

Beurteilung der Leistungskapazität und Festlegung der Trainingsintensität bei Sportpferden mittels Pulsfrequenzaufzeichnungen und Plasmalaktatbestimmungen

J. Gysin, R. Isler und R. Straub

Klinik für Nutztiere und Pferde der Universität Bern
(Leiter: Prof. Dr. H. Gerber)

Einleitung

Seit geraumer Zeit wird versucht, an Hand verschiedenster Parameter die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Pferdes wissenschaftlich zu objektivieren, nicht zuletzt auch, um die Trainierbarkeit dieser Athleten zu optimieren.

Die wichtigsten Kriterien zur Beurteilung der Ausdauerleistung wollen wir gerade zu Beginn mit Literaturangaben kurz erwähnen: kardiovaskuläre Untersuchungen (Ehrlein et al., 1970 und 1973; Isler et al., 1982; Marsland, 1968; Milne et al., 1977), Blutuntersuchungen inklusive Plasmalaktatmessungen (v. Engelhardt et al., 1973; Gabel et al., 1982; Grosskopf und van Rensburg, 1982; Grosskopf et al., 1982; Gysin, 1983; Krzywanek, 1973; Milne et al., 1976; Pfannndorf et al., 1980; Straub et al., 1984), Blutvolumenbestimmungen (Persson, 1967 und 1968), respiratorische Untersuchungen (Hörnische et al., 1982; Hoppeler et al., 1986) und Muskeluntersuchungen (Hoppeler et al., 1982; Straub et al., 1982 und 1984; Wilson et al., 1984).

Unserer Ansicht nach sind die für den Praktiker am einfachsten zu erfassenden und wichtigsten Kenngrößen zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit die Pulsfrequenzaufzeichnungen unter Belastung mit anschließender Plasmalaktatbestimmung.

Andere Untersuchungen, wie z. B. die Messung der Vita maxima ($VO_2\max$), das wohl zuverlässigste Bruttokriterium zur Beurteilung der kardiopulmonalen und muskulären Ausdauerleistungsfähigkeit, sind für den Praktiker heute und in naher Zukunft zu aufwendig und zu kostspielig. Der Grund, weshalb wir vor allem von Ausdauerleistungskapazität sprechen, liegt darin, daß kurz dauernde Anstrengungen, wie z. B. Spring-, Sprint- oder Rennleistungen, nur in beschränktem Maße auf die Energiebereitstellung via Sauerstoff angewiesen sind; die Energie wird vorwiegend aus den Adenosintriphosphat- und Kreatinphosphatspeichern der Muskelzellen und aus der anaeroben Glykolyse bezogen. Die dabei eingegangene O_2 -Schuld kann im An-

Zusammenfassung

Zur wissenschaftlich objektiven Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit von Sportpferden schlagen wir für den Praktiker als einfach zu erfassende Kenngrößen die Pulsfrequenzaufzeichnungen während der Belastung und anschließenden Plasmalaktatbestimmung vor. Als Leistungskennwerte für Ausdauerleistung ermitteln wir an Hand eines Mehrstufenbelastungstests mit konstanter Pulsfrequenzaufzeichnung und folgender Plasmalaktatbestimmung die V150 einerseits und V2 respektive V4 andererseits. An Hand dieser Kennwerte kann die Trainingsintensität festgelegt werden. Um Tagesformschwankungen der Pferde mit zu berücksichtigen, schlagen wir vor, nicht mit fixierten Geschwindigkeiten, sondern mit Pulsfrequenzüberwachung zu trainieren. Zur Beurteilung kurz dauernder Maximalbelastungen und zur Bestimmung der Leistungsintensität im Rennttraining eignet sich erfahrungsgemäß der Kennwert V200.

