

Einfluß einer marginalen Fettversorgung auf Fettverdaulichkeit, Lipidgehalt und -zusammensetzung von Chymus, Gewebe und Blut

H.-P. Sallmann, Ellen Kienzle, H. Fuhrmann,
Dorothea Grunwald, Irmgard Eilmans und H. Meyer

Institut für Physiologische Chemie
und Institut für Tierernährung
der Tierärztlichen Hochschule Hannover

Schlüsselwörter: Pony, Linolsäure, Fettverdauung, Blut- und Gewebelipide

Einleitung

Für einige juvenile Haustierspezies und für den Menschen wird der Linolsäure eine wichtige Rolle zur Erhaltung der Gesundheit, insbesondere der Haut und deren Anhangsorgane, zugewiesen. Untersuchungen über einen Bedarf an Linolsäure bei adulten Tieren liegen nicht vor. Länger andauernde parenterale und somit linolsäurefreie Ernährung hat aber beim erwachsenen Menschen Mangelerscheinungen in Form von schuppigen Hautausschlägen zur Folge (Collins et al., 1971). Ob dieser Fettsäure im Stoffwechsel des Ponies essentielle Funktionen zukommen, wurde bislang nicht überprüft. Dagegen berichten mehrere Autoren über Auswirkungen verschiedener Futterfette auf Leistung und Ausdauer der Pferde und Ponies (Moser et al., 1991). Ferner weisen Erfahrungen aus Pferdefachkreisen schon lange darauf hin, daß Pflanzenölsulagen im Futter ein glänzendes Haarkleid bewirken sollen.

Im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchungen stand die Frage, welche Folgen eine linolsäurearme im Vergleich zu einer -reichen Diät auf Lipidparameter in Plasma und Organen sowie auf die Fettverdauung beim adulten Pony hat.

Material und Methoden

Als Versuchstiere dienten 9 Ponywallache im Alter von 3–6 Jahren mit einem Körpergewicht von $117,0 \pm 17,6$ kg, die im Erhaltungsbedarf um 7.30 Uhr, 13.30 Uhr und 19.30 Uhr mit einer Ration aus Weizenstroh, Zuckerrübenschnitzel, Weizenkleber und Futterzucker gefüttert wurden (Tab. 1).

In den ersten drei Monaten des Versuches erhielten die Tiere der marginalen Fettgruppe (mf; n = 5) Ration I mit einem Linolsäuregehalt von 1,42 g/kg uS (ursprüngliche

Zusammenfassung

Eine linolsäurearme Diät über 7 Monate hatte beim adulten Pony eine Abnahme der Linolsäure in Lebergewebe und, mit Ausnahme der Phospholipide, in allen Plasmalipiden zur Folge. Die Daten über die Bluttriglyceride der Ponies weisen auf eine besondere Kinetik der Lipide im Organismus dieser Tiere hin. Weder durch die Mangeldiät noch mit der Fütterung von 7 % Sojaöl in der Ration konnte ein Effekt auf das Erscheinungsbild von Haut, Haarkleid und Hufen beobachtet werden. Die scheinbare Verdaulichkeit des verfütterten Fettes lag bei 80 %. Daneben zeigten die Analysen des Chymus in den verschiedenen Abschnitten des Gastrointestinaltraktes (Magen bis Colon) eine Abnahme der Gesamtfettsäuremenge bis zum Ileum auf 30 %, während distal davon im Caecum die Gesamtfettsäuremenge wieder bis auf 60 % des Ausgangswertes anstieg. Insgesamt weisen die Resultate auf eine erhebliche endogene Hydrogenierung und Fettabgabe hin.

