

Akzeptanz eines energiereichen Elektrolytgetränks und Wirkung auf Herzfrequenz und Stoffwechsel bei Pferden unter Belastung

A. Lindner, P. von Wittke, Monika Bendig und H. Sommer

Institut für Anatomie, Physiologie und Hygiene der Haustiere, Bonn

Einleitung

Viele Autoren empfehlen für Athleten, sei es Mensch oder Pferd, eine über den Bedarf hinausgehende Zufuhr von Energiesubstraten, Mineralstoffen und Vitaminen, um die Regenerationsfähigkeit des Organismus zu erhöhen (Berg et al., 1985; Keul et al., 1986; Putnam, 1986; Rose, 1986; Liesen et al., 1989). Bekannt ist, daß die Belastungen beim Training und Wettkampf einen erhöhten Bedarf an Energie und bestimmten Mineralstoffen verursachen (Rose, 1986; Meyer, 1987 a) und den Stoffwechsel des Organismus aus dem Gleichgewicht bringen, sowie Ermüdung und Überbelastung bewirken können (Snow, 1985; Lehmann et al., 1990). Eine Unterstützung der Erholung nach der Belastung wäre demnach sinnvoll und durch Bereitstellung von leicht verfügbarer Energie im Anschluß daran realisierbar. Dadurch hat man einen beschleunigten Abbau von Stoffwechselprodukten und die raschere Auffüllung der Energiedepots im Körper erreicht (Keul et al., 1986; Meyer, 1987 a). Außerdem ist festgestellt worden, daß durch orale Zufuhr von Kohlenhydraten als Energieträger die Resorption von Wasser, sowie von Elektrolyten im Darmtrakt verbessert wird (Bombardieri et al., 1984; Michell, 1983; Meyer, 1987 b).

Ziel dieser Untersuchung war es, die Akzeptanz eines energiereichen Elektrolytgetränks sowie dessen Wirkung auf die Herzfrequenz und den Stoffwechsel bei Pferden während und nach Belastung zu prüfen.

Material und Methodik

Prüfung der Akzeptanz

Die Akzeptanz eines mit Energiesubstraten und Mineralstoffen angereicherten Fruchtsaftgetränks (Zusammensetzung laut Hersteller: siehe Tab. 1) wurde an 100 Galopprennpferden von 5 verschiedenen Trainern während der Rennsaison 1989 überprüft.

Jeweils an 5 aufeinanderfolgenden Tagen bekamen die Pferde morgens nach der Trainingsarbeit 1 kg des

Zusammenfassung

Die Akzeptanz eines energiereichen Elektrolytgetränks wurde an 100 Pferden an 5 aufeinanderfolgenden Tagen untersucht. 74 der 100 Pferde nahmen das Getränk sofort an, 86 tranken es regelmäßig bis Ablauf der 5 Tage. Bis zu 1:10 mit Wasser verdünnt oder über das Futter gegeben, nahmen auch 30 Pferde nach einem Rennen und 4 Pferde in einer Wirksamkeitsstudie das Getränk vollständig auf. 8 Islandpferde wurden körperlich belastet, um den Einfluß des energiereichen Elektrolytgetränks auf Herzfrequenz und Stoffwechsel während und nach der Belastung zu untersuchen. 4 der Tiere bekamen täglich nach der Belastung zusätzlich zur bedarfsdeckenden Ration 1 kg des Getränks. In einer ersten Versuchsphase konnten weder bezüglich der Laktatkonzentration noch der Herzfrequenz in den verschiedenen Belastungsstufen und bei der Erholung nach der Belastung Unterschiede zwischen beiden Gruppen gefunden werden. In einer zweiten Versuchsphase, bei der die Intensität der Stufenbelastungstests erhöht und die Erholungszeit nach der Belastung verkürzt wurde, waren dagegen tendenziell bei der Gruppe, die das Getränk bekam, Vorteile für den Stoffwechsel und das Herz-Kreislauf-System festzustellen. Die Laktatkonzentration und die Herzfrequenz zeigten nach den intensiveren Stufen der Stufenbelastungstests stets einen geringeren Anstieg als bei der Kontrollgruppe. Weder vor noch zu den verschiedenen Zeitpunkten nach der Belastung waren eindeutige Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich der CK-, Creatinin-, Harnstoff-, Gesamteiweiß-, Glucose, Mg-, K- und P-Werte erkennbar.

Palatability of an energy enriched electrolyte fluid and effect on heart rate and metabolism of horses during exercise

The palatability of an energy enriched fluid was examined on 100 horses in 5 consecutive days. 74 of the horses drank the fluid spontaneously from the beginning of our study and by the end of the investigation period of 5 days, 86 of the horses drank it regularly. Also 30 Thoroughbreds after racing and the 4 horses of an effectiveness trial drank the fluid always, no matter if given diluted up to 1:10 with plain water or drenched over the food. With eight Iceland ponies the effect of daily supplementation with the energy enriched electrolyte fluid on heart rate and metabolism during and after exercise was investigated. 4 of the 8 Iceland ponies were fed daily with one kilogram of the fluid. In a first exercise series, lactate concentration and heart rate behaved similarly in both horse groups during each step of the exercises. In a second exercise series, as the intensity of the step stress tests was increased and the recovery time between exercises reduced, the group which received the fluid showed tendentially better metabolic and cardiovascular performance. The lactate concentration and heart rate increases were lower than in the control group. On any one of the sampling times before or after exercise the CK, Creatinine, Urea, TPP, Glucose, Mg, K and P values of the two groups showed clear tendencies for differences.

Getränks. Davon erhielten 74 Pferde das Getränk 1:5 bis 1:10 mit Wasser verdünnt im Eimer, 26 durch Beigabe in das Becken der Tränkanlage. Die Aufnahme des Getränks wurde danach durch Beobachtung der Pferde über einen Zeitraum von bis zu 2 Stunden protokolliert. Während dieses Zeitraums stand den Pferden keine andere Tränke zur Verfügung. Bei den Pferden, die das Getränk über die Tränkanlage angeboten bekamen, erfolgte nach jeder Aufnahme die erneute Zufuhr des Getränks, bis 1 kg davon getrunken war.

