalte im Chymus nach restriktiver Cl-Versorgung auf den gleichen Wasserbestand in den verschiedenen Abschnitten des MDT wie bei den Vergleichstieren anhand der linearen Beziehung zwischen Wasser- und Cl-Bestand umgerechnet. Bei Cl-arm ernährten Ponys ohne Laufbandbelastung zeigte sich nach dieser Korrektur die Tendenz zu einem Rückgang der Cl-Mengen im Bereich von Magen und Dünndarm sowie im Colon ventrale; Signifikanzniveau wurde allerdings nicht erreicht. Nach zusätzlicher Belastung des Cl-Haushaltes durch Laufarbeit lag die Gesamtmenge mit 133 mg/kg KM signifikant unter der, die bei den Vergleichstieren mit unverminderter Cl-Zufuhr gefunden worden war. In allen Abschnitten des Verdauungskanal mit Ausnahme des Colon descendens wurden geringere Cl-Mengen beobachtet als unter Kontrollbedingungen (Abb. 6). Die größten Differenzen bestanden in Magen, Dünndarm und Caecum.

3. Prae-caecale Nettoabsorption

Bei Heufütterung (plus Mineralstoffsupplementierung) betrug die Cl-Konzentration im Chymus der beiden Pferde im Mittel über 12 h ppr 1375 bzw. 1342 mg/kg uS. Mit einer ileocaecalen Passage, größer als die Cl-Aufnahme, ergab sich eine Nettosekretion im praecaecalen Bereich (Tab. 1). Bei der gemischten Ration waren sowohl die Kon-

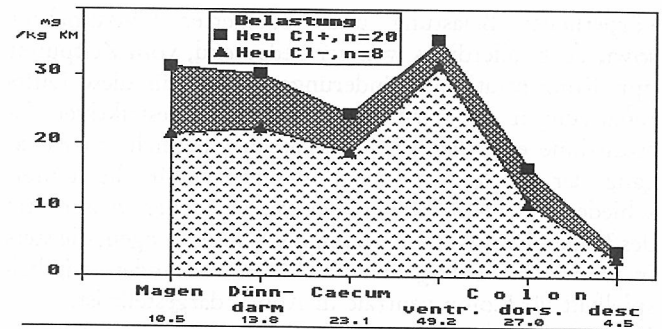


Abb. 6: Cl-Mengen im Inhalt des Magen/Darmtraktes bei Ponys mit Laufbandbelastung nach ausreichender (Cl+) oder minimierter Cl-Aufnahme (Cl-), korrigiert auf gleiche Wassermenge, g/kg KM.

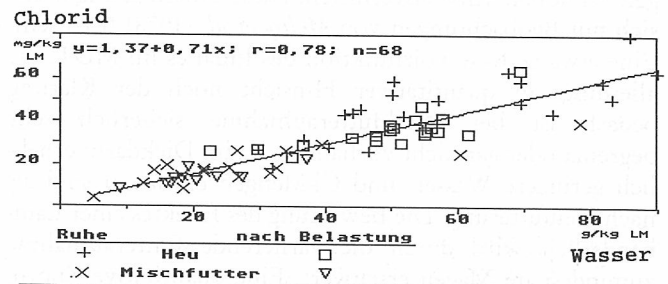


Abb. 7: Beziehung zwischen Wasser- (x) und Cl-Mengen (y) im Colon ventrale.

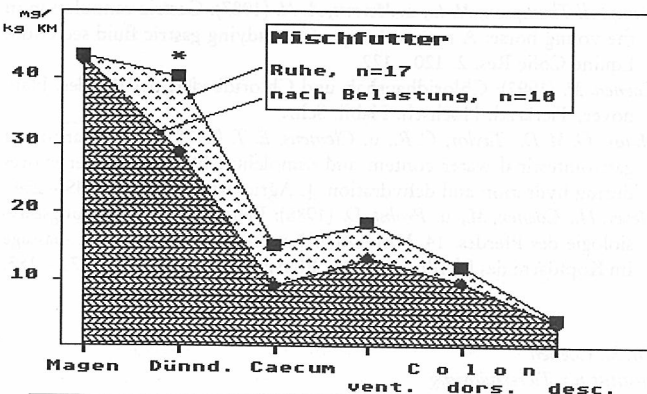
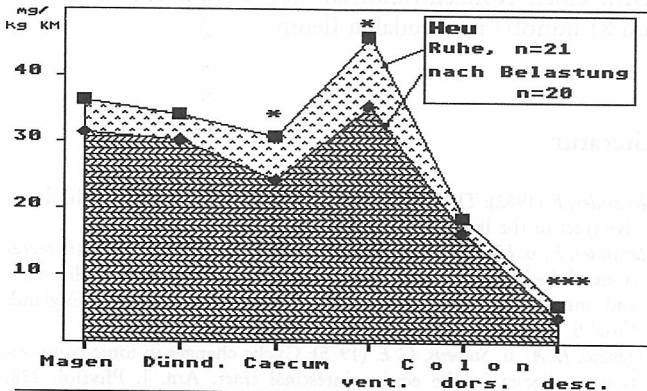


