

Postnatale Adaptation der Verdauung beim Fohlen

Verena Bracher¹, Emily Beatty² und Jennifer C. Ousey³

¹Klinik für Wiederkäuer und Pferdemedizin, Departement für Innere Medizin, Veterinärmedizinische Fakultät der Universität Zürich, Schweiz

²Dunn Clinical Nutrition Laboratories, Addenbrookes Hospital, Cambridge, UK

³Beaufort Cottage Stables, Newmarket, UK

Zusammenfassung

Der Verdauungstrakt des neugeborenen Fohlens muß 3 wichtige Funktionen wahrnehmen: 1. Aufnahme von kolostralen IgG während der ersten 24 Stunden post partum, 2. Rasche Adaptation an die Umstellung der Energiezufuhr auf die orale Aufnahme und enzymatische Verdauung von Milch als Hauptnährstoff während der nächsten Wochen und 3. Auseinandersetzung des bisher sterilen Verdauungstrakts mit der Besiedlung durch eine Vielzahl von Mikroorganismen, die einerseits potentiell pathogen sein können, andererseits notwendig sind für die Etablierung einer physiologischen Intestinalflora.

Schlüsselwörter: Fohlen, postpartale Entwicklung, Dünndarm-Enzym-Aktivität, bakterielle Fermentation, Wasserstoff und Methan in der Atemluft

Postnatal adaption of the digestive tract in the foal

The gastrointestinal tract of the newborn is challenged with 3 different tasks: During the first 24 hrs after parturition, the transfer of colostrum-derived IgG has to take place. In addition, rapid adaptation is necessary for oral uptake and enzymatic digestion of milk, the main source of energy during the first weeks of life. Thirdly, the sterile gut lumen will quickly be invaded by a variety and large quantity of microorganisms. This microbial invasion is on one hand potentially harmful, but it is also essential for the establishment of the cellulolytic flora in the hindgut of the horse.

keywords: foal, post partum development, small intestinal enzyme activity, bacterial fermentation, hydrogen and methane breath test.

Einleitung

Sofort nach der Geburt muß der Verdauungstrakt des neugeborenen Fohlens 3 wichtige Aufgaben erfüllen: Erstens müssen innert der ersten 24 Stunden Immunglobuline aus der Kolostralmilch aufgenommen werden, zweitens übernimmt der Verdauungstrakt von nun an die gesamte Energiezufuhr in Form der Muttermilch, die aufgenommen und verdaut werden muß und drittens wird der vor kurzem noch sterile Verdauungstrakt einer Vielzahl von Mikroorganismen ausgesetzt, die einerseits potentiell pathogen, andererseits jedoch wichtig für die Etablierung einer normalen Magen-Darmflora sind.

Passiver Immuntransfer während der ersten 24 Stunden post partum

Zirka 1 Stunde (Spannbreite 0.5–7 Stunden) nach der Geburt kann die erste Milchaufnahme bei einem gesunden Fohlen beobachtet werden (Koterba 1990). Ein Warmblutfohlen nimmt während der ersten 12 Stunden post partum in Saugintervallen von jeweils ca. 20–60 Minuten total ca. 3–5 Liter Milch auf (Lewis 1995). Die im Kolostrum angereicherten Immunglobuline können nur in den ersten 24 Stunden von speziellen Intestinalleptithelzellen resorbiert werden, die jedoch kurz nach der Geburt durch neue Zellen ersetzt werden, die diese Fähigkeit nicht mehr besitzen (Jeffcott 1974). Ungenügende Aufnahme

von IgG, z.B. bei präpartalem Milchverlust oder Krankheit des Muttertieres, bzw. ungenügende Milchaufnahme, z.B. bei Frühgeburten oder lebensschwachen, bzw. gestressten Fohlen, führen zu einer Hyopoglobulinämie und entsprechender Anfälligkeit für Infektionskrankheiten (Le Blanc 1990).

Eine adäquate Milchaufnahme sofort nach der Geburt gewährleistet außerdem eine gute Stimulation der intestinalen Motorik und damit den Absatz des Mekoniums (Wilson und Cudd 1990).

