

Effekt der Beanspruchung auf dem Laufband im Wasser auf biochemische und physiologische Variablen von Pferden

Arno Lindner¹, Silke Wäschle¹ und Hermann H. L. Sasse²

Arbeitsgruppe Pferd, Jülich¹ und Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Gießen²

Zusammenfassung

89 Pferde wurden mehrmals auf einem Laufband im Wasser belastet. 78 dieser Pferde wurden wegen klinischer Indikationen für die Rehabilitation im Wasserlaufband vorgestellt, 11 sollten darauf trainiert werden. Je 10 Pferde führten nach dem Zufallsprinzip eine der Belastungen mit den folgenden Kombinationen von Parametern durch: Wasserhöhe am Pferd (Buggelenkshöhe, 50% oder 80% der Widerristhöhe), Geschwindigkeit des Laufbandes (3,6, 4,6 oder 5,6 km/h) und Dauer der Belastung (10, 20 oder 30 Minuten). Gemessen wurden die Laktatkonzentration im Blut (LA), die Kreatinkinaseaktivität im Plasma (CK), und die rektale Körpertemperatur (RT) vor und nach Belastung. Die Messung der Herzfrequenz erfolgte vor der Belastung und während der Belastung. Die Werte aller Variablen waren nach Belastung erhöht ($p < 0,05$). Allerdings war die mittlere Zunahme gering: Blut LA von 1,23 auf 1,4 mmol/l, HF von 43 auf 69 Schläge/Minute, RT von 37,2 auf 37,4 °C und CK (Median) von 34,1 auf 42,3 U/l. Die niedrigen Erhöhungen hängen wahrscheinlich mit der geringen Beanspruchung der Pferde durch die Belastungen zusammen. Jedoch bleibt zu untersuchen, ob der hydrostatische Druck des Wassers und die Wassertemperatur von 20°C nicht zumindest einen Anteil an den niedrigen Werten hatten. Für die Praxis kann festgestellt werden, dass Pferde das Laufband und die Arbeit im Wasser schnell akzeptieren, die Wahrscheinlichkeit von Verletzungen während der Arbeit gering ist und Pferde mit sehr vielen unterschiedlichen Indikationen auf dem Laufband im Wasser kontrolliert gearbeitet werden können. Keine der Belastungen überforderte die Muskulatur. Das Auftreten von Lumbago, "Tying Up" oder ähnlichen Erkrankungen ist somit unwahrscheinlich.

Schlüsselwörter: Belastung, Herzfrequenz, Laktat, Laufband, Pferd, Wasser

Effect of exercise on a treadmill submerged in water on biochemical and physiological variables of horses

89 horses were submitted to exercise on a treadmill submerged in water (watertread). 78 of the horses were brought for rehabilitation measures with the watertread, 11 participated for conditioning purposes. The exercise varied in duration (10, 20 or 30 minutes), speed of the treadmill (3.6, 4.6 or 5.6 km/h) and in the water level (50% or 80% of the withers height or at the point of the shoulder, approximately 65% of the withers height). Each of the combinations of the exercise parameters had to be absolved by 10 horses. The effect of the combination of the exercise parameters was examined measuring blood lactate (LA) concentration, plasma creatine phosphokinase (CK) activity and rectal temperature (RT) before and immediately after exercise, and heart rate (HR) before and during exercise. All variables had higher values after exercise than before ($p < 0.05$). However, the mean increases were moderate: Blood LA from 1.23 to 1.4 mmol/l, HR from 43 to 69 beats/minute, RT from 37.2 to 37.4°C and plasma CK (median) from 34.1 to 42.3 U/l. The small changes are likely to be the result of the workload by the exercises applied. However, the hydrostatic pressure and temperature of the water (20°C) could have played a role in reducing the increase of the variables measured and needs further studies. Overall, the horses adapted fast to exercising on the watertread, there were no lesions related with this work and horses with many different, mainly orthopedic, ailments could be worked safely in a controlled manner on it. None of the exercise combinations used did induce muscular problems like rhabdomyolysis or tying up.

Keywords: Exercise, heart rate, horse, lactate, treadmill, water

Einleitung

Beim Menschen spielt die frühzeitige Bewegung im Wasser zur Wiederherstellung der Funktion nach orthopädischen Schäden eine große Rolle (Gleim und Nicholas 1989, Downer et al. 1999, Weimann et al. 1999). Beim Pferd sollte dies auch zutreffen (Downer 1979, Hunt 2001), jedoch ist die Voraussetzung dafür eine kontrollierte Bewegung. Dazu kann das Laufband beitragen. Vorteile gegenüber Feldbedingungen sind der geringe Platzbedarf, die Möglichkeit des ganzjährigen Trainings unter gleichen Bedingungen und der optimale Zugang zum Pferd für Trainer und Tierärzte. Laufbandtraining wird bei Pferden seit Ende des 19. Jahrhunderts betrieben. Die Zeitung "Scientific American" beschreibt 1891, wie in

Theatern und Vergnügungsparks Rennen auf mit Motoren angetriebenen Endlosbändern veranstaltet wurden. Laufbänder im Wasser hingegen gibt es erst seit ca. 25 Jahren, anfänglich vor allem in den USA. Inzwischen sind diese Geräte auch in Deutschland im Gebrauch (Stechele 1995).

Es gibt bisher nur wenige wissenschaftliche Arbeiten über die Belastung von Pferden auf einem Laufband im Wasser (Tokuriki et al. 1999, Nankervis und Williams 2002, Voss et al. 2002). Die meisten Pferde, die auf dem Laufband im Wasser belastet werden, sind Pferde, die sich in der Rehabilitationsphase befinden und somit über keine gute Kondition verfügen. Demnach sollte bekannt sein, ob die Belastung auf dem Laufband den Organismus überfordern kann. Diese Arbeit

befasste sich deshalb mit der Beanspruchung bei Belastung von Pferden auf dem Laufband im Wasser.

Material und Methoden

Insgesamt wurden für diese Studie 89 Pferde eingesetzt. Davon waren 58 Wallache (53 Warmblüter, 2 Traber, 2 Ponys, 1 Araber), 26 Stuten (25 Warmblüter, 1 Vollblut) und 5 Hengste (3 Warmblüter, 2 Araber). Das durchschnittliche Alter betrug $10,7 \pm 4,4$ Jahre. In Tabelle 1 sind die Gründe für die Einlieferung der Pferde in das Rehabilitationszentrum aufgeführt.

