

Über den Zuckergehalt von Blut und Harn des Pferdes bei Zuckerfütterung.

Von

P. Waentig.

(Mitteilung aus dem physiologischen Institut der Tierärztl. Hochschule zu Dresden.
Geheimer Rat Prof. Dr. Ellenberger.)

(Der Redaktion zugegangen am 5. April 1916.)

Im Auftrag des Direktors des physiologischen Instituts an der Tierärztlichen Hochschule zu Dresden, Herrn Geh. Rat Prof. Dr. Ellenberger, habe ich im letzten Winterhalbjahr eine größere Anzahl von Versuchen über den Einfluß der Zuckerfütterung auf den Zuckergehalt von Blut und Harn beim Pferd ausgeführt, über die im Nachstehenden kurz berichtet werden soll:

Die Untersuchungen wurden dadurch veranlaßt, daß infolge der durch die Verhältnisse des Krieges bedingten Knappheit der Kraftfuttermittel, insbesondere des Hafers, für Pferde diesen Zucker- bzw. Zuckerpräparate als Ersatz für Körnerfutter in verhältnismäßig großen Mengen verabreicht werden mußten, über deren Wirkung bisher keine eingehenderen Untersuchungen vorliegen. Insbesondere sind keine abschließenden¹⁾ Versuche darüber angestellt worden, inwieweit die Blutzucker- menge durch eine solche Fütterung erhöht wird und ob dabei auch Zucker im Harn angetroffen werden kann.

Es kam hinzu, daß bei Pferden, denen längere Zeit größere Mengen von Zucker verabreicht worden waren, gewisse Gesundheitsstörungen beobachtet worden sein sollen, die angeblich nach Einstellen der Zuckerfütterung wieder verschwanden. Es war möglich, daß eine infolge der Zuckerfütterung entstandene Hyperglykämie die Ursache dieser Störungen war.

¹⁾ Voruntersuchungen sind in dieser Richtung im hiesigen Institut von W. Grimmer ausgeführt worden.

Daß nach reichlichem Zuckergenuß bei Mensch und Tier eine von dem Ernährungszustand, von individueller Disposition und von der Natur und der Konzentration des einverleibten Zuckers abhängige, leichte und ziemlich rasch vorübergehende, sogenannte alimentäre Hyperglykämie¹⁾ auftritt, welche von einer leichten Glykosurie begleitet sein kann, ist durch zahlreiche Untersuchungen festgestellt.

Hier galt es insbesondere die Frage zu untersuchen, ob bei länger anhaltendem Ersatz eines Teiles des Futters durch Rohrzucker beim Pferd eine dauernde Hyperglykämie bzw. Glykosurie hervorgerufen werden könnte, mit der man die obengeschilderten Symptome in Zusammenhang hätte bringen können. Die Versuche mußten daher über eine längere Zeit ausgedehnt werden, um die Möglichkeit einer eventuellen Anpassung an die neue Fütterungsweise bzw. eine allmählich auftretende schädliche Wirkung zu berücksichtigen. Es mußten ferner, um die individuelle Disposition zu berücksichtigen, die Versuche an einer größeren Zahl von Tieren ausgeführt werden. Entsprechend dem in erster Linie praktischen Zweck der Untersuchung, war weiterhin die verfütterte Zuckermenge so zu wählen, wie sie rationellerweise in der Praxis angewendet wird, ohne Verdauungsstörungen oder Mangel an stickstoffhaltigem Nährmaterial eintreten zu lassen. Es wäre wünschenswert gewesen, wenn die sämtlichen Versuchstiere gleichmäßig während der ganzen Versuchsdauer dasselbe Futter erhalten hätten. Diese Bedingung ließ sich wegen des bestehenden Futtermangels und der damit verbundenen Schwierigkeiten bei der Beschaffung nicht streng durchführen. Die vier zuerst untersuchten Pferde erhielten vor Beginn der Zuckerfütterung außer Heu und Häcksel täglich 3 Pfd. Kleie, 3 Pfd. Mais und 5½ Pfd. Hafer. Der letztere wurde während der Zuckerfütterungsperiode durch 6 Pfd. Häckselzucker mit einem Gehalt von ca. 70% Rohrzucker ersetzt. Bei den zuletzt untersuchten zwei Pferden ist der Mais und auch ein Teil des Hafers zeitweilig durch Gerste ersetzt worden. Während

¹⁾ Vgl. hierüber z. B. P. Albertoni, Verhalten und Wirkung des Zuckers im Organismus, bei Asher u. Spiro, Ergebnisse d. Physiologie, Bd. 14, 1914, S. 431 ff.; ferner J. Bang, Der Blutzucker, Wiesbaden, 1913.

der Zuckerfütterungsperiode erhielten diese Pferde einen minderwertigeren Häckselzucker mit nur etwa 50% Rohrzuckergehalt. Die Differenz gegen die früher gegebene Zuckermenge wurde dadurch auszugleichen gesucht, daß anstatt 6 Pfd. täglich 9 Pfd. davon gefüttert wurden, die Pferde erhielten also dreimal täglich 700 g bzw. 750 g Rohrzucker neben 500 g Kleie und 800 g Mais bzw. Gerste. Die Heuration blieb während der Fütterung dieselbe wie vorher. Da das Gewicht der untersuchten Pferde nicht unwesentlich verschieden war, und zwar zwischen rund 400 und 600 kg schwankte. (vgl. die folgenden Tabellen), so war auch die pro Kilogramm Körpergewicht bei jeder Mahlzeit eingeführte Zuckermenge bei den verschiedenen Versuchstieren nicht unbeträchtlich verschieden und schwankte zwischen rund 1,2 und 1,9 g Rohrzucker, täglich also zwischen 3,6 und 5,7 g. Die Versuchsdauer betrug bei den ersten vier Pferden ungefähr 7 Wochen, bei den beiden zuletzt untersuchten 6 Wochen, wovon je 4—5 Wochen auf die Zuckerfütterungsperiode entfielen. Beim Übergang zur Zuckerfütterung wurde nicht sofort die ganze Zuckermenge gegeben, sondern die Zuckergabe innerhalb 8 Tagen auf die gewünschte Menge allmählich gesteigert.