Die Entwicklung der enzymatischen und fermentativen Verdauung

Trotz der großen Bedeutung von Erkrankungen des Verdauungstraktes beim Fohlen (Urquhart 1981, Palmer 1985) sind nur wenige Untersuchungen bekannt, die sich mit den prä- und postnatalen Vorgängen und Veränderungen der Verdauung beschäftigen. Ähnlich wie bei anderen Spezies wird angenommen, daß der Gastrointestinaltrakt beim normalen Fohlen bei der Geburt noch eine gewisse Unreife aufweist (Merritt 1979). Untersuchungen in der jüngeren Zeit bei Ferkeln (Donovan et al. 1994, Xu et al. 1994, Baumrucker et al. 1993), Kälbern (Baumrucker et al. 1994), Kaninchen (Karkashan et al. 1992) und Ratten (Odaka et al. 1994) weisen darauf hin, daß

Wachstumsfaktoren in der Muttermilch eine wichtige Rolle bei der postnatalen Reifung und Entwicklung verschiedener Organe, unter anderem auch des Gastrointestinaltrakts, spielen (Polk 1992).

Entwicklung der Dünndarmverdauung vom Föten bis zum adulten Pferd

Roberts (1975a) untersuchte das intestinale Enzymmuster im Jejunum von Föten in verschiedenen Trächtigkeitsstadien und post partum während der ersten 3 Lebensjahre und verglich die Resultate mit denjenigen adulter Pferde (Abb. 1), wobei die Laktase-Aktivität bei der Geburt am höchsten war und innert

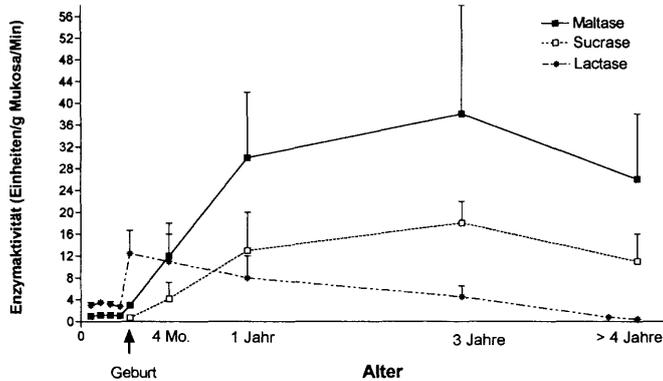


Abb. 1: Disaccharidasen-Aktivitäten im oberen Jejunum bei Pferdeföten, Fohlen und adulten Pferden (Mittelwerte und Standardabweichungen)

Activities of disaccharidases in the upper jejunum of the fetus, foal and adult horse

Bis kurz vor der Geburt ist die Aktivität der Maltase und auch der Lactase niedrig (Angaben zur Saccharase fehlen). Kurz vor der Geburt steigt die Lactase-Aktivität stark an und sinkt im Laufe der nächsten 3 Jahre auf sehr niedrige Werte ab, während die Maltase und auch die Saccharase einen deutlichen Anstieg innerhalb des ersten Jahres erfahren und dann ein Plateau bzw. einen leichten Abfall erreichen.

The activities of maltase und lactase are low until shortly before parturition, where lactase activity is increasing rapidly and declining again during the following 3 years. Maltase and sucrose activities, on the other hand, show a steady increase to reach a plateau at the age of 1 year.

(nach: Roberts (1975a): The development and distribution of mucosal enzymes in the small intestine of the fetus and young foal. J. Reprod. Fert. Suppl., 23, 717-723.)

der nächsten 2 Jahre auf 50% absank, um ab dem 3. Altersjahr beinahe vollständig zu verschwinden, so daß ein adultes Pferd laktose-intolerant ist (Roberts 1975b). Die Aktivität von Maltase und Saccharase ist bei der Geburt niedrig (12-15% der Aktivität beim adulten Pferd) und steigt während der folgenden 7 Monate auf Adultwerte an.

Eine angeborene Laktose-Intoleranz, wie sie beim Säugling beschrieben wird (Savilati et al. 1983), ist beim Pferd nicht bekannt, im Verlauf einer hochgradigen Diarrhoe kann es jedoch auch beim Fohlen zu einer transienten erworbenen Laktose-