Influence of marginal fat supply on fat digestibility, lipid content, and composition in chyme, tissues, and blood

Feeding of a linoleic acid-poor diet to adult ponies for 7 months decreased linoleic acid in liver tissue and in all plasma lipids except phospholipids. Blood triglycerides displayed a specific kinetic of lipids not yet fully understood. Neither the deficient diet nor a 7 % soybean oil-containing ration influenced skin, haircoat and hoofs. The apparent digestibility of the dietary fat was about 80 %. Analyses of the intestinal chyme from stomach to colon revealed a decrease of total fatty acids to 30 % towards the ileum. Beyond this an increase up to 60 % of the values in stomach occurred. Amount and pattern of fatty acids point to a considerable intestinal hydrogenation and secretion.

Substanz). Da innerhalb dieses Zeitraumes keine klinischen Veränderungen an Haut und Haarkleid auftraten, wurde in Ration II eine weitere Abnahme des Linolsäuregehaltes durch Austausch des Weizenklebers gegen Sojaprotein auf 0,22 g/kg uS erreicht. Die Kontrolltiere (f; n = 4) bekamen Sojaölrationen, die 34,4 g Linolsäure/kg uS enthielten.

Für die Lipidbestimmungen im Plasma wurden im zweiwöchigen Abstand Blutproben genommen. Bei den Verdauungsversuchen wurden die Ponies (n = 2) in Bilanzstände aufgestellt. In der 7tägigen Bilanzperiode wurden Kot und Harn vollständig gesammelt.

Unmittelbar nach Schlachtung der Tiere (30. – 38. Woche; 5 Stunden nach der letzten Fütterung) wurden Proben aus dem Lebergewebe sowie aus Fettgeweben verschiedener Lokalisation zwecks Fettsäurebestimmungen gewonnen. Außerdem wurde der Inhalt des gesamten Magen-Darm-Trakts getrennt nach Lokalisation gewonnen.

Die in den jeweiligen Blut-, Organ- und Chymusproben untersuchten Parameter und die entsprechenden Bestimmungsmethoden zeigt Tabelle 2 als Übersicht.

Für die statistische Auswertung wurde, um den Einfluß der Fütterung, der Zeit und deren Wechselwirkungen zu untersuchen, eine 2-faktorielle Varianzanalyse mit SAS durchgeführt. Für den Plasmaparameter Triglyceride (TGL) wurden drei Zeitpunkte (t) gebildet, in welchen sich die Daten poolen ließen:

t1 vor Versuchsbeginn (1. Probenahme)

t2 Fütterung von Ration I (4. – 8. Probenahme)

Tab. 1: Zusammensetzung der Ration (g/kg uS) und durchschnittliche Futtermittelaufnahme (g/100 kg KGW/d)

* Ration I (1.-3. Monat) Weizenkleber

Ration II (4.-7. Monat) Sojaprotein

f = Fettgruppe, m = marginale Fettgruppe

Einzelkomponenten (uS)	Zusammensetzung g/kg		Aufnahme g/100 kg KGW/d	
	f	m	f	m
Trockenschnitzel	311,9	480,8	454,6	805,5
Weizenstroh	311,9	240,4	454,6	414,1
Futterzucker	218,3	200,3	318,2	331,6
Weizenkleber/ Sojaprotein*	74,9	65,7	109,1	108,9
Rovimix	0,4	0,4	0,6	0,6
Spurenelemente	0,9	0,8	1,3	1,3
Dinatriumphosphat	13,1	11,4	19,1	19,0
Vitamin E	0,1	0,2	0,2	0,2
Biotin (mg)	0,4	0,4	0,6	0,6
Sojaöl	68,6	-	100,0	-

t3 Fütterung von Ration II (11. - 17. Probenahme)

Zum Vergleich der Mittelwerte über alle Zeitpunkte (mittlere Kurvenhöhe), innerhalb einzelner Zeitpunkte, sowie zum Vergleich der Wechselwirkungen Futter/Zeit (Kurvenverlauf) wurde der Student-t-Test durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Positive Wirkungen essentieller Fettsäuren auf Krankheitsbilder der Haut lassen auf eine Empfindlichkeit adulter Pferde gegenüber marginaler Versorgung mit diesen Lipidsubstanzen schließen. Aufgrund der großen Speicher essentieller Fettsäuren in den Geweben der Tiere sind in jedem Fall Langzeitversuche bis zur möglichen Manifestation erforderlich.

