Zur Fütterung des Sportpferdes
- Traditionelles bestätigen, Aktuelles ergänzen, Unklares bearbeiten -

Prof. Dr. M. Coenen und Dr. Ingrid Vervuert (Hannover)

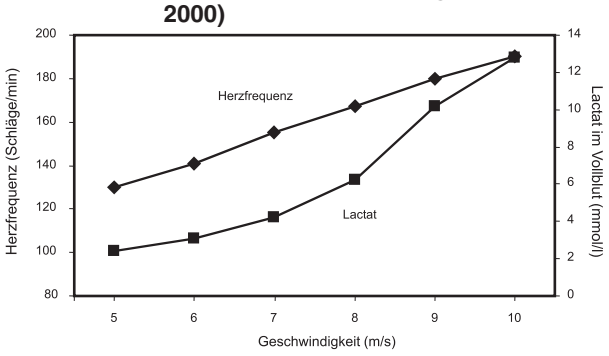
Die Zahl der Pferde in Deutschland wie auch in anderen europäischen Ländern hat sich stabilisiert. Hierbei wird durch den zunehmenden Mischfutterverbrauch eine Entwicklung belegt, die auf der Nutzung des Pferdes im Freizeit- wie auch im Leistungssport, unabhängig von allgemeinen Kenntnissen zur Nutztierhaltung, beruht; nicht selten liegt die Fütterung des Tieres sogar in fremder Hand, wodurch Interessenkonflikte entstehen können. Vor diesem Hintergrund ist eine Klarstellung des Energie- und Nährstoffbedarfs sowie ernährungsphysiologischer Zusammenhänge bei intensiv arbeitenden Pferden sinnvoll.

Reaktionen bei Arbeitsbelastung

Zunächst ist zu betonen, daß eine Belastung nicht allein unter dem Aspekt der Umwandlung umsetzbarer Energie aus dem Futter in kinetische Energie beschrieben werden kann. Allein die verzahnten Reaktionen der Muskulatur, des Kreislaufsystems, des Atmungstraktes und der Thermoregulation bei körperlicher Arbeit verlangen eine integrierende Betrachtung unterschiedlichster Bereiche.

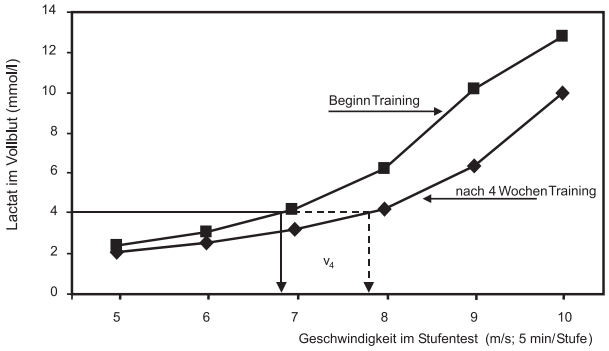
Je nach Geschwindigkeit steigt die Herzfrequenz an, um die Sauerstoffversorgung der Muskulatur aufrechtzuerhalten (Abb. 1). Die maximale Herzschlagfrequenz liegt in der Größenordnung um 220 Schläge/min.

Abbildung 1: Anstieg der Herzfrequenz und der Lactatkonzentration im Blut in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Chrobok, 2000)



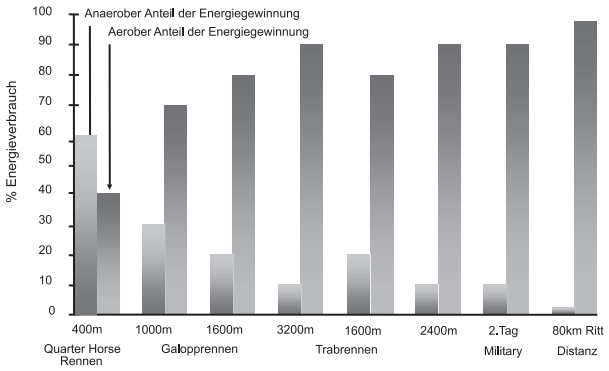
Werden Pferden auf einem Laufband unter standardisierten Bedingungen belastet, ist neben der Veränderung der Herzfrequenz auch der allmähliche und bei hoher Geschwindigkeit der überproportionale Anstieg der Lactatwerte im Blut zu verfolgen. Die Lactatakkumulation bei Geschwindigkeiten um 7 m/sec belegt die zunehmende Bedeutung der anaeroben Verstoffwechselung energieliefernder Substrate, ist aber auch deutlich von den Belastungsbedingungen (z.B. Steigung) und vom Trainingszustand abhängig (Abb. 2). Die Sensibilität der sogenannten Lactat-Geschwindigkeitskurve gegenüber dem Trainingszustand ermöglicht die Verwendung dieses Parameters zum Aufbau und zur Kontrolle von Trainingseinheiten (LINDNER, 1997).

Abbildung 2: Lactatkonzentrationen im Vollblut in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit während eines standardisierten Stufentestes vor und nach einer Trainingsperiode (VERVUERT et al., 2000; Trainingseffekt in Form der Rechtsverschiebung der Lactat-Geschwindigkeitskurve)



Mit steigender Belastungsdauer und entsprechend limitierter Geschwindigkeit geht bekanntermaßen der Anteil durch anaeroben Abbau, z.B. von Glykogen bereitgestellter Energie, zurück und die aerobe Verstoffwechselung, z.B. von freien Fettsäuren, nimmt zu (Abb. 3). Zu unterstreichen ist aber, daß beide Wege gleichzeitig beschritten werden und ein sogenanntes Umschalten von anaerob auf aerob nicht vorhanden ist.