Das Aufnahmeverhalten der Pferde wurde in 6 Kategorien unterteilt:

- sofort und 5 Tage lang; das Getränk wurde ab dem 1. Tag und während der 5 Tage vollständig aufgenommen;

Tab. 1: Zusammensetzung des Pferde-Energie-Elektrolytgetränks je kg, nach Angaben des Herstellers*

11,00 g	Glucose/Maliodextrin
0,22 g	Mg ²⁺
5,00 mg	Mn ²⁺
108,00 mg	Fe ³⁺
2,50 mg	l-
0,17 g	PO ₄ ³⁻
1,02 g	K ⁺
3,22 g	Cl ⁻
1,56 g	Na ⁺
11,00 g	Glucose/Maliodextrin
Osmolarität 720 mOsmol/l	
*H. Kellermann Mineralgetränke	

Prüfung des Einflusses auf Herzfrequenz und Stoffwechsel während und nach der Belastung

Pferde
Es standen 8 Isländpferde zur Verfügung, die regelmäßig auf Faß- und Töltrennen vorbereitet wurden. Dabei handelte es sich um 6 Wallache und 2 Hengste, die zwischen 7 und 13 Jahre alt waren. Die Pferde dieser Untersuchung wurden auf einer Sandkoppel in einer Gruppe mit etwa 10 anderen Isländern gehalten und immer über eine gemeinsame Tränkanlage mit Wasser versorgt. Die Aufteilung der Versuchspferde in zwei Gruppen erfolgte nach dem Zufallsprinzip, wobei die eine Gruppe (Versuchsgruppe) täglich nach der Belastung 1 kg des Getränks über das Futter verabreicht bekam. Diese Form der Verabreichung wurde gewählt, weil die Pferde es gewohnt waren, einzeln nach der Arbeit Ergänzungsfutter zu bekommen, und somit immer eine vollständige Aufnahme des Getränks bei der Versuchsgruppe sichergestellt werden konnte. Die tägliche Futterration der Pferde bestand aus etwa 2 kg Weizenstroh, 3 kg isländischen Graspellets und 3 kg eines Ergänzungsfutters für Sportpferde. Salzlecksteine standen stets zur Verfügung.

Belastung

Der Versuchsaufbau ist in Tabelle 2 dargestellt. Für die Belastungen standen zwei Laufbänder (Condi Trainer der Firma Jünck GmbH, Borken) und eine Führmaschine (Firma Jünck GmbH, Borken) zur Verfügung. Um die Pferde vorzubereiten, wurden die Laufbänder wechselweise benutzt, dagegen für die Stufenbelastungstests in jeder Versuchssphase nur eines davon. Nach einer 3wöchigen Aufbauphase bestand die Untersuchung grundsätzlich aus zwei Versuchssphasen (I und II). Zu Beginn und am Ende jeder dieser Versuchssphasen wurden den Stufenbelastungstests zur Prüfung des Verhaltens von Herzfrequenz und Stoffwechsel während und nach der Belastung durchgeführt. Um die Pferde etwas zu ermüden, mußten sie zwischen den Stufenbelastungstests intensivere anaerobe Belastungen laufen. Im einzelnen sah der Versuch wie folgt aus. In der 3wöchigen Vorbereitungsphase wurde jedes Pferd täglich zweimal an der Führmaschine bewegt (Aufbauphase, Tab. 2). Jeden Tag kamen rotationsweise 2 der Isländer zum Training in die Führmaschine statt auf das Laufband. Die Belastungstests startete auf dem Laufband kann Tabelle 2 entnommen werden. Die Trabphase bei 4 Meter/Sekunde (m/s) wurde von einem Reiten das Getränk etwa 1:10 mit Wasser verdünnt im Eimer angeboten.

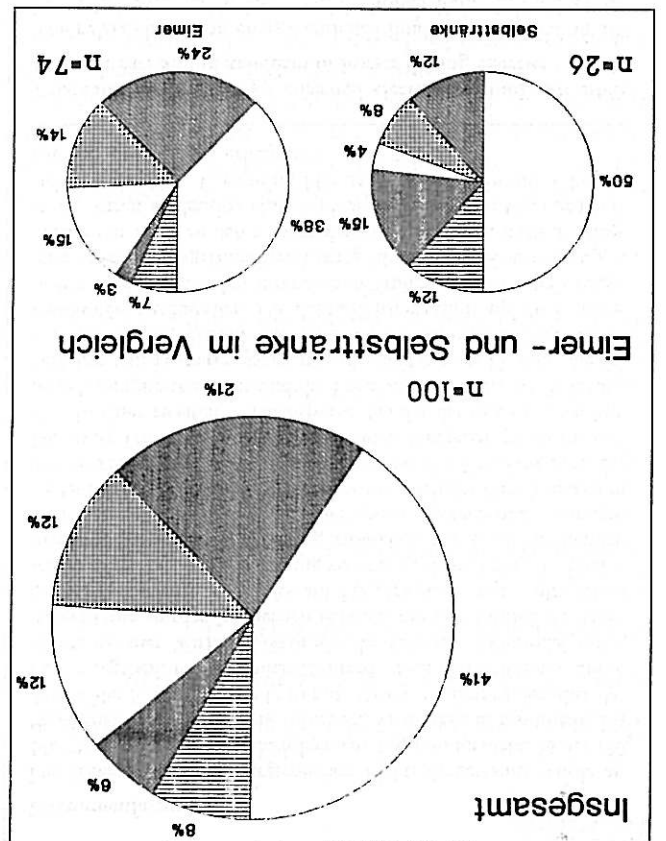
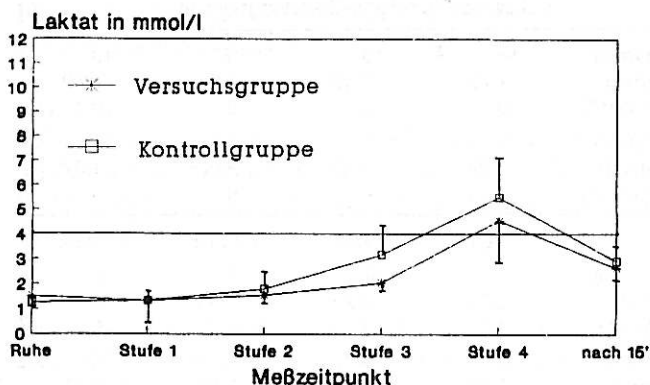


Abb. 1: Akzeptanz des Elektrolytgetränks bei Pferden insgesamt (n = 100) sowie bei Angebot über Eimer (n = 74) und Selbsttränke im Vergleich.

-, sofort und 5 Tage lang, nicht immer alles; wie oben, aber es wurde nicht immer vollständig aufgenommen; - sofort, anfangs teilweise, später alles; von Anfang an wurde das Getränk akzeptiert, aber erst im Verlauf der 5 Tage vollständig aufgenommen; - nicht sofort, dann teilweise, am Ende alles; am 1. bis 2. Tag wurde die Aufnahme verweigert, danach teilweise, und am 4. und 5. Tag wurde die gesamte Menge aufgenommen; - ab und zu; nur an einigen Tagen und in unterschiedlichen Mengen wurde das Getränk aufgenommen; - nie: die Aufnahme des Getränks wurde verweigert. Weitere 30 Galopprennpferde bekamen je einmal nach einem Reiten das Getränk etwa 1:10 mit Wasser verdünnt im Eimer angeboten.