Die vorliegende Studie hat gezeigt, daß beim adulten Pony ein Linolsäuremangel über 7 Monate keine klinisch relevanten Veränderungen an Haut und Haarkleid hervorruft. Die histologischen Resultate dazu stehen noch aus.

Herausragendes Ergebnis ist, daß die Triglyceridnüchternwerte der mit Fettzulagen gefütterten Tiere signifikant niedriger lagen als diejenigen der fettarm ernährten Ponies (s. Abb. 1), während die anderen Lipidfraktionen im Plasma unbeeinflusst blieben.

Bowman et al. (1977) stellten nach nur siebentägiger Fütterung von Maisöl (5 %, 10 % und 20 % Maisölanteil der Basaldiät) an Ponies keine Veränderungen der Triglyceridspiegel fest. Es ist anzunehmen, daß sich der hier beschriebene Effekt erst nach einer längeren Adaptationsphase ein-

Tab. 2: Bestimmungsmethoden

Parameter	Organ	Bestimmungsmethode
Cholesterin (CE)	Plasma	Cholesterinoxidase-Peroxi-dase (Richmond, 1973)
Triglyceride (TGL)	Plasma	Lipase-Glycerinoxidase-Peroxi-dase-Reaktion (mod. n. Wahlefeld, 1974)
Fettsäuren der Fraktionen: TG, CE Phospholipide (PL)	Plasma Leber	Auftrennung der Fraktionen mittels Festphasenextraktion nach Kaluzny et al. (1985); Veresterung und gaschromatographische Messungen der Fettsäuren n. Lepage und Roy (1986)
Gesamtfettsäuren	Futter Chymus, Kot	Folch-Extraktion nach Säureaufschluß (Eilmans, 1991)
Scheinbare Verdaulichkeit		Bilanz mit Sammelmethode

stellt. Dies ist auch aus den Ergebnissen von Duren et al. (1987) abzuleiten. Die Autoren konnten nach 10- bzw. 20tägiger Maisölfütterung bei Vollblutpferden signifikant niedrigere Plasmatriglyceridkonzentrationen feststellen. Meyers et al. (1987) beobachteten nach 21tägiger Verfütterung von 10 % tierischem Fett im Kraftfutter bei Quarterhorse-Pferden, die Laufbandarbeit verrichteten, sogar ein signifikantes Absinken der Gesamtlipide. Dementgegen stehen die Resultate von Kurcz et al. (1991). Sie fanden in der 5. Woche nach Gabe einer Ration mit 6 % Maisöl bei Quarterhorse- und Vollblutpferden in der VLDL-Fraktion höhere Triglyceridgehalte als bei fettarm versorgten Pferden, während die HDL-Fraktionen zumindest zur gleichen Zeit gerade umgekehrte Verhältnisse aufwiesen. Da die Konzentrationen der Triglyceride in den VLDL fünffach über denen der HDL lagen, ist dies Ergebnis nur schwer einzuordnen. Es wäre zu überprüfen, ob fehlende körperliche Arbeit beim Großpferd, dessen Energiebedarf überwiegend mit Fett gedeckt wurde, zu Hyperlipidämien führen konnte, während bei belasteten Tieren die Triglyceridspiegel drastisch absanken. Darüber hinaus könnten beim Pony rassespezifische Eigenschaften des Lipidstoffwechsels Bedeutung haben. Bei marginaler Linolsäureaufnahme sinkt beim Menschen der Linolsäuregehalt in allen Plasmalipiden, wobei insbesondere die Cholesterinester die Linolsäureversorgung widerspiegeln (Zöllner und Wolfram, 1968). Dieses entspricht den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit mit Abnahmen der Linolsäurekonzentrationen in den Cholesterinestern auf 65 % (s. Abb. 2), bezogen auf den Ausgangswert. Im Rahmen der Interpretation dieser

