

Über den Einfluß von Futterart und Fütterungszeitpunkt auf den Blutglucosespiegel bei Pferden

Simone Radicke, H. Meyer und Ellen Kienzle

Institut für Tierernährung der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Einleitung

Der postprandiale Blutglucosespiegel wird beim Pferd in hohem Maße von der Fütterung beeinflusst, wie verschiedene Untersuchungen in der Vergangenheit gezeigt haben (Alexander 1955; Argenzio und Hintz 1971; Topliff und Freeman 1989). Während Heufütterung zu keinen nennenswerten postprandialen Veränderungen führte (Stull und Rodiek 1987), kam es nach stärke- und zuckerreichen Rationen zu mehr oder weniger deutlichen Anstiegen (Lawrence et al. 1989). In den bisherigen Untersuchungen sind jedoch nur z.T. die Höhe der Stärkeaufnahme, ihre Art und die jeweilige praecaecale Verdaulichkeit in Zusammenhang mit dem postprandialen Anstieg des Blutglucosespiegels berücksichtigt worden. Im Rahmen unserer Untersuchungen über die praecaecale Verdaulichkeit verschiedener Stärkearten und -mengen (Meyer et al. 1993) konnte parallel auch der Verlauf des postprandialen Blutzuckerspiegels erfaßt werden.

Material und Methoden

Für die Untersuchungen standen insgesamt 9 Kleinpferde (3 bis 18 Jahre, Körpermasse (KM) 180 bis 400 kg, keine Shetlandponies) zur Verfügung, die mit unterschiedlichen Getreidearten (Hafer, Mais und Gerste) sowie Knollen- bzw. Wurzelstärke (Kartoffel bzw. Maniok) in verschiedenen Zubereitungen (heil, gebrochen und geschrotet) z.T. in Kombination (gleichzeitig) mit Rauhfutter (Heu oder Grünmehl) gefüttert wurden (Tab 1).

Die Fütterung der Pferde erfolgte zweimal täglich im Abstand von 12 Stunden; Wasser stand den Tieren ad libitum zur Verfügung. Die Nährstoffaufnahme mit der jeweiligen Ration ergibt sich aus Tabelle 1.

Nach einer Adaptationsphase von mindestens 10 Tagen an die Ration wurde Vollblut per Venenkatheter aus der Vena jugularis einmal pro Versuchsabschnitt, beginnend vor der

Zusammenfassung

Bei 9 Kleinpferden wurde der postprandiale Verlauf des Blutglucosespiegels nach Fütterung verschiedener Stärkearten (Hafer, Mais Gerste, Kartoffel und Maniok) und Stärkemengen (2 bzw. 4 g/kg KM/Mahlzeit) überprüft. Bei gleicher Stärkegabe stieg der Blutglucosespiegel (max. 2 Std. ppr.) nach Haferfütterung stärker an (112 mg/dl; 6,2 mmol/l) als nach Mais- oder Gerstenaufnahme (99 bzw. 71 mg/dl; 5,5 bzw. 3,9 mmol/l), während die Fütterung von Knollen- bzw. Wurzelstärken nur geringgradige postprandiale Veränderungen des Glucosespiegels bewirkt. Die Zulage von Rauhfutter zur Haferration verzögert den postprandialen Glucoseanstieg, während eine Verdopplung der Stärkezufuhr (4 g Stärke) den Maximalwert nur geringgradig (Abb.3) beeinflusste. Bei der Beurteilung des Blutglucosespiegels des Pferdes müssen Art und Menge der verwendeten Futtermittel sowie der Fütterungszeitpunkt berücksichtigt werden. Zur Überprüfung der Stärkeverdaulichkeit können 5 g Hafer/kg KM gefüttert werden. Ein bis zwei Stunden postprandial sollte der Blutglucosespiegel > 90 mg/dl (>5,0 mmol/l) liegen.

Schlüsselwörter: Blutzucker, Stärkeaufnahme (Hafer, Mais, Gerste, Maniok, Kartoffeln), Fütterungszeitpunkt

Investigations on blood glucose related to feeding type and feeding time in horses

In 9 ponies, 2 fitted with permanent fistula into the cecum and 7 fitted with the terminal jejunum for the parallel investigation on preileal digestibility of starch, postprandial blood glucose concentrations were determined after feeding different sorts of starch (oats, corn, barley, potato and cassava; 2 resp. 4 g/kg bw/meal) and varying amounts of starch (2 resp. 4 g/kg bw/meal; table 1).