Die Pferde waren während der Zeit ihres Aufenthalts im Rehabilitationszentrum in Einzelboxen von 3 m x 3 m untergebracht. Sie wurden alle gleich gefüttert. Die tägliche Grundration setzte sich aus 2 bis 3 kg Krafffutter insgesamt und 1 kg Heu je 100 kg Körpergewicht zusammen. Das Heu und Krafffutter wurde auf dreimal täglich verteilt. Pferde, die es gewöhnt waren, standen auf Stroh, alle anderen auf Sägespäne. Die Pferde wurden während ihres meist zweiwöchigen Aufenthaltes außerhalb des Wasserlaufbandes nicht bewegt. Die Pferde mussten vor der ersten Messung mindestens dreimal auf dem Laufband im Wasser gegangen sein, um weitgehend zu verhindern, dass die Werte der gemessenen Variablen durch die Anstrengung, den Takt und das Gleichgewicht zu finden, verfälscht hätten sein können (Wurm et al. 2002).

Zur Verfügung stand das Wasserlaufband des Typs Aquafit nach Jung (Nehnten, Deutschland). Dieses war in einem geschlossenen Raum aufgestellt und glich einem schmalen, nach oben offenen Pferdeanhänger (Abb. 1). Die Breite des Bandes betrug 0,82 m, die gesamte Länge 7,5 m. Die Pferde betraten das Laufband von hinten (Abb. 2) und verließen es rückwärts durch eine wasserdichte Tür. Sie wurden vorne und hinten von herausnehmbaren Plastikstangen begrenzt. Die Pferde wurden entweder lose am Führstrick gehalten oder es bestand die Möglichkeit, das Pferd zusätzlich mit dem Strick an einer auf Bughöhe angebrachten Öse zu befestigen. Die direkt parallel zum Kopf stehende Person war durch die Wand des Laufbandes vor dem Pferd geschützt. Das Wasser strömte unterhalb des gummibeschichteten Laufbandes ein. Eine maximale Wasserhöhe von 1,50 m wurde in 5 Minuten erreicht, ablassen konnte man das Wasser in 45 Sekunden. Zur Spritzwasserreduzierung waren an der Tür Wellenbrecher angebracht. Die Geschwindigkeit des Laufbandes konnte von

0 m/s auf 5,5 m/s (0-19,8 km/h) stufenlos reguliert werden. Das Band war jederzeit zu stoppen und lief am Ende langsam aus, um ein Stolpern der Pferde zu verhindern. Die Wassertemperatur betrug 20 °C, die Raumtemperatur während des



Abb. 1 Laufband mit 1,50m Wasserhöhe befüllt mit Pferd unter Belastung.
Watertread with 1,50 m water level and horse in exercise from front



Abb. 2 Pferd nach dem Einführen in das Laufband und vor Schließen der hinteren Tür.
Horse after entering the watertread and before closing the hin door

Untersuchungszeitraums zwischen 15 °C und 23 °C. Um das Wasser nicht zu verschmutzen wurde den Pferden der Schweif einbandagiert und vor dem Betreten des Laufbandes die Hufe

Tab. 1 Gründe weshalb Pferde ins Rehabilitationszentrum eingestellt wurden und für die Untersuchung zur Verfügung standen
Reasons why the horses used in this study were in the rehabilitation center

| Indikation | Anzahl | Indikation | Anzahl |
|-------------------------|--------|--------------------------|--------|
| Arthritis | 2 | Kreuzbandriss | 1 |
| Chronische Lymphangitis | 1 | Rückenprobleme | 21 |
| Fesselgelenksentzündung | 1 | Sehnenscheidenverletzung | 1 |
| Gleichbeinfraktur | 1 | Spat | 2 |
| Gonitis | 1 | Tendinitis | 37 |
| Griffelbeinfraktur OP | 1 | Tendinose | 1 |
| Hufrehe | 6 | Konditionierung | 11 |
| Hufrolle | 1 | Zerrung | 1 |

ausgekratzt und gewaschen. Die Kotballen wurden während des Laufens mit einem Eimer abgefangen.

Belastungen

Die Beanspruchung der Pferde durch die folgenden Belastungen wurde geprüft:

- Dauer: 10, 20, oder 30 Minuten
- Geschwindigkeit: 3,6 km/h, 4,6 km/h und 5,6 km/h (1 m/s, 1,3 m/s und 1,6 m/s)
- Wasserhöhe: 50 und 80 % der Widerristhöhe, sowie Buggelenkshöhe (etwa 65 % der Widerristhöhe)

Jede Kombination der Belastungsparameter Geschwindigkeit, Wasserhöhe und Laufdauer sollte von 10 Pferden durchgeführt werden (insgesamt 27 Kombinationen). Sechs der Belastungen wurden jedoch nur von 9 Pferden durchgeführt, 3 Belastungen von 13 Pferden und 2 Belastungen von 11 Pferden. Die Belastungen wurden generell den Pferden nach dem Zufallsprinzip zugelost. Dies wurde erreicht, indem vor einer Belastung aus einer Tüte ein Zettel entnommen wurde, auf dem die Belastung stand, die durchzuführen war. In der Tüte befand sich für jede der Kombinationen der Belastungsvariablen (3 x Wasserhöhe, 3 x Geschwindigkeit, 3 x Dauer) ein Zettel. Allerdings kam es vor, dass die Kondition eines Pferdes als nicht ausreichend für eine der längeren und schnelleren Belastungen eingeschätzt wurde und eine langsamere und eventuell auch kürzere Belastung durchgeführt wurde. Dadurch kam es zu den geringen Abweichungen zwischen der vorgesehenen und tatsächlich durchgeführten Anzahl Belastungen für jede Kombination der Belastungsparameter. Es wurde eine Aufwärmphase von fünf Minuten festgesetzt, weil die angestrebte Wasserhöhe innerhalb von maximal fünf Minuten erreicht wurde. Anschließend begann die Zeitmessung.

Variablen

Die Beanspruchung der Pferde durch die Belastungen wurde mit den folgenden Variablen bestimmt: Herzfrequenz (HF), Laktatkonzentration im Blut (LA), Kreatinkinaseaktivität (CK) im Plasma und rektal gemessene Körpertemperatur (Rektaltemperatur, RT).

Blutprobenentnahme und Blutprobenanalyse

Die Blutprobenentnahme erfolgte aus der Vena jugularis externa direkt vor und nach der Belastung mit Hilfe einer Injektionskanüle G (Terumo, Neolus 20 G, 0,9 mm) in ein heparinisierendes Röhrchen (Lithium-Heparin, 15 IE Heparin/ml Blut, Sarstedt, Nümbrecht, Deutschland; 75x12 mm Länge x Höhe, 4 ml). Es

wurde sofort mittels genormter Micropipette (Blaubrand, intra Mark, Richtigkeit: $\leq \pm 0,25\%$; Präzision: $\leq 0,5\%$) 20 μ l des Blutes auf den Teststreifen des Accusportgeräts (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Deutschland) aufgebracht und der Wert ins Protokoll eingetragen. Jede fünfte Probe wurde zur Kontrolle der ermittelten LA doppelt gemessen und der Mittelwert verwendet. Der Variationskoeffizient der Messungen lag immer unter 10 %. Die Blutprobe wurde danach bei 5.000 g für 10 Minuten zentrifugiert. Aus dem überstehenden Plasma wurden mittels Pipette 50 μ l auf einen Teststreifen eines Reflotrongeräts verbracht, um die CK Aktivität zu messen (Roche Diagnostics GmbH, Mannheim, Deutschland).