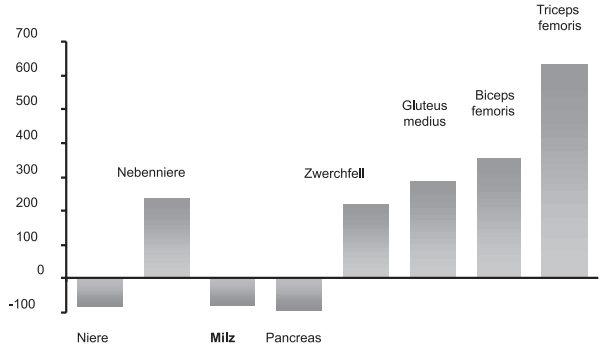
Abbildung 3: Prozentuale Anteile der anaeroben und aeroben Energiebereitstellung während verschiedener Belastungen beim Pferd (nach HODGSON und ROSE, 1994)



Zwangsläufig geht bei Bewegungsaktivität die Durchblutung verdauungsassoziierter Gewebe zurück (Abb. 4). Dies ist mit Blick auf die Zeit zwischen Füttern und Beginn einer Belastung im Training oder Wettbewerb von Bedeutung. Bei einer Futteraufnahme, insbesondere in Form von Konzentraten kurz vor Arbeitsbeginn, ist ein “Konflikt” zwischen der Aktivität des Verdauungskanals und der notwendigen Durchblutung der arbeitenden Muskulatur wahrscheinlich. Auch

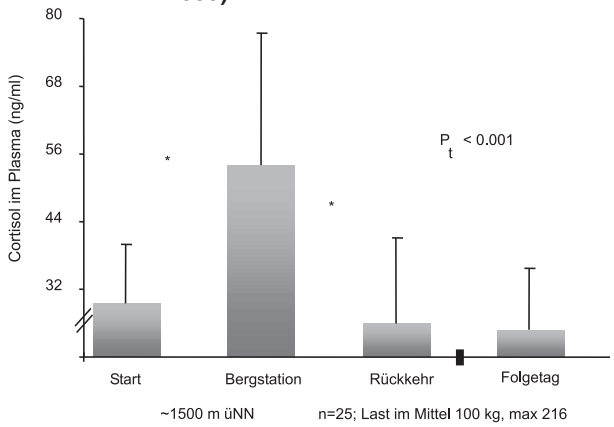
die HCl-Sekretion in den Magen bindet Elektrolytmengen, die zur Aufrechterhaltung der Homöostase bei körperlicher Arbeit mit entsprechenden Schweißverlusten fehlen.

Abbildung 4: Veränderung der Durchblutung verschiedener Gewebe während Belastung bei maximaler Herzfrequenz relativ zu den Ruhewerten (MANOHAR et al., 1987)



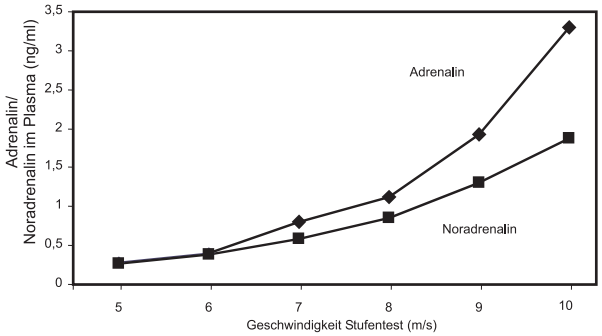
Interessanterweise ist nach den in Abbildung 4 dargestellten Untersuchungen die Durchblutung der Nebenniere erhöht. Dies kann als Indiz dafür gelten, daß endokrine Organe, ungeachtet des Sauerstoffbedarfs der Muskulatur, vermehrt durchblutet werden, da die Ausschüttung von Hormonen zur Aufrechterhaltung der Arbeit unverzichtbar ist. Die vermehrte Sekretion von Glucagon, Cortisol und Catecholaminen dient der Bereitstellung von Energie; besonders für letztere ist daher der Begriff “Streßhormone” nicht zweckmäßig. Der Anstieg des Cortisolspiegels im Blutplasma ist offensichtlich ein Hinweis (ähnlich wie bei Transport oder Nahrungsentzug) für eine Adaptation des Energiehaushaltes an länger andauernde Arbeit. In Abbildung 5 sind die Veränderungen des Cortisolspiegels im Blut bei Tragtieren dargestellt, die respektable Lasten trugen, aber unter aeroben Bedingungen arbeiten konnten.

Abbildung 5: Cortisol im Plasma von Tragtieren vor, während und nach einem/s Marsch/es unter Last bergauf bzw. ohne Last (nur Tragsattel) bergab (COENEN et al., 1999)



Während Dauerbelastungen scheint dem Glucagon eine besondere Bedeutung bei der Regulation des Energiestoffwechsels zuzukommen (LUCKE und HALL, 1980). Die Freisetzung der Catecholamine Adrenalin und Noradrenalin (gemessen an der Konzentration im Blut) ist sehr unterschiedlich. Bei kurzfristiger Belastung mit hohen Geschwindigkeiten ist ähnlich wie bei Lactat ein starker Anstieg vorhanden (Abb. 6), während bei lang andauernder Arbeit mit Herzfrequenzen um 120-150 Schlägen/min nur ein moderater Anstieg der Catecholamine eintritt (COENEN et al., 2000), selbst dann, wenn energetisch betrachtet die Arbeitsbelastung ähnlich hoch ist wie bei Belastung im Hochgeschwindigkeitsbereich. Anders als vor und nach einer Belastung hat Insulin für die Kontrolle der Glucosehomöostase während körperlicher Belastung nur eine sekundäre Bedeutung (VERVUERT, 1998).

Abbildung 6: Verlauf der Catecholamine während eines standardisierten Stufentestes auf einem Laufband (n=7, 5 min/Stufe, COENEN et al., 2000)



Entwicklung des Energie- und Nährstoffbedarfs

Die Konsequenzen der Arbeit für die Energie- und Nährstoffzufuhr können qualitativ folgendermaßen zusammengefaßt werden:

erhebliche Zunahme	Energie, Wasser, Natrium, Kalium, Chlorid
leichte Zunahme bzw. höhere Zufuhr empfohlen	Magnesium, Eisen, Selen, Vit. E
geringe bzw. keine Zunahme	verd. Rohprotein, Calcium, Phosphor, Spurenelemente außer Fe u. Se, Vitamine außer Vit. E

Der leistungsbedingte Energiebedarf ergibt sich aus der Geschwindigkeit und der Belastungsdauer. Rechnerisch kann dies anhand der Formel von PAGAN und HINTZ (1986) abgeleitet werden: DE (kJ/kg/h)=($e^{3,02+0,01x}$ -13,92)x0,44.

Weitere Veränderungen resultieren aus der Schweißproduktion, die aufgrund der notwendigen Thermoregulation essentiell ist; ohne Schweißbildung ist dem Pferd selbst eine leichte Arbeit nicht möglich (Übersicht 1).