Evaluation of Performance Capacity and Definition of Training Load Using Heartrate and Plasmalactate-Measurements

To enable the practitioner to objectively evaluate performance capacity and trainability of horses we propose the following easily obtained parameters: Heart rate during work followed by plasma lactate measurements. New and practical equipment allow for continual monitoring of heart rate during work. To obtain performance parameters the horse is subjected to a multiple-step-test. Test results enable the definition of performance-parameters: V150 (velocity at a constant heartrate of 150 bpm) and V4 respectively V2 (velocity at 4 mmol resp. 2 mmol lactate/l plasma) for endurance capacity. V200 (velocity at 200 bpm) is recommended to evaluate stayertype performances. The puls frequency velocity curve levels out in this region. When determining training intensity we recommend the use of heart rate measured at V4 and V2, rather than V4 and V2 alone, and to monitor the heart rate while training. Thus a horses varying daily form can be respected.

schluß an die erbrachte Leistung kompensiert werden. Die wissenschaftliche Beurteilung dieser Art von Energiebereitstellung wird zusätzlich erschwert, weil auch die Toleranz des Körpers gegenüber Stoffwechselprodukten, wie z. B. dem Laktat, einem Metaboliten aus der anaeroben Glykolyse, nicht objektiv erfassbar ist.

Es ist bekannt, daß die Sauerstoffaufnahmekapazität für die Energiebereitstellung bei Muskelarbeit von mehr als 2 Minuten Dauer in zunehmendem Maße eine Rolle spielt (Howald, 1974). Bei länger dauernden Leistungen ist der Körper also in zunehmendem Maße auf diejenigen Organe angewiesen, die Sauerstoff aufnehmen (Ventilation/Perfusion der Lunge, Diffusion der Blutgase), transportieren (Herzminutenvolumen, Blutvolumen, Hämoglobinkonzentration) und in Energie umsetzen (Oxydationskapazität der Muskelzelle). Die Kapazität dieser Organe kann heutzutage mit wissenschaftlichen Tests überprüft werden. Mit anderen Worten heißt das: Je stärker eine Leistungserbringung von der oxydativen Energiegewinnung abhängt, um so besser kann sie wissenschaftlich objektiv erfaßt werden.

Einfache Beurteilungsmöglichkeit der Ausdauerleistungsfähigkeit beim Sportpferd

Grundsätzlich muß erwähnt werden, daß die Leistungsfähigkeit nicht nur unter den verschiedenen Leistungstypen (Sprinter, Steher, Distanzpferd) stark variiert, sondern

auch individuell innerhalb der Leistungsgruppen große Unterschiede bestehen. Aus diesem Grund sollte auch jedes Pferd einzeln getestet werden, und man muß sich dabei stets im klaren sein, daß die gemessenen Werte nicht absoluten, sondern immer nur vergleichenden Charakter haben und für die wissenschaftliche Beurteilung der Leistungskapazität nur bei wiederholten Messungen von Bedeutung sein können.

Wie bereits erwähnt, erachten wir Pulsfrequenz- und Plasmalaktatmessungen unter verschiedenen Belastungen als die beiden wichtigsten Kenngrößen zur Beurteilung der Ausdauerleistungskapazität. Kontinuierliche Pulsfrequenzmessungen unter Belastung können heutzutage mit einfach zu handhabenden Meßsystemen durchgeführt werden (Abb. 1). Dabei kann die Pulsfrequenz direkt vom Reiter von einer Uhr mit Digitalanzeige abgelesen werden, sie kann aber auch gespeichert und im Anschluß an den Test abgerufen und aufgezeichnet werden (Hippocard PEH 200[®]).