Methodisches.

Das Blut wurde dem Pferde jedesmal in einer Menge von ungefähr 250 ccm aus der Vena jugularis entnommen und floß direkt in einen mit 0,6 g feingepulverten Natriumfluorid beschickten Meßzylinder. Da es sich, wie dargelegt, bei dieser Untersuchung nicht darum handelte, vorübergehende Schwankungen im Blutzuckergehalt während des Verdauungsvorganges festzustellen, sondern eine eventuelle dauernde Änderung des Blutzuckerspiegels infolge der Zuckerfütterung, so wurde die Blutentnahme im allgemeinen erst mehrere Stunden nach der Fütterung und zwar meist zwischen 10 und $1\frac{1}{2}$ Uhr vormittags, also 3— $3\frac{1}{2}$ Stunden nach der Fütterung ausgeführt.

Die Blutzuckerbestimmung wurde in dem durch freiwillige Sedimentierung der roten Blutkörperchen bei tiefer Temperatur erhaltenen Plasma vorgenommen. Es wurde nur das Plasma ver-

wendet, weil nach den Untersuchungen von R. Höber¹⁾ und H. Tachau²⁾ und ferner von Franck und Möckel³⁾ Änderungen im Blutzuckergehalt sich zunächst im Plasma zeigen. Die Verwendung des Plasmas an Stelle des Blutes hat den praktischen Vorteil, daß die der Blutzuckerbestimmung vorausgehende Enteiweißung natürlich besser bewerkstelligt werden kann als im Gesamtblut. Eine Zentrifuge ist bei der Verarbeitung von Pferdeblut durchaus entbehrlich, weil die freiwillige Sedimentierung der Blutkörperchen beim Pferdeblut rasch genug erfolgt, um genügend Plasma zu gewinnen, ehe eine merkliche Glykolyse eintritt. Allerdings war die Sedimentierungsgeschwindigkeit bei den verschiedenen Versuchstieren nicht unerheblich verschieden, man erhält um so rascher genügende Mengen Plasma, wenn man beim — zur Verteilung des Natriumfluorids erforderlichen — Durchmischen ein kräftiges Umschütteln möglichst vermeidet.

Zur Berücksichtigung der Glykolyse wurden besondere Versuche angestellt, aus denen sich ergab, daß das Abkühlen auf tiefe Temperatur und das zugesetzte Natriumfluorid in der angegebenen Menge die Glykolyse im Pferdeblut praktisch vollständig hintanhält.⁴⁾ Es ergab sich, daß 1 Stunde nach der Entnahme verarbeitetes Plasma denselben Zuckergehalt zeigte als solches, das 24 Stunden gestanden hatte. Trotzdem wurde in der Regel die Weiterverarbeitung des Plasmas stets eine bestimmte Zeit nach der Blutentnahme, nämlich zirka 6 Stunden später vorgenommen. Nach dieser Zeit stand regelmäßig eine genügende Menge Plasma für eine Doppelbestimmung, nämlich 100 ccm zur Verfügung.

Die Entfernung des Eiweißes aus dem Plasma geschah nach der schon häufig erprobten Methode von P. Rona und L. Michaelis.⁵⁾ 50 ccm Plasma wurden mit der 12fachen

¹⁾ Biochem. Zeitschr., Bd. 45, S. 207 (1913).

²⁾ Zeitschr. f. klin. Medizin, Bd. 79, S. 421.

³⁾ Diese Zeitschr., Bd. 65, S. 326 (1910).

⁴⁾ Übrigens zeigte das mit NaF behandelte Blut innerhalb 18 Stunden auch bei 37° keine merkliche Glykolyse.

⁵⁾ Biochem. Zeitschr., Bd. 7, S. 329 (1908).

Menge Wasser verdünnt und die Flüssigkeit unter häufigem Umschütteln allmählich mit 40 ccm kolloidaler Eisenhydroxydlösung versetzt, die Flüssigkeit im Meßkolben auf 1000 ccm aufgefüllt und 500 ccm des Filtrats, entsprechend 25 ccm des ursprünglichen Plasmas zur Zuckerbestimmung verwendet.

Die Zuckerbestimmung geschah nach der häufig benutzten und anerkannten, älteren Methode von J. Bang.¹⁾ Genau 500 ccm des erhaltenen Filtrats wurden auf ein kleines Volumen, ca. 10 ccm, auf dem Wasserbade unter Zusatz von etwas Essigsäure eingedampft und die Zuckerlösung nach der Bangschen Methode titriert. Nach einer Anzahl Untersuchungen²⁾ soll die Methode etwas zu hohe Werte liefern. Mit Lösungen bekannten Gehalts von reiner Dextrose erhielt ich fast richtige Werte. Sehr groß kann der Fehler, der mit Blutzuckerlösungen entstand, nicht sein, denn ich erhielt nach der Bangschen Methode bei Pferdeplasma annähernd die gleichen Werte, welche von P. Rona und L. Michaelis mit Hilfe der Allihnschen Methode gewonnen worden waren.

Der wundeste Punkt der Bestimmungsmethode ist das erforderliche weitgehende Eindampfen der wässrigen Lösung auf dem Wasserbade. Dabei tritt, wenn sich der Zucker am Rand der Porzellanschale absetzt, leicht eine geringe Bräunung ein, welche mit einem merklichen Verlust an reduzierender Substanz verbunden ist. Man muß beim Eindampfen also nach Möglichkeit vermeiden, daß sich Abscheidungen bilden. Reine Dextroselösungen zeigen beim Eindampfen in essigsaurer Lösung diese Erscheinung in viel geringerem Maße, woraus zu schließen ist, daß entweder die Blutzuckerlösung oxydierende Substanzen enthält, oder der sogenannte Blutzucker nicht nur aus Dextrose³⁾ besteht.

