

Untersuchungen zur Beurteilung der Futterration mittels Kotwasseranalysen (Wasser, pH, org. Säuren)

Annette Zeyner (+), C. Geißler (+), Helga Kaske (*) und R. Fuchs (*)

Institut für Fütterung und Ernährungsschäden der Veterinärmedizinischen Fakultät (+) und Lehr- und Versuchsstation Abtaundorf (*); Universität Leipzig

Schlüsselwörter: Pferd, Kotwasseranalyse, pH, FFS

Einleitung

Die ileocaecal einfließende Stärkemenge ist in Abhängigkeit von Aufnahmemenge und praecaecaler Verdaulichkeit, als Funktion der Stärkeart, Zubereitung sowie Rhythmik und Menge der Aufnahme, z. T. nicht unerheblich (Drochner und Meyer, 1991). Eine überhöhte ileocaecale Stärkepassage kann beim Pferd starke pH-Wert-Senkungen im Blinddarm mit dem Ergebnis einer caecalen Acidose bewirken (Garner et al., 1975, 1977). In der Entstehungsphase bzw. bei subklinischem Verlauf sind derartige Störungen schwer erkennbar und z. T. nur durch ein intermittierendes Futteraufnahmeverhalten gekennzeichnet (Ralston et al., 1983; Günther, 1984; Radicke, 1990). Ein Teil der postileal gebildeten kurzkettigen Fettsäuren wird faecal ausgeschieden. Obwohl die Methode der Kotwasseranalyse keine Möglichkeit einer stöchiometrischen Erfassung der gebildeten bzw. absorbierten Fettsäuren bietet, konnte Günther (1984) im Kotwasser von Pferden bei Einsatz von Heu sowie Heu und Hafer, Gerste od. Mais FFS-Konzentrationen und -Muster sowie pH-Werte messen, deren rationsbedingte Veränderungen den therapeutischen Erwartungen im caecalen Milieu entsprachen. Dabei wurde die erwartete geringere praecaecale Stärkeverdaulichkeit aus Mais vs. Gerste und Gerste vs. Hafer durch eine steigende VFA-Konzentration, ein sich verengendes Essigsäure : Propionsäure-Verhältnis und einen sinkenden pH-Wert widerspiegelt. Radicke (1990) ermittelte bei Maisfütterung einen korrelativen Zusammenhang zwischen dem pH-Wert im Caecum und im Kot von Pferden. Nach methodischen Voruntersuchungen könnte die Kotwasseranalyse beim Pferd ein hilfreiches Mittel zur Erkennung der Entstehung einer caecalen Acidose bzw. von Übersäuerungen des Dickdarms im subklinischen Bereich darstellen.

Zusammenfassung

Es werden methodische Untersuchungen zur Kotwasseranalyse beim Pferd vorgestellt. Die pH-Wert-Messung erfolgte 60 Minuten nach Herstellung eines Kot-Wasser-Gemisches. In 94 Proben lag die mittlere Differenz zwischen dem pH-Wert im frischen und im aufgetauten Kot ($\alpha < 0,001$) bei + 0,06 Einheiten. Die maximale Streuung der pH-Werte innerhalb einer Probe betrug $\pm 0,08$. Nur 51 % aller o. g. Differenzen lagen innerhalb dieser Fehlerbreite, d. h. eine pH-Wert-Messung in der Frischprobe ist vorzuziehen. Weiterhin wurden in 2 Versuchen (Hafer bzw. Gerste sowie Heu) mit jeweils 3 Perioden (Getreide : Heu = 1 : 1,2; 1 : 0,6; 1 : 0,3) an je 4 adulten Pferden die Kottrockensubstanz sowie im Kotwasser pH-Wert, Gehalt an flüchtigen Fettsäuren (FFS) und Essigsäure : Propionsäure-Quotient (ES : PS) bestimmt. Die Absolutwerte streuten tierindividuell stark, während die Veränderung aller Parameter tendenziell in Abhängigkeit von Getreideart und -dosis erfolgte. Mit steigendem Getreideanteil sanken sowohl Kot-pH-Wert als auch ES : PS und dies in der Gersteration schneller als bei Hafereinsatz. Die Veränderung des FFS-Gehaltes war widersprüchlich. Die Methode der Kotwasseranalytik scheint zur Kennzeichnung überhöhter Getreideanteile im Futter brauchbar zu sein.