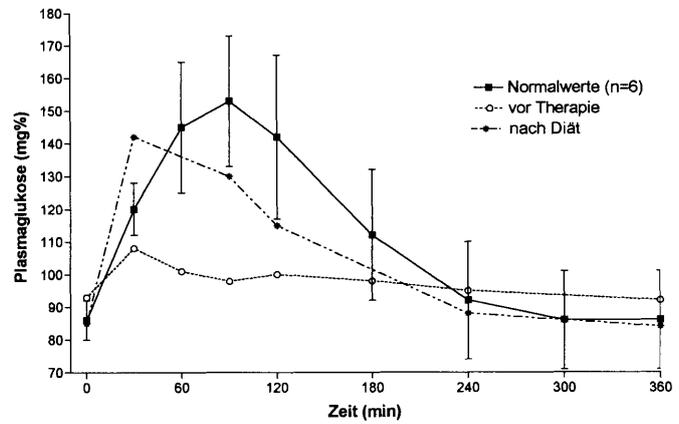


Abb. 2: Oraler Laktose-Toleranz-Test bei 5 gesunden Fohlen (Mittelwerte und Standardabweichungen) und bei einem Fohlen mit Durchfall vor und nach Behandlung mit einer Laktose-freien Diät

Oral lactose tolerance test in 5 healthy foals and one foal with diarrhoea prior to and after treatment with a lactose-free diet.

Bei den 5 gesunden Fohlen wurde ein Anstieg auf über 120 mg/dl innert 90-120 Minuten beobachtet, während das Fohlen mit Durchfall vor der Therapie nur einen geringen Anstieg (weniger als 110 mg/dl) aufwies. Nach der Therapie wurde bei diesem Tier eine normale Lactose-Toleranz beobachtet.

(nach: Roberts (1975a): The development and distribution of mucosal enzymes in the small intestine of the fetus and young foal. J. Reprod. Fert. Suppl., 23, 717-723.)

toleranz kommen (Roberts 1975a und 1975b) was anhand des oralen Laktose-Toleranz-Tests gezeigt werden konnte (Abb. 2). Merritt et al. (1986) konnten ebenfalls eine altersabhängige Veränderung der intestinalen Kohlenhydratverdauung anhand des Xylose-Absorptions-Tests bei gesunden Fohlen im Alter zwischen 1 und 3 Monaten beobachten (Abb. 3): Die durchschnittlichen maximalen Plasma-Xylose Konzentrationen sanken bei diesen Fohlen mit zunehmendem Alter ab, wobei die Unterschiede zwischen den Altersgruppen signifikant waren. Im Alter von 3 Monaten wurden maximale Konzentrationen gemessen, die denjenigen von adulten Pferden entsprachen.

Entwicklung der mikrobiell-fermentativen Verdauung beim Fohlen

Während der ersten 3 Monate seines Lebens ernährt sich das Fohlen hauptsächlich von der Muttermilch, wobei der Übergang zur Rauhfutteraufnahme fließend und allmählich vonstatten geht. Allerdings kann schon sehr früh (ab dem 3. Lebenstag) beobachtet werden, wie ein Fohlen versucht, dasselbe Futter (Heu, Gras) wie seine Mutter aufzunehmen (Crowell-Davis et al. 1985). Dabei handelt es sich vermutlich eher um ein Kopierverhalten als um eine gezielte Nahrungsaufnahme, bietet jedoch den Vorteil, daß sich der Verdauungstrakt schon relativ früh mit dem Substrat auseinandersetzen kann, das im späteren adulten Leben die wichtigste Nährstoffquelle darstellen wird. Es wird auch regelmäßig beobachtet, daß das Fohlen frisch abgesetzten Kot seiner Mutter aufnimmt, wobei man annimmt, daß dieses Verhalten einer intestinalen

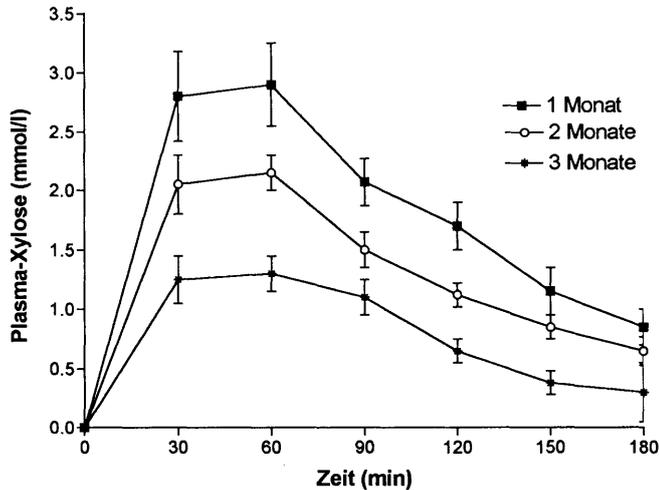


Abb. 3: Plasma-Xylose-Konzentrationen (Mittelwerte und Standardfehler) nach Verabreichung von 0.5 g/kg KGW Xylose an 7 Fohlen im Alter von 1,2 und 3 Monaten

Plasma xylose concentrations in 7 healthy foal aged one, two and three months.

