

# Genauigkeit der Steuerung der Laktatkonzentration im Blut von Pferden nach Belastungen mit Geschwindigkeiten, die durch Ergebnisse eines Belastungstests vorgegeben waren

## Teil 1: Laktatgesteuerte Geschwindigkeiten

M. Sobotta, A. Lindner und H.H.L. Sasse

Arbeitsgruppe Pferd, Essen und \*Medizinische und Gerichtliche Veterinärklinik, Professur für Innere Krankheiten der Pferde der Justus-Liebig-Universität, Gießen

### Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde die Genauigkeit der Steuerung einer Belastung von Pferden mittels den Kennwerten der Laktat-Laufgeschwindigkeit-Beziehung  $v_{2,5}$  und  $v_4$  geprüft. Dafür wurden sechs Pferde der Rasse Englisches Vollblut mit sechs verschiedenen Belastungen in sechs Trainingsperioden auf einem Laufband gearbeitet. Die Belastungen unterschieden sich in ihrer Laufgeschwindigkeit und -dauer voneinander. Vor jeder Trainingsperiode fand ein Mehrstufentest statt (Steigung des Laufbandes 6%, Stufendauer 5 min, Geschwindigkeit in der ersten Stufe 6,0 m/s, Steigerung der Geschwindigkeit je Stufe um 0,5 m/s, Stufenzahl abhängig vom Laktatwert). Aus der im Belastungstest erstellten Laktat-Laufgeschwindigkeit-Beziehung wurden die Kennwerte  $v_{2,5}$  und  $v_4$  berechnet. Bei den Geschwindigkeiten, bei denen die Pferde im vorausgegangenen Mehrstufentest rechnerisch die Laktatkonzentration im Blut von 2,5 oder 4,0 mmol/l erzielt hatten ( $v_{2,5}$  und  $v_4$ ), liefen sie dann elfmal innerhalb von 3 Wochen jeden zweiten Tag jeweils 5, 15 oder 25 Minuten lang. In der ersten Minute nach jeder Belastung wurde eine Blutprobe genommen und daraus die Laktatkonzentration gemessen. Der Median der Laktatgehalte betrug für die Belastungen bei  $v_{2,5}$  über 5, 15 und 25 Minuten 1,43 mmol/l, 2,15 mmol/l und 4,60 mmol/l respektive. Für die Belastungen bei  $v_4$  über 5, 15 und 25 Minuten war er 1,70 mmol/l, 3,10 mmol/l und 5,33 mmol/l respektive.

Um die Genauigkeit der Steuerung zu erfassen wurde die Differenz zwischen der gemessenen und der erwarteten Laktatkonzentration nach Belastung berechnet. Der Median der Differenzen betrug für die Belastungen bei  $v_{2,5}$  über 5, 15 und 25 Minuten jeweils – 1,08 mmol/l, – 0,35 mmol/l und 2,10 mmol/l. Für die Belastungen bei  $v_4$  über 5, 15 und 25 Minuten war er respektive – 2,30 mmol/l, – 0,90 mmol/l und 1,33 mmol/l. Die genaueste Steuerung ergab sich demnach für die 15-minütigen Belastungen.

**Schlüsselwörter:** Pferd, Laktat, Blut, Belastung, Steuerung

### Predictability of blood lactate concentration after exercise in horses working at speeds that were guided by results of an exercise stress test. Part 1: Lactate guided speed

The predictability of the blood lactate concentration in horses after exercise with speed guided by the indices of the lactate-running speed relation  $v_{2,5}$  and  $v_4$  was examined in six thoroughbred horses. Horses were submitted to a total of six different types of exercise: 5, 15 or 25 minutes' duration at their individual  $v_{2,5}$  or  $v_4$ . Each exercise type was run by a horse 11 times within a conditioning period of three weeks. All workouts were performed on a treadmill. The speed of exercise was determined with a multiple step exercise test before each conditioning period. The multiple step exercise test consisted of several steps of five minutes duration each with one minute rest between steps to take blood samples. The speed in the first step was 6.0 m/s, and each consecutive step speed was increased by 0.5 m/s. Slope of treadmill was set at 6 %. A test was discontinued when blood lactate concentration of a horse was above 4 mmol/l. Immediately after finishing an exercise bout blood was taken for lactate analysis. The median values of the blood lactate concentration after exercise at  $v_{2,5}$  for 5, 15 and 25 minutes were 1.43 mmol/l, 2.15 mmol/l and 4.60 mmol/l respectively. After exercise at  $v_4$  for 5, 15 and 25 minutes it was 1.70 mmol/l, 3.10 mmol/l and 5.33 mmol/l respectively.