Investigations for horse diets by faecal water analysis

Results are presented concerning the method of faecal water analysis on horses. For 94 samples the main difference between fresh and after freezing checked pH values was + 0.06 pH units ($\alpha = 0.001$; conditions of pH analysis: faeces/water, conditioning time 60 min.). The largest standard deviation within one sample was ± 0.08 , but only 51 % of all the differences mentioned above were in this range. So a pH measurement in fresh samples is recommended to prefer. Further the faecal DM value, volatile fatty acid (VFA) content and acetic : propionic acid ratio (A : P) were determined on 4 adult horses in 2 trials (oats or barley with hay) with 3 periods (cereals : hay ratio = 1 : 1.2, 1 : 0.6 and 1 : 0.3 resp.). The results showed large differences between the individual horses. By changing the kind or amount of cereals a sensible change of measured parameters was caused. With increasing cereal portions of diets the faecal pH values and A : P ratios decreased. This effect was larger on barley diet than on oats diet. Changes in VFA content were contradictory. The method of faecal water analysis seems to be useful for characterization of raised cereal portions in horse diet.

Material und Methode

Nach methodischen Voruntersuchungen wurde die Aufbereitung der Frischkotproben standardisiert (1). Zur Berechnung der Verdünnung wird der Trockensubstanzgehalt im Kot ermittelt. Die gaschromatographische Bestimmung des Fettsäuremusters erfolgte nach Geißler et al. (1976), wobei diese Untersuchung vorteilhaft an einer Kapillarsäule vorgenommen werden kann (2):

(1) 20 g frisch entnommenen Pferdekot in Zentrifugenglas (80 ml) einwiegen + 20 ml aqua dest., verschließen und kräftig schütteln, Probe 60 min stehen lassen; pH-Wert-Messung im Kot-Wasser-Gemisch an einem justierten pH-Meter bei Raumtemperatur (Justierung mit Standard-Pufferlösung nach 3 - 5 Messungen kontrollieren).

Kot-Wasser-Gemisch 10 min bei 4000 U/min zentrifugieren, Überstand für die Fettsäurebestimmung abpipettieren und bei - 20 °C einfrieren.

(2) Probenvorbereitung: 0,5 ml Probe mit 50 μ l Ameisensäure/Standardlösung (500 mg Isocaprinsäure in 100 ml

Ameisensäure, p. A.) mischen. 50 µl Methaphosphorsäurelösung (30 Zig) zugeben, gut schütteln.

GC-Bedingungen: Gaschromatograph Shimadzu 14 A, mit FID, Autoinjektor AOC 14 und Integrator C - R 6 A

Trennsäule: DB FFAP, 15 m, 0,25 mm i. D.,

Trärgas: Wasserstoff (Split), make up gas N₂: 3,2 l/h;

Brenngas: Wasserstoff, 4 l/h, Luft: 25 l/h

Temperaturprogramm: 80 - 100 °C Heizrate = 5 °C/min;

100 - 140 °C Heizrate = 10 °C/min

Injektor-/Detektortemperatur: 220 °C;

Einspritzmenge: 0,5 µl.

(Anmerkung: Der Injektoreinsatz ist nach ca. 50 Einspritzungen zu reinigen.)

An 94 Proben aus der rektalen Entnahme von Morgenkot von 4 adulten Warmblutpferden im Verlauf der Winter- und Frühjahrsfütterung sowie z. T. innerhalb der Versuche HA und GE (s. u.) wurde der Einfluß der Gefrierkonservierung (Lagerdauer 12 bis 16 Tage bei -20 °C) auf den pH-Wert im Kotwasser bestimmt und dem maximalen Fehler innerhalb einer Probe gegenübergestellt. Weiterhin war die Methode der Kotwasseranalytik (pH-Wert; FFS-Muster; FFS-Gehalt) in 2 Versuchen an je 4 sportlich belasteten adulten Warmblutpferden anhand einer Variation von Getreideanteil und -art in der Ration auf ihre Brauchbarkeit zur Kennzeichnung überhöhter Stärkegehalte im Futter zu prüfen.