Mit zunehmendem Alter kann eine Reduktion der maximalen Plasma-Xylose-Konzentration beobachtet werden.

(nach: Merritt et al. (1986): D-Xylose absorption in the growing foal. Equine Vet. J. 18, 298-300.)

Besiedlung geeigneter Mikroorganismen förderlich ist (Frances-Smith und Wood-Gush 1977).

Bezüglich der Entwicklung der intestinalen Mikroflora beim neugeborenen Tier ist nur wenig bekannt. Williams Smith (1965) untersuchte die mikrobielle Zusammensetzung der

Darmflora bei Jungtieren verschiedener Spezies und fand zum Teil ausgeprägte Unterschiede, wobei die Nestflüchter (Schweine, Lämmer, Kälber) im allgemeinen eine schnellere und dichtere mikrobielle Besiedlung des Verdauungstraktes aufwiesen als die Nesthocker (Hunde, Katzen, Meerschweinchen, Kaninchen). Die mikrobielle Untersuchung des Kotes während der neonatalen Phase liefert jedoch nur sehr begrenzte Aussagen bezüglich der Situation in den weiter proximal gelegenen Abschnitten des Verdauungskanals (Van Camp et al. 1994), muß aber in vielen Fällen genügen, da es am lebenden Tier nicht möglich ist, ohne invasive Methoden (Fistulierungen) Darminhalt aus den betreffenden Segmenten zu gewinnen.

Im Vergleich zum adulten Pferd sind die relativen Kapazitäten von Magen und Dünndarm versus Caecum und Colon größer (Dyce 1969). Jener Anteil der Nahrung, der nicht direkt verdaut werden kann, wird im Dickdarmbereich (Caecum und Colon) einer mikrobiellen Fermentation ausgesetzt (Salysers et al. 1978), bei der die flüchtigen Fettsäuren Acetat, Propionat und Butyrat entstehen, die dem Organismus als Energieträger zur Verfügung stehen (MacBee 1977, Fleming und Arce 1986). Als „Nebenprodukte“ entstehen bei der bakteriellen Fermentation die Gase Kohlendioxid (CO₂), Wasserstoff (H₂), Methan (CH₄) und Schwefelwasserstoff (H₂S) (Wolin und Miller 1983, Zentek 1991 und 1992). Von diesen Gasen haben in erster Linie Wasserstoff und Methan eine größere Bedeutung, da sie in der Ausatemluft ausgeschieden und dort relativ einfach bestimmt werden können (Zentek 1992).

Aus diesem Grund wurde von Bracher et al. (1995) untersucht, ob mit Hilfe des H₂-Testes eine indirekte Aussage über die neonatalen intestinalen Adaptationsvorgänge möglich ist:

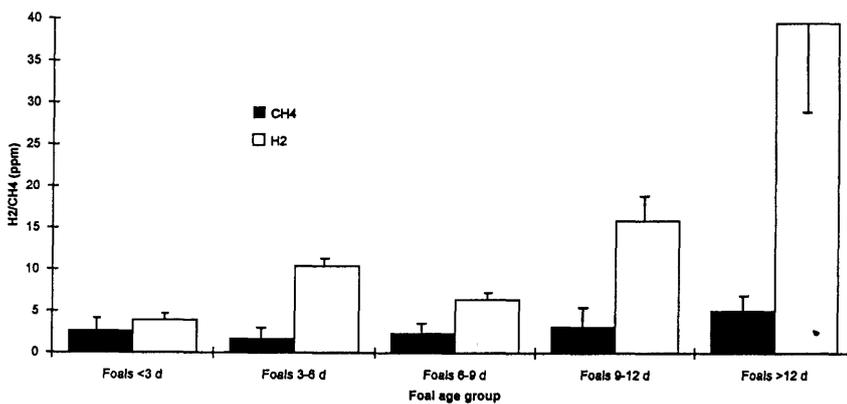


Abb. 4: H₂- und CH₄-Konzentrationen (Mittelwerte und Standardabweichungen der Alterskategorien) in der Ausatemluft von 4 Fohlen während der ersten 14 Tage post partum

H₂- and CH₄-exhalation in 4 healthy foals measured once daily during the first 14 days of life.