Stufenbelastungstest IA



Stufenbelastungstest IB

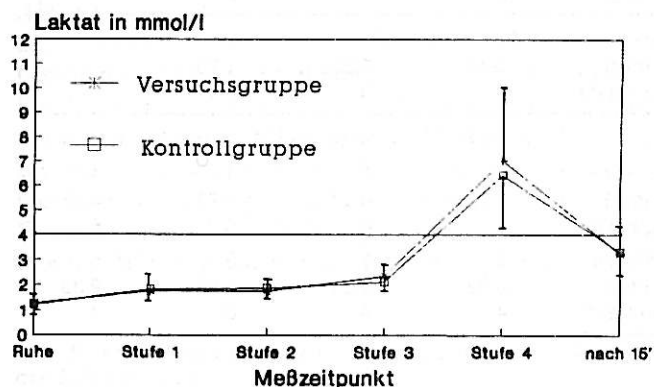


Abb. 2: Laktatkonzentrationen ($n = 4$; Mittelwert \pm Standardabweichung) während der Stufenbelastungstests I A und I B der ersten Versuchsphase.

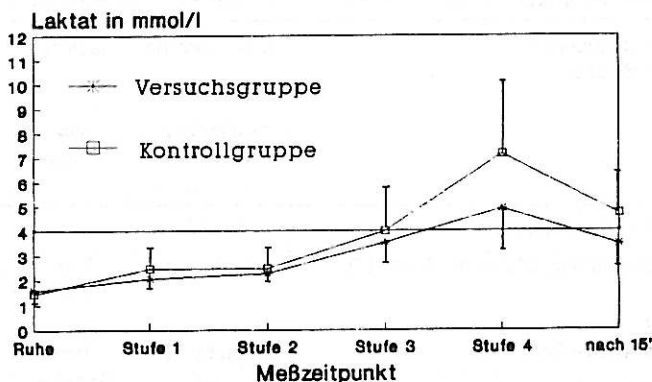
3 Minuten (min) in der ersten Aufbauwoche auf 5 min in der 3. Woche gesteigert.

Im Anschluß an die Aufbauphase erfolgte die erste Versuchsphase. Alle Pferde absolvierten am 1. Tag dieser Phase einen Stufenbelastungstest (I A). Am 3. und 5. Tag wurde den Pferden jeweils eine intensive Belastung abgefordert (Tab. 2). 2 Tage nach der zweiten intensiven Belastung erfolgte bei allen Pferden erneut ein Stufenbelastungstest (I B). An den Tagen ohne intensive Belastung zwischen den zwei Stufenbelastungstests wurden die Isländer an der Führmaschine leicht bewegt (Zwischenphase, Tab. 2).

5 Tage nach der ersten Versuchsphase folgte die zweite Versuchsphase. Sie begann wieder mit einem Stufenbelastungstest (II A) mit allen Pferden. Am Tag darauf fand eine intensive Belastung statt, und zum Abschluß wurde 24 Stunden später nochmal ein Stufenbelastungstest (II B) durchgeführt (Tab. 2).

Ein Stufenbelastungstest bestand immer aus vier Belastungsstufen von je 4 min Dauer. In jeder Stufe nahm die Intensität der Belastung durch Erhöhung der Laufbandgeschwindigkeit und/oder der Steigung des Laufbandes zu (Tab. 2). Die Intensität der Stufenbelastungen in der zwei-

Stufenbelastungstest IIA



Stufenbelastungstest IIB

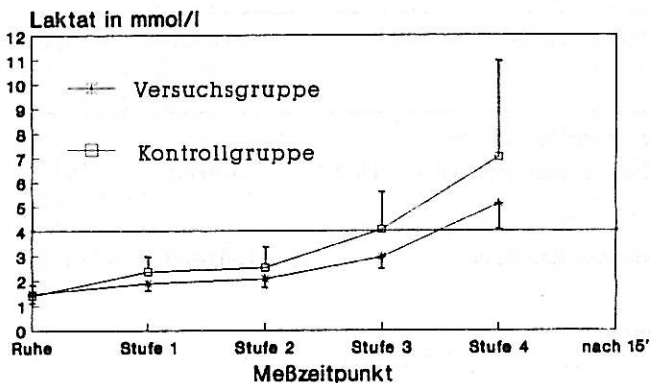


Abb. 3: Laktatkonzentrationen ($n = 4$; Mittelwert \pm Standardabweichung) II A und II B in der zweiten Versuchsphase.

ten Versuchsphase war im Vergleich zur ersten Versuchsphase höher.

Meßzeitpunkte

Die Messung der Herzfrequenz fand mittels tragbarer Herzfrequenzmeßgeräte (Hippocard peH 200, Bioengineering Isler AG) während der Stufenbelastungstests und bis 15 min danach statt.

Bei den Stufenbelastungstests erfolgte die Blutentnahme für die Laktatbestimmung vor, direkt im Anschluß an jede Stufe und 15 min nach Ende des Stufenbelastungstests. Dazu wurde das Blut nach Inzision der Haut an der Brust des Pferdes gewonnen (Lindner und Krüger, 1990), sofort in 200 μ l 0.6n HClO₄ überführt und zur Bestimmung des Laktatgehaltes bis zu 4 Tage bei 4 °C gelagert (die Entnahme der Blutprobe 15 min nach Ende des zweiten Stufenbelastungstests II B in der zweiten Versuchsphase unterblieb aus technischen Gründen).

Am Ende der zweiten intensiveren Belastung in der ersten Versuchsphase sowie nach der intensiveren Belastung in der zweiten Versuchsphase wurde auch der maximale Laktatgehalt im Anschluß an die Belastungen bestimmt.

