

Untersuchungen zur postprandialen H₂- und CH₄-Exhalation beim Pferd

J. Zentek, A. Nyari und H. Meyer

Institut für Tierernährung der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Schlüsselwörter: Gasbildung, mikrobielle Aktivität, H₂-Exhalation, CH₄-Exhalation

Einleitung

Für die Beurteilung der Stoffwechsellleistungen der anaeroben Flora im Intestinaltrakt kann der H₂- und CH₄-Exhalationstest nach Erfahrungen bei Mensch, Hund und Katze sowie Schwein dienen (Zentek, 1992). Bakteriell gebildeter Wasserstoff bzw. Methan diffundieren durch die Darmwand, werden über das Blut in die Lunge transportiert und mit dem Expirat ausgeschieden. Die jeweiligen Gehalte können in der abgeatmeten Luft gaschromatographisch bestimmt werden.

Ziel der eigenen Untersuchungen an Pferden war es, die Lokalisation der H₂- und CH₄-Bildung im Darmtrakt sowie den Einfluß von Futterart und -menge auf Höhe und Verlauf der postprandialen H₂- und CH₄-Exhalation zu prüfen.

Material und Methode

a) Zur Feststellung der Besiedelung verschiedener Abschnitte des Verdauungskanal mit H₂- und CH₄-Bildnern wurde Darminhalt von 8 Schlachtopnys, von denen 4 nur Heu und der Rest Heu und Mais erhielten, in vitro inkubiert. Der Chymus wurde direkt nach der Tötung aus dem Jejunum, dem Zäkum sowie dem ventralen und dorsalen Kolon entnommen. Nach 24stündiger Bebrütung in gasdichten Kolbenprobern bei 37 °C wurden das Volumen des gebildeten Gases sowie die H₂- und CH₄-Gehalte bestimmt.

b) Der Einfluß von Futterart (Rauhfutter, Hafer, gemischte Rationen, Ölzulage) und -menge auf Höhe und Verlauf der postprandialen H₂- und CH₄-Exspiration wurde in konsekutiven Fütterungsperioden an jeweils 3 bis 9 Pferden untersucht (Tab. 1).

Die Pferde wurden in Einzelboxen im Stall gehalten und 2mal täglich gefüttert. Die Adaptationsperiode betrug jeweils mindestens 7 Tage. Es folgte eine Meßperiode von 3 aufeinanderfolgenden Tagen, wobei die Proben jeweils nüchtern morgens vor der Fütterung und in stündlichen Abständen nach der Futterzuteilung über insgesamt 10 Stunden genommen wurden. Zur Gewinnung des

Zusammenfassung

Nach Inkubationen von Dünndarmchymus (37 °C, 24 Stunden) bildeten sich sowohl nach Fütterung von Heu oder Kraftfutter (n = je 4) überwiegend Wasserstoff und wenig Methan, während sich Zäkum- und Koloninhalt umgekehrt verhielten.

Der Verlauf der postprandialen H₂- und CH₄-Exhalation, die gekennzeichnet war durch einen langsamen Anstieg bis zur 4. Stunde und ein Maximum in der 6. bis 8. Stunde, wurde durch die Futterart (Kraftfutter > Rauhfutter) beeinflusst und korrelierte positiv mit der Futtermenge. Eine Zulage von Sojaöl (10 Prozent der Kraftfuttermenge) dämpfte die Exhalation mikrobiell gebildeter Gase.

Summary

In-vitro-incubations (37 °C, 24 hours) showed significant H₂- and low CH₄-formations with jejunum chyme, while caecal and colon contents lead to predominant CH₄- and negligible H₂-concentrations after feeding of hay or concentrate (n = 4/group).

Postprandial H₂- and CH₄-exhalation reached its peak 6 - 8 hours after feeding and was influenced by the type of ration (concentrate > roughage) and correlated positively with the food intake. Supplementation with soy oil (10 % of concentrate) lead to decreased H₂- and CH₄-concentrations in breath.

Exspirats diente ein Atembeutel aus Gummi, an den ein ca. 1 m langer, über 2 Klemmen gasdicht verschließbarer Silikonschlauch (10 mm Durchmesser) adaptiert war. Am Ende einer tiefen Exspiration wurde das Exhalat in einem Silikonschlauch fixiert; die Probeninjektion (2 ml) in den Gaschromatographen (Shimadzu GC 14A, 3 m Molekularsiebsäule 13 x) erfolgte mittels einer gasdicht verschließbaren Spritze.

Für jedes Pferd wurden die an 3 Tagen stündlich erhobenen Werte zusammengefaßt und die mittlere H₂- bzw. CH₄-Konzentration über 10 Stunden postprandial (ppr.) sowie die Tagesmaxima daraus abgeleitet. Der Vergleich von 2 Mittelwerten erfolgte mittels t-Test nach Student, bei mehreren Mittelwerten durch einfaktorielle Varianzanalyse und Tukey-Test.