Die Messungen erfolgten einmal täglich bei jedem Fohlen. Pro Alterskategorie (<3, 3-6, 6-9, 9-12 und >12 Tage standen somit jeweils 12 Messwerte zur Verfügung. Bei der Wasserstoff-Exhalation wurde eine signifikante Zunahme mit zunehmendem Alter beobachtet ($p < 0.05$, Kruskal-Wallis non-parametrische Varianzanalyse), während die Methan-Exhalation keine signifikanten Änderungen während der ersten 14 Lebenstage zeigte.

Foals were grouped into ages <3, 3-6, 6-9, 9-12, and >12 days. A significant increase in H₂-exhalation was found in these foals ($p < 0.05$, Kruskal-Wallis non-parametric analysis of variance).

Wasserstoff- und Methan-Exhalation bei Fohlen während der ersten 14 Tage post partum

Bei bisher 4 untersuchten Fohlen wurden zum Teil erhebliche individuelle Unterschiede in der Höhe der Wasserstoff-Exhalation während der ersten 14 Tage post partum festgestellt. Mit zunehmendem Alter wurde eine signifikante Zunahme der Wasserstoff-Produktion festgestellt ($p < 0.05$, Kruskal-Wallis non-parametrische Varianzanalyse). Im Gegensatz zum Wasserstoff zeigte die Methan-Produktion keine deutliche Zunahme während der untersuchten Altersperiode (Abb. 4).

Diurnale Wasserstoff- und Methan-Exhalation bei Fohlen im Alter von 8 bis 101 Tagen

In Abbildung 5 sind die durchschnittlichen Wasserstoff- und Methan-Konzentrationen von 13 Fohlen im Alter von 8 bis 101 Tagen, gemessen in stündlichen Intervallen während 8 Stunden, dargestellt. Dabei wird ersichtlich, daß die H_2 -Exhalation kurz nach der Geburt steil ansteigt (siehe auch Abb. 4) und im Alter von zirka 50 Tagen wieder absinkt. Eine lineare Regressionsanalyse bestätigte eine negative Relation zwischen Alter der Fohlen und diurnaler Wasserstoff-Produktion ($r = 0.49$). Im Gegensatz zur Wasserstoff-Exhalation nahm die Methan-Exhalation anfänglich langsam, mit zunehmendem Alter aber stetig zu, um Werte zu erreichen, die mit denjenigen adulter Pferde vergleichbar sind.

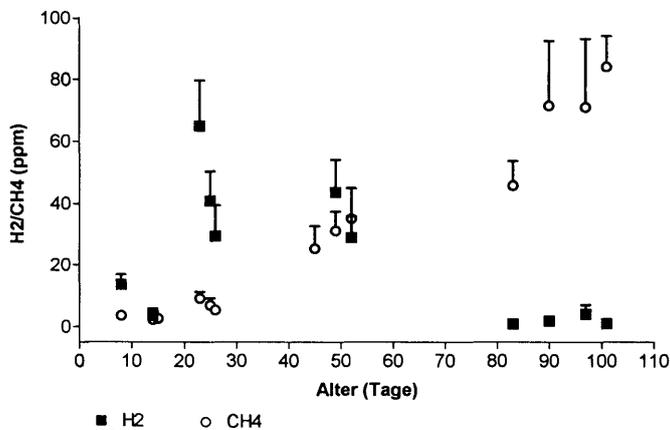


Abb. 5.: Diurnale H_2 - und CH_4 -Exhalation (Mittelwerte und Standardabweichungen von mind. 8 Messungen) bei 13 Saugfohlen im Alter von 8–101 Tagen

Diurnal H_2 - and CH_4 -exhalation in 13 sucking foals aged 8–101 days.

Die H_2 -Exhalation ist im Alter von 20–40 Tagen am höchsten und sinkt anschließend wieder ab. Eine lineare Regressionsanalyse bestätigte eine negative Relation zwischen dem Alter der Fohlen (zwischen 21 und 101 Tagen) und der diurnalen Wasserstoff-Produktion ($r = 0.49$). Im Gegensatz zur Wasserstoff-Exhalation nahm die Methan-Exhalation anfänglich langsam, mit zunehmendem Alter aber stetig zu, um Werte zu erreichen, die mit denjenigen adulter Pferde vergleichbar sind.