Abb. 5: Cl-Mengen im Inhalt des Magen-Darm-Traktes von Ponys bei Heu- oder Mischfuttermitteln in Ruhe oder nach Laufbandbelastung.

zentration als auch der Cl-Abfluß in den Dickdarm erheblich geringer; praecaecal wurden netto 25 % absorbiert. Ähnlich divergent wie Chlorid verhielt sich Bicarbonat für die beiden Rationstypen. Nach Heuaufnahme ergaben sich bei Bicarbonatkonzentrationen von 5618 mg/kg Chymus ileocaecale Flußraten für die beiden Tiere von 989 und 1409 mg/kg KM x d⁻¹. Unter den Bedingungen der gemischten Heu-Kraftfutter-Diät betrug die Konzentration des Anions am terminalen Ileum 5284 mg/kg uS und knapp 500 mg/kg KM x d⁻¹ erreichten den Dickdarm. Die molare Summe für Cl und Bicarbonat lag nach Heuaufnahme einheitlich bei 130 mmol/kg uS, nach Verzehr der gemischten Ration mit 92 und 121 mmol/kg uS deutlich niedriger.

Diskussion

Bei Betrachtung der Segmente des Verdauungstraktes zeigten sich hinsichtlich der enthaltenen Cl-Mengen signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Futterart,

Tab. 1: Ileocaecale Passage von Chlorid und praecaecale Nettobewegung bei 2 Pferden

| Cl-Aufnahme, mg/kg KM x d ⁻¹ | Heu 224/ 226 | Heu + Kraftfutter 58/103 |
|---|-----------------|-----------------------------|
| - Cl-Konz., mg/kg Chymus | 1375/1342 | 400/983 |
| - ileocaecale Passage, mg/kg KM x d ⁻¹ | 244/ 333 | 41/ 81 |
| - praecaecale Nettobewegung % | -9,2/ -47 | 28/ 22 |

körperlicher Belastung und reduzierter Cl-Aufnahme sowie auch, allerdings weniger bedeutend, vom Zeitpunkt ppr. Konzentrationsveränderungen waren für diese Differenzierungen unbedeutend; lediglich bei restriktiver Cl-Aufnahme ergab sich im praecaecalen Bereich ein Rückgang der Konzentrationen. Wesentlich für die Unterschiede in den Cl-Mengen der verschiedenen Abschnitte des Magen-Darm-Trakts waren die Wassermengen, die stets in linearer Beziehung zu den Cl-Mengen standen, wie beispielhaft für Colon ventrale in Abb. 7 dargestellt ist.

Unter beiden Fütterungsbedingungen war der Rückgang der Cl-Mengen in den verschiedenen Abschnitten des MDT nach Laufbandbelastung konstant sichtbar. Dies spricht für ihre Beteiligung an kompensatorischen Vorgängen bei hohen Schweißverlusten. Diese Einschätzung deckt sich mit Beobachtungen von *Maloy et al.* (1978) bei Eseln. Eine etwaige Reservoirfunktion des Inhaltes im MDT, die allerdings in quantitativer Hinsicht noch der Klärung bedarf, ist bei Mischfutteraufnahme sicherlich sehr begrenzt oder gar nicht vorhanden, da im Dickdarm erheblich geringere Wasser- und Cl-Mengen enthalten sind als nach Heufütterung. Die Bewertung des Effektes einer Laufbandarbeit wird durch die variierende Futteraufnahme zumindest im Magen erschwert. Eine quantitative Zuordnung ist in diesem Bereich nicht sicher möglich. Die Verteilung der Cl-Mengen nach Laufbandbelastung deutet im Vergleich zu Ruhebedingungen zunächst sowohl auf eine geringere Sekretion im Magen und Dünndarm als auch auf eine verstärkte Absorption hin (auch in Dickdarm); möglich ist ferner eine veränderte Passage (besonders im praecaecalen Bereich).