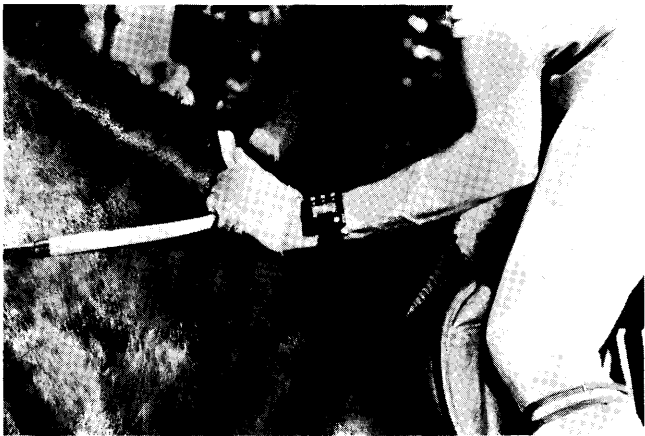


Abb. 1: Die Pulsfrequenz wird durch Sensoren am Pferd erfaßt und telemetrisch auf die am Handgelenk getragene Uhr übermittelt. Sie kann digital abgelesen und gespeichert werden.

Es ist bekannt, daß Laufgeschwindigkeit und Pulsfrequenz in einer linearen Beziehung zueinander stehen (Ehrlein et al., 1970). Dies gilt für den submaximalen Belastungsbereich. Im individuellen maximalen Belastungsbereich beginnt sich die Gerade aber abzuflachen. Erfahrungswerte zeigen, daß dieser Knick im Bereich von 200 Herzschlägen/Min. auftritt (Abb. 2). Die Erholungspulsfrequenz hat wegen der Umwelteinflüsse und Abhängigkeit vom Charakter des Pferdes für den Tierarzt nur bedingt diagnostischen Wert und dürfte nur bei wiederholten Messungen nach standardisierter Belastung in vertrauter Umgebung nutzvoll sein.

Neben der kontinuierlichen Pulsfrequenzaufzeichnung während der Belastung unter Feldbedingungen haben wir weiter die Möglichkeit, nach Beendigung der Belastung die Plasmalaktatkonzentration zu bestimmen. In der Regel entnehmen wir die Blutproben 3 Minuten nach Beendigung der Belastung. Bis zu einem gewissen Grad kann an

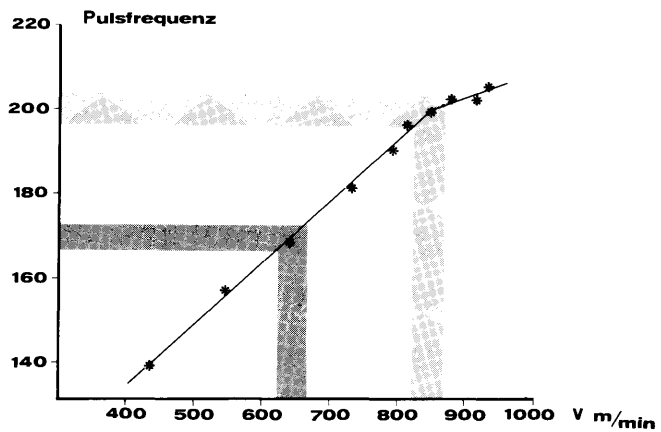


Abb. 2: Lineare Abhängigkeit von Pulsfrequenz und Laufgeschwindigkeit im submaximalen Belastungsbereich (dunkel: Bereich der Dauerleistungsgrenze V_4) und Abflachung der Geraden im maximalen Belastungsbereich um V_{200} (hell).

Hand dieses Parameters die aktuelle Stoffwechsellage der arbeitenden Muskulatur beurteilt werden. Bei niedriger Belastungsintensität und genügendem Sauerstoffangebot erfolgt die Energiegewinnung vorwiegend aerob, einerseits über die Glykogenolyse und Glykolyse, wobei das Pyruvat in den Citratzyklus eingeschleust wird, und andererseits über die β -Oxydation freier Fettsäuren. Mit steigender Belastungsintensität nimmt die anaerobe Glykolyse überhand, da das Sauerstoffangebot oder die oxydative Kapazität der Muskelzelle nicht ausreicht, um das Pyruvat in den Citratzyklus abziehen. Dabei wird Laktat, das Endprodukt aus der anaeroben Glykolyse im Körper, akkumuliert. Zwischen Leistungsintensität (Geschwindigkeit) und Plasmalaktat besteht eine exponentielle Beziehung (Abb. 3), im sehr hohen Belastungsbereich steigt das Plasmalaktat also massiv an. Die gemessenen Plasmalaktatkonzentrationen hängen jedoch nicht nur von der Produktion in der Muskelzelle ab, sondern auch von der Reutilisation und der Perfusion der Muskelzelle.