Bei der Titration ist darauf zu achten, daß weder die Hydroxylamin- noch die Kupferlösung bei längerem Stehen völlig

¹⁾ Biochem. Zeitschr., Bd. 2, S. 271 (1907).

²⁾ Vgl. z. B. Dengo Takahashi, Biochem. Zeitschr., Bd. 37, S. 30 (1911).

³⁾ Daß die enteiweißte Blutzuckerlösung sich in mancher Beziehung nicht wie reine Dextroselösung verhält, hat bekanntlich zur Annahme des sogenannten Restzuckers geführt.

beständig ist. Die Titer ändern sich etwas und man muß sie von Zeit zu Zeit mit Zuckerlösungen bekannten Gehalts kontrollieren.

Das Sammeln des Harns geschah mit Hilfe eines für diese Zwecke besonders konstruierten Auffangapparates, des sogenannten Harnbeutels,¹⁾ der eine völlig saubere Gewinnung desselben ermöglicht. Es kam sowohl Früh- wie Nachmittags-harn zur Untersuchung. Für die quantitative Prüfung auf Zucker erwies sich einzig die Gärmethode als brauchbar. Beim Klären und Entfärben des Harns, der beim Pferd wie bei allen Einhufern normalerweise alkalisch und mucinhaltig ist und bereits beim Verlassen der Harnblase infolge der Ausscheidung erheblicher Mengen kohlensauren Kalkes stark getrübt erscheint,²⁾ nach den bekannten Methoden bleiben sowohl die Ebene des polarisierten Lichts drehende als auch reduzierende Substanzen in den Filtraten, welche die polarimetrische Bestimmung unbrauchbar machen, die Reduktionsmethoden nur mit größter Vorsicht anzuwenden gestatten. Wendet man starke Adsorptionsmittel an, wie z. B. Kahlbaumsche Blutkohle nach dem Vorschlag von Bang und Bohmannson³⁾ oder Andersen,⁴⁾ so wird zwar die Trommersche Probe anwendbar, weil reduzierender Nichtzucker völlig verschwindet, aber die linksdrehenden Substanzen des Pferdeharns sind zum Teil auch in den völlig klaren farblosen Filtraten nach der Kohlenbehandlung vorhanden, während schon reichliche Mengen von Dextrose adsorbiert werden.

Es ist mir trotz vielfacher Versuche nicht möglich gewesen, Bedingungen ausfindig zu machen, unter denen die linksdrehenden Substanzen aus dem Harn zum Verschwinden gebracht werden, ohne daß nicht auch Zucker mit adsorbiert wird. Ja, man erhält bei hochgestellten, notorisch zuckerfreien

¹⁾ Da sich das Auffangen des Harnes beim männlichen Tier wesentlich einfacher gestaltet als beim weiblichen, so wurden die Versuche ausschließlich an Wallachen ausgeführt.

²⁾ Vgl. hierüber Ch. Porcher in Ellenberger u. Scheunert, Lehrbuch der vergleichenden Physiologie der Haussäugetiere. Berlin 1910.

³⁾ Diese Zeitschr., Bd. 63, S. 443 (1909).

⁴⁾ Biochem. Zeitschr., Bd. 37, S. 262 (1911).

Pferdeharnen, selbst mit den radikal wirkenden Klärungsmitteln nach Bang und Bohmannson, noch mehr oder weniger stark linksdrehende Filtrate bei völlig negativer Trommerscher Probe. Setzt man solchen Harnen eine bestimmte Menge Traubenzucker zu, so findet man natürlich dann eine entsprechend geringere Rechtsdrehung. Diese Rechtsdrehung ist aber nicht gleich der Differenz aus der nach der Zuckerkonzentration zu erwartenden Rechtsdrehung und dem für den zuckerfreien Harn gefundenen negativen Drehungswert, sondern niedriger, weil eben meist auch noch Dextrose adsorbiert wird.

Trotzdem ist es aber möglich, mit Hilfe der Trommerschen Probe Mengen bis 0,3% Zucker herab in jedem Pferdeharn qualitativ zu erkennen, wenn man den Harn vorher nach Bang-Bohmannson vorbehandelt. Die bei dem Zusatz der Natronlauge fast regelmäßig auftretende Fällung von alkalischen Erden stört hierbei nicht, es ist aber vorteilhafter, den mit der Klärung nach Bang verbundenen Zuckerverlust in Kauf zu nehmen als etwa durch unvollkommene Entfernung der übrigen reduzierenden Substanzen mit Bleiessig, Liquor ferri dialysati, Aluminiumhydroxyd, Kaolin oder Kombinationen dieser Entfärbungsmittel die Trommersche Probe undeutlich zu machen. Es ist zweckmäßig, außerdem die Trommersche Probe durch die bekannte Osazonprobe zu kontrollieren, die jedoch als nicht so empfindlich anzusehen ist, weil meist ein Teil des Osazons in amorphem Zustand erscheint und sich so der mikroskopischen Feststellung entzieht.