Die Schweißbildung, forcierte Zellmauserung sowie die mit der Arbeit der Muskelzelle verbundene Veränderung, bei der vielfach die Entstehung von oxydativem Streß angenommen wird, bedingen eine moderate Zunahme des Bedarfs an Magnesium, Eisen, Selen und Vitamin E. Dies kann allein auf faktoriellem Wege nicht erklärt werden. Daher bestehen Unsicherheiten in der Ableitung des Bedarfs, vielfach wird eine nicht begründete Supplementierung vorgenommen. Bei den übrigen Nährstoffen wird kein Mehrbedarf in Abhängigkeit

von der Arbeit angesetzt. Außerdem ergibt sich aus der erhöhten Fütterungsintensität bei entsprechender Beanspruchung bereits eine forcierte Zufuhr z.B. von Rohprotein, so daß ein evtl. zusätzlicher Bedarf sicher abgedeckt wird. Nicht zu unterschätzen ist aber in diesem Zusammenhang die Zufuhr von essentiellen Aminosäuren über die Fütterung. Vor allem die Effekte von Aminosäuren auf das Sekretionsmuster diverser Hormone, stimuliert die Frage der Proteinversorgung arbeitender Pferde erneut aufzugreifen (STICKER et al., 1999).

Neuere Untersuchungen werfen bezüglich des Calciumbedarfs Fragen auf. NIELSEN et al. (1998) konnten bei forcierter Calciumzufuhr eine Erhöhung der Knochendichte im Verlauf eines Training bei jungen Pferden im Unterschied zur Kontrollgruppe feststellen. Die Schlußfolgerung aus diesen Ergebnissen, daß die faktoriell abgeleiteten Bedarfsgrößen für junge und schon arbeitende Pferde zu niedrig liegen, sind allerdings noch nicht bestätigt. Selbst bei hoher Calciumzufuhr von 90-110 g/Tag für ~450 kg schwere Traber, die im Alter von 2 Jahren harte Trainingsarbeit verrichteten, konnte ein Absinken des Osteocalcins, ein Marker für den Knochenaufbau, nicht verhindert werden (VERVUERT et al., 2000; WEDEMEYER, 2000).

Besonders die Veränderungen der Mineralstoffhomöostase nach der Arbeit deuten eher darauf hin, daß zumindest bei jungen Pferden eine träge Adaptation des Skeletts an die Arbeitsbelastung und weniger ein unterbewerteter Mineralstoffbedarf Anlaß für knochenabbauende Vorgänge und Dispositionen für orthopädische Probleme sein können (WEDEMEYER, 2000; CHROBOK, 2000).

Übersicht 1: Quantität und Qualität des Schweißes (MEYER 1995)

Schweißmengen

	l/100 kg KM
leichte Arbeit	~ 0,75
mittlere Arbeit	~ 1,5
schwere Arbeit	~ 3,5
extreme Belastung	~ 5

Schweißzusammensetzung

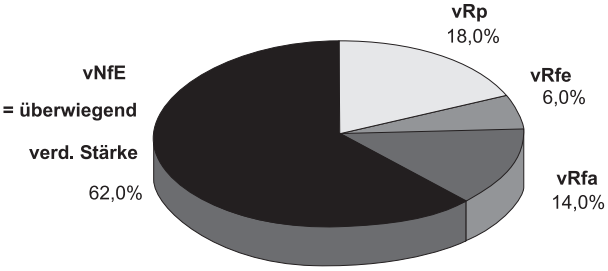
	g/l
Chlorid	5,5
Natrium	3,1
Kalium	1,6
Stickstoff	2
Calcium	0,12
Magnesium	0,05

	mg/l
Phosphor	< 10
Zink	11
Eisen	5
Kupfer	0,3
Selen	Spuren

Sicherung der Energiezufuhr

Bei hoher Energiezufuhr (>120 MJ DE/Tag) werden häufig mehr als 50 % der Futtertrockenmasse als Konzentrate aufgenommen. Dementsprechend entfällt der höchste Anteil der verdaulichen Energie auf die Fraktion der N-freien-Extraktstoffe, d.h. bei üblicher Verwendung von Getreide und die daraus resultierende Nutzung von Stärke (Abb. 7). Mit den klassischen Rationsbestandteilen Heu und Getreide ist auch ein sehr hoher Energiebedarf weitgehend abzudecken, da die Futteraufnahmekapazität, anders als bei der Milchkuh, die bedarfsdeckende Energieaufnahme nicht so scharf limitiert. Die Trockenmasse-Aufnahmekapazität variiert um 2 kg/100 kg KMxd^{-1}. Bei leichter, mittlerer bzw. sehr schwerer Arbeit ist daher eine Energiedichte von 9,5 bzw. nahezu 12 MJ DE/kg TS erforderlich.

Abbildung 7: Prozentuale Anteile der verdaulichen Energie aus den verdaulichen Nährstoffen einer durchschnittlichen Heu-Getreideration



Bei der Optimierung der Energiezufuhr stellt sich zunächst die Frage nach den geeigneten Stärketrägern und ihrer zweckmäßigsten Behandlung. Grundsätzlich stehen die verschiedenen Getreidearten einschließlich Mais und Hirse mit Ausnahme der typischen Brotgetreide Weizen und Roggen zur Verfügung. Bei Verwendung in hohen Mengen sind jedoch die Unterschiede in der Stärkeverdaulichkeit beachtenswert, da hierdurch die Notwendigkeit der Getreidebehandlung vorgegeben wird.

Bevor auf die Stärkeverdaulichkeit näher eingegangen wird, sollen einige wesentliche gesundheitsbezogene Aspekte der Konzentrat- und damit der Stärkegabe angesprochen werden. Art und Menge (und bei höheren Mengen auch die damit verbundenen Mahlzeitenfrequenzen) des Kraftfutters sind nach epidemiologischen Erhebungen an großen Tierzahlen neben anderen Faktoren ätiologisch relevant für das Auftreten von Koliken (Übersicht 2). Demnach können stärkehaltige Konzentrate nicht allein unter dem energetischen Aspekt, sondern nur unter Einbeziehung der Eigenschaften, die für die Verträglichkeit der jeweiligen Stärke in größeren Mengen wesentlich sind, bewertet werden.