H_2 -excretion was highest at the age between 20 and 40 days and declined thereafter. There was a negative relation between age (from 21 to 101 days) and H_2 -excretion ($r=0.49$). Methane excretion, on the other hand, showed a slower, but steady incline with increasing age.

Schlußfolgerungen

Der Gastrointestinaltrakt des neugeborenen Fohlens unterscheidet sich in mehreren Aspekten deutlich von demjenigen des adulten Pferdes. Bezüglich der enzymatischen Dünndarmverdauung können zwei grundlegende Unterschiede beobachtet werden: So zeigt das Enzymmuster des Dünndarmes eine hohe Lactase- und niedrige Maltase-Aktivität beim Fohlen, während ein adultes Pferd keine Lactase-Aktivität besitzt. Diese Unterschiede reflektieren die unterschiedlichen Arten der Nährstoffzufuhr in Abhängigkeit vom Alter. Weiterhin besteht eine unterschiedliche Xylose-Absorptions-Kapazität in Abhängigkeit vom Alter des Fohlens. Dabei stellt sich die Frage, ob die Abnahme der Xylose-Absorption mit zunehmendem Alter auf eine Reduktion der Absorption oder auf eine Zunahme der bakteriellen Fermentation des Substrates (Casellas et al. 1993, Metz et al. 1976) zurückgeführt werden muß.

Bezüglich der Etablierung der intestinalen Flora beim Fohlen existieren nur wenige Untersuchungen. Die Geburt markiert den plötzlichen Übergang von einer sterilen Umgebung in eine stark kontaminierte Umwelt, wobei der ursprünglich sterile Gastrointestinaltrakt innert kürzester Frist mit einer Invasion zahlreicher Mikroorganismen belastet wird (Williams Smith 1965). Diese Vorgänge können indirekt mit Hilfe der postnatalen Veränderungen in der Wasserstoff- und Methan-Exkretion verfolgt werden. Dabei kann beobachtet werden, daß während der ersten 10 Lebenstage die Wasserstoff- und Methan-Exhalation relativ tief ist. Während der folgenden 20–60 Tage steigen jedoch die Wasserstoff-Exhalationswerte auf sehr hohe Werte an, um während der nächsten 3 Monate wieder abzusinken auf Werte, die mit denjenigen adulter Pferde vergleichbar sind. Diese Befunde sind insofern überraschend, als daß Milch als hauptsächliche Nahrungsquelle der Fohlen einen geringen Energieverlust und damit eine gute Verdaulichkeit aufweist. Bei frühgeborenen Säuglingen werden im Vergleich zu Normalgeburten nach der Aufnahme von Milch erhöhte Wasserstoffkonzentrationen in der Ausatemungsluft gemessen, ohne daß dies mit klinischen Symptomen verbunden sein muß (MacLean und Fink 1980, Kien et al. 1987). Auch bei gesunden Fohlen kann nach Verabreichung von Lactose ein Anstieg der H_2 -Exhalation beobachtet werden (Bracher et al. 1996), was darauf hinweist, daß selbst unter normalen Bedingungen ein Teil der Milchbestandteile erfolgreich einer mikrobiellen Fermentation zugeführt werden kann (Kien et al. 1989). Eine weitere mögliche Erklärung für die beobachteten hohen Wasserstoffkonzentrationen in der Ausatemluft bildet die eingangs erwähnte Beobachtung, daß Fohlen schon kurz nach der Geburt mit der Aufnahme von Beifutter der Mutter beginnen und somit der vorherrschend „milchfermentierenden Flora“ ein inadäquates Substrat zugeführt wird, was zu einer exzessiven Wasserstoff-Produktion führen kann. Die zwischen der 2. und 5. Lebenswoche beobachtete Koprophagie der Fohlen (Frances-Smith und Wood-Gusch 1977) stellt möglicherweise den Versuch dar, eine „zellulolytische Flora“ zu erwerben, mit der die pflanzlichen Kohlenhydrate energetisch sinnvoller abgebaut werden können. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Beobachtung, daß die Besiedlung mit methanogenen Bakterien offensichtlich zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt als

diejenige mit den wasserstoffbildenden Mikroorganismen und daß mit dem Anstieg der Methan-Konzentration in der Ausatmungsluft ein Absinken der Wasserstoff-Konzentration zu beobachten war. Ein solcher Vorgang wird auch bei methanproduzierenden Menschen beobachtet, die als sogenannte „non-producers“ keine oder nur geringe Mengen an Wasserstoff ausscheiden. Bei diesen Menschen wird postuliert, daß die methanogene Flora das Endprodukt Wasserstoff weiterverwendet, weshalb die H₂-Exkretion auch entsprechend niedriger ist als bei Personen, die kein Methan produzieren (Cloarec et al. 1990, Bryant 1979, Gilat et al. 1978).