Herzfrequenz

Die HF-Messung erfolgte kontinuierlich mittels des Polar Horsetrainer Pulsmessgeräts. Dazu wurde am Pferd ein Gummigurt mit zwei Elektroden so befestigt, dass die eine Elektrode am Brustbein auf Sattelgurthöhe und die andere Elektrode auf der linken Brustseite unter der linken Sattellage zu liegen kam. Um eine bessere Übertragung zu gewährleisten wurden die Elektroden und das Fell, auf dem sie zu liegen kamen, mit einem Schwamm angefeuchtet. Beide Elektroden waren mit einem Sender verbunden, der die HF über ein Kabel auf eine Uhr übertrug. Die ermittelte HF wurde alle 2 Minuten aufgezeichnet und der Durchschnittswert für die Dauer der Belastung ermittelt. Der Ruhewert wurde manuell an der in der Incisura facialis liegenden Vena facialis in der Box gemessen.

Rektaltemperatur

Die Messung der RT erfolgte mittels eines digitalen Thermometers (Digitemp Clinical Thermometer, Seropharma, Wesel, Deutschland) unmittelbar vor und nach der Belastung.

Statistische Auswertung

Die Ergebnisse aller Variablen außer CK waren normal verteilt. Für die Auswertung der Daten von LA, HF und RT wurde die Varianzanalyse für wiederholte Messungen eingesetzt. Bei einem signifikanten Ergebnis wurde mittels Fisher's Test geprüft, welche Belastungen sich unterschieden. Der Vergleich der CK-Aktivitäten erfolgte für jede Belastung einzeln mit dem Wilcoxon Test. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ akzeptiert. Die Daten von LA, HF und RT werden mit ihrem Mittelwert und Standardabweichung dargestellt, die der CK Aktivität mit ihrem Median, 10-, 25-, 75- und 90-Perzentilen.

Ergebnisse

Im Mittel war die LA im Blut vor der Belastung 1,23 mmol/l und stieg durchschnittlich auf 1,4 mmol/l nach der Belastung an. Der Maximalgehalt im Blut betrug 1,8 mmol/l. Die LA im Blut nach Belastung war immer signifikant höher als die vor

Tab. 2 Variablen zur Bestimmung der Beanspruchung / Variables measured in this study

| Variable | Messmethode | Zeitpunkt der Messung oder der Gewinnung der Probe |
|------------------|------------------------------|--|
| Herzfrequenz | Polar Horse Trainer® | Vor während der Belastung |
| Körpertemperatur | Rektal mit Fieberthermometer | |
| Kreatinkinase | Photometrisch, im Plasma | Vor und unmittelbar nach der Belastung (für CK |
| Laktat | Accusport®, im Vollblut | Stichprobenartig auch 8 und 24 Stunden nach Belastung) |

Belastung ($p < 0,05$). Die Abbildung 3 zeigt die mittlere LA im Blut vor und nach den verschiedenen Belastungen auf dem Laufband im Wasser. Es bestand ein Einfluss der Belastungsart auf die Veränderung der LA im Blut ($p < 0,05$). Die statistische Auswertung zwischen den verschiedenen Belastungen ist in Tabelle 3 aufgeführt. Es sind nur die Belastungen aufgelistet, die sich signifikant unterschieden.

Im Mittel betrug die HF vor Belastung 43 Schläge/min und stieg auf durchschnittlich 69 Schläge/min während Belastung an ($p < 0,05$). Die HF während Belastung war nach allen Belastungen höher als vorher ($p < 0,05$; Abbildung 4). Die Belastungsart hatten einen Einfluss auf die Höhe der Differenz zwischen der HF während und HF vor Belastung. Eine Abhängigkeit von der Belastungsart und dem Zeitpunkt der Messung war erkennbar ($p < 0,05$). In Tabelle 4 sind nur die Belastungen aufgelistet, die sich unterschieden.

Im Mittel betrug die RT vor Belastung $37,2^{\circ}\text{C}$. Sie nahm auf durchschnittlich $37,4^{\circ}\text{C}$ nach Belastung zu. Die RT war nach allen Belastungsarten höher als vor der Belastung ($p < 0,05$). In Abbildung 5 wird die mittlere RT vor und nach den verschiedenen Belastungen auf dem Laufband im Wasser dargestellt. Die RT nach Belastung verhielt sich sehr unterschiedlich bei den verschiedenen Belastungen. In der Tabelle 5 sind nur die Belastungen aufgelistet, die sich unterschieden.

Der Median der CK Aktivitäten im Plasma vor Belastung betrug 34,1 U/l. Dieser Wert erhöhte sich auf durchschnittlich 42,3 U/l nach Belastung. Die maximale Aktivität betrug 82,3 U/l. Die CK Aktivität war nach allen Belastungen signifikant erhöht ($p < 0,05$, Tab. 6), außer bei 3 Ausnahmen (10 Minuten bei 4,6 kmh und Wasser in Höhe des Bugs der Pferde, 20 Minuten bei 4,6 kmh und Wasser bei 50 % der Widerristhöhe, und 30 Minuten bei 3,6 kmh und Wasser auf Bughöhe).

Tab. 3 Belastungen, zwischen denen bei den Pferden signifikant ($p < 0,05$) differierende Zunahmen der Laktatkonzentration im Blut auftraten. *Exercises between which significant ($p < 0.05$) differences were found for the magnitude of change in the blood lactate concentration of horses.*