Für die anderen klinisch-chemischen Variablen wurde das

Tab. 2: Versuchsaufbau sowie die Belastungsintensitäten und -zeiten in den einzelnen Versuchphasen während einer Belastungseinheit

Versuchsphase	Gerät	Zeitpunkt	Belastungsintensität je Belastungseinheit			
3 Wochen	Führmaschine	täglich	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			10	1,70	2,80	10
Aufbauphase	Führmaschine	alle 4 Tage	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			10	1,92	3,23	4
1. Versuchsphase	Laufband	1 und 7 Tag	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			4	2,33	3,23	4
Stufenbelastungstests I A und I B	Laufband	3 und 4 Tag	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			4	2,33	3,23	4
Intensive Belastung	Laufband	2, 4 und 6 Tag	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			4	2,33	3,23	4
Zwischenphase	Führmaschine	5 Tage	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			10	1,70	2,80	0
2. Versuchsphase	Laufband	1 und 3 Tag	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			4	3,75	4,17	4
Stufenbelastungstests II A und II B	Laufband	Tag 2	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			4	2,33	3,23	4
Intensive Belastung	Laufband	1 und 3 Tag	Zeit (min)	v (m/s)	Steigung (°)	
			4	2,33	3,23	4

Blut aus der Vena jugularis externa mittels Na-Heparinart-Vacutainer-Röhrchen (Becton-Dickinson®) vor und sofort nach Ende aller Stufenbelastungstests gewonnen. Zusätzlich fanden nach den beiden Stufenbelastungstests der ersten Versuchsphase Blutentnahmen 15 min nach Belastungsende, nach dem ersten Stufenbelastungstest II A und der intensivsten Belastung der zweiten Versuchsphase Blutentnahmen 30 und 60 min sowie 24 h nach Belastungsende statt. Die Blutproben wurden bei 4 °C gelagert und noch am selben Tag zentrifugiert; das Plasma wurde bis zur Ana-

Tab. 3: Angewandte Geräte und Methoden zur Bestimmung von Blutvariablen sowie deren Variationskoeffizienten (in %)

Variable	Bestimmungsmethode	Gerät	VK
Creatinkinase	Optimierte Standardmethode (Electro Nucleonics ER 2-59)	Flexigem Autoanalyser	<5
Harnstoff	Kinetischer UV-Test (Electro Nucleonics R 5-6)	Flexigem Autoanalyser	<5
Glucose	Glucose-DH (Electro Nucleonics ER 3-8)	Flexigem Autoanalyser	<5
Creatinin	Methode nach Jaffe ohne Entweißung (Electro Nucleonics ER 4-65)	Flexigem Autoanalyser	<5
Gesamteiweiß	Buret-Reaktion (Merck 3327)	Flexigem Autoanalyser	<5
Magnesium	Xylyldyl-biau Reaktion (Merck 3338)	Eppendorf-Photometer	<5
Kalium	potentiometrisch (Nova 8124)	Nova Autoanalyser	<5
Phosphat	Molybdän-biau Reaktion (Merck 3331)	Eppendorf-Photometer	<5

lyse bei $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ gelagert. Aus den venösen Blutproben erfolgte die Messung von Creatinkinase (CK), Creatinin, Harnstoff, Gesamteiweiß, Glucose, Magnesium (Mg), Kalium (K) und Phosphor (P).

Analysen

Laktat wurde mit einem EPOS-Analyzer 5060 (Testkit Testomar-Laktat von Behring) bestimmt. Die Methoden und Geräte für die Messung der anderen Blutvariablen können Tabelle 3 entnommen werden.

Statistik

Der statistische Vergleich der Mittelwerte zwischen der Kontroll- und der Versuchsgruppe erfolgte gesondert für jeden Meßzeitpunkt mittels unabhängiger t-Tests.

Ergebnisse

Akzeptanz

Die Ergebnisse zur Untersuchung der Akzeptanz des Getränks sind in der Abbildung 1 dargestellt. Von den 100 Pferden nahmen 74 von Anfang an das getestete Getränk auf. Nach 5 Tagen tranken es sogar 86 Pferde regelmäßig. Insgesamt verweigerten 8 Pferde die Aufnahme des Getränks vollständig, 6 zeitweise. Die Verdünnung des Getränks spielte keine Rolle bei der Akzeptanz durch die Pferde. Relativ gesehen war der Anteil Pferde, der das

Getränk nicht aufnahm, höher, wenn es über die Tränke gegeben wurde. Alle Pferde, die das Getränk nach einem Rennen bekamen, nahmen es auch vollständig auf.

Herzfrequenz und Stoffwechsel während und nach der Belastung

Laktat- und Herzfrequenz

Die Herzfrequenz konnte wegen des Ausfalls der Meßeinrichtung nur bei 23 der 32 Tests kontinuierlich gemessen werden (Tab. 4).

a) Erste Versuchsphase

Die Kontrollgruppe hatte während des ersten Stufenbelastungstests I A nach der dritten und vierten Belastungsstufe geringfügig höhere Laktatwerte als die Versuchsgruppe (nicht signifikant). Im zweiten Stufenbelastungstest I B dieser Versuchsphase waren die gemessenen Laktatspiegel nach den einzelnen Stufen bei beiden Gruppen fast gleich hoch (Abb. 2). Sie erreichten Durchschnittswerte um 7 mmol/l Laktat.

Nach der zweiten intensiveren Belastung der ersten Versuchsphase wurden bei der Kontrollgruppe im Blut maximale Laktatspiegel von $13,6 \pm 2,4$ mmol/l gemessen, bei der Versuchsgruppe $11,0 \pm 2,2$ mmol/l (kein signifikanter Unterschied).

Tab. 4: Herzfrequenz (Mittelwert \pm Standardabweichung, Anzahl Beobachtungen) bei der Versuchs- und Kontrollgruppe während und nach den Belastungstests

	Versuchsgruppe				Kontrollgruppe			
	x	\pm	s	n	x	\pm	s	n
1. Versuchsphase								
1. Stufenbelastungstest I A								
1. Stufe	117		16,4	2	139	—		1
2. Stufe	136		16,3	2	146	29,0		2
3. Stufe	150		6,4	2	155	19,1		2
4. Stufe	169		22,6	2	184	15,6		2
15 min. nach Belastung	58		2,5	4	61		1,3	4
2. Stufenbelastungstest I B								
1. Stufe	111		8,5	3	115		6,4	3
2. Stufe	125		1,4	2	128		7,8	3
3. Stufe	137		10,1	3	147		7,6	3
4. Stufe	177		18,2	3	181		13,0	3
15 min. nach Belastung	58		2,9	3	64		14,8	4
2. Versuchsphase								
1. Stufenbelastungstest II A								
1. Stufe	139		8,6	3	151		19,0	3
2. Stufe	147		6,6	3	160		20,1	3
3. Stufe	159		9,2	2	178		17,8	3
4. Stufe	169		12,7	2	191		17,1	3
15 min. nach Belastung	63		12,8	4	71		5,3	4
2. Stufenbelastungstest II B								
1. Stufe	137		14,4	4	150		16,3	2
2. Stufe	144		13,6	4	156		7,8	2
3. Stufe	157		15,2	4	172		16,3	2
4. Stufe	170		12,6	4	182		29,7	2
15 min. nach Belastung	83		9,2	4	82		6,4	3

Auch das Verhalten der Herzfrequenz bei ansteigender Intensität der Belastung während der Stufenbelastungstests zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Tab. 4). Sie erreichten in der vierten Stufe der Stufenbelastungstests durchschnittliche Werte um 180 Herzschläge/min.