With identical starch intake the blood glucose concentrations were higher (max. 2 h. ppr.) after feeding oats (112 mg/dl; 6.2 mmol/l) than after the intake of corn or barley (99 resp. 71 mg/dl; 5.5 resp. 3.9 mmol/l, fig. 1), while potato resp. cassava starch induced only a small variation of postprandial blood glucose concentration. The addition of roughage to an oat diet retarded the postprandial increase of blood glucose (fig. 2), while the increase of the amount of starch (4 g starch) only had a small effect on the postprandial peak (maximum; fig. 3)

To judge the blood glucose concentrations in horses sort and amount of starch and time of feeding should be considered. To examine the digestive capacity in horses of starch 5 g oats/kg bw/meal could be fed. One to 2 hours postprandial the blood glucose concentrations should be over > 90 mg/dl (5 mmol/l).

keywords: Blood glucose, starch intake (oats, corn, barley, cassava, potato), feeding time

Fütterung und in 30minütigem Intervall bis zur 6. bzw. 7. Stunde postprandial gewonnen, sofort nach der Entnahme in 0,6 n Perchlorsäure enteiweißt und die Glucose photometrisch mittels GOD Perid®-Test (Fa. Boehringer Mannheim) gemessen. Aus versuchstechnischen Gründen standen nicht immer alle Pferde für jede Ration zur Verfügung, so daß sich für die einzelnen Diäten unterschiedliche Probenzahlen ergeben.

Nr.	Ration	Aufnahme g/kg KM/Morgenmahlzeit			
		Trocken- substanz (TS)	Heu bzw. Grünmehl	Stärke	Rohfaser
1	Hafer, heil	5,2 ± 0,3	—	2,00 ± 0,13	1,00 ± 0,1
2	Hafer, gequetscht	4,6 ± 1,2	—	1,77 ± 0,46	0,90 ± 0,2
3	Mais, heil	3,0 ± 0,2	—	2,06 ± 0,10	0,07 ± 0,0
4	Mais, gebrochen	3,2 ± 0,2	—	2,18 ± 0,12	0,08 ± 0,0
5	Mais, geschrotet + Grünmehl	6,1 ± 1,6	4,2 ± 1,1	1,84 ± 0,48	1,20 ± 0,3
6	Mais, geschrotet + Heu	5,5 ± 1,0	3,7 ± 0,1	1,84 ± 0,75	1,10 ± 0,0
7	Gerste, gequetscht + Grünmehl	7,9 ± 0,4	5,0 ± 0,0	1,94 ± 0,13	1,48 ± 0,0
8	Hafer, heil + Heu	9,2 ± 0,0	3,4 ± 1,8	1,94 ± 0,00	1,92 ± 0,0
9	Hafer, heil + Grünmehl	9,1 ± 1,6	1,5 ± 0,0	3,56 ± 0,50	1,43 ± 0,0
10	Kartoffel, roh + Grünmehl	7,6 ± 0,3	5,0 ± 0,3	2,00 ± 0,10	1,58 ± 0,1
11	Maniok, geschrotet + Grünmehl	7,5 ± 0,0	5,0 ± 0,0	1,96 ± 0,01	1,58 ± 0,0

Tab. 1: Eingesetzte Rationen

Zur statistischen Auswertung wurden der Mittelwert und die Standardabweichung als Maß für die Streuung berechnet. Zum multiplen Mittelwertsvergleich erfolgte eine einfaktorische Varianzanalyse mit anschließendem Tukey-Test. Mittelwertsdifferenzen zwischen den Fütterungsgruppen wurden mit * bzw. Buchstaben (p<0.05) gekennzeichnet.