| Belastungen (Dauer/Geschwindigkeit/Wasserhöhe) | Mittlere Differenz (mmol/l) | Belastungen (Dauer/Geschwindigkeit/Wasserhöhe) | Mittlere Differenz (mmol/l) |
|--|-----------------------------|--|-----------------------------|
| 10/3,6/50 und 10/3,6/Bug | -3,87 | 10/4,6/Bug und 30/4,6/Bug | 0,35 |
| 10/4,6/50 und 10/4,6/Bug | -0,46 | 10/4,6/Bug und 30/5,6/50 | 0,43 |
| 10/3,6/50 und 20/4,6/50 | -0,29 | 10/4,6/Bug und 30/5,6/80 | 0,41 |
| 10/3,6/50 und 20/4,6/Bug | -3,84 | 10/4,6/Bug und 30/5,6/Bug | 0,49 |
| 10/3,6/50 und 30/3,6/Bug | -2,90 | 10/5,6/50 und 20/4,6/50 | -0,29 |
| 10/3,6/80 und 10/5,6/80 | 0,29 | 10/5,6/50 und 20/4,6/Bug | -0,38 |
| 10/3,6/Bug und 10/5,6/50 | 0,39 | 10/5,6/50 und 30/3,6/Bug | -0,29 |
| 10/3,6/Bug und 10/5,6/80 | 0,47 | 10/5,6/80 und 20/4,6/50 | -0,37 |
| 10/3,6/Bug und 20/3,6/50 | 0,39 | 10/5,6/80 und 20/4,6/80 | -0,34 |
| 10/3,6/Bug und 20/3,6/Bug | 0,34 | 10/5,6/80 und 20/4,6/Bug | -0,46 |
| 10/3,6/Bug und 20/5,6/50 | 0,35 | 10/5,6/80 und 30/3,6/Bug | -0,37 |
| 10/3,6/Bug und 30/3,6/50 | 0,36 | 10/5,6/80 und 30/4,6/50 | -0,35 |
| 10/3,6/Bug und 10/3,6/Bug | 0,31 | 20/3,6/50 und 20/4,6/50 | -0,30 |
| 10/3,6/Bug und 30/4,6/80 | 0,31 | 20/3,6/50 und 20/4,6/Bug | -0,39 |
| 10/3,6/Bug und 30/5,6/50 | 0,36 | 20/3,6/50 und 30/3,6/Bug | -0,30 |
| 10/3,6/Bug und 30/5,6/80 | 0,34 | 20/3,6/50 und 30/4,6/50 | -0,28 |
| 10/3,6/Bug und 30/5,6/Bug | 0,42 | 20/3,6/Bug und 20/4,6/Bug | -0,33 |
| 10/4,6/50 und 10/5,6/80 | 0,30 | 20/4,6/50 und 30/5,6/Bug | 0,33 |
| 10/4,6/80 und 10/4,6/Bug | -0,34 | 20/4,6/80 und 30/5,6/Bug | 0,30 |
| 10/4,6/80 und 20/4,6/Bug | -0,27 | 20/4,6/Bug und 20/5,6/50 | 0,35 |
| 10/4,6/Bug und 10/5,6/50 | 0,46 | 20/4,6/Bug und 20/5,6/80 | 0,27 |
| 10/4,6/Bug und 10/5,6/80 | 0,54 | 20/4,6/Bug und 30/3,6/50 | 0,36 |
| 10/4,6/Bug und 10/5,6/Bug | 0,32 | 20/4,6/Bug und 30/3,6/80 | 0,30 |
| 10/4,6/Bug und 20/3,6/50 | 0,46 | 20/4,6/Bug und 30/4,6/80 | 0,30 |
| 10/4,6/Bug und 20/3,6/80 | 0,30 | 20/4,6/Bug und 30/4,6/Bug | 0,27 |
| 10/4,6/Bug und 20/3,6/Bug | 0,41 | 20/4,6/Bug und 30/5,6/50 | 0,36 |
| 10/4,6/Bug und 20/5,6/50 | 0,42 | 20/4,6/Bug und 30/5,6/80 | 0,34 |
| 10/4,6/Bug und 20/5,6/80 | 0,34 | 20/4,6/Bug und 30/5,6/Bug | 0,42 |
| 10/4,6/Bug und 20/5,6/Bug | 0,30 | 30/3,6/Bug und 30/5,6/Bug | 0,33 |
| 10/4,6/Bug und 20/5,6/80 | 0,43 | 30/4,6/50 und 30/5,6/Bug | 0,31 |
| 10/4,6/Bug und 30/3,6/80 | 0,38 | 10/4,6/Bug und 30/4,6/Bug | 0,35 |
| 10/4,6/Bug und 30/4,6/80 | 0,38 | | |

Tab. 4 Belastungen, zwischen denen bei den Pferden signifikant ($p < 0,05$) differierende Zunahmen der Herzfrequenz auftraten. Exercises between which significant differences ($p < 0,05$) were found for the magnitude of change in the heart rate of horses.

| Belastungen (Dauer/Geschwindigkeit/Wasserhöhe) | Mittlere Differenz (Schläge/min) | Belastungen (Dauer/Geschwindigkeit/Wasserhöhe) | Mittlere Differenz (Schläge/min) |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| 10/3,6/50 und 10/5,6/Bug | -4,93 | 20/3,6/80 und 20/4,6/50 | -9,05 |
| 10/3,6/50 und 20/4,6/50 | -5,80 | 20/3,6/80 und 20/4,6/80 | -4,90 |
| 10/3,6/80 und 20/3,6/80 | 4,89 | 20/3,6/80 und 20/4,6/Bug | -7,04 |
| 10/3,6/Bug und 20/4,6/50 | -5,76 | 20/3,6/80 und 20/5,6/50 | -6,00 |
| 10/4,6/50 und 20/3,6/80 | 6,44 | 20/3,6/80 und 20/5,6/80 | -5,05 |
| 10/4,6/80 und 20/4,6/50 | -5,33 | 20/3,6/80 und 30/3,6/80 | -6,50 |
| 10/5,6/50 und 20/3,6/80 | 7,00 | 20/3,6/80 und 30/4,6/80 | -6,20 |
| 10/5,6/50 und 30/4,6/Bug | 4,94 | 20/3,6/80 und 30/5,6/50 | -6,44 |
| 10/5,6/80 und 20/4,6/50 | -4,74 | 20/3,6/80 und 30/5,6/80 | -6,00 |
| 10/5,6/Bug und 20/3,6/50 | 5,57 | 20/4,6/50 und 20/5,6/Bug | 6,80 |
| 10/5,6/Bug und 20/3,6/80 | 8,18 | 20/4,6/50 und 30/3,6/50 | 5,41 |
| 10/5,6/Bug und 20/2,6/Bug | 5,93 | 20/4,6/50 und 30/4,6/Bug | 6,99 |
| 10/5,6/Bug und 30/3,6/50 | 4,55 | 20/4,6/50 und 30/5,6/Bug | 4,85 |
| 10/5,6/Bug und 30/4,6/Bug | 6,12 | 20/4,6/Bug und 20/5,6/Bug | 4,79 |
| 20/3,6/50 und 20/4,6/50 | -6,44 | 20/4,6/Bug und 30/4,6/Bug | 4,98 |
| 20/3,6/80 und 20/3,6/Bug | -5,31 | | |