Übersicht 2: Ätiologisch relevante Fütterungsfaktoren für das Auftreten von Koliken

Faktor	Odds ratio
• Kraftfutter, kg/Tag	
- 0	1,0
- <2,5	2,4
- 2,5-5	4,8
- >5	6,3
• Getreide, unbearbeitet	
- ohne natives Getreide	1,0
- mit nativem Getreide	0,4
• Mahlzeitenfrequenz f. Kraftfutter	
- 1 x	1,0
- 2 x	4,5
- 3 x	5,4
• Wechsel des Heus/Jahr	
- 0	1,0
- 1 x	0,9
- >1	2,1
• Wechsel des Kraftfutters/Jahr	
- 0	1,0
- 1 x	3,6
- >1 x	2,2
• Kraftfuttertyp	
- 0	1,0
- Pellets	6,1
- melassierte KF	4,6

(1427 Pferde; Kolik=akuter Schmerz im Abdomen, nach TINKER et al., 1997)

Gegenüber einer ausschließlichen Heufütterung bewirkt der Einsatz von Getreide eine gewisse Induktion der Bereitstellung von Amylase im Dünndarm. Dieser prinzipielle Stimulus ist jedoch nicht abhängig von der Stärkemenge, so daß bei zunehmendem Getreideeinsatz die Verdaulichkeit der Stärke im Dünndarm nicht zu-, sondern eher abnimmt. Je nach Stärkeart variiert die Verdaulichkeit jedoch erheblich (Übersicht 3). Native Haferstärke erreicht die höchsten Werte, während für Mais niedrige Verdaulichkeitsquotienten ermittelt werden. Für Gerste sind die Angaben widersprüchlich. Überschlägig ergibt sich, daß bei Getreidemengen von 5-8 kg Tag etwa 600 bis >1000 g Stärke in den Dickdarm gelangen. Neben dem energetischen Minderertrag der mikrobiellen Stärkeverdauung, fällt die Gefahr einer Alteration der Mikroflora des Dickdarmes, vor allem des Caecums ins Gewicht. Die Abhängigkeit der Milieubedingungen (pH, Lactat) im Blinddarm des Pferdes von der Stärkemenge ist hinreichend beschrieben (RADICKE, 1990) ebenso wie die Caecumacidose bei unkontrollierter Vermehrung der lactatbildenden Mikroflora und Verdrängung der lactatverwertenden Mikroorganismen mit der extraenteralen Komplikation der Hufrehe.

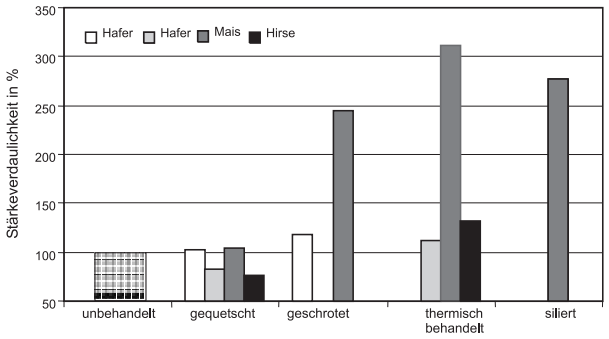
Übersicht 3: Variation der Verdaulichkeit bei verschiedenen Getreidearten

Futter	NfE	Stärke	Verdaulichkeit d. Stärke im Dünndarm, %
	g/kg TS		
Hafer	679	452	80-84
Gerste	764	599	22/76/96
Mais	806	694	29
Hirse	739	627	80
Dinkel	692	647	?
Reis	710	642	?
Kartoffelflocken	832	733	6,5
Maniokmehl/-schnitzel	891	760	9,0

Behandlungsverfahren zur Verbesserung der Stärkeverdaulichkeit sind daher besonders für Konzentrate von Interesse, die beim Hochleistungspferd verwendet werden. Durch mechanischen (Schroten, Mahlen) oder thermischen Aufschluß (Erhitzen oder Infrarotbestrahlung, mit oder ohne Druck bzw. Wasserdampf) läßt sich die Stärkeverdaulichkeit im Dünndarm nachhaltig verbessern. Entsprechende Daten liegen allerdings für das Pferd bislang erst lückenhaft vor. In Abbildung 8 ist aufgezeigt, daß ein direktes Erhitzen im Falle von Mais sehr effektiv ist. Klarheit über die Effekte der unterschiedlichen Behandlungen auf die Stärkeverdaulichkeit dürften zur Sicherheit des Stärkeeinsatzes beitragen.

Ob die Verwendung von Enzymen beim gesunden Pferd die Stärkeverdaulichkeit verbessern kann, ist nach bisherigen Befunden zurückhaltend zu beurteilen. Zwar wurde nach Gabe NSP-spaltender Enzyme zu einer gerstereichen Ration eine geringere Stärkeausscheidung mit dem Kot beobachtet als unter Kontrollbedingungen. Effekte auf die praecaecale Stärkeverdaulichkeit konnten indes noch nicht hinreichend gesichert werden (HEINTSCH, 1995). Erste in vivo und in vitro Untersuchungen belegen, daß Pancreasenzyme (Pancreatin®) bei spezieller Konfektionierung (gecoatet durch Fett) den Magen passieren, im Dünndarm zur Verfügungen stehen und im dortigen Milieu stärkespaltende Aktivität realisieren können (COENEN u. KAMPHUES, 1999). Dies könnte vor allem für Tiere mit unzureichender Bereitstellung körpereigener Amylase von Interesse sein.

Abbildung 8: Effekte der unterschiedlichen Behandlungen von Getreide auf die Stärkeverdaulichkeit (nach POTTER et al., 1992; KIENZLE et al., 1992; MEYER et al., 1995)



Eine Optimierung der Energieversorgung intensiv arbeitender Pferde durch Ergänzung der Ration mit Fett ist vielfach beschrieben worden (POTTER et al., 1992; MEYER u. SALLMANN, 1996; EATON et al. ,1995; ZEYNER, 1999). Wesentlich ist zunächst die Erhöhung der Energiedichte der Ration und damit die Begrenzung der Futteraufnahme bei sehr hohen Leistungen. Bevorzugt wird Sojaöl verwendet; unter energetischem Aspekt sind auch andere Öle wie z.B. Sonnenblumen- oder Maiskeimöl denkbar.