Ergebnisse

a) In-vitro-Versuche

Die In-vitro-Gasbildungskapazität wurde durch die Lokalisation der Chymusentnahme sowie die vorangehende Fütterung der Ponys beeinflusst (Tab. 2).

Zäkum- und Kolonchymus entwickelten tendenziell mehr Gas als Jejunuminhalt; die kombinierte Fütterung von Heu und Mais führte, verglichen mit reiner Heufütterung, zu einer tendenziellen bzw. für das ventrale Kolon abzuschätzenden Zunahme der Gasbildung. Die Zusammensetzung der Gasphase unterschied sich deutlich zwischen Inkubationsansätzen mit Dünndarmchymus einerseits, bei denen bis zu 5,9 Prozent Wasserstoff und nur in Spuren Methan nachweisbar waren, und andererseits Dickdarmin-

Tab. 1: Versuchsplan für die Exhalationsuntersuchungen

Versuchsabschnitt	Futterart	Futtermenge g uS/kg KM ¹⁾		Tierzahl
		morgens	abends	
I. Rauhfutter	Heu	3,5	3,5	6
		5,0	5,0	6
		6,5	6,5	3
		10,0	10,0	9
	Stroh	3,5	3,5	3
II. Kraftfutter	Hafer	3,4	4,0 Heu	6
		5,0	4,0 Heu	6
III. Rauhfutter mit Kraftfutter	Heu/Hafer	3,5/2,0	3,5/2,0	3
		3,5/3,0	3,5/3,0	3
		3,5/4,0	3,5/4,0	3
		3,5/5,0	3,5/5,0	3
IV. Ölzulage	Hafer/Sojaöl	5,0/0,5	5,0/-	6

¹⁾ uS: ursprüngliche Substanz; KM: Körpermasse

halt, wo insbesondere nach Kraftfutterzuteilung hohe CH₄- sowie niedrige H₂-Gehalte auffielen.

b) Exhalationsuntersuchungen

Futtermengen von 3,5 bis 10 g Heu/kg KM/Mahlzeit (M) wurden innerhalb von 15 Minuten bis 3 Stunden vollständig aufgenommen. Der Verlauf der H₂- und CH₄-Exhalation war gekennzeichnet durch einen allmählichen postprandialen Anstieg bis zur 6. bis 8. Stunde, in der das Maximum erreicht wurde (Abb. 1). Nach Aufnahme von 10 g Heu/kg KM lagen die mittleren H₂- und CH₄-Gehalte im Expirat signifikant höher als bei den niedrigeren Dosierungsstufen, die sich untereinander nur graduell unterschieden (Tab. 3). Bei entsprechender Dosierung war die pulmonale H₂-Abgabe nach Fütterung von Stroh höher als bei Heu, während sich beim Methan nur eine tendenzielle Differenz ergab.

Erhielten die Pferde in der Morgenration ausschließlich Hafer, zeigte sich bei entsprechender Dosierung ein im

Vergleich zur reinen Heufütterung erhöhter Gehalt von Wasserstoff und Methan im Expirat, der wiederum durch die Futtermenge signifikant beeinflusst wurde (Tab. 3).

Tab. 3: Mittlere H₂- und CH₄-Konzentrationen im Exhalat ($\bar{x} \pm s$) nach Fütterung von Rauhfutter bzw. Hafer

Fütterung	g/kg KM/M	H ₂ -Konz. ppm	CH ₄ -Konz. ppm
Heu	3,5	13,9 ± 0,5 ^a	96,3 ± 2,1 ^a
	5,0	14,7 ± 1,1 ^a	109 ± 6,3 ^{ab}
	6,5	16,3 ± 1,9 ^a	114 ± 0,7 ^{ab}
	10,0	22,5 ± 2,8 ^{bc}	190 ± 10,9 ^c
Stroh	3,5	25,2 ± 1,2 ^c	125 ± 11,8 ^b
Hafer	3,5	20,8 ± 1,2 ^b	203 ± 13,3 ^c
	5,0	34,7 ± 1,8 ^d	252 ± 7,9 ^d

Tab. 2: Gasbildung sowie H₂- und CH₄-Konzentration in der Gasphase bei In-vitro-Inkubation von Darminhalt (n = je 4)