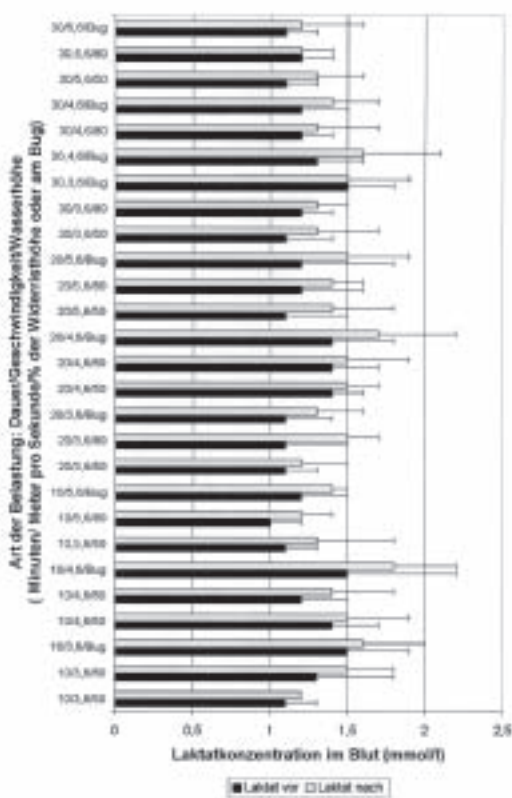


Abb. 3 LA im Blut von Pferden vor und nach verschiedenen Belastungen auf einem Laufband im Wasser (Mittelwert \pm Standardabweichung; meistens 10 Pferde für jede Kombination der Belastungsparameter: Dauer – 10, 20 oder 30 Minuten / Geschwindigkeit – 3,6, 4,6 oder 5,6 kmh / Wasserhöhe – 50 % oder 80 % der Widerristhöhe oder Bughöhe)

Blood lactate concentration of horses before and after different exercises on a water-tread (mean \pm standard deviation; for the majority of exercises 10 horses/exercise; Duration – 10, 20 or 30 minutes / speed – 3.6, 4.6 or 5.6 kmh / water height – 50% or 80% of the withers height or at the point of the shoulder)

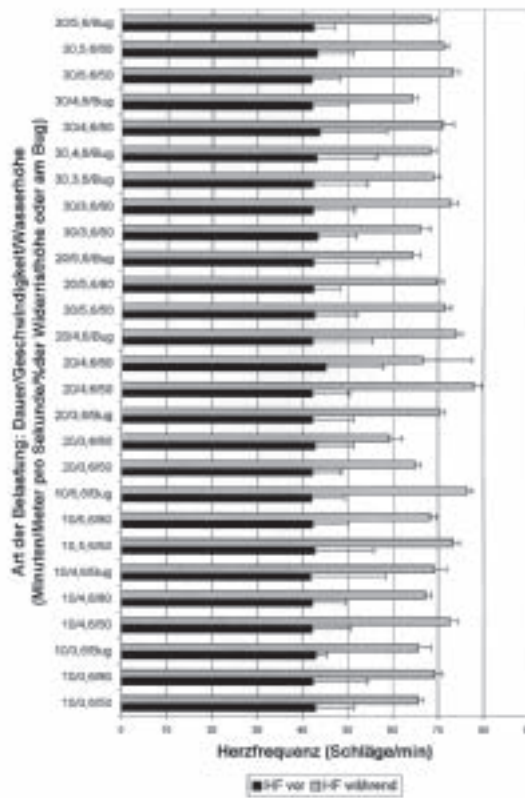


Abb. 4 HF von Pferden vor und während verschiedener Belastungen auf einem Laufband im Wasser (Mittelwert \pm Standardabweichung (meistens 10 Pferde für jede Kombination der Belastungsparameter: Dauer – 10, 20 oder 30 Minuten / Geschwindigkeit – 3,6, 4,6 oder 5,6 kmh / Wasserhöhe – 50 % oder 80 % der Widerristhöhe oder Bughöhe)

Heart rate of horses before and during different exercises on a water-tread (mean \pm standard deviation; for the majority of exercises 10 horses/exercise; Duration – 10, 20 or 30 minutes / speed – 3.6, 4.6 or 5.6 kmh / water height – 50% or 80% of the withers height or at the point of the shoulder)

Tab. 5 Belastungen, zwischen denen bei den Pferden signifikant ($p < 0,05$) differierende Zunahmen der Rektaltemperatur auftraten
Exercises between which significant differences ($p < 0.05$) were found for the magnitude of change in the rectal temperature of horses

| Belastungen (Dauer/Geschwindigkeit/Wasserhöhe) | Mittlere Differenz (°C) | Belastungen (Dauer/Geschwindigkeit/Wasserhöhe) | Mittlere Differenz (°C) |
|---|----------------------------|---|----------------------------|
| 10/3,6/50 und 20/4,6/Bug | 0,24 | 10/4,6/50 und 30/3,6/80 | 0,28 |
| 10/3,6/80 und 20/3,6/50 | -0,32 | 10/4,6/50 und 30/5,6/80 | 0,26 |
| 10/3,6/Bug und 10/4,6/50 | -0,41 | 10/4,6/80, 20/3,6/50 | -0,39 |
| 10/3,6/Bug und 10/5,6/50 | -0,32 | 10/4,6/80 und 20/5,6/50 | -0,26 |
| 10/3,6/Bug und 20/3,6/50 | -0,51 | 10/4,6/80 und 30/3,6/50 | -0,25 |
| 10/3,6/Bug und 20/5,6/50 | -0,39 | 10/4,6/Bug und 20/3,6/50 | -0,45 |
| 10/3,6/Bug und 30/3,6/50 | -0,38 | 10/5,6/50 und 20/4,6/Bug | 0,27 |
| 10/3,6/Bug und 30/4,6/50 | -0,33 | 10/5,6/50 und 20/5,6/80 | 0,25 |
| 10/3,6/Bug und 30/5,6/50 | -0,36 | 10/5,6/80 und 20/3,6/50 | -0,33 |
| 10/4,6/50 und 10/4,6/80 | 0,28 | 10/5,6/Bug und 20/3,6/50 | -0,24 |
| 10/4,6/50 und 10/4,6/Bug | 0,35 | 20/3,6/50 und 20/3,6/80 | 0,30 |
| 10/4,6/50 und 20/4,6/Bug | 0,36 | 20/3,6/50 und 20/3,6/Bug | 0,34 |
| 10/4,6/50 und 20/5,6/80 | 0,34 | 20/3,6/50 und 20/4,6/Bug | 0,46 |
| 10/4,6/50 und 20/5,6/Bug | 0,28 | | |