Für die quantitative Bestimmung kleiner Zuckermengen im Pferdeharn hat sich das Lohnsteinsche Gärungssaccharimeter sehr bewährt. Die Gärmethode ist deshalb hier besonders am Platze, weil sie eventuell vorhandenen Rohrzucker und Invertzucker mitbestimmt. Der Lohnsteinsche Apparat ist auch für qualitative Zwecke zweifellos den Eichhornschen Gärröhrchen und anderen Apparaten ähnlicher Konstruktion überlegen, wenn es sich um die Ermittlung geringer Zuckermengen handelt, weil bei letzteren Verluste an Kohlensäure infolge von Absorption durch die im verschlossenen Schenkel befindliche Flüssigkeit eher zu erwarten sind. Diese Gefahr

besteht beim Pferdeharn besonders, weil er meist alkalisch und reich an Kohlensäure ist und daher vorher erst durch Kochen mit Weinsäure bis zur bleibenden sauren Reaktion vorbereitet werden muß. Natürlich muß man sich durch Kontrollproben von der Abwesenheit gärender Substanzen in der verwendeten Hefe, von gärungshemmenden Stoffen im Harn, sowie von einer ausreichenden Gärkraft der Hefe überzeugen. Eine kleine Übersicht über die Brauchbarkeit des Lohnsteinschen Apparates und der Trommerschen Probe und dem völligen Versagen der polarimetrischen Methode liefert die beigefügte kleine Tabelle.

Tabelle I.

Harnprobe	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.	
Spez. Gewicht	1,027		1,049		1,043		1,050		1,032		1,038	
Zugefügte Zuckermenge	0	0,08%	0	0,5%	0	0,5%	0	0,5%	0	0,5%	0	0,5%
Zuckermenge gef. n. Lohnstein	0	0,8%	0	0,55%	0	0,6%	0	0,5%	0	—	0	0,55%
Drehung i. 20 ccm-Rohr nach Klärung mit Bleiacetat	-0,05°	+0,80°	-0,56°	-0,12°	-0,2°	+0,15°	—	—	-0,05°	+0,18°		
Drehung i. 20 ccm-Rohr nach Klärung mit Blutkohle	—	—	—	—	-0,05°	+0,25°	+0°	+0,30°	+0,10°	+0,45°	+0,05°	+0,45°
Trommersche Probe nach Klärung mit Blutkohle	ne-gativ	po-sitiv	ne-gativ	po-sitiv	ne-gativ	po-sitiv	ne-gativ	po-sitiv	ne-gativ	po-sitiv	ne-gativ	po-sitiv

Versuchsergebnisse.

In den folgenden Tabellen,¹⁾ deren nähere Erläuterung wohl unnötig ist, sind die Versuchsergebnisse zusammengestellt. Betrachten wir zunächst die beobachtete Blutzuckermenge, so finden wir, daß sie bei gleicher Fütterung bei dem-

¹⁾ Versuch 1 und 2 (vgl. Tab. II und III) sind insofern unvollständig, als hier eine genauere Untersuchung des Harns vor der Fütterung unterblieben ist; desgleichen fehlt bei Versuch 6 (Tab. VII) die Blutuntersuchung nach Beendigung der Zuckerfütterung. Sie mußte unterbleiben, weil sich Schwierigkeiten bei der Blutentnahme eingestellt hatten.

Tabelle II.

Armeepferd Nr. 4444 (Fuchs-Wallach). — Alter: ca. 10 Jahr. Gewicht: 626 kg.

Datum	Fütterungsart	Blutzucker		Harnuntersuchung					Bemerkung	
		in 25 ccm Blutplasm. mg	in ‰	Spez. Gew.	Reaktion	Gärprobe qualitativ	Gärprobe n. Lohnstein ‰	Sonstige Beschaffenheit		
27. X. 15	3 Pfd. Mais	22,5 24,1	0,093	—	—	—	—	—	—	—
2. XI. 15	3 „ Kleie	26,1 26,5	0,105	—	—	—	—	—	—	—
4. XI. 15	5 1/2 „ Hafer	24,6 24,2	0,098	1,034	schwach alkalisch	negativ	—	Ziemlich klar, braun	—	—
16. XI. 15	10. Tag	28,3	0,113	—	—	—	—	—	—	—
18. XI. 15	„	33,9 34,2	0,136	—	—	—	—	—	—	—
22. XI. 15	„	—	—	1,044	stark alkalisch	positiv	—	Klar, gelbbraun	Vormittags- Harn	—
22. XI. 15	„	—	—	1,047	alkalisch	positiv	—	„	Nachmittags- Harn	—
26. XI. 15	„	—	—	1,041	—	positiv	0,8	Gelbbraun, ziemlich klar	„	—
27. XI. 15	„	23,4 24,0	0,095	—	—	—	—	—	—	—
30. XI. 15	„	—	—	1,025	schwach alkalisch	positiv	0,75	Gelb, wässrig, nicht sehr mucinös, fast klar	Vormittags- Harn	—
2. XII. 15	„	23,9 24,1	0,096	1,036	„	positiv	0,9	Strohgelb, sehr trüb	—	—
13. XII. 15	Mais Kleie	24,9 24,6	0,98	1,027	amphoter	negativ	< 0,1	Wässrig, fast klar, braun	Nachmittags- Harn	—
15. XII. 15	Hafer	22,5 22,5	0,90	1,027	schwach alkalisch	negativ	< 0,1	Strohgelb, fast klar	„	—

Tabelle III.

Armeepferd Nr. 1901 (Fuchs-Wallach). — Alter: ca. 6 Jahr. Gewicht: 461 kg.