Die Cl-Sekretion im praecaecalen Abschnitt, assoziiert mit der Futteraufnahme, ist erheblich (Speichel, Magen und Pankreassaft; *Alexander und Hickson*, 1970). Bei einer Cl-Aufnahme von 150 mg/kg KM x d⁻¹ über Heu (20 g/kg KM x d⁻¹) werden über Speichel (5,8 g/g Rauhfutter; *Meyer et al.*, 1986) 230 mg Cl sekretiert. Das abgeschluckte Futter wird im Magen mit 98 ml Magensaft/kg KM x d⁻¹ (*Campbell-Thompson und Merrit*, 1987) durchgesetzt und mit 300 mg Cl angereichert (3,05 mg Cl/ml Magensaft unterstellt). Der Zufluß im Dünndarm kann mit 580 mg/kg KM x d⁻¹ veranschlagt werden (*Alexander und Hickson* 1970). Aufgrund dieser Größen und gestützt auf Veränderungen in Konzentration und Menge ist im Dünndarmbereich auch eine bedeutende Absorption zu veranschlagen. Welche Nettobewegung gegenüber der Cl-Aufnahme nach Addition von Sekretion und Absorption verbleibt, hängt offensichtlich von der Futterart ab. Dies belegen trotz ihres heterogenen Charakters die Befunde zur Nettoabsorption im praecaecalen Abschnitt. Bei Heuaufnahme, einer Bedingung, unter der hohe Elektrolytmengen sekretiert und auch im Chymus fixiert werden, ist eine Nettosekretion zu verzeichnen, während mit der gemischten Heu-Kraftfutter-Ration eine Nettoabsorption von im Mittel 25 Prozent abzuleiten war, allerdings bei wesentlich geringerer Cl-Zufuhr. Der Unterschied in der Cl-Aufnahme kann jedoch Differenzen zwischen den beiden Rationen nicht völlig klären. Auch bei einer Aufnahme von etwa 210 mg/kg KM x d⁻¹ über eine pelletierte Mischdiät fanden *Argenzio*

und *Stevens* (1975) eine ileocaecale Passage von 199 mg/kg KM x d⁻¹; die daraus abzuleitende praecaecale Nettoabsorption beträgt 5 Prozent.

Ein Rückgang der ileocaecalen Cl-Passage bei konzentrierten Rationen ist gleichfalls aufgrund der Mengenverteilung auf die Segmente des MDT bei Heu- vs. Mischfutteraufnahme zu erwarten; in beiden Fällen lag der Cl-Bestand im praecaecalen Abschnitt auf annähernd gleicher Höhe, fiel dann aber bei Mischfuttermittelverzehr auf rd. die Hälfte dessen, was bei Heufütterung gefunden wurde, lediglich im Colon descendens waren von der Futterart unabhängige Mengen vorhanden. Zusammenfassend lassen sich die in vivo ermittelten Daten so interpretieren, daß Chlorid im Dünndarm des Pferdes netto absorbiert werden kann, aber bei rauhfuttermittelbetonten Rationen mit einer Cl-Aufnahme oberhalb 100 mg/kg KM x Tag⁻¹ die praecaecale Nettoabsorption unter 10 Prozent liegen dürfte. Vereinfachend kann danach angenommen werden, daß die ileocaecale Passage der Cl-Aufnahme entspricht.

Die faecale Cl-Abgabe kann einheitlich mit 2,3 mg/kg KM x Tag⁻¹ veranschlagt werden (*Coenen*, 1992). Danach ergibt sich für den Dickdarmbereich insgesamt eine Nettoabsorption von über 95 Prozent, mengenmäßig ist die hier ablaufende Absorption jedoch deutlich geringer als im Dünndarmbereich.

Die gefundenen Konzentrationen an Bikarbonat bewegen sich auch in dem von *Argenzio und Stevens* (1975) berichteten Bereich und beruhen besonders auf der Sekretion im Ileum. Dies ist aus den von *Alexander* (1962) erhobenen Befunden zu schließen; der Autor beobachtete im Dünndarm einen Konzentrationsanstieg bis auf ein Maximum um 81 mmol/l im kaudalen Ileum.

Literatur

- Alexander, F.* (1962): The concentration of certain electrolytes in the digestive tract of the horse and pig. Res. vet. Sci. 3, 78 - 84.
- Alexander, F.*, u. *Hickson, J. C. D.* (1970): The salivary and pancreatic secretions of the horse. in: A. T. Phillipson (Hrsg.): Physiology of digestion and metabolism in the ruminant. Newcastle-upon-Tyne, England, Oriel S. 375 - 389.
- Argenzio, R. A.*, u. *Stevens, C. E.* (1975): Cyclic changes in ionic composition of digesta in the equine intestinal tract. Am. J. Physiol. 228, 1224 - 1230.
- Campbell-Thompson, M. L.*, u. *Merritt, A. M.* (1987): Gastric cannulation in the young horse: A new technique for studying gastric fluid secretion. Equine Colic Res. 2, 120 - 122.
- Coenen, M.* (1992): Chloridhaushalt und Chloridbedarf des Pferdes. Hannover, Tierärztl. Hochsch. Habil. Schr.
- Maloy, G. M. D.*, *Taylor, C. R.*, u. *Clemens, E. T.* (1978): A comparison of gastrointestinal water content and osmolality: East african herbivores during hydration and dehydration. J. Agric. Sci. Camb. 91, 249 - 254.
- Meyer, H.*, *Coenen, M.*, u. *Probst, D.* (1986): Beiträge zur Verdauungsphysiologie des Pferdes. 14. Mitteilung: Futtereinspeichelung und -passage im Kopfdarm des Pferdes. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 56, 171 - 183.

Dr. M. Coenen
 Institut für Tierernährung
 Tierärztliche Hochschule
 Bischofsholer Damm 15
 D-3000 Hannover 1