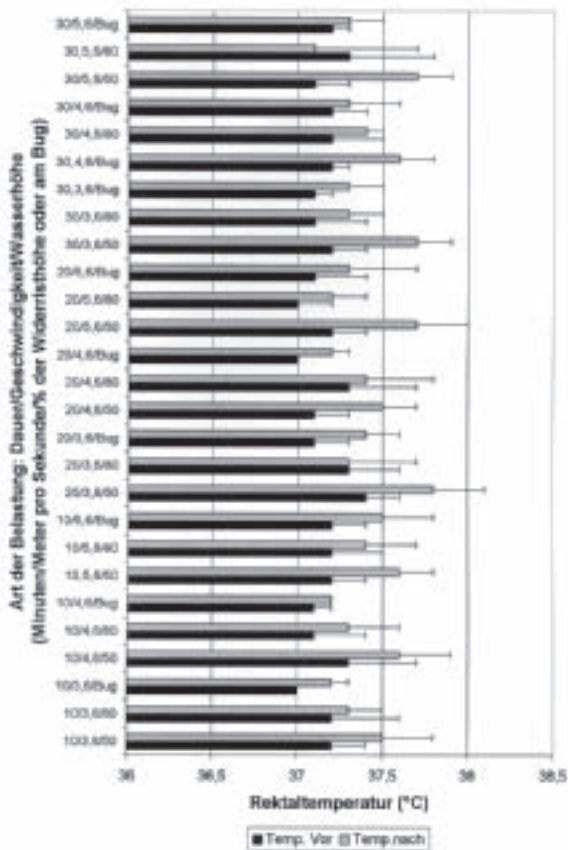


Abb. 5 Rektaltemperatur von Pferden vor und nach verschiedener Belastungen auf einem Laufband im Wasser (Mittelwert \pm Standardabweichung (meistens 10 Pferde für jede Kombination der Belastungsparameter: Dauer – 10, 20 oder 30 Minuten / Geschwindigkeit – 3,6, 4,6 oder 5,6 kmh / Wasserhöhe – 50 %, 80 % der Widerristhöhe oder Bughöhe)

Rectal temperature of horses before and after different exercises on a watertread (mean \pm standard deviation; for the majority of exercises 10 horses/exercise; Duration – 10, 20 or 30 minutes / speed – 3.6, 4.6 or 5.6 kmh / water height – 50% or 80% of the withers height or at the point of the shoulder)

Diskussion

Die Veränderungen der gemessenen Variablen durch die Belastungen auf dem Laufband im Wasser waren alle relativ gering. Auch wenn es statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Belastungen gab, kann man dem Ausmaß der Veränderung der Werte keine große praktische Bedeutung beimessen.

Die LA im Blut nach Belastung war zwar erhöht gegenüber dem Wert vor Belastung überschritt aber nicht die 2 mmol/l. Voss et al. (2002), die einzige uns bekannte Untersuchung von Pferden auf einem Wasserlaufband in der auch LA im Blut gemessen wurde, finden ebenfalls nur sehr geringe Zunahmen. Ursache hierfür ist wahrscheinlich der niedrige Energiebedarf pro Zeit durch die Beanspruchungen selbst bei der intensivsten Kombination der Belastungsparameter. Somit wurden alle Belastungen weitgehend aerob bewältigt (Lindner 2010).

Die HF während Belastung war auch höher als die HF vor Belastung. Jedoch gilt hierfür dasselbe wie für die LA im Blut: mit einem Höchstwert von 78 Schlägen/Minute ist die Zunahme gering. Diese geringe Veränderung weist wahrscheinlich ebenfalls auf die geringe Beanspruchung des Herzkreislaufs durch die Belastungen hin. Umso wichtiger war es, dass die Pferde mindestens schon dreimal auf dem Laufband im Wasser belastet worden waren bevor diese Studie begann (Nankervis und Williams 2002, Wurm et al. 2002), denn bei submaximaler Belastung hat die Psyche der Pferde größeren Einfluss auf die Herzfrequenz und hätte wahrscheinlich die Werte deutlicher beeinflusst.

Die RT nach Belastung war nach allen Belastungsarten höher als vor der Belastung. Im Mittel stieg sie aber nur um 0,2°C, maximal um 0,6°C nach der Belastung an.

Auch die CK-Aktivität im Plasma war mit wenigen Ausnahmen nach fast allen Belastungen höher als vor der Belastung. Die maximale CK Aktivität betrug jedoch nur 82 U/l, und liegt somit deutlich innerhalb physiologischer Referenzbereiche

Tab. 6 CK Aktivität (U/l) im Plasma von Pferden, vor und nach Belastungen auf dem Laufband im Wasser (Median, 10-, 25-, 75- und 90-Perzentile; # = $p < 0,05$; meistens 10 Pferde für jede Kombination der Belastungsparameter: Dauer – 10, 20 oder 30 Minuten / Geschwindigkeit – 3,6, 4,6 oder 5,6 kmh / Wasserhöhe – 50 %, 80 % der Widerristhöhe oder Bughöhe)

CK activity in plasma of horses before and after different exercises on a watertread (median, 10, 25, 75 and 90 percentiles; # = $p < 0.05$; for the majority of exercises 10 horses/exercise; Duration – 10, 20 or 30 minutes / speed – 3.6, 4.6 or 5.6 kmh / water height – 50% or 80% of the withers height or at the point of the shoulder)