Datum	Fütterungsart	Blutzucker		Harnuntersuchung					Bemerkung
		in 25 ccm Blutplasm. mg	in %	Spez. Gew.	Reaktion	Gärprobe qualitativ	Gärprobe n. Lohnstein %	Sonstige Beschaffenheit	
3. XI. 15	3 Pfd. Mais	30,4 30,1	0,121	—	—	—	—	—	—
5. XI. 15	3 „ Kleie	22,5 24,5	0,103	—	—	—	—	—	—
6. XI. 15	5 $\frac{1}{2}$ „ Hafer	22,7 22,8	0,108	—	—	—	—	—	—
17. XI. 15	11. Tag	43,7 43,7	0,175	—	—	—	—	—	—
19. XI. 15	13. „	19,6 19,1	0,078 ¹⁾	—	—	—	—	—	—
24. XI. 15	18. „	41,4 41,4	0,166	—	—	—	—	—	—
27. XI. 15	21. „	31,4 31,4	0,126	—	—	—	—	—	—
30. XI. 15	24. „	—	—	1,031	schwach alkalisch	positiv	1	Strohgelb, stark trüb, mucinhaltig	Vormittags-Harn
2. XII. 15	26. „	35,8 35,1	0,142	1,045	alkalisch	positiv	0,9	Braun, fast klar	Nachmittags-Harn
13. XII. 15	9. Tag	24,1 24,1	0,096	1,042	sauer	negativ	< 0,1	Braungelb, fast klar, stark mucinhaltig	Nachmittags-Harn
15. XII. 15	11. „	25,2 25,2	0,101	1,035	schwach alkalisch	negativ	0	Strohgelb, stark mucinhaltig, sehr trüb	Vormittags-Harn

1) Hier ist die Blutprobe ausnahmsweise kurz nach der Fütterung entnommen.

Armeepferd Nr. 756 (Fuchs-Wallach). — Alter: ca. 13 Jahr. Gewicht: 545 kg.

Datum	Fütterungsart	Blutzucker		Harnuntersuchung					Bemerkung	
		in 25 ccm Plasma mg	in %	Spez. Gew.	Reaktion	Gärprobe qualitativ	Gärprobe n. Lohnstein %	Sonstige Beschaffenheit		
20. XII. 15	3 Pfd. Mais	28,3 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—
21. XII. 15	3 „ Kleie	28,3	—	1,043	alkalisch	negativ	0	Strohgelb, stark getrübt	—	—
22. XII. 15	5 1/2 „ Hafer	27,1 26,1	0,106	—	—	—	—	—	—	—
26. XII. 15	3 Pfd. Mais	28,0	0,093	—	—	—	—	—	—	—
31. XII. 15	6 „ Kleie	23,5	—	1,047	alkalisch	negativ	0,3	Strohgelb, sehr trüb	—	—
3. I. 16	„ „	32,6 30,0	0,129	—	—	—	—	—	—	—
4. I. 16	„ „	—	—	1,054	schwach alkalisch	positiv	0,5	Sehr mucinhaltig, braungelb, fast klar	Vormittags-Harn	—
7. I. 16	„ „	30,8 29,3	0,120	1,054	alkalisch	negativ	0	Gelbbraun, trüb, stark mucinhaltig	Nachmittags-Harn	—
11. I. 16	„ „	32,1 32,1	0,128	1,044	schwach alkalisch	schwach positiv	0,25	Strohgelb, trüb mucinhaltig	Vormittags-Harn	—
14. I. 16	„ „	—	—	1,046	„	negativ	0,4	Strohgelb, trüb	?	—
18. I. 16	„ „	—	—	1,049	„	negativ	< 0,2	Braungelb, etwas trüb	Nachm.-Harn	—
22. I. 16	„ „	—	—	1,049	alkalisch	negativ	< 0,1	Strohgelb, stark trüb	Vorm.-Harn	—
25. I. 16	„ „	29,6 29,2	0,117	—	—	—	—	—	—	—
1. II. 16	5 1/2 „ Kleie	30,2 29,9	0,120	1,049	sauer	negativ	0	Braun, klar	Nachmittags-Harn	—
7. II. 16	5 1/2 „ Kleie	27,4 27,4	0,110	1,048	sauer	negativ	0	Strohgelb, trüb	Vormittags-Harn	—

¹⁾ Dieser Wert ist wahrscheinlich infolge einer in dem Kaolin enthaltenen Verunreinigung zu hoch.

Datum	Fütterungsart	Blutzucker		Harnuntersuchung				Bemerkung			
		in 25 ccm Plasma mg	in %	Spez. Gew.	Reaktion	Gärprobe qualitativ	Gärprobe n. Lohnstein %		Sonstige Beschaffenheit		
20. XII. 15	3 Pfd. Mais	26,5	} 0,102 ¹⁾	—	—	—	—	—	—	—	—
21. XII. 15	3 „ Kleie	25,2		—	1,047	alkalisch	—	0	Braungelb, stark getrübt	—	—
22. XII. 15	5 ¹ / ₂ „ Hafer	24,7	} 0,099	—	—	—	—	—	—	—	—
26. XII. 15	3. Tag	23,5 24,1		0,095	—	—	—	—	—	—	—
30. XII. 15	„ „	—	—	1,042	amphoter	weniger als 1 ccm Gas	0,3	Strohgelb, stark getrübt, mucinhaltig	Nachmittags-Harn	—	
3. I. 16	„ „	32,6	} 0,128	—	—	—	—	—	—	—	—
4. I. 16	„ „	31,6		0,128	—	—	—	—	—	—	—
7. I. 16	„ „	—	—	1,048	alkalisch	positiv	0,3	Braungelb, fast klar, mucinhaltig	Vormittags-Harn	—	
11. I. 16	„ „	29,6 28,5	} 0,116	1,039	„	negativ	< 0,1	Gelbbraun, stark trüb, wenig mucinhaltig	Nachmittags-Harn	—	
14. I. 16	„ „	29,5 30,9		0,121	1,050	„	positiv	0,3	Braun, fast klar	Vormittags-Harn	—
18. I. 16	„ „	—	—	1,038	schwach alkalisch	negativ	0,2	Strohgelb, getrübt	?	—	
22. I. 16	„ „	—	—	1,046	„	„	< 0,1	Gelbbraun, trüb	Nachmittags-Harn	—	
25. I. 16	„ „	—	—	1,048	alkalisch	„	< 0,1	Braun, klar	Vorm.-Harn	—	
		26,5 ⁽¹⁾ 24,8	} 0,115	—	—	—	—	—	—	—	—
1. II. 16	7. Tag	25,8		0,104	1,043	sauer	negativ	0	Braun, fast klar	Nachm.-Harn	—
5. II. 16	„ „	26,0	—	1,044	sauer	negativ	0	Braun, klar	Vorm.-Harn	—	
7. II. 16	„ „	24,5 24,6	} 0,098	1,041	sauer	—	—	Braun, fast klar	Nachm.-Harn	—	

¹⁾ Dieser Wert ist wahrscheinlich infolge einer in dem Kaolin enthaltenen reduzierenden Verunreinigung etwas zu hoch.