To evaluate the predictability of blood lactate concentration after exercise the difference was calculated between the measured and the expected values. The median of the difference between measured and expected lactate concentration was for exercise at  $v_{2,5}$  for 5, 15 and 25 minutes – 1.08 mmol/l, – 0.35 mmol/l and 2.10 mmol/l respectively, for exercise at  $v_4$  for 5, 15 and 25 minutes it was – 2.30 mmol/l, – 0.90 mmol/l and 1.33 mmol/l respectively.

Therefore, the predictability of blood lactate concentration in horses after exercise was better when they were submitted to exercise for 15 minutes compared to exercise of 5 minutes or 25 minutes duration.

**Keywords:** horse, lactate, blood, exercise, guidance

### Einleitung

Durch optimale Trainingsreize wird die sportliche Leistungsfähigkeit verbessert. Zu niedrige Trainingsreize verbessern die Leistungsfähigkeit nicht, zu hohe Trainingsreize können wegen

Überbeanspruchung und der längerdauernden Erholungsphase zu einer Verschlechterung der Leistungsfähigkeit führen. Um ein Training im Sinne eines planmäßigen Wechsels von Bela-

stung und Erholung gestalten zu können, muss eine individuelle Trainingsplanung erstellt werden (Ahsbahr 1992). Das Ziel des Trainings soll es sein, mit den Belastungen auf dem engen Grat zwischen Übertraining und Untertraining zu bleiben. Ein Training muss also gesteuert werden. Dazu ist es notwendig, mit Hilfe der Leistungsdiagnostik den Istzustand des Sportlers festzustellen, mit seinem Sollzustand zu vergleichen und anhand der Differenzen einen Trainingsplan mit angepaßten Belastungen aufzustellen. Dieses Training muss dann kontrolliert werden, sowohl, inwieweit die Belastungen in dem geplanten Bereich stattfinden, als auch, ob damit die beabsichtigte Wirkung auf die Leistungsfähigkeit des Sportlers erzielt wurde.

Im Human-Spitzensport hat sich die Laktatmessung zur Steuerung der Trainingsintensität etabliert (Kleinmann 1996). Sie ist das Mittel der Wahl beim Training in den Ausdauersportarten und wird in anderen Sportarten zur Steuerung eines Grundlagenausdauertrainings eingesetzt. Beim Pferd ist dies in der Praxis selten der Fall. Häufig wird besonders im Breitensportbereich beim Menschen auch die Herzfrequenz zur Steuerung von Belastungen eingesetzt (McArdle et al. 1991). Auch beim Pferd wird der Einsatz der Herzfrequenzsteuerung immer wieder erwähnt, ohne daß untersucht wird, ob sie einen Vorteil gegenüber anderen Steuerungsmethoden bringt (Straub 1988; Swann 1988; Springorum 1990; von Engelhardt 1997).

Ziel dieser Arbeit war es die Frage zu klären, wie genau die Steuerung der Laktatkonzentration im Blut von Pferden nach Belastungen sein kann, wenn deren Geschwindigkeiten vorher durch das Verhalten der Laktatkonzentration während eines Belastungstests ermittelt wurden.

Im zweiten Teil der Arbeit (Lindner et al. 2001) sollte untersucht werden, ob die Laktatkonzentration nach Belastung im Blut auch durch die in einem Belastungstest gemessene Herzfrequenz vorhergesagt werden kann und wie gut die Herzfrequenz während Belastung auch von den Herzfrequenzen im Belastungstest vorhergesagt werden können.

## Material und Methoden

### Pferde

Die Untersuchung wurde an sechs Pferden der Rasse Englisches Vollblut durchgeführt, von denen zu Beginn der Untersuchung vier Pferde zweijährig und zwei Pferde dreijährig waren. Bei einem Dreijährigen handelte es sich um einen Wallach, alle anderen Pferde waren Stuten. Das Gewicht der Pferde betrug zu Beginn der Studie  $449 \pm 16$  kg (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung). Während des Untersuchungszeitraumes waren die Pferde in einer Halle in Einzelboxen von 3,00 m x 3,00 m untergebracht. In der Früh bekamen sie die Hälfte ihrer Grundration, abends die andere Hälfte. Die tägliche Grundration setzte sich aus 4,5 kg Kraftfutter (Reform-Mix, Höveler) und 5 kg Grünfutter zusammen. Das Grünfutter bestand in der Regel aus einer Mischung von zwei Teilen Grassilage zu einem Teil Maissilage. Heu, Stroh und Wasser wurde den Tieren ständig ad libitum zur Verfügung gestellt. An Belastungstagen erhielten die Pferde abends zusätzlich Kraftfutter, und zwar 0,5 kg, 1,0 oder 1,5 kg wenn sie Belastungen mit einer Dauer von 5, 15 oder 25 Minuten absolvierten.