Daher wurde in Rationen mit unzerkleinerten Hafer- bzw. Gerstekörnern (Versuch HA bzw. GE) und Knautgrasheu in jeweils 3 Perioden (A, B, C) das Getreide: Heu-Verhältnis (g : b) verändert: 1 : 1,2 > 1 : 1,6 > 1. Nach einer 14tägigen Gewöhnungs- und Vorperiode vor den Versuchen dauerte jede dieser Perioden 4 Tage. Danach wurde morgens 6.30 Uhr eine rektale Kotentnahme durchgeführt und sofort die neue Ration eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

1. pH-Wert-Untersuchung

Der pH-Wert wurde durch Einfrieren und Auftauen der Probe im Mittel um + 0,06 Einheiten gegenüber dem Frischbefund erhöht. Das Auftreten der Differenz war hochsignifikant, während deren Betrag schwankte (Abb. 1). Die Mittelwerte im frischen und aufgetauten Kot streuten vergleichbar: ± 0,34 und ± 0,36.

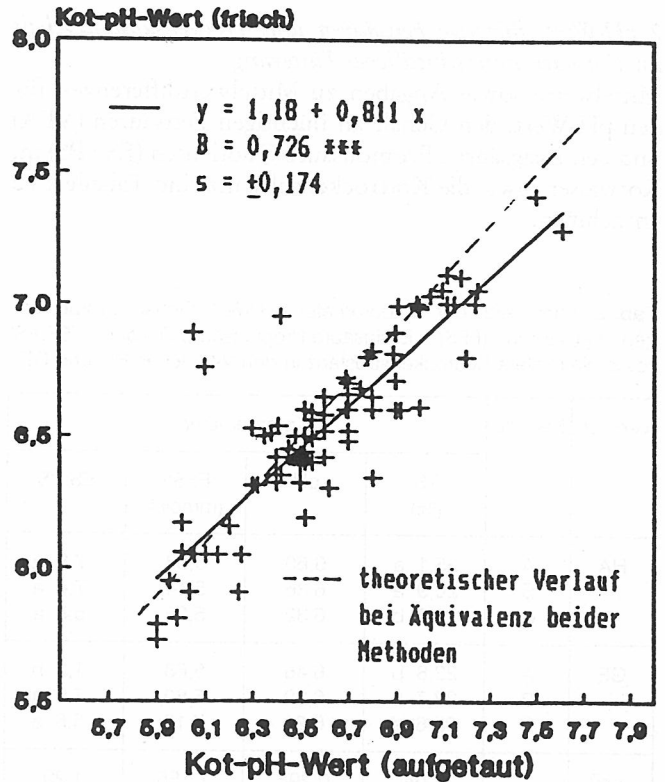


Abb. 1: Beziehung zwischen dem gemessenen pH-Wert im frischen und aufgetauten Kot.

Jeweils eine entnommene Kotprobe wurde in 3 Einzelproben unterteilt und der pH-Wert im Kotwasser jeder dieser Parallelen bestimmt. Dabei variierte die Streuung der pH-Werte innerhalb einer Gesamtprobe von ± 0,04 bis ± 0,08.

Keine der Kotproben enthielt einen sinnfällig erhöhten Anteil größerer Futterpartikel. In diesem Fall müßte mit einer weiteren Erhöhung des Probennahmefehlers und der Notwendigkeit einer Steigerung der Analysenfrequenz gerechnet werden. Nur 51 Prozent der Differenzen zwischen dem pH-Wert im aufgetauten und frischen Kot bewegten sich innerhalb des o. g. maximalen Fehlers von 0,08 Einheiten. Aus diesem Grund wird ein Einfrieren des Kotes mit späterer Bestimmung des pH-Wertes vorläufig nicht empfohlen. Dabei wird die Möglichkeit einer regressiven Datenkorrektur noch offengelassen.

Tab. 1: Kurzcharakteristik der Rationen A, B und C in den Versuchen HA und GE

Periode	Getreide: Heu	Rationskomponenten (g/kg LM ^{0,75})		Stärke (g/kg LM)		RFA (% der TS)		Aufteilung der Komponenten auf die Futterzeiten		
		Getreide ¹⁾	Heu	Versuch HA	Versuch GE	Versuch HA	Versuch GE	Futterzeit	Getreide ¹⁾	Heu
A	1:1,2	33,41	40,09	2,23	2,50	20,4	19,2	6.30 Uhr	50 %	50 %
B	1:0,6	43,06	25,84	2,88	3,22	17,2	16,7	14.30 Uhr	50 %	-
C	1:0,3	50,23	15,07	3,36	3,76	14,5	12,8	19.00 Uhr	-	50 %