Tabelle VI.

Armeepferd Nr. 8424 (Schwarzbrauner Wallach). — Alter: ca. 11 Jahr. Gewicht: 397 kg.

Datum	Fütterungsart	Butzucker		Harnuntersuchung					Bemerkung	
		in 25 cc Plasma mg	in %	Spez. Gew.	Reaktion	Gärprobe qualitativ	Gärprobe n. Lohnstein %	Polarisation		Sonstige Beschaffenheit
11. II. 16	3 Pfd. Mais	22,3	0,089	1,032	sauer	negativ	< 0,1	+0,10°	Braun, klar	Nachm.-Harn
	3 „ Kleie	22,3								
14. II. 16	5 1/2 „ Hafer	22,3 24,3	0,093	—	—	—	—	—	—	—
15. II. 16	1. Tag	—	—	1,040	sauer	negativ	< 0,1	+0,08°	Braun, klar	Vorm.-Harn
22. II. 16	8 „	—	—	1,036	schwach alkalisch	„	< 0,1	± 0°	Gelbbraun, trüb	„
23. II. 16	9 „	24,6	0,099	—	—	—	—	—	—	—
24. II. 16	10 „	—	—	—	alkalisch	negativ	< 0,1	-0,1°	Gelbbraun, fast klar	Vorm.-Harn
28. II. 16	14 „	27,1 26,5	0,107	1,042	„	„	„	-0,11°	„	„
2. III. 16	17 „	31,4 30,2	0,123	—	—	—	—	—	—	—
6. III. 16	21 „	28,3 27,7	0,112	1,052	alkalisch	negativ	< 0,1	-0,25°	Braun, fast klar	Nachm.-Harn
13. III. 16	28 „	26,5 26,6	0,106	1,047	„	„	< 0,2	-0,1°	„	Vorm.-Harn
20. III. 16	7. Tag	—	—	1,040	sauer	negativ	< 0,1	-0,1°	Gelbbraun, trüb	Vorm.-Harn
21. III. 16	8 „	23,0 23,5	0,093	—	—	—	—	—	—	—

Tabelle VII.

Armeepferd Nr. 5187 (Brauner Wallach). — Alter: ca. 12 Jahr. Gewicht: 592 kg.

Datum	Fütterungsart	Blutzucker		Harnuntersuchung							Bemerkung
		in 25 ccm Plasma mg	in %	Spez. Gew.	Reaktion	Gärprobe qualitativ	Gärprobe n. Lohnstein %	Polarisation	Sonstige Beschaffenheit		
11. II. 16	3 Pfd. Mais ¹⁾ 3 „ Kleie 5 1/2 „ Hafer	23,3 25,2 25,2	0,104 0,108	1,039	sauer	negativ	0	-0,18°	Braun, klar	Vorm.-Harn	
14. II. 16											
15. II. 16				1,038	sauer	negativ	< 0,1	+0,05°	Braun, klar	Nachm.-Harn	
22. II. 16				1,041	alkalisch	,	< 0,1	± 0°	Strohgelb, stark trüb	,	
23. II. 16											
24. II. 16				1,041	alkalisch	negativ	< 0,1	± 0,0°	Strohgelb, stark trüb	Vorm.-Harn	
28. II. 16				1,043	,	,	< 0,1	-0,05°	,	,	
6. III. 16				1,047	,	,	< 0,1	-0,20°	Strohgelb, trüb	,	
13. III. 16				1,042	,	,	< 0,1	-0,03°	,	Nachm.-Harn	
20. III. 16	Mais bezw. Gerste, Kleie u. Hafer wie vorher			1,039	sauer	negativ	0		schw. getrübt	Nachm.-Harn	
25. III. 16				1,040	,	,	0		,	Vorm.-Harn	

¹⁾ Stall Mais zeitweise Gerste.

selben Versuchstier an verschiedenen Tagen und ebenso von Versuchstier zu Versuchstier merklichen Schwankungen unterworfen ist, die zum Teil außerhalb der Versuchsfehlergrenze liegen. Im Mittel beträgt die gefundene Zuckermenge in 100 ccm Plasma rund 100 mg. Durch die Zuckerfütterung tritt bei einigen der Versuchstiere eine merkliche Steigerung im Blutzuckergehalt ein, welche diese Schwankungen nicht unerheblich überschreitet. Man wird also in diesen Fällen von einer leichten alimentären Hyperglykämie zu sprechen haben. Es scheint ferner, als wenn in den Fällen, in denen eine Zunahme des Zuckergehaltes überhaupt eintritt, diese Zunahme einerseits erst allmählich erfolgt, anderseits nach einiger Zeit wieder abklingt. In 3 von 6 untersuchten Fällen kann von einer Erhöhung des Blutzuckerspiegels überhaupt nicht gesprochen werden.

Entsprechend dieser leichten Hyperglykämie wurde auch Zucker im Harn gefunden und zwar in Mengen bis 1‰; doch wird dieser Höchstbetrag nur bei 2 von 6 Versuchstieren erreicht. Zwei Pferde zeigen nur eine geringe Glykosurie, bei 2 Versuchstieren konnte überhaupt kein Zucker im Harn, während der Dauer der Zuckerfütterung festgestellt werden. Es ist bemerkenswert, daß das Fehlen jeglicher Wirkung der Zuckerfütterung bei denjenigen Tieren festgestellt wurde, die mit dem zuckerarmen Häckselzucker gefüttert worden waren. Es ist möglich, daß die auf diese Weise hervorgerufene Verdünnung des Zuckers das Ausbleiben einer Wirkung bedingte.