### Versuchsdurchführung

Alle Belastungen fanden auf einem Laufband bei einer Steigung von 6% statt (Mustang 2200, Kagra AG). Die Pferde wurden zwei Monate lang auf die Arbeit auf dem Laufband vorbereitet. Die Arbeit erfolgte in Zusammenhang mit einer Trainingsstudie, in der die Wirkung verschiedener Trainingsinhalte auf Parameter der Ausdauer untersucht wurde (Werkmann et al. 1996). Die Trainingsinhalte unterschieden sich in ihrer Laufgeschwindigkeit und -dauer. Die Belastungsgeschwindigkeiten waren laktatgesteuert. Insgesamt gab es sechs verschiedene Trainingsinhalte: Die Dauer betrug 5, 15 oder 25 Minuten bei einer Laufgeschwindigkeit, die in einem Belastungstest rechnerisch 2,5 oder 4 mmol/l Laktat im Blut hervorgerufen hatte ( $v_{2,5}$  oder  $v_4$ ). Der Belastungstest fand immer vor Beginn jeder Trainingsperiode statt. Vor jeder Galoppbelastung wurden die Pferde 5 Minuten im Schritt bei 1,5 m/s und 5 Minuten im Trab bei 4 m/s jeweils bei 6% Steigung aufgewärmt und nach der Galoppbelastung für 5 Minuten im Schritt bei 1,5 m/s und Steigung 0% auslaufen gelassen. Jedes Pferd lief jeden Belastungsinhalt elfmal in einer Trainingsperiode. Eine Trainingsperiode dauerte 3 Wochen und zwischen zwei Belastungen lag jeweils ein Ruhetag. An den Ruhetagen wurden die Pferde spazierengeführt oder in einer Reithalle (25 m x 60 m) frei laufen gelassen.

Der Versuch wurde als "6x6 Lateinisches Quadrat" durchgeführt; das heißt, die sechs Pferde und die sechs Trainingsinhalte wurden so kombiniert, daß jedes Pferd jeden Trainingsinhalt in einer anderen Reihenfolge lief. Nachdem die Pferde in ihrer Trainingsperiode elfmal einen Trainingsinhalt absolviert hatten, fand nach einer zweiwöchigen Ruheperiode die nächste Trainingsperiode von wiederum 3 Wochen statt.

### Belastungstest

Ein Mehrstufentest wurde eingesetzt. Er bestand aus Stufen von je fünf Minuten Dauer. Zwischen zwei Stufen wurde immer eine Minute Pause gemacht, um eine Blutprobe zur Messung der Laktatkonzentration zu entnehmen. In der ersten Stufe liefen die Pferde bei 6,0 m/s. In jeder weiteren Stufe wurde die Geschwindigkeit des Bandes um 0,5 m/s erhöht. Der Belastungstest wurde beendet, wenn die Laktatkonzentration im Blut 4 mmol/l überstieg (Messung der Laktatkonzentration aus 20 µl Blut unmittelbar am Laufband mittels Accusport®, Boehringer Mannheim; Lindner 1996 a). Die Blutproben wurden nach dem Aufwärmen zu Beginn des Tests, und jeweils sofort nach Ende jeder Stufe entnommen. Die zwei Belastungsintensitäten  $v_{2,5}$  und  $v_4$  wurden aus den Ergebnissen des Belastungstests mittels der von Galloux (1991) publizierten Regressionsgleichung berechnet.