Tab. 3: Scheinbare Verdaulichkeit des Rohfetts und der Fettsäuren

	Aufnahme		Ausscheidung		Verdaulichkeit	
	Rohfett	Fettsäuren	Rohfett	Fettsäuren	Rohfett	Fettsäuren
	(g/100 kg LM/Tag)		(g/100 kg LM/Tag)		(Prozent)	
marginal fett	13,7 ± 1,4	0,7	18,1 ± 2,6	5,3	-33,8 ± 24,2	-657
	110,0 ± 5,9	99,6	22,3 ± 4,3	11,7	79,8 ± 3,3	88,3

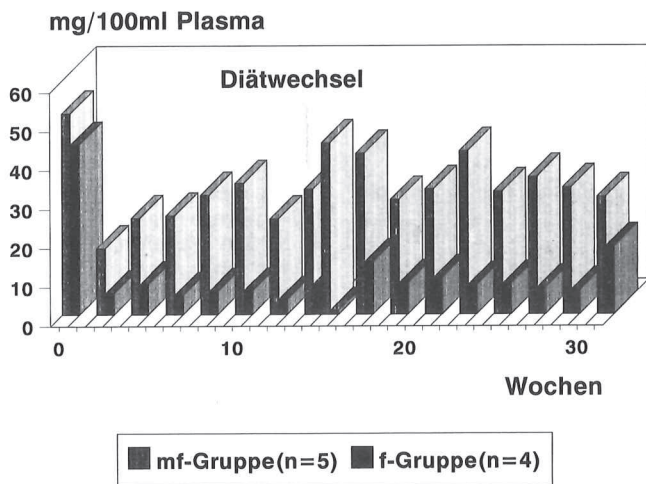


Abb. 1: Fettsäuren der Plasmalipide 10 Wochen nach Wechsel der Diät (* p < 0,05).

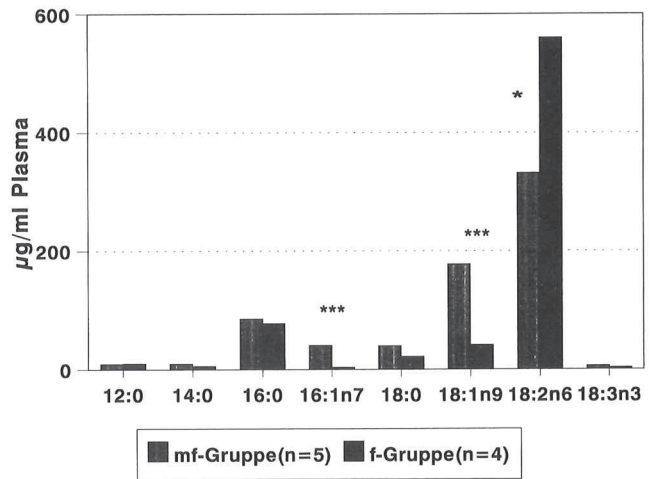


Abb. 2: Fettsäuren der Plasma-Cholesterinester 10 Wochen nach Wechsel der Diät (* p < 0,05; *** p < 0,001).

Daten kann bezüglich der Plasmalipide der marginal mit Fett versorgten Gruppe sowohl von einer Linolsäureverarmung als auch von einer forcierten Öl- und Palmitoleinsäure-Synthese ausgegangen werden (Jeffcoat und James 1984), um so die Membranfluidität des Organismus aufrechtzuerhalten (Sinclair, 1990).