Zur spezifischen Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Pferde durch forcierte Fettzufuhr liegen uneinheitliche Befunde vor (MEYER u. SALLMANN, 1996; EATON et al., 1995). Denkbar ist, daß eine Verbesserung der Glykogenreserven durch Fettzulagen (OLDHAM et al., 1989) vor allem die Erholung von Pferden nach schwerer Arbeit begünstigt.

Die hohen Linolensäuregehalte des Leinöls machen diese Provenienz auch aus anderem Grunde für Pferde interessant. Der antiinflammatorische Effekt der n-3-Fettsäuren ist bei verschiedenen Tierarten, so auch beim Pferd, beschrieben worden (MOORE et al., 1996).

Trotz der aufgezeigten reizvollen Perspektiven des Fetteinsatzes für Hochleistungspferde ist die sinnvoll einsetzbare Fettmenge begrenzt. Bei hohen Mengen (11 % der Gesamtration) können die, ungeachtet der hohen Fettverdaulichkeit im Dünndarm, in das Caecum einfließenden Fettmengen die dortige Mikroflora stören und sogar zum Erliegen der mikrobiellen Verdauung führen (COENEN, 1987). Daher sollte die Fettmenge 6 % der Gesamtration nicht wesentlich, 10 % jedoch keinesfalls überschreiten.

Sicherung der Elektrolytversorgung

Eine physiologische Schweißbildung ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Arbeit des Pferdes (vergl. Übersicht 1). Sie folgt dem Primat der Thermoregulation selbst wenn bei fortgesetzter Schweißbildung (z.B. >20 l) die Elektrolytverluste über die Haut sehr hoch werden. Die kutanen Natriumverluste können rd. 10, die Chloridabgaben mit dem Schweiß sogar >20 % des körpereigenen Natrium- bzw. Chloridbestandes erreichen (Tab. 1).

Tabelle 1: Wasser- und Elektrolytbestand bzw. -verluste bei unterschiedlicher Schweißmenge (COENEN, 1991; LINDNER, 1983; GÜRER, 1988; MEYER et al., 1995)

	Bestand	kutane Verluste			
Körpermasse, kg	500	je Tier	%[1)]	je Tier	%
Wasser, l	300	10	3,3	25	8,3
Natrium, g	790	31	4	78	10
Kalium, g	1045	16	2	40	4
Chlorid, g	562	55	10	138	24

[1)] in % des Bestandes

Die Schweißdrüse des Pferdes ist nicht in der Lage, die Sekretion und die damit verbundenen Elektrolytkonzentrationen im Schweiß, auch nicht bei bestehendem Elektrolytmangel zu reduzieren (LINDNER, 1983; GÜRER, 1985; COENEN, 1991). Da anders als im Falle von Natrium die Chloridkonzentration mit 5,5 g/l Schweiß gegenüber dem Blut (3,4 g/l) hyperton ist, entwickelt sich je nach Höhe der Schweißbildung eine Hypochlorämie, die wiederum mit einer metabolischen Alkalose einhergeht (COENEN, 1991). Beide Bedingungen, Hypochlorämie und Alkalose sind kennzeichnend für lang andauernde Belastungen (z.B. Distanzritte). Bei kurzfristiger Arbeit mit hohen Geschwindigkeiten überdeckt die Dominanz der Lactatbildung und -akkumulation mit einer pH-Absenkung evtl. vorhandene Effekte des kutanen Wasser- und Elektrolytverlustes. Die sich entwickelnde Alkalose könnte zu einer Beeinflussung des ionisierten Calciums führen. Neuere Befunde indes belegen, das die Konzentration des ionisierten Calciums im Blut bei Arbeitsbelastung unabhängig von den herrschenden pH-Bedingungen im Blut abfällt und mit Veränderungen des Parathormons einhergeht (VERVUERT et al., 2000).

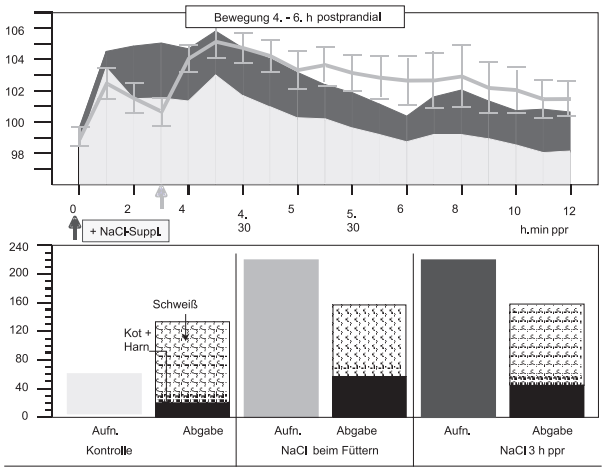
Die kutanen Verluste bedingen die oben bereits erwähnte Veränderung des Bedarfs. Zur Realisierung des hohen Natrium- und Chloridbedarfs ist in der Praxis die Verwendung von Salzlecksteinen üblich. Trotz der einfachen Handhabung kommt es nicht selten zu Fehleinschätzungen der tatsächlichen Versorgung. Hohe Schweißmengen von beispielsweise 10 l ergeben kutane NaCl-Verluste von rd. 80-100 g. Die von üblichen Salzblöcken durch Lecken aufgenommenen Salzmengen liegen jedoch auch bei hohem Bedarf unter 30 g. Ein weiterer Fehler ist die Verwendung kombinierter Leckmassen, die neben NaCl auch Spurenelemente und Vitamine enthalten; die Anbindung der Aufnahme einer solchen Mischung an den NaCl-Bedarf ("Salzhunger") erzwingt eine unnötige, eventuell sogar ungünstig hohe Zufuhr anderer Nährstoffe. Daher ist bei intensiven Belastungen eine Supplementierung mit Viehsalz über das Krippenfutter zu empfehlen.