### Blutentnahme und Analyse

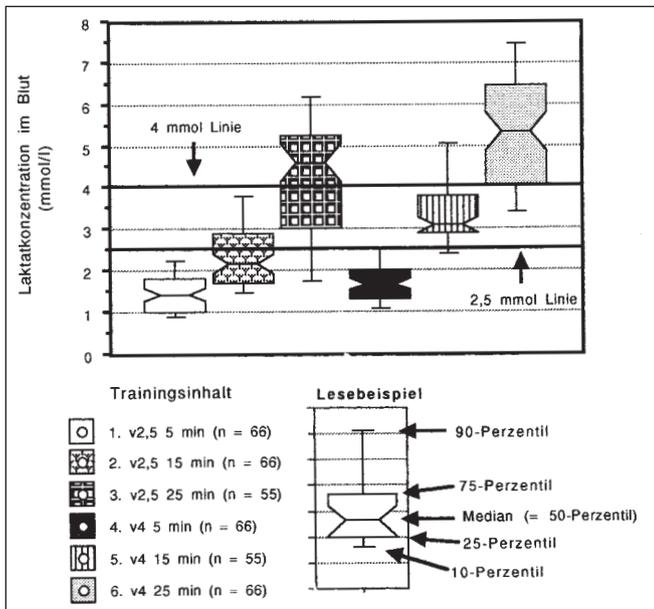
Die Blutproben für die Messung der Laktatkonzentration wurden aus der Brusthaut an der Oberfläche des Musculus cutaneus colli dorsal der pars clavicularis des Musculus pectoralis superficiales entnommen (Lindner und Birks 1994). Dafür wurde eine Fläche von etwa 3x3 cm rasiert und getrocknet. Nach

Hauptpunkt mit einer sterilen Lanzette (ASID Bonz u. Sohn GmbH Böblingen, Nr. NDXT 50), erfolgte die Aufnahme von 20 µl Blut mittels einer Einmalmikrokapillare (Blaubrand intramark, Brand Kat. No. 7087181). Sofort danach wurde das Blut in Eppendorfgefäße mit 200 µl eiskalter 0,6 n Perchlorsäure überführt. Die Gefäße wurden anschließend bei 12.000g, fünf Minuten lang zentrifugiert (Biofuge A Heraeus-Christ GmbH, Osterode) und der Überstand in ein anderes Eppendorfgefäß pipettiert und darin bis zur Analyse – bis zu 4 Wochen – bei -20°C gelagert. Die Messung fand auf einem EPOS 5060 Analyzer (Eppendorf-Netheler-Hinz GmbH) mit einem enzymatischen Testkit statt (Behring, OSUA 40 oder Boehringer Mannheim Nr. 1178 750). Diese Meßwerte wurden für die Ermittlung der Laktat-Laufgeschwindigkeit-Beziehung benutzt.

Weitere 20 µl Blut wurden sofort am Laufband auf einem Teststreifen des Taschenmeßgeräts Accusport® aufgetragen. Innerhalb einer Minute war die Laktatkonzentration in diesen Proben gemessen und falls diese bei oder über 4 mmol/l lag, wurde der Test beendet. Diese Werte wurden nicht zur Ermittlung der Laktat-Laufgeschwindigkeit-Beziehung verwendet.

**Auswertung**

Nach jeder Belastung wurde die Differenz zwischen gemessener Laktatkonzentration im Blut (gemessene Laktatkonzentration) und erwarteter Laktatkonzentration im Blut (entweder 2,5 oder 4 mmol/l = erwartete Laktatkonzentration) gebildet. Von den Trainingsinhalten, in denen die Pferde 25 min bei der v<sub>2,5</sub> und 15 min bei der v<sub>4</sub> belastet wurden, konnten wegen verletzungsbedingten Ausfalls eines Pferdes an einem Ruhetag jeweils nur fünf Pferde ausgewertet werden, von den anderen



**Abb. 1:** Laktatkonzentration im Blut von Pferden nach verschiedenen Trainingsinhalten (Median, 10-, 25-, 75-, 90-Perzentile, siehe Lesebeispiel; 5 bis 6 Pferde)

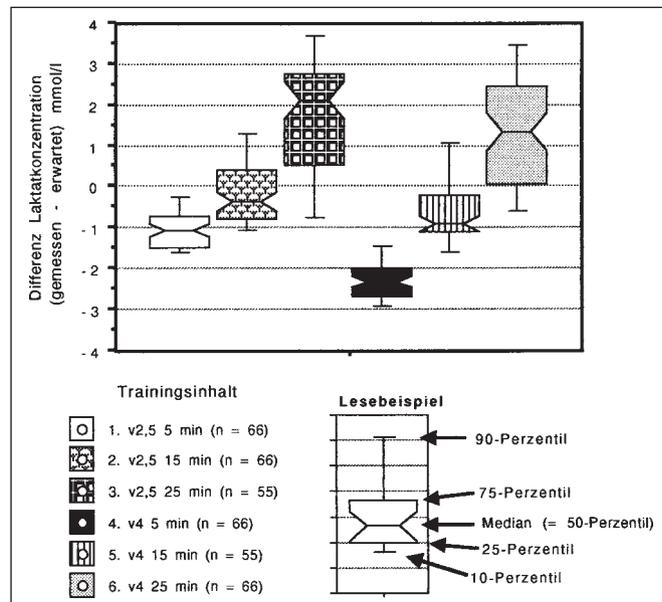
*Blood lactate concentration of horses after different types of exercise (median, 10, 25, 75 and 90 percentiles, see reading example; 5 to 6 horses)*