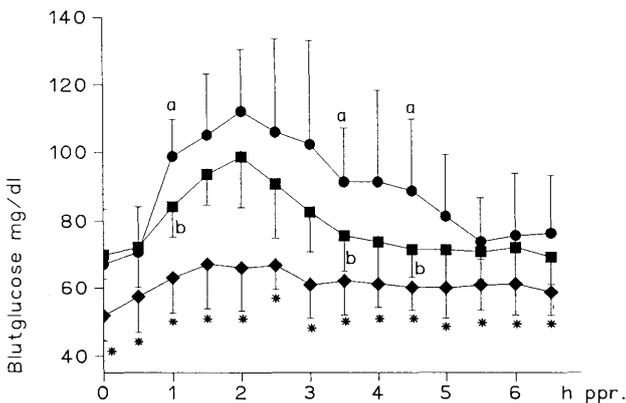


Abb.1: Postprandialer Verlauf des Blutglucosespiegels nach Aufnahme von 2 g Stärke an Hafer, Mais (Nr. 1-4; n=10/11) oder Knollen (Nr. 10+11; n=5)

● Hafer ■ Mais ◆ Knollenstärke (Kartoffel, Maniok)
 * = Signifikante Differenz zw. Knollen- + Getreidestärken
 a/b = Signifikante Differenz zwischen Getreidestärken

Postprandial blood glucose concentrations after the intake of 2 g starch of oats or corn (ration 1-4; n=10/11) or cassava and potato (ration 10+11; n=5)

● oats ■ corn ◆ cassava and potato
 * = significant differences between grain starch and cassava and potatostarch
 a/b = significant differences between grain starch

Ergebnisse

Stärkeart

Der postprandiale Verlauf des Blutglucosespiegels nach Aufnahme gleicher Stärkemengen unterschiedlicher Art geht aus Abbildung 1 hervor. Bei den Hafer- und Maisrationen liegen die Nüchternwerte in ähnlichen Bereichen, steigen innerhalb von 2 Stunden signifikant auf Maximalwerte an und erreichen bei Maisfütterung nach rd. 4 Stunden, nach Haferaufnahme nach 5–6 Stunden wieder den Ausgangsbereich. Nach Maisfütterung bleiben die Werte – abgesehen von der Ausgangs- und Endperiode – kontinuierlich tiefer. Die Unterschiede zwischen den beiden Getreidestärken waren aber nur 90, 120 und 270 Minuten postprandial statistisch abzusichern. Nach Fütterung der Kartoffeln bzw. des Manioks werden im Vergleich zur Hafer- bzw. Maisstärke zu jedem Zeitpunkt signifikant tiefere Werte beobachtet, bei einem postprandial nur unbedeutenden Anstieg. Dabei ist allerdings die Beifütterung von Grünmehl in den Rationen mit Knollen bzw. Wurzeln (Maniok) zu berücksichtigen. Auch nach Aufnahme von Gerste (Ration 7) stieg der Blutglucosespiegel postprandial nur geringgradig an (von 58,7 ± 5,0 auf maximal 72,0 ± 9,5 mg/dl). Vier Stunden nach der Futteraufnahme wurden die Ausgangswerte wieder erreicht.

Beifütterung von Rauhfutter

Den Verlauf des postprandialen Blutglucosespiegels nach Fütterung von heilem Hafer mit und ohne Rauhfutter zeigt Abbildung 2. Bei gleichzeitiger Rauhfutteraufnahme war der postprandiale Anstieg des Blutglucosespiegels im Vergleich zur ausschließlichen Haferfütterung verzögert, mit signifikant niedrigeren Gehalten 1,5 Stunden postprandial. Unterschiedliche Effekte verschiedener Rauhfutterzuberei-

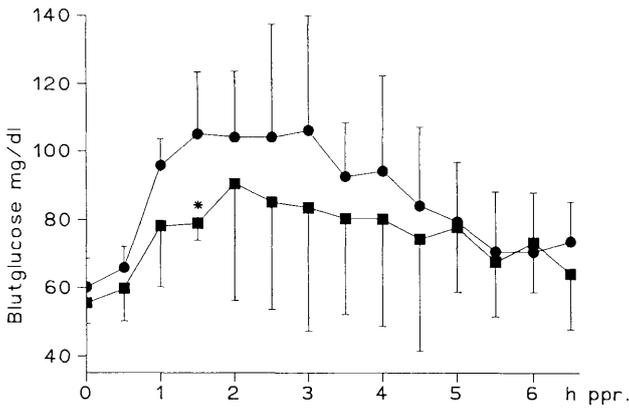


Abb.2: Postprandialer Blutglucoseverlauf ohne und mit Rauhfut-
terergänzung (Nr. 1+8; n=5/4), bei einer Stärkeaufnahme von
2 g/kg KM/Mahlzeit