Anders als für Energie, können für Wasser und Elektrolyte kaum Reserven angelegt werden. Dennoch bestehen Möglichkeiten, Pferde auf die zu erwartenden Schweißverluste vorzubereiten. Dem Pferd sollte Wasser stets zur freien Aufnahme, d.h. bis zum Arbeitsbeginn zur Verfügung stehen. Ein Wasserentzug selbst über lediglich 8 h ist nicht sinnvoll, sondern eher für den Wasserhaushalt bei körperlicher Arbeit nachteilig. Eine rauhfutterbetonte Ration widerspricht zwar dem Anliegen, das sogenannte tote Gewicht zu reduzieren (was allerdings überbewertet wird), ergibt aber eine bessere Wasser- und Elektrolytbindung im Inhalt des Magen-Darmtraktes als eine konzentratreiche Ration, so daß enteral ein Reservoir zur temporären Kompensation der aktuellen Wasser- und Elektrolytverluste vorhanden ist (COENEN et al., 1995); über den Umfang der Inanspruchnahme dieses Wasserreservoirs liegen allerdings noch unsichere Befunde vor.

Der Zeitraum zwischen Füttern und Arbeitsbeginn ist ein weiterer, bemerkenswert effektiver Faktor zur Vorbereitung eines Pferdes auf Belastungen. Ein Start bzw. der Arbeitsbeginn 3 bis 5 h nach einer Fütterung gilt aufgrund der Energieversorgung, Elektrolythomöostase und der Wasserbilanz als optimal. Neben diesem nach wie vor vielfach abgelehnten allgemeinen Vorgehen kann besonders bei erwarteten sehr hohen Schweißverlusten (z.B. Distanzritte bei hohen Temperaturen etc.) der aktuelle Elektrolytbestand durch salzhaltige und dennoch schmackhafte Supplemente (z.B. Grünmehl+Rübensirup+NaCl; COENEN, 1991) erhöht werden.

Wie am Verlauf der Chloridkonzentrationen (Abb. 9) erkennbar, ist eine solche Maßnahme nur ca. 3-4 h vor einer Arbeitsbelastung sinnvoll, da die forcierte Salzaufnahme nur bei angemessenem Zeitabstand zum Startzeitpunkt auch mit einer entsprechenden Wasseraufnahme, induziert durch die NaCl-Zufuhr, einhergeht und die Persistenz der Normochlorämie verbessert wird. Die Daten zur Chloridbilanz zeigen, daß die supplementierten Mengen an NaCl auch tatsächlich für die Schweißbildung verfügbar sind (positive Cl-Bilanz über 12 h nach zusätzlicher NaCl-Gabe trotz hoher kutaner Verluste mit dem Schweiß).

Abbildung 9: Effekte einer salzhaltigen Supplementierung vor Belastung (COENEN et al., 1995)



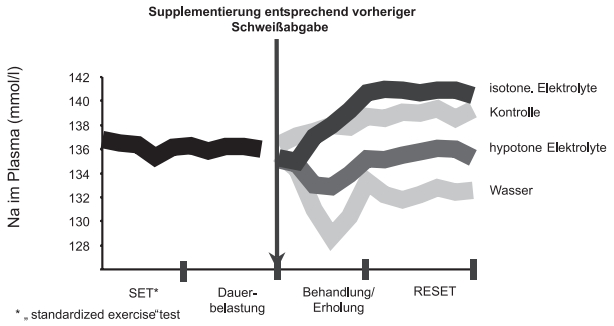
Kontrolle: ohne NaCl-Supplementierung Versuch: NaCl-Suppl. alternativ beim Füttern od. 3 h ppr, jeweils zusätzlich 166 mg Cl/kg KM

Vielfach besteht auch nach einer schweren Arbeit die Indikation zur Substitution der Schweißverluste. Die Dauer zur Regeneration der Glykogenreserven und zur Wiedereinstellung der Ruhebedingungen entsprechenden renalen Exkretion - zumindest für Chlorid - beträgt mehrere Tage (VERVUERT, 1998; COENEN, 1991), aber auch die Veränderungen diverser Parameter einschließlich der Mengenelementkonzentrationen im Blut innerhalb von 24 h nach Ende einer Arbeitsperiode (WEDEMEYER, 2000; CHROBOK, 2000) belegen den Umfang an kompensatorischen Vorgängen. Daher verwundert es nicht, daß Pferde nach schweren Belastungen auch teilweise sogar bedrohlich (Nierenfunktionsstörung) erkranken.

Da Pferde selbst nach intensiven Schweißverlusten allgemein kein oder nur geringe Mengen an Wasser aufnehmen (es sei denn, dies wurde mit den Tieren gezielt trainiert), ist eine kurzfristige Substitution von Schweißverlusten nicht selbstverständlich. Nach einer Arbeitsperiode ist somit eine Futteraufnahme rascher zu erzielen als ein Wasserkonsum, wiederum kann durch salzhaltige Supplemente einerseits die Elektolytaufnahme, andererseits reflektorisch auf den damit verbundenen Anstieg der Plasmaosmolarität auch der Wasserkonsum stimuliert werden.

Vor allem die Wiederherstellung des Plasmavolumens (damit ist auch die Normalisierung der Viskosität des Blutes verbunden) ist ein wirksamer Schutz vor Komplikationen nach schweren Arbeitsbelastungen. Dies ist freilich keine routinemäßige Vorgehensweise, sondern in Fällen sehr schwerer Arbeit und Anzeichen einer bedrohlichen Dehydratation und gestörter Elektrolythomöostase sinnvoll. Die Möglichkeit mittels Lösungen, die per Nasenschlundsonde verabreicht werden, korrigierend einzugreifen, zeigen Ergebnisse zum Plasmavolumen (MARLIN et al., 1998) sowie zur Elektrolythomöostase (Abb. 10). Interessanterweise liegen auch Befunde vor, die auf Vorteile einer Wasser- und Elektrolytapplikation nach schweren Belastungen auf den Energiehaushalt hindeuten (VERVUERT, 1998).

Abbildung 10: Natriumkonzentration im Plasma während zeitlich aufeinander folgender Versuchsabschnitte bei Trabern*



* a) standardisierter Stufentest
b) Dauerbelastung
c) 2stündige Ruheperiode mit unterschiedlicher Flüssigkeitsgabe per Nasenschlundsonde
d) erneuter Stufentest (RESET), identisch zu a

Besondere Maßnahmen bei schwerer Arbeit

Verschiedene Aspekte des Leistungsstoffwechsels werfen die Frage nach speziellen Fütterungsmaßnahmen zur Optimierung der Leistungsbereitschaft und des Leistungsvermögens auf. Es gilt aber zu berücksichtigen, daß - trotz der differenzierten Möglichkeiten, auf dem Laufband unter standardisierten Bedingungen zu arbeiten - die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Pferdes schwieriger ist als beispielsweise die Abschätzung der Milchleistung der Kuh. Bezüglich der hierbei vielfach angewandten Lactatuntersuchung und der Ableitung der Lactat-Geschwindigkeitskurven sei auf LINDNER (1997) verwiesen.