Trainingsinhalten immer sechs. Sowohl die absoluten Laktatwerte als auch die Differenzen waren zum Teil nicht normalverteilt. Deshalb werden die Daten mit ihrem Median, 10-, 25-, 75- und 90-Perzentilen dargestellt. Zum statistischen Vergleich aller Trainingsinhalte wurde der Kruskal-Wallis Test eingesetzt. Bei einem signifikanten Gesamtergebnis fand die paarweise Prüfung der Trainingsinhalte mit dem Wilcoxon-Test statt.

**Ergebnisse**

Bei der Betrachtung des Medians der Laktatkonzentration im Blut aller Pferde fällt auf, daß für beide Belastungsgeschwindigkeiten v<sub>2,5</sub> und v<sub>4</sub> die niedrigsten Werte nach den 5-minütigen Belastungen gemessen wurden und die höchsten nach den 25-minütigen (p < 0,01). Bei gleicher Belastungsdauer ist der Median der Laktatkonzentration immer bei v<sub>2,5</sub> niedriger, als bei v<sub>4</sub> (p < 0,01; Abbildung 1).

Die Mediane der Differenz zwischen gemessener und erwarteter Laktatkonzentration im Blut nach Belastung lagen zwischen -2,30 und +2,10 mmol/l. Die Vorzeichen der Mediane der Differenzen waren bei allen Pferden bei 5- und 15-minütiger Belastung negativ, bei 25-minütiger Belastung dagegen positiv (Abbildung 2). Am geringsten waren bei beiden Belastungsgeschwindigkeiten die Differenzen zwischen gemessener und erwarteter Laktatkonzentration nach den 15-minütigen Galopparbeiten.



**Abb. 2:** Differenz zwischen gemessener und erwarteter Laktatkonzentration im Blut von Pferden nach verschiedenen Trainingsinhalten (Median, 10-, 25-, 75-, und 90-Perzentile; siehe Lesebeispiel; 5 bis 6 Pferde)

*Difference between measured and expected blood lactate concentration of horses after different types of exercise (median, 10, 25, 75 and 90 percentiles, see reading example; 5 to 6 horses)*

**Diskussion und Schlussfolgerungen**

Um die Ausdauer des Menschen zu verbessern, wird häufig das Konzept der Blutlaktatsteuerung eingesetzt (Föhrenbach et al. 1986; Heck et al. 1986; Coen et al. 1991). Dabei werden die

Athleten mit Belastungen trainiert, die eine Beanspruchung hervorrufen, die innerhalb bestimmter Blutlaktatkonzentrationsbereiche liegt. Die Intensitäten, die zu bestimmten Laktatkonzentrationen im Blut führen, werden mittels Belastungstests ermittelt (Heck et al. 1985). Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, daß mit der benutzten Testvorschrift die Vorhersage der Laktatkonzentration im Blut für Belastungen bei  $v_{2,5}$  und  $v_4$  mit einer Dauer von 15 Minuten sehr genau ist. Für Belastungen von 25 Minuten Dauer bleibt die Abweichung von um die 2 mmol/l innerhalb eines engen Bereichs. Bisher haben nur Wilson et al. (1983), Isler et al. (1982) und Guhl (1994) untersucht, ob beim Pferd Geschwindigkeitsvorgaben nach Laktatkonzentrationen möglich sind. Die Ergebnisse waren erfolgversprechend, beschränkten sich jedoch immer auf die Vorhersage der Blutlaktatkonzentration nach Belastungen, die sich in Bezug auf die Distanz oder die Dauer der Belastung im Test zumindest ähnelten.