● Hafer ohne Heu ■ Hafer mit Heu
* = Signifikante Differenz zwischen den Rationen

Postprandial blood glucose concentration with and without rouh-
fudge (ration 1+8; n=5/4), with a starch intake of 2 g/kg bw/meal

● oats without hay ■ oats with hay
* = significant differences between rations

tungen (Heu oder Grünmehl) konnten in Kombination
mit Maisschrot nicht nachgewiesen werden (Ration 5 bzw.
6; $75,2 \pm 10$ bzw. $77,0 \pm 11$ mg/dl als postprandiale
Maxima).

Stärkemenge

Den Einfluß einer unterschiedlichen Stärkemenge (Hafer)
auf den Verlauf des Glucosespiegels zeigt Abbildung 3.
Auffallend sind die statistisch gesicherten höheren Blutglu-
cosespiegel zum Zeitpunkt der Fütterung bzw. 30 Minuten
nach Futteraufnahme bei hoher Stärkeaufnahme. In der
Endphase bleiben die Werte nach Fütterung größerer Stär-
kemengen tendenziell höher, für die 6. Stunde postprandial
signifikant.

Diskussion

Die eigenen Untersuchungen bestätigen die eingangs er-
wähnten Beobachtungen über einen postprandialen An-
stieg des Blutglucosespiegels vor allem nach Aufnahme stär-
ke- oder zuckerreicher Rationen. Dieser Effekt wird einer-
seits von der Menge und Geschwindigkeit der aus dem
Dünndarm einströmenden Glucosemenge, andererseits von
der vor allem durch Insulin gesteuerten Verwertung des
Blutzuckers abhängen. In den eigenen Untersuchungen
wird deutlich, daß nicht allein die Stärkemenge, sondern
auch ihre Art und damit ihre Verdaulichkeit bei dieser
Reaktion zu beachten ist. Bei der parallel bestimmten prae-
ilealen Verdaulichkeit der Stärke fiel auf, daß Haferstärke
im Dünndarm besser als Mais- und Gerstenstärke verdaut
wird (Meyer et al. 1993), während die Knollen- bzw.
Wurzelstärken zu weniger als 10% im Dünndarm abgebaut
werden (Illenseer 1994). Durch den Verlauf des postpran-

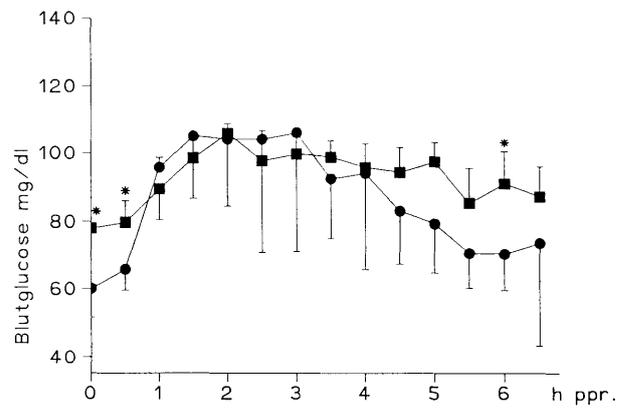


Abb.3: Postprandialer Blutglucoseverlauf nach Aufnahme von 2
bzw. 4 g Haferstärke/kg KM/Mahlzeit (Nr. 1+9; n=5/4)

● 2 g Stärke ■ 4 g Stärke
* = Signifikante Differenz zwischen den Rationen

Postprandial blood glucose concentrations after the intake of 2 or
4 g oats starch/kg bw/meal (rations 1+9; n=5/4)

● 2 g starch ■ 4 g starch
* = significant differences between rations

dialen Blutglucosespiegels werden diese Beobachtungen
bestätigt.