Die Pferde hatten in beiden Gruppen 15 min nach der Belastung wieder eine Herzfrequenz um 60 Schläge/min.

b) Zweite Versuchssphase
Im Gegensatz zur ersten Versuchssphase zeigten sich beim 1. und 2. Stufenbelastungstest der zweiten Versuchssphase von der Tendenz her deutlichere Unterschiede zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (Abb. 3; Tab. 4).

Die Laktatkonzentration sowie die Herzfrequenz stiegen mit zunehmender Belastungsintensität bei der Kontrollgruppe höher als bei der Versuchsgruppe, wenngleich alle Unterschiede statistisch nicht signifikant waren. Während bei der Versuchsgruppe nach der letzten Stufe beider Stufenbelastungstests mittlere Laktatkonzentrationen im Blut von unter 6 mmol/l gemessen wurden, hatte die Kontrollgruppe durchschnittlich über 7 mmol/l (Abb. 3). Im ersten Stufenbelastungstest II A zeigten die Pferde der Versuchsgruppe im Mittel Herzfrequenzen unter 170 Schläge/min, die Pferde der Kontrollgruppe dagegen über 190 Schläge/min (Tab. 4).

Auch im Stufenbelastungstest II B waren die Herzfrequenzen der Pferde in der Kontrollgruppe immer um etwa 10 Schläge/min höher als bei der Versuchsgruppe.
Im Anschluß an die intensivere Belastung im Rahmen der zweiten Versuchssphase gab es keinen signifikanten Unterschied in der mittleren maximalen Laktatkonzentration zwischen beiden Gruppen (11,6 ± 3,2 bei der Kontroll- sowie 12,6 ± 1,8 mmol/l bei der Versuchsgruppe).

Creatinkinase (CK), Creatinin, Harnstoff, Gesamtprotein, Glucose, Magnesium (Mg), Kalium (K), Phosphat (P)

a) Erste Versuchssphase

In Ruhe
Vor beiden Stufenbelastungstests in dieser Versuchsphase gab es in einer der Pferdegruppen, bedingt durch jeweils ein Pferd, höhere Mittelwerte für die CK-Aktivität als nach den Belastungen (261 U/l vor dem Stufenbelastungstest I A bei der Kontrollgruppe und 339 U/l vor dem Stufenbelastungstest I B bei der Versuchsgruppe) (Tab. 5). Außerdem konnten an diesen Pferden jedoch keine klinischen Anzeichen einer Muskelszierung festgestellt werden. Die Creatininhaltelagen bei der Kontrollgruppe vor dem ersten Stufenbelastungstest I A signifikant höher als bei der Versuchsgruppe. Alle anderen gemessenen Blutvariablen zeigten zu diesem Zeitpunkt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Nach Belastung

Nur Creatinin verhielt sich signifikant unterschiedlich zwischen den Pferdegruppen nach dem ersten Stufenbelastungstest IA (Tab. 5). Der Gehalt war sowohl sofort als auch 15 min nach Ende der Belastung bei der Kontroll-

gruppe höher. Außerdem hatte die Kontrollgruppe 15 min nach der Belastung einen signifikant höheren Glucosegehalt im Blut als die Versuchsgruppe. Die Veränderungen der Blutvariablen nach dem zweiten Stufenbelastungstest bei beiden Gruppen überein (Tab. 5).

b) Zweite Versuchssphase
In Ruhe

Sowohl vor dem ersten und zweiten Stufenbelastungstest der zweiten Versuchssphase als auch vor dem intensiveren Belastung stimmten die Werte der klinisch-chemischen Blutvariablen in beiden Gruppen überein. Der Ruhewert vor dem zweiten Stufenbelastungstest II B ist mit dem Wert 24 Stunden nach der intensiveren Belastung identisch.

Nach Belastung

Zu den verschiedenen Zeitpunkten nach dem ersten Stufenbelastungstest II A sowie nach der intensiveren Belastung zwischen den beiden Stufenbelastungstests verändern sich die Werte der Blutvariablen bei beiden Gruppen in gleicher Weise (Tab. 6). Ausnahmen bildeten der höhere Glucose- und niedrigere K-Gehalt bei der Versuchsgruppe sofort bzw. 30 min nach Belastung. Nach 24 Stunden lagen bis auf einen niedrigeren Mg-Gehalt bei der Versuchsgruppe alle Werte der Blutvariablen wieder auf dem Ausgangsniveau.

Diskussion

Das gepulste energiereiche Elektrolytgetränk wurde in 1 kg schweren Tetrapak®-Packungen zur Verfügung gestellt. Da dies auch die Packungsgroße für den geplanten Vertrieb sein sollte, erfolgten alle Arbeiten mit dieser Menge ohne Rücksicht auf eventuelle andere physiologische Wirkungen des Getränks mit anderen Dosierungen. Ein Nachteil der flüssigen Konsistenz des energiereichen Elektrolytgetränks ist sicherlich das relativ große Volumen der Packung. Das wird wahrscheinlich auch ein wichtiger Grund sein, weshalb auf dem deutschen Markt die meisten vergleichbaren Produkte in Pulver- oder Granulatform angeboten werden. Die sehr einfache und vielfältige Verabreichungsform dieses Getränks sowie die sichere Löslichkeit in Wasser können aber als großer Vorteil angesehen werden. Einige der Trainer gaben das Getränk nach dem Versuch mit Erfolg ohne jede Verdünnung. Durch Einnahme der Energieträger und der Mineralstoffe in einem Fruchtsaftkonzentrat wird der zum Teil unangenehme Eigengeschmack der Stoffe anscheinend so gut maskiert, daß die meisten Pferde in dieser Untersuchung das Getränk aufnahmen. Vor dieser Untersuchung wurde die Akzeptanz für mehrere, vom selben Hersteller zubereitete Getränkmischungen getestet. Der Erfolg war sehr wechselnd und durchweg unbefriedigend. Der Anteil Pferde, der die jeweiligen Getränke aufnahm, schwankte zwischen 25 und 50 Prozent (Lindner, unveröffentlicht). Der Eigengeschmack der Stoffe behagte den Pferden offenbar nicht. Die einzelnen Energieträger und Mineralstoffe müssen also erst schmackhaft gemacht werden. Kollie (1984) prüfte ebenfalls

Tab. 5: Veränderung von Blutvariablen nach den beiden Stufenbelastungstests der 1. Versuchsphase im Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (n = 4; Mittelwert ± Standardabweichung)