| Belastung (Dauer/ Geschwindigkeit/Wasserhöhe) | Vor Belastung | | | | | Nach Belastung | | | | |
|--|---------------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|
| | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 |
| 10/3,6/50 # | 28,0 | 32,5 | 37,0 | 42,0 | 48,0 | 34,4 | 41,2 | 43,0 | 48,8 | 60,0 |
| 10/3,6/80 # | 25,3 | 28,0 | 29,0 | 45,0 | 52,9 | 33,2 | 34,5 | 49,0 | 55,4 | 59,4 |
| 10/3,6/Bug # | 19,2 | 28,5 | 30,0 | 33,9 | 67,9 | 31,2 | 36,5 | 38,2 | 52,5 | 73,5 |
| 10/4,6/50 # | 30,4 | 36,8 | 39,0 | 43,8 | 48,4 | 34,8 | 41,9 | 44,0 | 49,5 | 70,9 |
| 10/4,6/80 # | 28,6 | 30,5 | 40,0 | 44,2 | 66,3 | 36,0 | 40,5 | 49,0 | 64,3 | 87,1 |
| 10/4,6/Bug | 30,6 | 30,6 | 37,6 | 41,9 | 41,9 | 39,1 | 39,1 | 47,1 | 53,9 | 53,9 |
| 10/5,6/50 # | 27,0 | 27,0 | 34,0 | 40,0 | 51,5 | 32,0 | 35,0 | 38,5 | 48,0 | 62,5 |
| 10/5,6/80 # | 30,0 | 30,0 | 34,2 | 40,5 | 47,4 | 32,8 | 35,0 | 40,0 | 53,2 | 71,6 |
| 10/5,6/Bug # | 27,0 | 28,9 | 29,0 | 32,0 | 40,0 | 30,7 | 32,0 | 35,5 | 39,0 | 45,0 |
| 20/3,6/50 # | 25,4 | 26,8 | 32,3 | 37,8 | 46,6 | 29,6 | 32,0 | 40,0 | 51,5 | 61,4 |
| 20/3,6/80 # | 27,6 | 29,5 | 32,7 | 36,5 | 67,9 | 32,3 | 33,0 | 53,0 | 68,0 | 87,2 |
| 20/3,6/Bug # | 26,4 | 28,0 | 29,0 | 41,0 | 43,8 | 32,2 | 33,0 | 33,0 | 47,8 | 53,8 |
| 20/4,6/50 | 29,6 | 32,8 | 38,3 | 42,8 | 47,1 | 33,8 | 38,0 | 41,0 | 50,8 | 73,2 |
| 20/4,6/80 # | 29,4 | 30,0 | 35,5 | 42,1 | 52,8 | 34,1 | 37,1 | 43,6 | 52,0 | 71,7 |
| 20/4,6/Bug # | 27,7 | 30,2 | 33,0 | 34,0 | 43,2 | 32,9 | 33,0 | 37,8 | 40,0 | 70,1 |
| 20/5,6/50 # | 27,0 | 35,0 | 35,0 | 42,0 | 50,8 | 29,2 | 38,5 | 45,0 | 56,8 | 61,4 |
| 20/5,6/80 # | 27,2 | 29,8 | 36,0 | 39,2 | 47,2 | 34,0 | 38,3 | 41,0 | 45,2 | 51,0 |
| 20/5,6/Bug # | 21,2 | 23,5 | 28,0 | 38,5 | 44,0 | 28,0 | 28,5 | 36,0 | 54,1 | 64,8 |
| 30/3,6/50 # | 24,8 | 27,0 | 31,0 | 37,0 | 38,0 | 32,4 | 35,0 | 39,6 | 42,0 | 43,0 |
| 30/3,6/80 # | 25,5 | 30,0 | 34,0 | 42,0 | 44,8 | 34,4 | 38,5 | 41,5 | 51,2 | 59,3 |
| 30/3,6/Bug | 28,5 | 30,4 | 38,0 | 41,0 | 43,0 | 32,5 | 35,0 | 37,9 | 43,1 | 49,5 |
| 30/4,6/50 # | 29,5 | 32,0 | 38,2 | 42,7 | 49,0 | 30,0 | 36,0 | 51,0 | 58,2 | 82,3 |
| 30/4,6/80 # | 24,8 | 28,0 | 30,9 | 38,0 | 45,5 | 33,0 | 34,5 | 35,1 | 42,5 | 53,1 |
| 30/4,6/Bug # | 21,3 | 25,5 | 36,5 | 43,5 | 52,0 | 27,3 | 32,0 | 45,5 | 59,5 | 67,3 |
| 30/5,6/50 # | 22,2 | 27,4 | 29,0 | 42,5 | 48,8 | 29,5 | 32,2 | 36,0 | 60,5 | 66,8 |
| 30/5,6/80 # | 22,1 | 26,6 | 32,0 | 46,2 | 52,4 | 30,2 | 35,0 | 45,0 | 52,8 | 55,0 |
| 30/5,6/Bug # | 31,8 | 36,8 | 43,0 | 52,2 | 53,6 | 36,9 | 45,0 | 56,5 | 60,5 | 63,1 |

des Pferdes (Rose und Hodgson 1994). Dies bedeutet, dass die Belastungen die Muskulatur der Pferde zumindest bis unmittelbar nach der Belastung wenig beansprucht haben. Es ist damit unwahrscheinlich, dass Erkrankungen wie Lumbago, "Tying Up" oder ähnliches bei Pferden, die mit Belastungen beansprucht werden, die denen dieser Studie entsprechen, auftreten werden. Dies war auch bei keinem unserer Pferde der Fall. Somit ist es unwahrscheinlich, dass die Schlussfolgerung anders ausgefallen wäre, wenn man wie häufig beschrieben, die Blutentnahmen zur Messung der CK-Aktivität erst später genommen hätte. Stichprobenartig haben wir es überprüft, indem wir von den Pferden Blutproben auch 8 und 24 Stunden nach den Belastungen entnahmen. Die CK-Aktivität zu diesen Zeitpunkten unterschied sich nicht signifikant von den Werten vor Belastung.

Auch wenn auf den ersten Blick die geringen Zunahmen aller gemessenen Variablen mit der niedrigen Beanspruchung durch die Belastungen begründbar erscheinen, gibt es weitere Faktoren, die einen Einfluss darauf gehabt haben könnten.

Diese sind die Wassertemperatur und die Höhe des Wassers in dem die Pferde liefen. Beide Parameter könnten umso bedeutender auf die gemessenen Variablen gewirkt haben desto länger die Pferde ihnen ausgesetzt waren. Leider fanden wir in der Literatur keine Angaben über den thermoneutralen Wassertemperaturbereich und über den Einfluss unterschiedlicher Wassertemperaturen auf physiologische und biochemische Variablen von Pferden. Somit müssen Anleihen aus der Literatur über den Menschen gemacht werden.

Vorab soll erwähnt werden, dass die Pferde bei den Arbeiten von Nankervis und Williams (2002, Wassertemperatur 15°C) sowie Voss et al. (2002, Wassertemperatur nicht angegeben) nur höchstens bis zum Ellbogen im Wasser gingen. Dagegen war der Thorax und Abdomen unserer Pferde je nach Wasserhöhe mehr oder weniger tief im Wasser. Somit könnte die Wassertemperatur und die Wasserhöhe, die durch ihren hydrostatischen Druck wirkt, bei den Pferden unserer Studie eine viel wichtigere Rolle gespielt haben, als dies für die in den Studien von Nankervis und Williams (2002) sowie Voss et

al. (2002) eingesetzten Pferden der Fall war. Der hydrostatische Druck des Wassers auf den Thorax ruft eine niedrigere Zunahme der HF durch Belastung hervor (Connelly et al. 1990, Dowzer und Reilly 1998).