Die Nachbelastungslaktatwerte aller sechs Belastungsinhalte unterscheiden sich voneinander. Bei gleichbleibender Belastungsgeschwindigkeit nimmt die Laktatkonzentration im Blut mit zunehmender Dauer der Belastung zu. Das Verhalten der Laktatkonzentration im Blut ist identisch unabhängig davon ob der Kennwert für die Vorgabe der Laufgeschwindigkeit die individuelle  $v_{2,5}$  oder  $v_4$  war. Der gesamte Verlauf der Zunahme der Laktatkonzentration mit steigender Dauer ist bei  $v_{2,5}$  allerdings niedriger als bei  $v_4$ . Dieses Verhalten der Laktatkonzentration zeigt, daß die von Lindner (1996 b, 1997) in Versuchen gemachte Feststellung, daß das maximale Laktat steady state (maxLass) bei Pferden niedriger liegt als beim laufenden Menschen (maxLass wird definiert als diejenige Belastungsintensität, bei der sich während der fünften und 25-ten Minute einer Belastung die Laktatkonzentration im Blut um nicht mehr als 1 mmol/l erhöht; Mader et al. 1976; Heck et al. 1985). Da das maxLass nach Mader et al. (1976) die aerob-anaerobe Laktatschwelle kennzeichnet, und diese beim Pferd in Anlehnung an die Humanliteratur immer bei einer Laktatkonzentration im Blut von 4 mmol/l angegeben wird (Persson 1983; Straub 1988; Persson et al. 1997), muss der Schwellenwert nach unten revidiert werden. Da auch nach Belastungen bei der individuellen  $v_{2,5}$  die Laktatkonzentration nach Belastungen von 25 Minuten Dauer nicht im Gleichgewicht war, muss man davon ausgehen, daß das maxLass beim Pferd bei Belastungen liegt, die weniger als 2 mmol/l innerhalb der ersten fünf Minuten nach Belastung hervorrufen. Dieses im Vergleich zum laufenden Menschen niedrigere maxLass hängt sehr wahrscheinlich mit der Beteiligung von großen Anteilen der Skelettmuskulatur an den Laufbelastungen zusammen. Dadurch bilden zum einen mehr der insgesamt vorhandenen Muskelfasern Laktat und zum anderen stehen weniger nicht arbeitende Muskelfasern zum Abbau desselben zur Verfügung. Auch beim Menschen liegt nämlich das maxLass niedriger für körperliche Betätigungen, an denen größere Anteile der Skelettmuskulatur eingesetzt werden müssen als für körperliche Belastungen bei denen geringere Anteile benutzt werden (Beneke 1995). Eisschnellläufer zum Beispiel haben ein mittleres maxLass bei 6 mmol/l, Ruderer bei 3 mmol/l.

Die sechs Pferde zeigten bei keiner der wiederholt eingesetzten Belastungen Zeichen von Ermüdung, und während des gesamten Versuchszeitraumes (1 Jahr) trat nur bei einem Pferd eine

Verletzung an einem Ruhetag auf. Eine Wirkung auf den Stoffwechsel der Pferde konnte nur bei Belastungen mit einer Dauer von 25 Minuten bei der  $v_4$  festgestellt werden: Die mittlere Laktatkonzentration im Blut nach Belastung sank (Werkmann et al. 1996). Die Abnahme der Blutlaktatkonzentration bei gleichbleibender Belastung wird als positiver Trainingseffekt gewertet (Persson et al. 1983; Miller and Lawrence 1987). Demnach stellen Belastungen bis zu 15 Minuten Dauer bei den in diesem Versuch geprüften laktatgesteuerten Geschwindigkeiten keinen adäquaten Trainingsreiz dar. Diese Schlußfolgerung gilt insofern eingeschränkt, als die Pferde 11 Trainingseinheiten durchführten, ohne daß die Geschwindigkeit der Belastung erhöht wurde. Es ist beim Menschen bekannt, daß Anpassungen im Stoffwechsel der Muskelzelle bei ausreichendem Trainingsreiz innerhalb weniger Tage stattfinden (Hollmann und Hettinger 1990). Um weitere positive Anpassungen zu erzielen, kann es sinnvoll sein, den Trainingsreiz in Wochenabständen zu erhöhen. Dies fand in dieser Untersuchung nicht statt. Unter den gewählten Bedingungen waren die Belastungen mit einer Dauer von 25 Minuten bei  $v_4$  die effektivsten.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung bringen einige Hinweise, die für ein Training der Pferde angewendet werden könnten. Pferde können über eine Dauer von 25 Minuten galoppiert werden, ohne Schaden zu nehmen, wenn die Geschwindigkeit der Galoppbelastung mittels der individuellen Laktatkonzentration von bis zu 4 mmol/l gesteuert wird. Dies gilt natürlich nur, wenn die Testvorschrift die verwendete ist, da jede Veränderung der Testvorschrift das Verhalten der Laktatkonzentration im Blut stark beeinflusst (Köster 1996). Ein Training wie es beim Menschen zur Verbesserung der Grundlagenausdauer eingesetzt wird, mit Geschwindigkeiten unter der aerob/anaeroben Schwelle und mit Belastungszeiten von über 25 Minuten ist beim Pferd nicht nur möglich, sondern hat eine deutlich bessere Wirkung auf Parameter der Ausdauer als kürzere Belastungen mit höheren Geschwindigkeiten (Lindner et al. 1997; Dag 1998; Kissensbeck 1999).