1. Versuchsphase	1. Stufenbelastungstest I A		Kontrollgruppe		vor Testbeginn		sofort nach Belastungsende		15 min nach Belastungsende							
	X	S	X	S	X	S	X	S	X	S						
CK-Aktivität	111	44	173*	10	7.08	1.36	78.75	4.19	5.67	0.75	0.71	0.07	4.5	0.7	1.04	0.09
Creatinin	261	360	146*	6	7.10	1.29	76.50	4.12	4.66	0.34	0.66	0.06	4.4	0.3	0.90	0.13
Harnstoff	111	44	173*	10	7.08	1.36	78.75	4.19	5.67	0.75	0.71	0.07	4.5	0.7	1.04	0.09
Gesamteiweiß	113	56	130	9	5.80	0.53	67.25	9.29	4.72	0.25	0.66	0.09	4.1	0.1	1.05	0.24
Glucose	82	12	148	13	5.80	0.36	73.67	8.33	5.07	0.09	0.69	0.06	4.3	0.1	1.23	0.32
Magnesium	79	6	143	13	6.00	0.41	68.25	6.08	4.78	0.14	0.66	0.08	3.8	0.3	1.09	0.28
Kalium	113	56	130	9	5.80	0.53	67.25	9.29	4.72	0.25	0.66	0.09	4.1	0.1	1.05	0.24
Phosphat	82	12	148	13	5.80	0.36	73.67	8.33	5.07	0.09	0.69	0.06	4.3	0.1	1.23	0.32

* Signifikanter Unterschied der Mittelwerte zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe (P < 0.05).

Die Akzeptanz unterschiedlicher Tränken und hatte ähnliche Erfolge. Am bereitwilligsten nahmen Pferde nach der Belastung reines Wasser auf. Das sehr wählerische Verhalten von Pferden mit ihren Problemen für die Aufnahme von Futterzusätzen aller Art ist aus der Praxis gut bekannt. Körperliche Belastungen unterschiedlicher Intensität und Dauer werden verwendet, um die Wirkung von Futtermitteln und Zusätzen auf Parameter der körperlichen Leistungsfähigkeit zu untersuchen (White et al. 1978; Topcliff et al. 1983; Keil et al. 1986; Glade, 1989; Urhansen et al. 1989). Die Belastungen sollen das Gleichgewicht von Stoffwechselabläufen stören und/oder einen mehr oder weniger kurzfristig erhöhten Bedarf an Energie, Aminosäuren, Mineralstoffen und Vitaminen hervorruhen. Die Wirksamkeit der Supplementierung wurde an Hand unterschiedlicher Variablen geprüft. In den meisten Fällen geschah dies über die Bestimmung von Enzymen, Metaboliten, Mineralstoffen sowie Hormonen (Hintz et al. 1978; Keil et al. 1986; Rose et al. 1986; Steinacker et al. 1988; Urbansen et al. 1989; Lehmann et al. 1990). Auch durch Prüfung von Variablen des Immunsystems konnte beim Menschen die Wirksamkeit von Zusätzen auf die körperliche Leistungsfähigkeit festgestellt werden (Berg et al. 1985; Liesen et al. 1989). Die Laktatkonzentration im Blut und die Herzfrequenz erlauben bei einer bestimmten Belastung Aussagen über die körperliche Anstrengung und Leistungsfähigkeit (Pamidorf et al. 1980; Thornton, 1985). Bei gleicher submaximaler Belastung sind beim leistungsfähigeren Organismus Laktatkonzentration und Herzfrequenz niedriger. Ferner kehren beide Werte nach Belastungsende schneller auf das Ausmaß der Belastung zurück als bei Pferden mit geringerer Leistungsfähigkeit (Balyi et al. 1987; Gysin et al. 1987; Szarska, 1981). In dieser Untersuchung konnten wir in den Stufenbelastungstests der ersten Versuchsphase weder für Laktat noch für die Herzfrequenz während und nach der Belastung Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen. Ebenso hatten die zwei intensiven anaeroben Belastungen im zweiten Stufenbelastungstest (I B) im Vergleich zum ersten (I A) keinen Einfluß auf das Verhalten der Herzfrequenz und der Laktatkonzentration. Die Intensität der Belastungen reichte nicht aus, um eventuelle Unterschiede in der aeroben Leistungsfähigkeit der Pferde hervorzuufen. In der zweiten Versuchsphase wurde daraufhin die Belastungsintensität bei den Stufenbelastungstests erhöht und der Zeitraum für die Erholung nach einer intensiven anaeroben Belastung auf 24 Stunden verkürzt. Dadurch konnten deutlichere Unterschiede beim Verhalten der Herzfrequenz sowie der Laktatkonzentration zwischen den beiden Pferdeguppen unter Belastung festgestellt werden. Die niedrigeren Laktatkonzentrationen und Herzfrequenzen in allen Stufen der Belastungstests deuten an, daß die Pferdeguppe, die mit dem Getränk versorgt wurde, leistungsfähiger war. Der Zeitraum von 24 Stunden zwischen der intensiveren anaeroben Belastung und dem zweiten Stufenbelastungstest (II B) reichte jedoch anscheinend vollkommen aus, um eine Erholung bei allen Pferden zu erlauben. Weder im Verhalten der Herzfrequenz noch des Stoffwechsels konnten Unterschiede zwischen den beiden Stufenbelastungstests in dieser Versuchsphase festgestellt werden.

Hauptursache für die beobachteten Ergebnisse könnte die mit dem Getränk zugeführte, schnell verfügbare Energie sein. Mit 1 kg des Getränks nahmen die Pferde ca. 1,9 MJ verdauliche Energie auf, was etwa 2,5 % der über die Ration täglich aufgenommenen verdaulichen Energie bzw. 2,9 bis 3,3 % des errechneten Energiebedarfs entspricht. Die zusätzliche Energie kann direkt in den Energiestoffwechsel eingehen, den Abbau der Stoffwechselprodukte sowie das Auffüllen der Energiedepots unterstützen und die intestinale Resorption von Flüssigkeit sowie Mineralstoffen, die sich noch im Darm befinden, erleichtern (*Bombardieri et al., 1984; Candas et al., 1986; Keul et al., 1986; Meyer, 1987 b; Michell, 1983*).