Um den individuellen Zusammenhang zwischen Laufgeschwindigkeit und Pulsfrequenz einerseits und Plasmalaktat andererseits im submaximalen Belastungsbereich zu eruieren, muß jedes Pferd einzeln bei mindestens 3 Geschwindigkeiten getestet werden. Dabei sollte bei jeder Be-

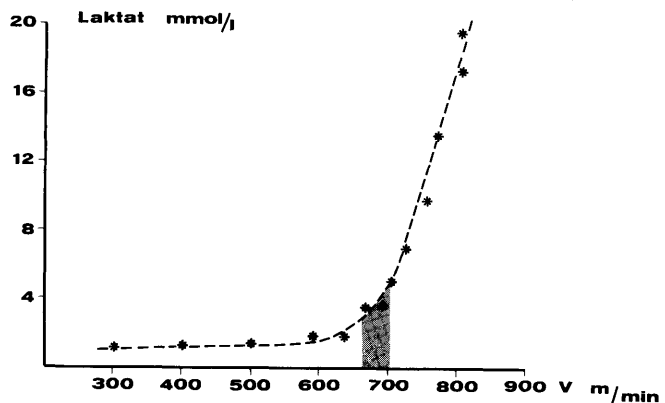


Abb. 3: Exponentielle Beziehung zwischen Plasmalaktat und Laufgeschwindigkeit. Raster: Der Übergangsbereich von vorwiegend aerob zu vorwiegend anaerober Energiebereitstellung ist gleichzeitig der Bereich der Dauerleistungsgrenze.

* Bioengineering Isler AG, Postfach 916, CH-8034 Zürich

lastungsstufe eine Steady-state-Pulsfrequenz erreicht werden (Vorschlag: 400 m/Min., 500 m/Min., 600 m/Min.). Die Laktatbestimmung erfolgt jeweils 3 Minuten nach jeder Belastungsstufe. Aus den ermittelten Geschwindigkeiten, Pulsfrequenzen und Plasmalaktatkonzentrationen können wir nun eine Pulsfrequenz-Geschwindigkeitsgerade und eine Plasmalaktat-Geschwindigkeitskurve aufzeichnen (Abb. 4). Je öfter wir diesen Test durchführen, selbstverständlich immer unter möglichst identischen Bedingungen, um so genauer werden die Kurven und um so besser reproduzierbar werden die im folgenden beschriebenen Leistungskennwerte.

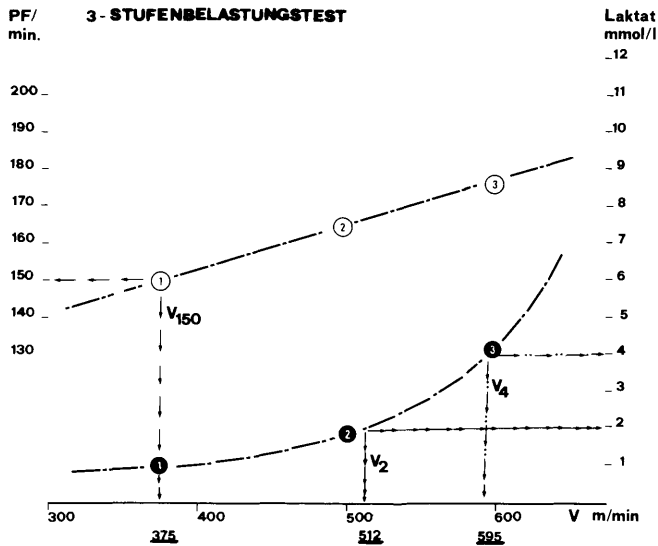


Abb. 4: Leistungskennwerte V150, V4 und V2.