Literatur

- Baumrucker, C. R., Kari, F. E., Klein, M. R. and Grosvenor, C. E. (1993): Milk-borne factors affect survival, intestinal growth and development in newborn rats. *Endocr. Regul.* 27, 173–180.
- Baumrucker, C. R., Hadsell, D. L. and Blum, J. W. (1994): Effects of dietary insulin-like growth factor I on growth and insulin-like growth factor receptors in neonatal calf intestine. *J. Anim. Sci.* 72, 428–433.
- Bracher, V., Ousey, J. C., Fazeli, A. R., Murgatroyd, P. and Rosedale, P. D. (1995): Hydrogen breath test in foals. *Biol. Reprod. Mono* 1, 97–105.
- Bracher, V., Ousey, J. C., Beatty, E., Rosedale, P. D. und Allen, W. R. (1996): Der Hydrogen-Exhalationstest zur Erfassung der Kohlenhydratverdauung beim Fohlen. *Pferdeheilkd.* 12, 161–266.
- Bryant, M. P. (1979): Microbial methane production-theoretical aspects. *J. Anim. Sci.* 48, 193–201.
- Casellas, F., Chicharro, L. and Malagelada, J. R. (1993): Potential usefulness of hydrogen breath test with D-xylose in clinical management of intestinal malabsorption. *Dig. Dis. Sci.* 38, 321–327.
- Cloarec, D., Bornet, F., Gouilloud, S., Barry, J. L., Salim, B. and Galmiche, J. P. (1990): Breath hydrogen response to lactulose in healthy subjects: Relationship to methane production status. *Gut* 31, 300–304.
- Crowell-Davis, S. L., Haupt, K. A. and Carnevale, J. (1985): Feeding and drinking behaviour of mares and foals with free access to pasture and water. *J. Anim. Sci.* 60, 883–889.
- Donovan, S. M., Zijlstra, R. T. and Odle, J. (1994): Use of the piglet to study the role of growth factors in neonatal intestinal development. *Endocr. Regul.* 28, 153–162.
- Dyce, K. M. (1960): Observations upon the gastrointestinal tract of the living foal. *Br. vet. J.* 116, 241.
- Fleming, S. E. and Arce, D. S. (1986): Volatile fatty acids: Their production, absorption, utilization, and roles in human health. *Clin. Gastroenterol.* 15, 787–814.
- Frances-Smith, K. and Wood-Gush, D. G. M. (1977): Coprophagia as seen in thoroughbred foals. *Equine vet. J.* 9, 155.
- Gilat, T., Ben Hur, H., Gelman-Malachi, E., Terdiman, R. and Peled, Y. (1978): Alterations of the colonic flora and their effect on the hydrogen breath test. *Gut*, 19, 602–605.
- Jeffcott, L. B. (1974): Studies on passive immunity in the foal. *J. Comp. Pathol.* 84, 93.
- Karkashan, E. M., McNaughton, W. K. and Gall, D. G. (1992): Effect of bombesin on the development of the neonatal rabbit gastrointestinal tract. *Biol. Neonate* 61, 92–102.
- Kien, C. L., Liechty, E. A., Myerberg, D. Z. and Mullett, M. D. (1987): Dietary carbohydrate assimilation in the premature infant: evidence for a nutritionally significant bacterial ecosystem in the colon. *Am. J. Clin. Nutr.* 46, 456–460.
- Kien, C. L., Heitlinger, L. A., Li, B. U. and Murray, R. D. (1989): Digestion, absorption, and fermentation of carbohydrates. *Sem. Perinatol.* 13, 78–87.
- Koterba, A. M. (1990): Physical examination. In: *Equine Clinical Neonatology*. Ed: Koterba, A. M., Drummond, W. H. und Kosch, Ph. C., Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 71–86.
- Le Blanc, M. M. (1990): Immunological considerations. In: *Equine Clinical Neonatology*. Ed: Koterba, A. M., Drummond, W. H. und Kosch, Ph. C., Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 275–295.
- Lewis, L. D. (1995): *Equine clinical nutrition: feeding and care*. Lea and Febiger, Williams and Wilkins, Baltimore.