Der Einfluß einer gleichzeitigen Heugabe bei Haferfütte-
rung war im gesamten postprandialen Verlauf ausgeprägt
(Abb. 2), aber nur punktuell signifikant. Dieser Effekt
kann vermutlich nicht mit einer Abnahme der praecaecalen
Stärkeverdaulichkeit (Wilke 1992; Illenseer 1994) erklärt
werden, sondern infolge einer zeitlichen Verzögerung der
Glucoseabsorption mit einem verstärkten Zufluß an Ver-
dauungssekreten (Meyer 1992). Diese Beobachtungen wer-
den durch Untersuchungen von Crawford et al. (1970) be-
stätigt, die bei Haferationen mit Rauhfutterergänzung sig-
nifikant tiefere Blutglucosespiegel als bei alleiniger Fütte-
rung des Hafers nachweisen konnten.

Eine Bewertung der unterschiedlichen Stärkemenge und
ihr Effekt auf den postprandialen Glucosespiegel wird er-
schwert durch die unterschiedlich aufgenommenen TS-
Mengen (5,2 bzw. 9,1 g/kg KM/Mahlzeit). Aufgrund der
hohen Stärkeaufnahme bleibt der Blutglucosespiegel über
fast 3 Stunden postprandial auf einem Plateau und fällt nur
geringgradig nach 5,5 Stunden ab. Generell ist aber bei
höherer Stärkeaufnahme kein proportional stärkerer An-
stieg des Blutglucosespiegels zu erwarten, wegen der dann
verstärkt einsetzenden Regulation durch Insulinausschüt-
tung. Diese Insulinreaktion steht in straffer Beziehung zur
intestinalen Glucoseabsorptionsrate (Argenzio und Hintz
1972). Eine Beeinflussung der praecaecalen Verdaulichkeit
der Stärke durch die aufgenommene Menge konnte nicht
nachgewiesen werden (83,5% bei 2 g Stärkeaufnahme bzw.
79,7% bei 4 g Haferstärke/kg KM; Wilke 1992; Illenseer
1994). Andererseits ist eine Glucosurie, die nicht überprüft
wurde, nach den Angaben von Jeffrey (1968) auszu-
schließen, da sie erst bei Glucosewerten von > 400 mg/dl

Plasma zu erwarten ist, bzw. bei Störungen der Nierenfunktion auftreten kann.

Als Schlußfolgerung ist aus dieser Untersuchung abzuleiten, daß der Blutglucosewert beim Pferd nur im Zusammenhang mit Fütterungstermin, Futterart und -menge zu beurteilen ist. Nach Aufnahme von Futterzucker sind die postprandialen Blutglucoseanstiege noch deutlicher ausgeprägt als nach Haferfütterung (Eilmans 1991). Bei Berücksichtigung dieser Faktoren läßt sich der von verschiedenen Tierkliniken ausgegebene „Normalwert“ von 50–90 mg/dl bzw. 2,8–5,0 mmol/l (Best 1979) weiter einengen.

Ferner kann anhand der vorliegenden Untersuchung abgeleitet werden, daß für die Beurteilung der Dünndarmfunktion im Hinblick auf die Stärkeverdauung (Abbau, Absorption) Hafer gut geeignet ist. Bei intakten Tieren mit normalem Freßverhalten und normaler Magenentleerung sollte bei physiologischer Funktion von Pancreas und Dünndarmschleimhaut nach Fütterung von 5 g geschrotetem oder gequetschtem Hafer pro kg KM/Mahlzeit (rd. 2 g Stärke/kg KM/Mahlzeit) der Blutglucosespiegel 1 bis 2 Stunden postprandial > 90 mg/dl (5 mmol/l), der Plasmaglucosespiegel > 125 mg/dl (> 6,9 mmol/l) liegen. Dabei ist zu beachten, daß die Plasmaglucosewerte um rd. 40% höher liegen als die Blutglucosekonzentrationen. Diese Aussage wird durch Beobachtungen von Crawford et al. (1970) und Arana et al. (1982) bestätigt.