Daher verwundert es nicht, daß in der Praxis Fütterungsmaßnahmen anzutreffen sind, für deren Begründung klare experimentelle Befunde fehlen (Übersicht 4).

Übersicht 4: Stoffe, deren leistungssteigernde Wirkung und Wirksamkeit nicht belegt oder unsicher oder noch nicht abschließend zu beurteilen sind

Stoff	Wirkung
– Natrium-Bicarbonat	⇒ Regulation des Säuren-Basen-Haushalts
– Coenzym Q10	⇒ Elektronentransport in den Mitochondrien –
– Kreatin	⇒ Energetische Substratverfügbarkeit –
– Bioflavonoide	⇒ Antioxidationsschutz der Membranen –
– Dichloracetat u. Chlorpropionat	⇒ Reduktion der Lactatbildung
– Chrom	⇒ Regulation des Glucosestoffwechsels
– Magnesium	⇒ ZNS (Erregung) ↓
– L-Carnitin	⇒ Transport von FFS in die Mitochondrien –
– verzweigtkettige Aminosäuren	⇒ Energetisches Substrat, ZNS (Ermüdung) ↓

Nach gegenwärtigem Kenntnisstand entzieht sich beim gesunden, bedarfsgerecht versorgten Pferd der Glykogenaufbau und die Dynamik der Glykogenolyse bei Belastung einer gezielten nutritiven Einflußnahme. So konnte beispielsweise durch Glucosegaben das Wiederauffüllen der Glykogenbestände der Muskulatur nicht beschleunigt werden (VERVUERT, 1998). Insbesondere zur Verbesserung der Energiebereitstellung wurden diverse Substanzen überprüft; ein positiver Effekt auf die Leistung konnte jedoch bisher nicht beobachtet werden (HARRIS u. HARRIS, 1998).

Die Effizienz energetischer Umsetzungen könnte ein weiterer Ansatzpunkt sein. Dies betrifft einerseits den Glykogenabbau und die Fettmobilisation. Fragen zu ihrer hormonellen Regulation, insbesondere zur Bedeutung der Catecholamine sind allerdings erst Gegenstand aktueller Arbeiten; unklar ist auch die Bedeutung der Glucosetransportproteine für den Glucosetransport in die Muskelzelle beim Pferd und ihre wahrscheinliche Abhängigkeit von der Verfügbarkeit des freien Calciums.

Mit dem L-Carnitin fand eine Substanz Interesse, die im Konzert des zellulären Energiestoffwechsels speziell für die Verwertung der freien Fettsäuren essentiell ist (HARMEYER, 1998). Mit der Carnitinsupplementierung ist die Hypothese verbunden, den Transport von freien Fettsäuren in die Mitochondrien zu stimulieren und das intrazelluläre Puffersystem zu stärken. Die Plasmakonzentration von Carnitin bei Pferden läßt sich durch orale Gabe beeinflussen (FOSTER und HARRIS, 1989; LAMBERTZ, 1999). Jüngste Befunde deuten auch auf eine Erhöhung der Carnitinkonzentration in der Muskulatur hin (CHROBOK, 2000). Weitere Untersuchungen müssen noch klären, ob die Energieversorgung der Muskulatur durch eine Carnitinsupplementierung angesprochen wird.

Empirisch gilt die forcierte Gabe von Magnesium - in Anlehnung an die Wirkung von Magnesiumaspartat beim Schwein (KIETZMANN et al., 1985) - als sinnvoll, den Umgang mit nervösen Pferden zu erleichtern. Experimentelle Befunde zur Wirksamkeit von Magnesium in diesem Zusammenhang stehen allerdings noch aus. Dies gilt auch für die zunehmend diskutierte Frage zur Ursache und Beeinflussung der sogenannten zentralen Ermüdung.
Zusammenfassend kann konstatiert werden, daß auch bei

positiven Einzelbefunden der Spielraum, leistungsrelvante Bereiche im Stoffwechsel des Pferdes über die Fütterung planbar und zuverlässig durch Futteradditive zu beeinflussen, sehr gering ist und Mängel in der Organisation der Ration und der Fütterungstechnik sowie dem Trainingsaufbau nicht ausgeglichen werden können.

Literaturverzeichnis

CHROBOK, C. (2000): Effekte einer L-Carnitin-Supplementierung auf den Energiestoffwechsel bei jungen Pferden im Verlauf einer standardisierten Trainingsperiode. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. in Vorbereitung.

COENEN, M. (1987): Probleme der Sondenernährung beim Pferd. DVG 17. Kongress Bad Nauheim, 234-241

COENEN, M. (1991): Chloridhaushalt und Chloridbedarf des Pferdes. Hannover, Tierärztl. Hochsch. Habil. Schrift

COENEN, M. und J. KAMPHUES (1999): Perspektiven des Einsatzes von gekapselten Pancreasenzymen beim Pferd. Pferdeheilkde. Eingereicht.

COENEN, M., F. SCHUCKMANN, I. VERVUERT und F. v. RENNENKAMPF (1999): Exercise of pack horses in mountained area. In: Proc. 16th Equine Nutr. Physiol. Symp., 306-307

COENEN, M., H. MEYER und B. STEINBRENNER (1995): Effects of NaCl supplementation before exercise on metabolism of water and electrolytes. Equine Vet. J. 18, S270-S273

COENEN, M., I. VERVUERT, J. HARMEYER, C. CHROBOK, U. WEDEMEYER und H.P. Sporleder (2000): Effects of different types of exercise and training on plasma catecholamines in young horses. Conference on Equine Sports Medicine and Science 2000.