- MacBee, R. H. (1977): Fermentation in the hindgut. In: *Microbial ecology of the gut*. Ed.: Clarke, R. T. J. und Bauchop, T., Academic Press Inc., London, pp. 185–222.
- MacLean, W. C. and Fink, B. B. (1980): Lactose malabsorption by premature infants: magnitude and clinical significance. *J. Pediatr.* 97, 383–388.
- Merritt, A. M. (1979): Pathophysiology of diarrhoe in the foal. In: *Proc. Ann. Meeting Amer. Ass. Equine Pract.*, pp. 197–..
- Merritt, T., Mallonée, P. G. and Merritt, A. M. (1986): D-xylose absorption in the growing foal. *Equine Vet. J.* 18, 298–300.
- Metz, G., Jenkins, D. J. A. and Peters, J. J. (1975): Breath hydrogen as a diagnostic method for hypolactasia. *Lancet* i, 1155–1157.
- Odaka, K., Hiramatsu, Y., Eguchi, K. and Kudo, T. (1994): Effects of epidermal growth factor on neonatal growth of rat intestines. *Acta Med. Okayama*, 48, 47–50.
- Palmer, J. E. (1985): Gastrointestinal diseases of foals. *Vet. Clin. North Am. Equine Pract.* 1, 151–168.
- Polk, D. H. (1992): Do breast milk derived hormones play a role in neonatal development? *Early Human Develop.* 29, 329–331.
- Roberts, M. C. (1975a): The development and distribution of mucosal enzymes in the small intestine of the fetus and young foal. *J. Reprod. Fert. Suppl.* 23, 717–723.
- Roberts, M. C. (1975b): Carbohydrate digestion and absorption studies in the horse. *Res. vet. Sci.* 18, 64–69.
- Salyers, A. A., Palmer, J. K. and Wilkins, T. D. (1978): Degradation of polysaccharides by intestinal bacterial enzymes. *Amer. J. Clin. Nutr.* 31, S128–S130.
- Savilati, E., Launiala, K. and Kuitunen, P. (1983): Congenital lactase deficiency: A clinical study on 16 patients. *Arch. Dis. Child* 48, 246–252.
- Urquhart, K. (1981): Diarrhoea in foals. *Equine Pract.* 3, 22.
- Van Camp, J. M., Drongowski, R., Gorman, R., Altabba, M., Hirschl, R. B. and Coran, A. G. (1994): Colonization of intestinal bacteria in the normal neonate: Comparison between moth and rectal swabs and small and large bowel specimens. *J. Pediatr. Surg.* 29, 1348–1351.
- Williams Smith, H. (1965): The development of the flora of the alimentary tract in young animals. *J. Pathol. Bacteriol.* 90, 495–513.
- Wilson, J. H. and Cudd, T. A. (1990): Gastrointestinal system dysfunction. Section 3: Common gastrointestinal diseases. In: *Equine Clinical Neonatology*. Ed: Koterba, A. M., Drummond, W. H. und Kosch, Ph. C., Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 412–430.
- Wolin, M. J. and Miller, T. L. (1983): Interactions of microbial populations in cellulose fermentations. *Fed. proc.* 42, 109–113.
- Xu, R. J., Mellor, D. J., Birtles, M. J., Breier, B. H. and Gluckman, P. D. (1994): Effects of oral IGF-I or IGF-II on digestive organ growth in newborn piglets. *Biol. Neonate* 66, 280–287.
- Zentek, J. (1991): Mikrobielle Gasbildung im Intestinaltrakt von Monogastriern Teil I: Entstehung, Lokalisation, Qualität, Quantität. *Übers. Tierernähr.* 19, 273–312.
- Zentek, J. (1992): Mikrobielle Gasbildung im Intestinaltrakt von Monogastriern Teil II: Pulmonale Ausscheidung von Wasserstoff und Methan. *Übers. Tierernähr.* 20, 91–122.

Verena Bracher

Klinik für Wiederkäuer und Pferde-
medizin
Departement für Innere Medizin
Veterinärmedizinische Fakultät der
Universität Zürich
Winterthurerstr. 260
8057 Zürich
Schweiz

Jennifer C. Ousey

Beaufort Cottage Stables
High Street
Newmarket
Suffolk CB8 9BH, UK

Emily Beatty

Dunn Clinical Nutrition Laboratories
Addenbrookes Hospital
Cambridge
UK