Der thermoneutrale Temperaturbereich des Menschen im Wasser liegt zwischen 33 und 35°C (Choukroun und Varese 1990). Bei subthermoneutralen Temperaturen im Wasser kontrahieren sich die Gefäße in Ruhe aufgrund des Kältereizes (Mougios und Deligiannis 1993, Dowzer und Reilly 1998). Mougios und Deligiannis (1993) beschreiben höhere LA im Blut bei Maximalbelastung in Wasser mit einer Temperatur von 32°C im Vergleich zu 20°C. Sie vermuten, dass durch die kältere Wassertemperatur der Stoffwechsel in der Muskulatur reduziert ist und damit weniger LA produziert wurde. Dies bestätigen Holmer und Bergh (1974). Dasselbe beobachtete Wurm (2004) bei ihren Pferden mit zunehmender Dauer der Belastungen, insbesondere wenn diese bei einer Wasserhöhe von 80% ihrer Widerristhöhe im Vergleich zu 50% und 10% beansprucht wurden. Die Vasokonstriktion der peripheren Gefäße im kälteren Wasser führt zu einer Blutvolumenverschiebung von der Körperperipherie in den Brustraum. Dies bewirkt ein erhöhtes Schlagvolumen des Herzens bei erniedrigter HF (Mougios und Deligiannis 1993). Dies wird für Menschen im Wasser unter Ruhebedingungen (Choukroun und Varese 1990) und in mehreren Schwimmstudien bestätigt (Costill et al. 1967, Holmer und Bergh 1974). Holmer und Bergh (1974) ließen Menschen bei 20°C, 26°C und 34°C 20 Minuten lang mit submaximaler und 5 bis 8 Minuten mit maximaler Intensität schwimmen. Der Anstieg der HF war deutlich niedriger bei 20°C als bei den höheren Wassertemperaturen. Die Temperatur im Ösophagus und an der Muskulatur nahm bei 20°C sogar ab, während sie bei den anderen Wassertemperaturen anstieg. Dasselbe berichten Costill et al. (1967). Auch sie ließen Menschen 20 Minuten lang bei submaximaler Beanspruchung in Wasser mit Temperaturen von 17,4°C, 26,8°C und 33°C schwimmen. Bei Mougios und Deligiannis (1993) schwimmen Spitzenathleten 30 Minuten lang bei der Intensität ihrer anaeroben Schwelle und 100 Meter Freistil mit Maximalgeschwindigkeit in Wasser mit Temperaturen von 20, 26 und 32°C. Bei 20°C nahm die HF deutlich weniger zu als bei den höheren Temperaturen.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Pferde das Laufband und die Arbeit im Wasser schnell akzeptierten, die Wahrscheinlichkeit von Verletzungen während der Arbeit gering ist und Pferde mit sehr vielen unterschiedlichen Indikationen auf dem Laufband im Wasser kontrolliert gearbeitet werden können. Die Studie weist darauf hin, dass Muskeln, Kreislauf und Energiestoffwechsel durch die gewählten Belastungen wenig beansprucht werden. Allerdings sollten Studien folgen, in denen der Einfluss der Wassertemperatur auf das Ausmaß der Veränderung physiologischer und biochemischer Variablen untersucht wird, um deren Einfluss besser einschätzen zu können.

Danksagung

Dr. Joachim Beuttler, Dr. Paul Stanger und Ralf Müller danken wir dafür, dass sie uns für diese Studie alle Einrichtungen ihres Rehabilitationszentrums zur Verfügung stellten

Literatur

- Anonymous (1891) The horse race on the stage. *Scientific American* 25, 263-264
- Choukroun M. L. und Varese P. (1990) Adjustments in oxygen transport during head-out immersion in water at different temperatures. *J. Appl. Physiol.* 68, 1475-1480
- Connelly T. P., Sheldahl L. M., Tristani F. E., Levandoski S. G., Kalkhoff R. K., Hoffman M. D. und Kalbfleisch J. H. (1990) Effect of increased central blood volume with water immersion on plasma catecholamines during exercise. *J. Appl. Physiol.* 69, 651-656
- Costill D. L., Cahill P. J. und Eddy D. (1967) Metabolic responses to submaximal exercise in three water temperatures. *J. Appl. Physiol.* 22, 628-632
- Downer A. (1979) Underwater exercise for Animals. *Modern Veterinary Practice* 60, 116-118
- Dowzer C. N. und Reilly T. (1998) Deep water running. *Sports Exercise and Injury* 4, 56-61
- Dowzer C. N., Reilly T., Cable N. T. und Nevill A. (1999) Maximal physiological responses to deep and shallow water running. *Ergonomics* 42, 275-281
- Gleim G. und Nicholas J. (1989) Metabolic costs and heart rate responses to treadmill walking in water at different depths and temperatures. *Am. J. Sports Med.* 17, 248-252
- Holmer I. und Bergh U. (1974) Metabolic and thermal response to swimming in water at varying temperatures. *J. Appl. Physiol.* 37, 702-705
- Hunt E. R. (2001) Response of twenty-seven horses with lower leg injuries to cold spa bath hydrotherapy. *J. Eq. Vet. Sci.* 21, 188-193
- Lindner A. (2010) Maximal lactate steady state during exercise in blood of horses. *J. Anim. Sci.* 88, 2038-2044
- Mougios V. und Deligiannis A. (1993) Effect of water temperature on performance, lactate production and heart rate at swimming of maximal and submaximal intensity. *J. Sports Med. Physical Fitness* 33, 27-33
- Nankervis K. J. und Williams R. J. (2006) Heart rate responses during acclimation of horses to water treadmill exercise. *Eq. Vet. J. Suppl.* 36, 110-112
- Rose R. J. und Hodgson D. R. (1994) Hematology and Biochemistry. In: *The Athletic Horse*. Ed: D. R. Hodgson and R.J. Rose, WB Saunders Company. Pp 63-78.
- Stechele M. (1995) Möglichkeiten physikalischer Therapien und ihrer Anwendung beim Pferd. *Der praktische Tierarzt* 7, 589-592
- Snow D. H. und Valberg S. J. (1994) Muscle anatomy, physiology and adaptations to exercise and training. In: Hodgson D. R. und Rose R. J. (Hrsg.): *The Athletic Horse*. WB Saunders Company., Philadelphia, USA, 145-179
- Tokuriki M., Ohtsuki R., Kai M., Oki H., Miyahara Y. und Oki O. (1999) EMG activity of the muscles of the neck and forelimbs during different forms of locomotion. *Eq. vet. Suppl.* 30, 231-234
- Voss B., Mohr E. und Krzywanek H. (2002) Effects of Aqua-Treadmill Exercise on selected Blood Parameters and on Heart-Rate Variability of Horses. *J. Vet. Med. A* 49, 137-143
- Weimann D. und Wydra G. (1999) Aquajogging als Ausdauertrainingsform bei orthopädischen Beeinträchtigungen. *Gesundheits-sport und Sporttherapie* 15, 40-45
- Wurm S. (2004) Verhalten und körperliche Beanspruchung von Pferden auf dem Laufband im Wasser. *Diss. Med. Vet.* Giessen
- Wurm S., Lindner A., Sasse H. H. L. und Beuttler J. (2002) Verhalten von Pferden bei ihren ersten Läufen auf einem Laufband im Wasser. *Tierärztl. Umschau* 57, 206-210

Dr. Arno Lindner
Arbeitsgruppe Pferd
Heinrich-Röttgen-Str. 20
52428 Jülich
arnolindner@t-online.de