Der Gehalt an Palmitin-, Palmitolein-, Stearin- und Ölsäure in den Leber-Phospholipiden lag bei den Tieren mit marginaler Linolsäureversorgung signifikant höher als in der anderen Gruppe, die Sojaöl erhielt (Abb. 3). Der Palmitoleinsäuregehalt in der fettarm gefütterten Gruppe entsprach Durchschnittswerten von Pferden, die praxisüblich gefüttert wurden (Payne, 1971), die Werte nach Sojaözluzage lagen dagegen unter diesen Vergleichsdaten.

Die scheinbare Verdaulichkeit des Futterfetts ist stark abhängig von der Fettaufnahme (Tab. 3). Infolge der hohen endogenen Verluste geht die scheinbare Fettverdaulichkeit bei konstanter wahrer Verdaulichkeit mit abnehmender Fettaufnahme zurück. Die scheinbare Verdaulichkeit erreichte in der Gruppe mit Sojaözluzage für Rohfett

79,8 %, für die Futterfettsäuren sogar 88,3 %, während bei der Fettsäurenmangelration für beide Parameter negative Werte ermittelt wurden. Dieser Effekt dürfte nicht nur mit der geringen Fettaufnahme in Gruppe mf zusammenhängen, sondern auch mit der Qualität der ätherlöslichen Substanzen in dieser Ration. Das Rohfett stammte überwiegend aus Stroh, so daß es sich im wesentlichen um schwerverdauliche Wachse handeln dürfte.

Als Ursachen der erheblichen Abnahme der Linolsäure im Dickdarm (Abb. 4) kommen Abbau, Absorption und Hydrogenierung in Frage. Der Anstieg der gesättigten Fettsäuren vor allem im Caecum deutet auf eine Hydrogenierung im Dickdarm des Pferdes hin.

Literatur

- Bowman, V. A., Fontenot, J. P., Webb, K. E., und Meacham, J. T. N. (1977): Digestion of fat by equine. 5th Equine Nutrition a. Physiology Society Symp. 1977, 40.
 Collins, F. D., Sinclair, A. J., Royle, J. P., Coats, D. A., Maynard, A. T., und

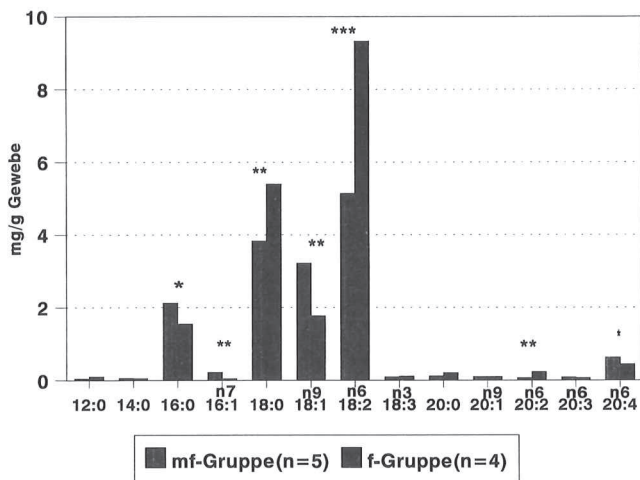


Abb. 3: Fettsäuren der Leber-Phospholipide 10 Wochen nach Wechsel der Diät (* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001).

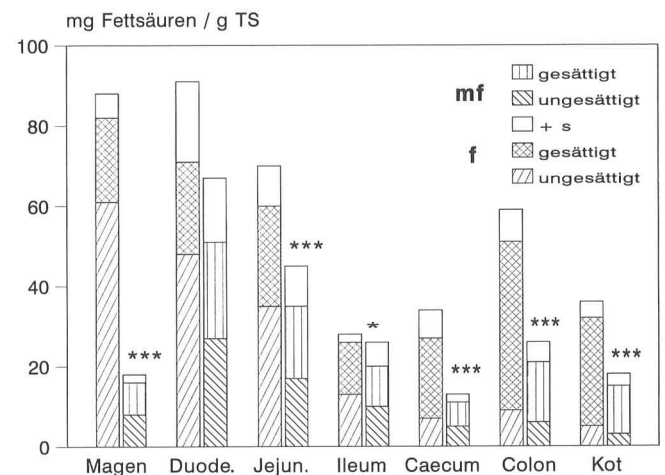


Abb. 4: Gesättigte und ungesättigte Fettsäuren in Chymus und Kot bei der Schlachtung (* p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001).