Die für eine Aussage über die Wirksamkeit des Getränks gewählten anderen klinisch-chemischen Blutvariablen zeigten keine Unterschiede zwischen den Gruppen. Für die Ruhewerte war dies aufgrund des guten Versorgungsstatus der Pferde allgemein schon zu erwarten. Aber auch die Veränderungen der Blutwerte zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Belastung ergaben keinen Hinweis auf einen Einfluß des Getränks. In dieser Untersuchung reagierten die Laktatkonzentration und die Herzfrequenz empfindlicher als alle anderen gemessenen Variablen. Ein Nachweis

der Wirksamkeit solcher Präparate könnte noch besser gelingen, wenn Pferde Belastungen ausgesetzt würden, wie sie z. B. bei Distanzritten, Vielseitigkeitsprüfungen oder Rennen auftreten. Die Mineralstoffverluste über den Schweiß, der Energieverbrauch, sowie die Intensität der Stoffwechselprozesse sind dabei sicherlich um ein Vielfaches höher als bei den Belastungsintensitäten und -zeiten, die in dieser Untersuchung verwendet wurden. Auf alle Fälle deutet sich in unserer Untersuchung an, welcher Aufwand betrieben werden muß, um Wirksamkeitsnachweise von Supplementierungen zu erbringen, wenn die Pferde gut gefüttert und gehalten werden.

Unbeantwortet bleibt die Frage, ob bei Verabreichung einer größeren Menge des energiereichen Elektrolytgetränks deutlichere Effekte aufgetreten wären. Es ist auch nicht auszuschließen, daß ein im Hinblick auf den Stoffwechsel während und nach der Belastung günstiger Effekt der Verabreichung von Flüssigkeiten gar nicht ausgenutzt werden konnte. Um sicher zu sein, daß die Pferde während des gesamten Versuchszeitraums das Getränk aufnahmen, sowie aus arbeitstechnischen Gründen (Gruppenhaltung) wurde das Getränk anstatt in hypo- bis isotonischer Lösung immer nach der Belastung über das Futter verab-

Tab. 6: Veränderung von Blutvariablen nach dem ersten Stufenbelastungstest der 2. Versuchsphase und der intensiveren Belastung 24 Stunden später im Vergleich zwischen Versuchs- und Kontrollgruppe (je n=4; Mittelwert ± Standardabweichung)

2. Versuchsphase	CK-Aktivität U/l		Creatinin µmol/l		Harnstoff mmol/l		Gesamteiweiß g/l		Glucose mmol/l		Magnesium mmol/l		Kalium mmol/l		Phosphat mmol/l	
	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s	x	s
1. Stufenbelastungstest II A																
Kontrollgruppe																
vor Testbeginn																
	86	24	136	11	5.30	1.09	63.50	3.42	4.93	0.57	0.88	0.09	4.8	0.3	0.91	0.18
sofort nach Belastungsende																
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30 min nach Belastungsende																
	74	20	171	10	5.48	1.15	67.00	7.39	5.98	0.26	0.84	0.12	3.7	0.4	0.80	0.22
60 min nach Belastungsende																
	115	80	172	8	5.63	1.24	65.25	8.62	5.68	0.14	0.85	0.10	3.8	0.2	0.73	0.18
24 Std. nach Belastungsende																
	75	14	135	21	5.13	0.92	60.00	4.55	5.02	1.08	0.91	0.10	4.0	0.2	0.89	0.17
Versuchsgruppe																
vor Testbeginn																
	83	12	139	14	5.57	0.62	63.25	4.50	4.80	0.48	0.77	0.07	4.5	0.5	0.93	0.13
sofort nach Belastungsende																
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30 min nach Belastungsende																
	95	32	161	16	5.75	0.48	63.00	4.32	5.73	1.44	0.75	0.07	3.7	0.3	0.85	0.15
60 min nach Belastungsende																
	115	78	156	17	5.83	0.46	62.00	3.92	5.43	1.47	0.76	0.05	3.9	0.4	0.79	0.07
24 Std. nach Belastungsende																
	84	12	123	15	5.00	0.42	58.75	5.19	4.38	0.20	0.83	0.14	3.5	0.6	1.03	0.20
Intensivere Belastung																
24 Std. nach dem																
1. Stufenbelastungstest II A																
Kontrollgruppe																
vor Belastungsbeginn																
	75	14	135	21	5.13	0.92	60.00	4.55	5.02	1.08	0.91	0.10	4.0	0.2	0.89	0.17
sofort nach Belastungsende																
	94	5	140	12	6.08	2.06	65.00	2.94	5.08*	1.35	0.97	0.11	4.7	0.4	1.02	0.16
30 min nach Belastungsende																
	84	17	147	5	5.93	1.52	61.50	7.55	4.78	0.65	0.80	0.11	3.7*	0.4	0.86	0.09
60 min nach Belastungsende																
	94	34	144	10	5.50	1.13	62.00	8.89	4.55	0.40	0.84	0.16	3.0	0.3	0.75	0.09
24 Std. nach Belastungsende																
	81	10	141	17	6.30	1.60	63.75	5.68	4.59	0.25	0.92*	0.05	4.1	0.2	0.85	0.12
Versuchsgruppe																
vor Belastungsbeginn																
	84	12	123	15	5.00	0.42	58.75	5.19	4.38	0.20	0.83	0.14	3.5	0.6	1.03	0.20
sofort nach Belastungsende																
	93	14	151	15	5.03	0.37	63.00	6.38	7.57	1.05	0.86	0.15	4.4	0.5	1.21	0.13
30 min nach Belastungsende																
	133	93	151	21	5.18	0.36	58.75	5.06	6.28	1.40	0.78	0.11	3.0	0.2	0.96	0.19
60 min nach Belastungsende																
	83	12	144	19	5.15	0.26	59.50	3.42	5.11	1.00	0.82	0.10	2.9	0.2	0.87	0.17
24 Std. nach Belastungsende																
	131	86	128	16	5.32	0.33	61.25	3.95	4.84	0.51	0.77	0.05	4.0	0.2	0.99	0.08

* Signifikanter Unterschied der Mittelwerte zwischen Kontroll- und Versuchsgruppe ($p < 0.05$).

reich. Untersuchungen beim Menschen zeigen, daß die Zufuhr von Wasser, hypo- und isotoner, sowie in geringem Maße auch hypertoner Getränke zu einem geringeren Anstieg der Herzfrequenz während der Belastung führt und eine Verringerung des Plasmavolumens verhindert, so daß eine normale Hämodynamik aufrechterhalten bleibt (Candas et al., 1986).

Schlußfolgernd kann gesagt werden, daß das gepöflte Getränk eine hohe Akzeptanz bei Pferden hatte und daß mit den Belastungen der zweiten Versuchspphase Ergebnisse vorliegen, die auf einen günstigen Einfluß des flüssigen Supplements auf die Ausdauerleistungsfähigkeit hinweisen. Allerdings ist aufgrund der geringen Tierzahl pro Gruppe eine statistisch ausreichende gesicherte Aussage hierzu nicht möglich.