Literatur

- Alexander, F. (1955): Factors affecting the blood sugar concentration in horses. *Quart. J. exp. Physiol.* 40, 24
- Arana, Marit, Anne Rodiek und Carolyn Stull (1989): Blood glucose and insulin responses to four different grains and four different forms of alfalfa hay fed to horses. *Proc. 11th Equine Nutr. Physiol. Symp.* 160-161
- Argenzio, R. A., und H. F. Hintz (1971): Volatile fatty acid tolerance and effect of glucose and VFA on plasma insulin levels in ponies. *J. Nutr.* 101, 723-730
- Argenzio, R. A., und H. F. Hintz (1972): Effect of diet on glucose entry and oxidation rates in ponies. *J. Nutr.* 102, 879-892
- Best, Iris (1979): Normalwerte verschiedener Parameter im Blutserum und Plasma bei Vollblütern und Trabern; 2. Mitteilung: der Gehalt an Metaboliten: Bilirubin, Cholesterin, Gesamteiweiß, Harnstoff, Glucose und Hämoglobin. *Prakt. Tierarzt* 60, 765-778
- Crawford, B. H., J. P. Baker und S. Lieb (1970): Dietary effect on blood glucose levels in horses. *J. Anim. Sci.* 31, 198
- Eilmans, Irmgard (1991): Fettverdauung beim Pferd sowie die Folgen einer marginalen Fettversorgung. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- Illenseer, Marita (1994): Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss. in Vorbereitung
- Jeffrey, J. R. (1968): Diabetis mellitus secondary to chronic pancreatitis in a pony. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 153, 1168
- Lawrence, L., J. Pagan, M. Pubols, J. Reeves, K. White, R. Douglas und C. Gaskins (1989): Influence of isocaloric high energy carbohydrate and fat diets on growth relates hormone profiles in yearling horse. *Proc. 11th Equine Nutr. Physiol. Symp.* 151-156
- Meyer, H. (1992): Intestinaler Wasser- und Elektrolytstoffwechsel des Pferdes. *Übers. Tierernährg.* 20, 135-166
- Meyer, H., Simone Radicke, Ellen Kienzle, S. Wilke und Doris Kleffken (1993): Investigation on preileal digestion of oats, corn and barley starch in relation to grain processing. *13th Equine Nutr. Physiol. Symp.* 92-97
- Stull, Carolyn L. und Anne V. Rodiek (1988): Responses of blood glucose, insulin and cortisol concentrations to common equine diets. *J. Nut.* 118, 206-213
- Topliff, D. R. und D. W. Freeman (1989): Plasma glucose concentrations and digestibility of dry matter, energy and crude protein in mature geldings fed wheat and oat based diets. *Proc. 11th Equine Nutr. Physiol. Symp.* 157-159
- Wilke, S. (1992): Zur praeilealen Verdaulichkeit von Hafer und Mais verschiedener Zubereitung beim Pferd. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.

Dr. Simone Radicke
Prof. Dr. H. Meyer

Institut für Tierernährung
Bischofsholer Damm 15
30173 Hannover

Durchtrennung des Fesselringbandes mit endoskopischer Unterstützung beim Pferd

(Endoscopically assisted annular ligament release in a horse)

A. J. Nixon, A. E. Sams und N. G. Ducharme (1993)

Vet. Surg. 22, 501-507

Die Autoren entwickelten mit Hilfe von 6 Gliedmaßenpräparaten und 2 narkotisierten Pferden eine endoskopisch assistierte Technik zur Durchtrennung des palmaren beziehungsweise plantaren Ligamentums anulare. Ihre chirurgischen Instrumente orientierten sich an den beim Menschen für das Karpaltunnelsyndrom benutzten.

Unter arthroskopischer Kontrolle wurde eine geschlitzte Hohlkanüle durch eine Inzisionswunde proximal des Lig. anulare eingeführt und bis an die Fasern des Fesselringbandes vorgeschoben. Die Durchtrennung des Ligamentums durch eine im 90° Winkel angebrachte und durch die Kanüle geführte Klinge erfolgte unter direkter arthroskopischer Überwachung.

Die pathologische Untersuchung zeigte eine vollständige Durchtrennung des Bandes ohne iatrogene Schädigung neurovaskulärer Strukturen.

Die Durchtrennung des Lig. anulare wurde zudem bei insgesamt 7 Pferden mit komplexer Tendosynovitis durchgeführt. Nach einer endoskopischen Untersuchung der Sehnen, der Lösung von Verklebungen und Entfernung von Gewebe erfolgte die endoskopisch assistierte Durchtrennung des Ligamentums. Fünf der so behandelten Pferde wurden wieder im Sport eingesetzt, ein Pferd zeigte wiederkehrende Lahmheiten und ein Pferd befindet sich noch in der Rekonvaleszenz.