COENEN, M., J. SCHNERMANN, I. VERVUERT, A. LINDNER und H.P. SALLMANN (1999): Effects of oral glucose or electrolyte supplementation after exercise on electrolyte and fluid balance in Standardbred horses. In: Proc. 16th Equine Nutr. Physiol. Symp., 304-305

EATON, M.D., D.R. HODGSON, D.L. EVANS, W.L. BRYDEN und R.J. ROSE (1995): Effect of a diet containing supplementary fat on the capacity for high intensity exercise. Equine Vet. J. 18, S353-S356

FOSTER, C.V.L. und R.C. HARRIS (1989): Plasma carnitine concentrations in the horse following oral supplementation using a triple dose regime. Equine Vet. J. 21, 376-377

GÜRER, C. (1985): Untersuchungen zum Kaliumstoffwechsel des Pferdes bei marginaler Versorgung und zusätzlicher Belastung. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

HARMEYER, J. (1998): Die physiologische Rolle von L-Carnitin, Auswirkungen von Mangel und Zulagen bei Haustieren. Lohmann Information 1, 19-28

HARRIS, P.A. und R.C. HARRIS (1998): Nutritional ergogenic aids in the horse-uses and abuses. Conference on Equine Sports Medicine and Science, 203-218

HEINTZSCH, A. (1995): Effekte einer Enzymmischung (a-Amylase, Xylanase, Beta-Glucanse, Pectinase) als Futteradditiv auf die praeileale Verdaulichkeit stärkereicher Rationen beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

HODGSON, D.R. und R. J. ROSE (1994): The Athletic Horse-Principles and Practice of Equine Sports Medicine. W.B. Saunders Company, Philadelphia

KIENZLE, E, S. RADICKE, S. WILKE, E. LANDES und H. MEYER (1992): Praeileale Stärkeverdauung in Abhängkeit von Stärkeart und -zubereitung. Pferdeheilkde. 9, 103-106

KIETZMANN, M. und H. JABLONSKI (1985): Zur Stressabschirmung mit Magnesiumaspartat-Hydrochlorid beim Schwein. Prakt. Tierarzt 66, 331-335

LAMBERTZ, A. (1999): Untersuchungen zum L-Carnitinstoffwechsel beim Pferd. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

LINDNER, A. (1983): Untersuchungen zum Natriumstoffwechsel des Pferdes bei marginaler Versorgung und zusätzlicher Bewegungsbelastung. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

LINDNER, A. (1997): Grundlagen des Laktatstoffwechsels. In: Laktat und Leistung. Reihe Basis- und Praxiswissen über Pferde.

LUCKE, J. und G.M. HALL (1980): A biochemical study of the Arab Horse Society`s marathon race. Vet. Rec. 107, 523-525

MANOHAR, M. (1987): Furosemide and systemic circulation during severe exercise. In: GILLESPIE, J.R. und N. ROBINSON (Edit): Equine Exercise Physiology 2. ICEEP Publications, Davis, California, S. 132-147

MARLIN, D.J., C.M. SCOTT, P.C. MILLS, H. LOUWES und J. VAARTEN (1998): Rehydration following exercise: Effects of administration of water versus an isotonic oral rehydration solution (ORS). Vet. J. 156, 41-49

MEYER, H. (1995): Pferdefütterung. 3. Aufl. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin

MEYER, H. und H.P. SALLMANN (1996): Fettfütterung beim Pferd. Übers. Tierern. 24, 199-227

MEYER, H., S. RADICKE, E. KIENZLE, S. WILKE, D. KLEFFKEN und M. ILLENSEER (1995): Investigations on preileal digestion of starch from grain, potato and manioc in horses. J. Vet. Med. 42, 371-381

MOORE, J.N. und M.H. BARTON (1996): Effect of dietary alpha-linolenic acid on responses of horses to endotoxin. Vet. Clin. Nutr. 3, 16-18

NIELSEN, B.D., G.D. POTTER, L.W. GREENE, E.L. MORRIS, M. MURRAY-GERZIK, W.B. SMITH und M.T. MARTIN (1998): Characterization of changes related to mineral balance and bone metabolism in the young racing Quarter horse. J. Equine Vet. Sci. 18, 190-200

OLDHAM, S.L., G.D. POTTER, J.W. EVANS, S.B. SMITH, T.S. TAYLOR und W.S. BARNES (1989): Storage and mobilization of muscle glycogen in racehorses fed a control and high-fat diet. In: Proc. 11th Equine Nutr. Physiol. Symp., 57-62

PAGAN, J. und H.F. HINTZ (1986): Equine Energetics. J. Anim. Sci. 63, 822-830

POTTER, G.D., S. L. HUGHES, T.R. JULEN und D.L. SWINNEY (1992): A review of research on digestion and utilization of fat by the equine. Pferdeheilkde. 9, 119-123

POTTER, G.D., F.F. ARNOLD, D.D. HOUSEHOLDER, D.H. HANSEN und K.M. BROWN (1992): Digestion of starch in the small or large intestine of the equine. Pferdeheilkde. 9, 107-111

RADICKE, S. (1990): Untersuchungen zur Verdauung von Mais- und Haferstärke beim Pferd. Tierärztl. Hochsch. Hannover, Diss.

STICKER, L.S., D.L. THOMPSON, L.A. SMITH, B.S. LEISE und L.R. GENTRY (1999): Pituitary hormone and insulin responses to infusion of amino acids and N-methyl-D,L-aspartate (NMA) in horses. In: Proc. 16th Equine Nutr. Physiol. Symp., 98-99

TINKER, M.K., N.A. WHITE, P. LESSARD, C.D. THATCHER, K.D. PELZER, B. DAVIS und D.K. CARMEL (1997): Prospective study of equine colic risk factors. Equine Vet. J. 29, 454-458

VERVUERT, I. (1998): Effekte der oralen Verabreichung glukose- oder elektrolythaltiger Lösungen nach einer standardisierten Belastung auf den Energiestoffwechsel bei Pferden. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

VERVUERT, I., M. COENEN, J. HARMEYER, U. WEDEMEYER, C. CHROBOK und H.P. SPORLEDER (2000): Changes in plasma PTH and calcium during different types of exercise and training in young horses. Conference on Equine Sports Medicine and Science 2000.

WEDEMEYER, U. (2000): Bedeutung hämatologischer Indikatoren für den Knochenaufbau und -abbau bei jungen Pferden im Verlauf einer standardisierten Trainingsperiode. Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss. in Vorbereitung.

ZEYNER, A. (1999): Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Fetten in der Pferdefütterung. Göttinger Pferdetage, Zucht und Haltung von Sportpferden, 145-158