Literatur

- Bailey, W. M., Grant, B. D., und Pearson, R. C.: 1987: Lactate concentrations in Thoroughbred horses following maximal exercise under field conditions. *Equine Exercise Physiology 2*, ICEEP Publications 426-437.
- Berg, A., Lais, M., Huber, G., und Keul, J. (1985): Wirkungsweise von Regazell-Energie auf den Regenerationsstoffwechsel von Ausdauerleistungssportlern. *Leistungssport* 6, 53-58.
- Bombardieri, E. R., Battistessa, F., Crippa, G., und Esposito, G. (1984): The effects of an energy stimulator on blood electrolytes and lactate levels in athletes under training. *Acta Vit. Enzym.* 6, 57-61.
- Candas, V., Libert, J. P., Brandenburger, G., Sagot, J. C., Amoros, C., und Keul, J. M. (1986): Hydration during exercise. Effects on thermal and cardiovascular adjustment. *Eur. J. Appl. Physiol.* 55, 113-122.
- Glade, M. J. (1989): Effects of specific amino acid supplementation on lactic acid production by horses exercised on a treadmill. *Proc. 11th Eq. Nutr. and Phys. Soc. Symp.* 244-249.
- Gysin Jasmijn, Isler, R., und Straub, R. (1987): Beurteilung der Leistungs-kapazität und Festlegung der Trainingsintensität bei Sportpferden mittels Pulsfrequenzanzeigegeräten und Plasmalaktatbestimmungen. *Pferdeheilkunde* 43, 193-200.
- Hintz, H. F., Ross, M. W., Lesser, F. R., Leids, P. F., White, K. K., Lowe, J. E., Shorr, C. E., und Schryver, H. F. (1978): The value of dietary fat for working horses (I). *Biochemical and hematological evaluations.* *J. Eq. Med. Surg.* 11, 483-488.
- Keul, J., Berg, A., Lehmann, M., Dickhut, H.-H., Huber, G., und Jakob, E. (1986): Die Wirkung von Dextrose und Maltose auf kardiozirkulatorische, metaboli-sche und hormonelle Größen im Blut sowie die Leistungsfähigkeit bei Ergometrarbeit. *Akt. Ernährung* 11, 145-152.
- Kölle, H. (1984): Über die Fütterungspraxis von Hochleistungspferden sowie Trinkwasserentnahme (mit und ohne Salz/Glucosezusatz) bei Pferden während und nach körperlicher Belastung. *Hannover (Diss.)*.
- Lehmann, M., Dickhut, H.-H., Gendtsch, G., Lazar, W., Thum, M., Ar-mend, J. F., Huonker, M., Jakob, E., Dürr, H., Stobbsausen, W., Wieland, H., und Keul, J. (1990): Training-Übertraining. Eine prospektive, experimentelle Studie mit erfahrenen Mittel- und Langstreckenläufern. *Dtsch. Zts. Sportmedizin* 41, Nr. 4.
- Liesen, H., Riedel, R., Wiedenmeyr, W., Order, U., Mücke, Sr., und Geiss, S. (1989): Untersuchungen zur Substitution und präventiven medikamentösen Behandlung im Hochleistungssport. *Sport: Rettung und Risiko für die Gesundheit* Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 531-538.
- Lindner, A., und Krüger, J. (1990): Verwendung des 2-Strecken-Tests bei Galopprennpferden zur Bestimmung des körperlichen Leistungszustands. *Pferdeheilkunde* 6, 179-188.
- Meyer, H. (1987 a): Nutrition of the equine athlete. *Equine Exercise Physiology (2)*, ICEEP Publications, 644-673.
- Meyer, H. (1987 b): Fütterung von Vielseitigkeits- und Distanzpferden. *Der Praktische Tierarzt* 2, 16-28.
- Der Praktische Tierarzt 2, 16-28.
- Mitchell, A. R. (1983): Understanding fluid therapy. *Irish Vet. J.* 37, 94-103.
- Pannendorf, H., Schneider, J., Möhring, B., und Werner, G. (1980): Zum Verhalten der Milchsäurekonzentration im Blut beim Training von Galopprennpferden. *Mh. Ver. Med.* 35, 734-739.
- Putnam, M. E. (1986): The role of vitamins in nutrition of performance horses. *Modern vet. practice*, 121-124.
- Ross, R. J. (1986): Endurance exercise in the horse. A review. *Part I. Br. Vet. J.* 142, 532-541.
- Rose, R. J., Gibson, K. T., und Stamm, C. J. (1986): An evaluation of an oral glucose-glycine-electrolyte solution for the treatment of experimentally induced dehydration in the horse. *Ver. Rec.* 119, 522-525.
- Snow, D. A. (1985): Biochemical basis of fatigue in racing animals and compounds that may influence performance by affecting muscle metabolism. *Proc. 6th Intern. Conf. of racing analysts and veterinarians*, Hong Kong, 15-24.
- Stechmacker, J. M., Grimmer-Frichs, M., und Grimmer, A. (1988): Plasmalektrolyte und Elektrolytbalancen bei Leichtgewichtsrudern. *Dtsch. Zts. Sportmedizin* 40, 136-141.
- Szarska, E. (1981): An attempt to establish metabolic indices useful in evaluating the training of Thoroughbred racehorses. *Z. Ver. Med.* A. 28, 750-759.
- Thomson, J. R. (1985): Exercise testing. *Ver. Clin. of North America. Equine Practice* 1, 573-595.
- Topcliff, D. R., Potter, G. D., Dunson, T. R., Kreider, J. L., und Jessup, C. T. (1983): Diet manipulation and muscle glycogen in the equine. *Proc. 8th Eq. Nutr. and Phys. Soc. Symp.*, 119-124.
- Uthausen, A., Stein, R., Bryo, G., und Kindermann, W. (1989): Metabolismus und hormonelles Verhalten bei Ausdauertrainierten unter Testosteronapplikation. *Dtsch. Zts. Sportmedizin* 40, 312-320.
- White, K. K., Shorr, C. E., Hintz, H. F., Ross, M. W., Lesser, F. R., Leids, P. F., Lowe, J. E., und Schryver, H. F. (1978): The value of dietary fat for working horses (II). *Physical evaluation.* *J. Eq. Med. Surg.* 2, 525-530.
- Die Autoren danken den Trainern J. Albrecht, R. Ording, H. Remmert, P. Remmert, B. Schütz, M. Weber und R. Werning für ihre Unterstützung bei dieser Arbeit. Außerdem sind die Autoren Herrn Walter Schmitz für die großzügige Unterstützung dieser Arbeit sehr zu Dank verpflichtet.
- A. Lindner
Institut für Anatomie
Physiologie und Hygiene der Haustierte
Katzenburgweg 7-9
D-5300 Bonn 1