- Leonard, R. F. (1971): Plasma lipids in human linoleic acid deficiency. *Nutr. Metabol.* 13, 150–167.
- Duren, D. E., Jackson, S. G., Baker, J. P., und Aaron, D. K. (1987): Effect of dietary fat on blood parameters in exercised thoroughbred horses. *Equine Exercise Physiology* 2, 674–685.
- Eilmans, E. (1991): Fettverdauung beim Pferd sowie die Folgen einer marginalen Fettversorgung. Hannover, Tierärztliche Hochschule, Diss.
- Hansen, A. E., Wiese, H. F., Haggard, M. E., Boelsche, A. N., und Adam, D. J. D. (1958): Essential fatty acids in infant nutrition III. Clinical manifestation of linoleic deficiency. *J. Nutr.* 66, 656–665.
- Jeffcoat, R., und James, A. T. (1984): The regulation of desaturation and elongation of fatty acids in mammals. In: Numa, S. (Hrsg.): *Fatty acid metabolism and its regulation*. 4. Auflage, Elsevier Science Publishers, S. 85–112.
- Kaluzny, M. A., Duncan, L. A., Merrit, M. V., und Epps, D. E. (1985): Rapid separation of lipid classes in high yield and purity using bonded phase columns. *J. Lip. Research* 26, 135–140.
- Kurcz, E. V., Schurg W. A., Marchello, J. A., und Cuneo, S. P. (1991): Dietary fat supplementary changes lipoprotein composition in horses. 12th Equine Physiology and Nutrition Society Symp. 1991, 253–254.
- Lepage, G., und Roy, C. C. (1986): Direct transesterification of all classes of lipids in a one step reaction. *J. Lip. Research* 27, 114–119.
- Meyers, M. C., Potter, G. D., Greene, L. W., Crouse, S. T., und Evans, J. W. (1987): Physiological and metabolic response of exercising horses to added fat. 10th Equine Physiology a. Nutrition Society Symp., 107–113.
- Moser, L. R., Lawrence, L. M., Noyakofsky, J., Powell, D. M., und Biel, M. J. (1991): The effect of supplemental fat on exercising horses. 12th Equine Physiology a. Nutrition Society Symp. 1991, 103–108.
- Payne, E. (1971): The use of fatty acid composition of lipids in the identification of horse and kangaroo meat. *J. Sci. Fd. Agric.* 22, 520–522.
- Richmond, W. (1973): Preparation and properties of a cholesterol oxidase from *Nocardia* sp. and its application to the enzymatic assay of total cholesterol in serum. *Clin. Chem.* 19, 1350–1356.
- Sinclair, H. (1990): Essential fatty acids – An historical review. *Biochem. Soc. trans.* 18 (5), 755–761.
- Wablefeld, A. W. (1974): Triglyceride. Bestimmung nach enzymatischer Hydrolyse. In Bergmeyer (Hrsg.): *Methoden der enzymatischen Analyse*. 3. Auflage, Band II, Verlag Chemie, Weinheim, S. 1878–1882. Einfluß einer marginalen Fettversorgung auf Fettverdaulichkeit, Lipidgehalt und -zusammensetzung von Chymus, Gewebe und Blut.
- Zöllner, N., und Wolfram, G. (1968): Cholesterinester im Plasma als Parameter der Linolsäureversorgung des Menschen. *Z. ges. exp. Med.* 146, 89–92.

Dr. H.-P. Sallmann
Institut für Physiologische Chemie
Tierärztliche Hochschule Hannover
Bischofsholer Damm 15
D-3000 Hannover 1