Zusammenfassend läßt sich also sagen; daß bei Zuckerfütterung in dem hier angewandten Umfange eine merkliche, aber nicht erhebliche und anscheinend vorübergehende Erhöhung des Blutzuckerspiegels eintreten kann, welche auch von einem Übertritt geringer Zuckermengen in den Harn begleitet ist. Diese Erscheinung tritt aber offenbar nur bei hierzu besonders disponierten Tieren auf und auch dann nur in den Fällen, in denen der Zucker mit relativ geringen Mengen Häcksel vermischt ist.

Schießlich sei noch auf eine Beobachtung hingewiesen, welche bei der Harnuntersuchung von Pferden gemacht wurde

und vielleicht ebenfalls für die Bewertung der Häcksel-Zuckerfütterung bei Pferden von Interesse sein kann. Aus den mitgeteilten Tabellen geht nämlich hervor, daß durch die bloße Fütterungsart eine Änderung der Reaktion des Harnes herbeizuführen ist, derart, daß erstens der bei der üblichen Fütterung normalerweise alkalisch reagierende Pferdeharn bei Mais-, Kleie-, Haferfütterung sauer werden kann, daß ferner dieser bei gemischter, aber zuckerfreier Fütterung saure Harn während der Zuckerfütterungsperiode alkalische Reaktion annimmt, um nach Aufhören der Zuckerfütterung wieder sauer zu werden, daß aber endlich auch ein vor der Zuckerfütterung alkalischer Harn nach Beendigung der Zuckerfütterung sauer wird. Der Befund, daß Pferde bei Mais-, Kleie-, Haferfütterung sauren Harn liefern können, ist nur eine Ergänzung zu der Beobachtung von Scheunert und Hovileinen,¹⁾ die gezeigt haben, daß bei reiner Maisfütterung Pferde sauren Harn bekommen, während z. B. der Übergang zur Fütterung mit Kartoffelflocken einen solchen Reaktionswechsel des Harns nicht bedingt. Bei der hier angewendeten Kost scheint, wie durch eine weitere größere Zahl von Prüfungen des Harns verschiedener Pferde bestätigt wurde, die saure Reaktion nur bei einer Anzahl zu diesem Reaktionswechsel besonders disponierter Tiere einzutreten. Daß die saure Reaktion wirklich durch die Mais-Kleie-Fütterung verursacht war, konnte in mehreren Fällen dadurch erhärtet werden, daß Rückkehr zu Haferfütterung wieder normalen alkalischen Harn hervorbringt.

Es läßt sich nicht ohne weiteres sagen, ob das Auftreten der sauren Reaktion des Harnes bei Maisfütterung bzw. bei der gemischten Fütterung auf eine übermäßige Produktion von Säure im Organismus, z. B. infolge von Kohlenhydratgärung zurückzuführen ist, oder auf einen Mangel an Basen in den Futtermitteln, die den sauren Harn hervorrufen. Es sollen aber einige Tatsachen angeführt werden, welche für letztere Annahme sprechen und die, bei der Bedeutung, welche heute allgemein

¹⁾ Vgl. A. Hovileinen, Diss., Tierärztl. Hochschule Dresden 1913 ref. Jahresber. f. Veterinärmed., Bd. 33, S. 263 (1913).

dem Mineralstoffwechsel auch bei der Ernährung der Haustiere beigemessen wird,¹⁾ nicht ohne Interesse sein dürften.

Betrachtet man nämlich unter Zugrundelegung der in der Literatur vorhandenen Ascheanalysen²⁾ der in Frage kommenden Futtermittel³⁾ das Verhältnis von Säure- und Basenäquivalenten⁴⁾ in der Reinasche, wie es in der beigefügten Tabelle VIII zu-

Tabelle VIII.

Futtermittel:	Reinasche	Säure-äquivalente	Basen-äquivalente	Verhältnis
Hafer	3,12	0,79	0,92	ca. 8 : 9
Mais	1,45	1,47	1,51	» 1 : 1
Weizenkleie	5,5	2,18	1,54	» 4 : 3
Stroh	4,5	0,25	0,64	» 2 : 5
Kartoffel	3,79	0,79	1,98	» 2 : 5

sammengestellt ist, so ergibt sich, daß zunächst von den drei Futtermitteln Mais, Kleie, Hafer nur beim Hafer das Verhältnis von Säure- zu Basenäquivalenten zugunsten der Basen verschoben ist. Es könnte also möglicherweise wirklich ein Mangel an Basen in Mais und Kleie die Ursache der sauren Reaktion des Harns bei reiner Mais- bzw. partieller Mais-Kleie-Fütterung sein. Andererseits ist dagegen die Annahme einer übermäßigen

¹⁾ Vgl. G. Fingerling, Bioch. Zeitschr., Bd. 37, S. 266 (1911), ferner Sächs. Landwirtsch. Zeitschr., Bd. 63, S. 544 (1915). H. Kraemer, Mitteilungen der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, Bd. 5, S. 71 (1916).

²⁾ Vgl. J. König, Chemie der menschl. Nahrungs- und Genussmittel, 10. Aufl., 1904, S. 772, 773 u. 830.

³⁾ Eine Berücksichtigung der Mineralstoffe im Heu unterblieb, da die verfütterte Heumenge bei allen hier in Betracht kommenden Versuchen dieselbe blieb.