¹⁾ Versuch HA bzw. GE: Hafer bzw. Gerste (ganzes Korn)

2. pH-Wert, flüchtige Fettsäuren und Trockensubstanzgehalt im Kot nach unterschiedlicher Fütterung

Mittelwerte sowie Angaben zu Mittelwertdifferenzen für den pH-Wert, den Gehalt an flüchtigen Fettsäuren (VFA) und den Essigsäure : Propionsäure-Quotienten (ES : PS) im Kotwasser sowie die Kottrockensubstanz sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tab. 2: Mittelwerte der Kotparameter pH-Wert, Gehalt an kurzkettigen Fettsäuren (FFS), Essigsäure:Propionsäure-Quotient (ES:PS) sowie die mittlere Kottrockensubstanz in den Versuchen HA und GE

Versuch	Periode	Kotparameter			
		TS (%)	pH	FFS ¹⁾ (mmol/l)	ES:PS
HA	A	25,1 a	6,60	5,58	7,8 a
	B	26,9 a	6,36	5,44	7,4 a
	C	29,8 b	6,32	5,22	5,8 a
GE	A	22,8 b	6,46	5,68	11,2 b
	B	22,7 b	6,39	5,80	7,9 a
	C	25,6 a	6,20	7,12	5,6 a
± s ²⁾		2,04	0,298	1,155	1,20

¹⁾ FFS-Gehalt im Originalkotwasser

²⁾ als Streuungsmaß wurde die Reststreuung aus der Varianzanalyse benutzt

a vs. b kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen im Ergebnis des Duncan-Testes

Varianzanalytisch war ein Einfluß des Tieres auf alle o. g. Kotparameter zu sichern. Die Ration beeinflusste den Trockensubstanzgehalt sowie den Quotienten ES : PS signifikant. Während in Versuch HA der VFA-Gehalt im Original-Kotwasser regelmäßig und z. T. signifikant sank, war in Versuch GE eine statistisch nicht gesicherte gegenläufige Tendenz zu messen. Durch *Abrens* (1986) und *Meyer et al.* (1982) wurden im Caecum des Pferdes bei niedrigen vs. höheren pH-Werten größere Fettsäurekonzentrationen gemessen. Obwohl eine ursächliche Interpretation des VFA-Gehaltes im Kot durch die nicht exakt quantifizierbaren postilealen Absorptionsverhältnisse erschwert erscheint, wurde der pH-Wert im Kotwasser parallel zu den Ergebnissen von *Abrens* (1986), *Meyer et al.* (1982) und *Radicke* (1990) im Caecum von Pferden durch eine erhöhte Getreidegabe tendenziell gesenkt. Das VFA-Muster im Kotwasser variierte entsprechend den Ergebnissen von *Abrens* (1986) im Caecum, wonach das Verhältnis ES : PS bei durch Getreidezulage gesenktem caecalen pH-Wert reduziert wird. *Schwabenbauer* (1979) sowie *Schwabenbauer et al.* (1982) konnten in Versuchen mit Mischfutter, Heu und Stroh nur eine geringgradige und z. T. ungerichtete Variation dieses Parameters im Caecuminhalt messen. Der Kottrockensubstanzgehalt stieg erwartungsgemäß bei einer Erhöhung des Getreideanteils von Periode A zu C.

Die Mittelwerte paralleler Perioden der Versuche HA und GE waren für Kottrockensubstanz und VFA-Muster z. T.

signifikant different. Dabei lag der Kottrockensubstanz-Gehalt im Haferversuch höher als bei Gersteinsatz. Der ES : PS-Quotient setzte in Periode A des Versuches GE gegenüber HA deutlich höher ein und fiel bei einer Steigerung des Getreideanteils erwartungsgemäß steiler ab. Der höhere Essigsäureanteil in Versuch GE resultiert möglicherweise aus einer leichteren Dickdarmfermentierbarkeit der qualitativ günstiger zusammengesetzten Faser bei Gerste gegenüber Haferfütterung (leichtlösliche Kohlenhydrate: Säure-Detergens-Faser = 1,05 vs. 2,76), berechnet nach Angaben von *Menge* und *Huss* (1987), unter der Bedingung, daß keine überhöhten Mengen leichtlöslicher Kohlenhydrate ileocaecal passieren (*Kolb*, 1992). Auf dem gegenwärtigen Stand der Untersuchungen hat die Interpretation derartiger Erscheinungen primär einen konzeptionellen Wert. Der mittlere pH-Wert lag bei Haferfütterung tendenziell höher als beim Einsatz von Gerste. Dieses Resultat entspricht den Ergebnissen von *Günther* (1984). Trotz der hohen individuellen Streuung der Absolutwerte wurden im Kotwasser der pH-Wert und das VFA-Muster bei allen Versuchstieren tendenziell gleichartig durch die Variation von Getreideart und Getreide : Heu-Verhältnis verändert. Bei einer Erhöhung der Anzahl von Paralleltieren sind Mittelwertdifferenzen wahrscheinlich in größerem Umfang statistisch zu sichern. Der VFA-Gehalt ist noch auf seine diagnostische Eignung zu prüfen.