#### Danksagung

Diese Arbeit wurde möglich durch die Zusammenarbeit mit Herrn Dr. Hans Lauk (Wissenschaftliche Gesellschaft der Schwarzwald-Tierklinik e.V.), und Herrn Dr. Frank Bidlingmaier (Institut für Klinische Biochemie, Universität Bonn), die finanzielle Unterstützung durch den Verein zur Förderung der Forschung im Pferdesport e.V., Höveler Spezialfuttermittelwerke sowie Science Consult, und Herrn Horst Dieter Beyer, der die Pferde zur Verfügung stellte.

#### Literaturverzeichnis

- Ahsbals, B. (1992): Grundlagen der Trainingslehre. In: Sportlehre. Lernen, Lehren und Trainieren im Pferdesport. FN-Verlag, Warendorf; ISBN 3-88542-251-4, 132–133
- Beneke, R. (1995): Anaerobic threshold, Individual anaerobic threshold and maximal lactate steady state in rowing. Med. Sci. Sports Ex. 27, 863–867
- Coen, B., Urhausen, A., Schwarz, L. und Kindermann, W. (1991): Trainingssteuerung ausgewählter Tempolaufprogramme im Mittel- und Langstreckenlauf. Dtsch. Z. Sportmed. 42, Sonderheft, 492–498
- Dag, S. (1999): Trainingsabhängige morphologische Befunde an der Skelettmuskulatur beim Pferd. Diss. med. Vet. Hannover