	Fütterung	Jejunum	Zäkum	ventr. Kolon	dors. Kolon
Gasbildung ml/g uS/24 h	Heu	0,81 ± 1,05	1,37 ± 0,41	1,14 ± 0,09	1,04 ± 0,28
	Kraftfutter	1,95 ± 0,05	2,21 ± 0,89	2,25 ± 0,29*	1,28 ± 0,31
H ₂ -Konzentration %	Heu	5,91 ± 0,61 ^a	0,19 ± 0,03 ^{b*}	0,01 ± 0,01 ^b	0,02 ± 0,02 ^b
	Kraftfutter	5,07 ± 0,61 ^a	0,05 ± 0,02 ^b	0,04 ± 0,01 ^b	0,01 ± 0,01 ^b
CH ₄ -Konzentration %	Heu	0,17 ± 0,08 ^a	1,63 ± 0,65 ^a	1,68 ± 0,83 ^a	5,13 ± 1,57 ^b
	Kraftfutter	0,59 ± 0,12 ^a	2,08 ± 1,41 ^b	23,3 ± 2,51 ^{c*}	75,8 ± 1,66 ^{d**}

p < 0,05; * Vergleich Heu zu Kraftfutter, ^{a-d} Vergleich der Lokalisationen

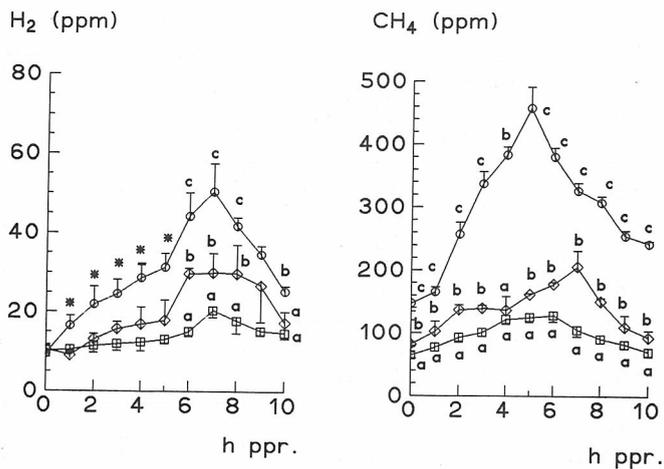


Abb. 1: H₂- und CH₄-Konzentrationen (x ± s) im Exhalat nach Fütterung von Heu (□: 3,5 g/kg KM/M; n = 6) bzw. Heu und Hafer (◇: 3,5 + 2 g/kg KM/M; n = 3); ○: 3,5 + 5 g/kg KM/M; n = 3); * bzw. a, b, c: p < 0,05

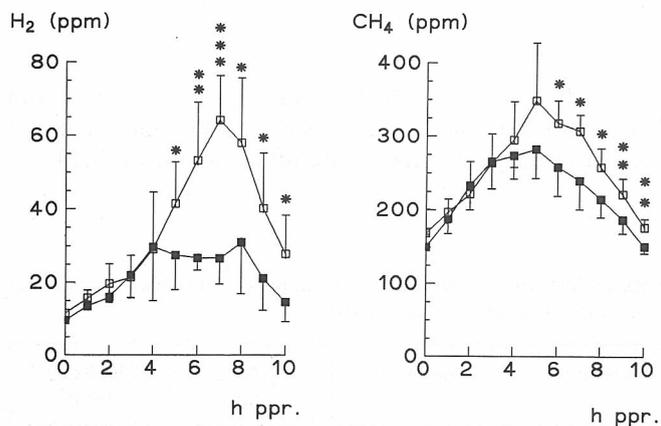


Abb. 2: H₂- und CH₄-Konzentrationen (x ± s) im Exhalat nach Fütterung von Hafer (□; 5 g/kg KM/M; n = 6) bzw. Hafer und Sojaöl (■; 5 + 0,5 g/kg KM/M; n = 6) * p < 0,1; ** p < 0,05; *** p < 0,01

Bei kombinierter Verabreichung von Rau- und Kraftfutter ergab sich eine im Vergleich zur reinen Heufütterung zunehmende H₂- und CH₄-Bildung. Bei konstanter Heumenge (3,5 g/kg KM) und einer Haferdosierung von 2 bis 5 g/kg KM war der Versuchsabschnitt mit der höchsten Hafermenge durch eine signifikante Zunahme der H₂- und CH₄-Exhalationswerte gekennzeichnet (Abb. 1).

Die Zulage von Sojaöl (10 Prozent der Hafermenge, nur in der Morgenmahlzeit) bewirkte eine signifikante Änderung des Verlaufes der Exhalationskurven. Etwa ab der 4. Stunde postprandial verblieb die H₂-Konzentration im Exhalat (Abb. 2) auf einem niedrigeren Niveau, ein ähnlicher Effekt bestand auch für das Methan.

Literatur

- Nyari, A: Untersuchungen zur postprandialen H₂- und CH₄-Exhalation beim Pferd. Vet. Diss., Hannover
 Zentek, J. (1992): Mikrobielle Gasbildung im Intestinaltrakt von Monogastriern. Teil II: Pulmonale Ausscheidung von Wasserstoff und Methan. Übers. Tierernährg. 20, 91-122.

Dr. J. Zentek
 Institut für Tierernährung,
 Tierärztliche Hochschule
 Bischofsholer Damm 15
 3000 Hannover 1