⁴⁾ Bei der Berechnung der Säureäquivalente wurde die offenbar so gut wie nicht resorbierbare Kieselsäure nicht berücksichtigt und die Phosphorsäure als zweibasisch in Rechnung gesetzt, weil ja die löslichen sekundären Phosphate bereits alkalisch reagieren. Würde man die Phosphorsäure als dreibasisch in Rechnung bringen, so würde sich zwar auch in der Haferasche ein Überschuß von Säure ergeben, vergleichsweise würde aber der Hafer noch reicher an Basenäquivalenten als Mais und Kleie, weil letztere relativ mehr Phosphorsäure enthalten.

Produktion von Säure im Organismus infolge relativ hohen Kohlenhydratgehaltes beim Mais als Ursache der sauren Reaktion des Harns nicht sehr wahrscheinlich, wenn man die Wirkung der Kartoffelfütterung einerseits und der Häckselzuckerfütterung andererseits in Betracht zieht. Da nämlich Mais und Kartoffeln annähernd gleichen Kohlenhydratgehalt besitzen, so müßte die Säurebildung in beiden Fällen annähernd die gleiche sein. Die verschiedene Wirkung der beiden Fütterungsarten auf die Harnreaktion muß also eine andere Ursache haben. Ein Blick auf die obige Tabelle zeigt, daß das Verhältnis von Säure- zu Basenäquivalenten in der Kartoffelasche für die Bildung eines Harns mit alkalischer Reaktion sogar günstiger ist als beim Hafer. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Häckselzuckerfütterung. Aus den wenigen Analysen von Strohaschen, welche mir zugänglich waren,¹⁾ entnehme ich, daß das Verhältnis von Säure- zu Basenäquivalenten, wie aus obiger Tabelle ersichtlich, auch hier wieder sehr zugunsten der letzteren verschoben ist. Es wird also — wenn überhaupt, die Säurebildung aus den Kohlenhydraten für die Harnreaktion von Bedeutung sein kann²⁾ — jedenfalls durch die gleichzeitig gegebene große Menge an basenreichem und säurearmem Häcksel diese mehr als ausgeglichen. Allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, daß Häcksel zweifellos weniger vollständig verdaut wird als die übrigen hier in Betracht kommenden Futtermittel, und daß infolgedessen auch die Resorption der im Häcksel enthaltenen

¹⁾ Vgl. A. Völker, Zusammensetzung und Nahrungswert des Strohs, Breslau 1863.

²⁾ Daß bei Fütterung besonders kohlenhydratreicher Futtermittel (z. B. Kartoffeln, Mais) infolge vermehrter Gärung im Darmkanal des Pferdes saure Reaktion eintritt, ist von Scheunert und Grimmer, Diese Zeitschr., Bd. 47, S. 88 (1906), und vorher von Ellenberger und Hofmeister (Arch. f. Tierheilkunde, Bd. 5 u. Bd. 7—12) festgestellt. Daß diese Gärungsvorgänge jedoch keinen sauren Harn hervorrufen, geht aus Versuchen von Siedamgrotzki u. Hofmeister (Archiv f. Tierheilkunde, Bd. 5, S. 243 [1879]) und aus unveröffentlichten Versuchen von Scheunert und Grimmer hervor, welche durch Fütterung von Milchsäure oder milchsäureliefernden Kokken keine saure Reaktion erzielen konnten, obgleich die Kokkenfütterung scheinbar wenigstens einen Einfluß auf die Darmfäulnis bewirkte, indem sie den Phenolgehalt des Harnes stark herabsetzte.

Mineralstoffe eine unvollkommenere ist.¹⁾ Daß jedoch bei Häcksel-Zuckerfütterung erheblichere Mengen von Kalk in den Harn übergehen als bei gemischter Fütterung, geht daraus hervor, daß beim Kochen dieser Harne mit Weinsäure immer sehr starke Niederschläge von weinsaurem Kalk erhalten wurden.

Es bliebe, wenn man die eben dargelegte Erklärung für den Reaktionswechsel des Harns annimmt, nur noch zu deuten, weshalb nach Beendigung der Häcksel-Zuckerfütterung der Harn auch dann saure Reaktion erhält, wenn das Versuchstier vorher bei der gemischten Fütterung noch alkalischen Harn lieferte. Ist es nicht möglich, als Erklärung dafür eine Nachwirkung der vorangegangenen basenreichen Nahrung (Häckselzucker) anzunehmen, welche bewirkt, daß auch bei der basenarmen Nahrung (Mais und Kleie) noch Resorptionsverhältnisse fortbestehen, welche eigentlich den früheren Fütterungsbedingungen angepaßt sind? Es ist jedenfalls in mehreren Fällen festgestellt worden, daß durch Verabreichung von geringen Mengen kohlen-sauren Kalkes in Form von Schlemmkreide zu der gemischten Fütterung die saure Reaktion des Harns alsbald zum Verschwinden gebracht werden konnte, und daß die alkalische Reaktion nun auch mehrere Wochen lang nach Einstellung der Kalkfütterung anhielt.

Als Versuchstiere dienten bei der im vorstehenden mitgeteilten Untersuchung Armeepferde, welche sich nach überstandenen Operationseingriffen als Rekonvaleszenten in der hiesigen Klinik befanden und im übrigen als völlig gesund angesehen werden konnten. Während der Versuchsdauer genossen die Tiere Stallruhe.

Herrn Geheimen Medizinalrat Prof. Dr. Röder, dem Direktor der Klinik, der die Pferde gütigst zur Verfügung gestellt hat, sowie Herrn Oberveterinär und klinischen Assistenten Illing, welcher die Blutentnahme besorgte und die Fütterung der Pferde überwachte, sei an dieser Stelle verbindlichster Dank abgestattet.

¹⁾ Nach G. Fingerling, l. c., wird in Rauhfutter ca. 50% der darin enthaltenen Phosphorsäure und des vorhandenen Kalks verwertet, in Körnerfrüchten usw. dagegen 90% und mehr.