- Engelhardt v., W. (1997): Leistungsphysiologie des Sportpferdes. In: Handbuch Pferd, 5. Auflage, BLV-Verlagsgesellschaft, München; ISBN 3-405-14753-0, 711–727
- Föhrenbach, R., Mader, A., Thiele, W. und Hollmann, W. (1986): Testverfahren und metabolisch orientierte Intensitätssteuerung im Sprinttraining mit submaximaler Belastungsstruktur. Leistungssport 5, 15–25
- Galloux, P. (1991): Contribution à l'élaboration d'une planification de la préparation énergétique du cheval de concours complet suivi de l'entraînement par la mesure de la fréquence cardiaque et le dosage de la lactatémie. Université Poitiers, Faculté de Sciences Fondamentales et Appliquées, Dipl. Nat.
- Guhl, A. (1994): Reproduzierbarkeit und Vorhersagewert eines auf der Messung der Blutlaktatkonzentration beruhenden Vierstufentests für Pferde. Diss. med. vet. Hannover
- Heck, H., Hess, G. und Mader, A. (1985): Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat-Schwellen-Konzepten. Dtsch. Z. Sportmed. 35, 19–25 (Teil I) und 40–52 (Teil II)
- Heck, H., Mader, A., Müller, R. und Hollmann, W. (1986): Laktatschwellen und Trainingssteuerung. Dtsch. Z. Sportmed. 37, Sonderheft, 72–78
- Hollmann, W. und Hettinger, Th. (1990): Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen. 3. Aufl., Schattauer-Verlag, Stuttgart - New York
- Isler, R., Straub, R., Appenzeller, Th. und Gysin, J. (1982): Beurteilung der aktuellen Leistungsfähigkeit zur Festlegung der optimalen Belastungsintensität für Intervalltraining bei Warmblutpferden. Schweiz. Arch. Tierheilk., 123, 603–612
- Kleinmann, H. (1996): Laufen: Sportmedizinische Grundlagen, Trainingslehre und Risikoprävention; für Mediziner, Sportlehrer und Trainer, Physiotherapeuten und anspruchsvolle Läufer. Schattauer-Verlag; ISBN 3-7945-1623-0
- Kissenbeck, S. (1999): Einfluß eines Trainings auf den Glykogengehalt und -verbrauch im Musculus gluteus medius von Pferden. Diss. oec. troph. Uni. Bonn
- Köster, A. (1996): Reproduzierbarkeit von in Belastungstests ermittelten Leistungskennwerten ( $v_{2'}$ ,  $v_{3'}$ ,  $v_{4'}$ ,  $v_{12}$  und  $v_{150'}$ ,  $v_{180'}$ ,  $v_{200'}$ ) und deren Beeinflussbarkeit durch die Stufendauer bzw. Streckenlänge bei Pferden auf dem Laufband. Diss. med. vet. Gießen
- Lindner, A. (1996 a): Measurement of plasma lactate concentration with Accusport. Equine vet. J. 28, 403–405
- Lindner, A. (1996 b): Determination of maximal lactate steady state in blood of horses. In: Proc. 42nd annual convention Am. Assoc. Equine Pract., 326–327
- Lindner, A. (1997): Laktat und Leistung beim Pferd. Arbeitsgruppe Pferd. ISBN 3-00-001346-6, 39–48
- Lindner, A. and Birks, E.K. (1994): Collection of venous blood samples from competition horses: a new approach. Equine vet. J., 26, 503–505
- Lindner, A., Mosen, H. and Gansen, S. (1997): Effect of conditioning horses with exercise at  $v_{1.5}$  and  $v_{2.5}$  for 45 minutes and at  $v_4$  for 25 minutes on  $v_4$ . In: Proc. 15th Equine Nutr. Phys. Soc. Symposium, 243
- Lindner, A., Sobotta, M. und Sasse, H.H.L. (2001): Genauigkeit der Steuerung der Laktatkonzentration im Blut von Pferden nach Belastungen mit Geschwindigkeiten, die durch Ergebnisse eines Belastungstests vorgegeben waren. Teil 2: Beziehung zwischen Herzfrequenz während Belastung und Laktatkonzentration im Blut nach Belastung. Pferdeheilkunde, in Vorbereitung
- McArdle, W.D., Katch, F.I. and Katch, V.L. (1991): Exercise Physiology. 3rd Edition. Lea & Febiger, Philadelphia/London, ISBN 0-8121-1351-9
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P. und Hollmann, W. (1976): Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt u. Sportmed. 1976; 4, 80–88 und 5, 109–113
- Miller, P.A. and Lawrence, L.M. (1987): The effect of submaximal treadmill training on heart rate, lactate and ammonia in Quarter Horses. In: Gillespie J.R. and Robinson N.E. (Eds.): Equine Exercise Physiology 2, ICEEP Publications, Davis CA, 476–484
- Persson, S.G.B. (1983): Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. In: Snow D.H., Persson S.G.B., Rose, R.J. (eds.): Equine Exercise Physiology, Granta Editions, Cambridge, 441–457
- Persson, S.G.B. (1997): Heart rate and blood lactate responses to submaximal treadmill exercise in the normally performing standardbred trotter – age and sex variations and predictability from the total red blood cell volume. J. Vet. Med. A 44, 125–132
- Persson, S.G.B., Essen-Gustavsson, B., Lindholm, A., McMiken, D. and Thornton, J.R. (1983): Cardiorespiratory and metabolic effects of training of Standardbred yearlings. In: Snow D.H., Persson S.G.B. and Rose R.J. (Eds.): Equine Exercise Physiology 1. Granta Editions, Cambridge, 458–469
- Springorum, B. (1990): Hinweise zum Konditionstraining der Militarypferde. ISBN 3-88542-167-4; FN-Verlag Warendorf; 2. Auflage 1990
- Straub, R. (1988): Training mit Hilfe von Leistungsparametern. Der praktische Tierarzt 12, 28–35
- Swann, P. (1988): Racehorse – Training & Sports Medicine. Racehorse Sportsmedicine and Scientific Conditioning. ISBN 0-9590433-2-2
- Werkmann, J., Lindner, A. and Sasse, H.H.L. (1996): Conditioning effects in horses of exercise of 5, 15 or 25 minutes duration at two blood lactate concentrations. Pferdeheilkunde 12, 474–479
- Wilson, R.G., Isler, R.B. and Thornton, J.R. (1983): Heart rate, lactic acid production and speed during a standardized exercise test in Standardbred horses. In: Snow D.H., Persson S.G.B. and Rose R.J. (Eds.): Equine Exercise Physiology 1. Granta Editions, Cambridge, 487–496

Arbeitsgruppe Pferd

c/o Arno Lindner  
Laurahöhe 14  
45289 Essen

www.agpferd.de