Die Kotwasseranalyse scheint in Fragen der Kenntlichmachung überhöhter Stärkegehalte im Pferdefutter entwicklungs-würdig zu sein. Eine Variation der genannten Parameter im Kotwasser erfolgt wahrscheinlich in Abhängigkeit von Stärkeherkunft und -dosis.

Literatur

- Abrens, F.* (1986): Aus der Arbeit der IS-Forschungsgesellschaft. - In: Hül- senberger Gespräche, 137 - 150.
- Drochner, W., und Meyer, H.* (1991): Verdauung organischer Substanzen im Dickdarm verschiedener Haustierarten. - In: Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung. Beiheft 22 zur Z. Tierphysiol., Tierernährg., Futtermittelkd., 18 - 40.
- Garner, H. E., Coffman, J. R., Habn, A. W., Hutcheson, D. P., und Tumble- son, M. E.* (1975): Equine laminitis of alimentary origin: an experimen- tal model. - Am. J. Vet. Res., 36, 441 - 449.
- Garner, H. E., Hutcheson, D. P., Coffman, J. R., Habn, A. W., und Salem, C.* (1977): Lactic acidosis: a factor associated with equine lamini- tis. J. Anim. Sci. 45, 1037 - 1041.
- Geissler, C., Hoffmann, M., und Hickel, B.* (1976): Ein Beitrag zur gaschro- matographischen Bestimmung flüchtiger Fettsäuren. Arch. Tierer- nährg. 26, 123 - 129.
- Günther, C.* (1984): Untersuchungen über die Verdaulichkeit und Verträ- glichkeit von Hafer, Quetschhafer, Gerste und Mais beim Pferd. Hanno- ver: Tierärztl. Hochschule, Institut für Tierernährung, Diss.
- Kolb, E.* (1992): persönl. Mitteilung.
- Menke, K.-H., und Huss, W.* (1987): Tierernährung und Futtermittel- kunde. 3., neu bearb. Aufl. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer.
- Meyer, H., Lindemann, G., und Schmidt, M.* (1982): Einfluß unterschiedli- cher Mischfuttermittelgaben pro Mahlzeit auf praecaecale und postileale Ver- dauungsvorgänge beim Pferd. In: Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung. Beiheft 13 zur Z. Tierphysiol., Tierernährg., Fut- termittelkd. 32 - 39.
- Radicke, S.* (1990): Untersuchungen zur Verdauung von Mais- und Hafer- stärke beim Pferd. Hannover: Tierärztl. Hochschule, Institut für Tier- ernährung, Diss.

- Ralston, Sarah L., Freeman, D. E., und Baile, C. A. (1983): Volatile fatty acids and the role of the large intestine in the control of feed intake in ponies. *J. Anim. Sci.* 57, 815 - 825.
- Schwabenbauer, K. (1979): Einfluß von Futterzusammensetzung und Fütterungstechnik auf mikrobielle Umsetzungen im Blinddarm des Pferdes. Hannover: Tierärztl. Hochschule, Institut für Tierernährung. Diss.
- Schwabenbauer, K., Meyer, H., und Lindemann, G. (1982): Gehalt an flüchtigen Fettsäuren und Ammoniak im Caecuminhalt des Pferdes in Abhängigkeit von Futterart, Futterreihenfolge und Fütterungszeitpunkt. In:

Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernährung. Beiheft 13 zur *Z. Tierphysiol., Tierernähr., Futtermittelkd.* 24 - 31.

Dr. A. Zeyner
Universität Leipzig
Veterinärmedizinische Fakultät
Zwickauer Str. 55
O-7010 Leipzig