Der Leistungskennwert V150 (Geschwindigkeit bei konstanter Pulsfrequenz von 150 Schlägen pro Minute), der von *v. Engelhardt et al. (1973)* zur Beurteilung der aeroben Kapazität vorgeschlagen wurde, eignet sich gut für Pferde, die in niedrigen Geschwindigkeiten, dafür aber länger belastet werden, aber auch zur Beurteilung der Grundkondition von Pferden.

Da dieser Kennwert immer noch im linearen Abhängigkeitsbereich liegt, hat der Reiter respektive Tierarzt die Möglichkeit, das Pferd nur mit einer Belastungsstufe zu testen. Dabei sollte eine Steady-state-Belastung erzielt werden, bei der während mindestens 3 Minuten Dauer eine konstante Pulsfrequenz von 150 Schlägen/Min. aufgezeichnet werden kann. An Hand bestehender V150-Bewertungsskalen (Abb. 5) kann dem Pferd eine Leistungsnote gegeben und so der Trainingseffekt während einer Trainingsperiode verfolgt werden. Man muß sich aber bewusst sein, daß mit der Vereinfachung dieses Testverfahrens eine Ungenauigkeit in Kauf genommen werden muß, da bei der Steigung der Pulsfrequenzgeschwindigkeitsgeraden geringgradige individuelle Unterschiede auftreten können.

Leistungskennwerte für Pferde, die nur über kurze Distanz respektive kurze Dauer Maximalleistungen zu erbringen haben, müssen im annähernd maximalen Belastungsbereich eruiert werden, da ihre Energiebereitstellung zum wesent-

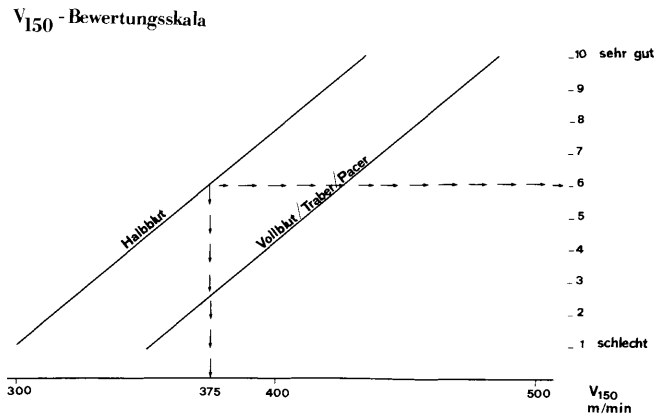


Abb. 5: V150-Bewertungsskala mit Notengebung für den Einstufenbelastungstest.

lichen Teil über die anaerobe Glykolyse erfolgt und tiefere Belastungsintensitäten normalerweise nicht dem Trainingsziel entsprechen. In diesem Bereich beginnt die Abflachung der Pulsfrequenzgeschwindigkeitsgeraden. Um den Anfangspunkt der Abflachung zu finden, können diese Pferde pro Distanzeinheit (z. B. 200 m) progredient höher belastet werden (für Galopper z. B. 400 bis 900 m/Min.). Der Pulsfrequenzverlauf wird während dieser Belastung kontinuierlich aufgezeichnet. Der Abknickungsbereich liegt dann bei ca. 200 Schlägen/Min. Bei Trabern und Galoppieren bedient man sich deshalb des Leistungskennwertes V200 (Geschwindigkeit bei konstanter Pulsfrequenz von 200 Schlägen/Min.).

Die Kurve, die wir aus den Geschwindigkeiten und Plasmalaktatkonzentrationen erhalten, zeigt einen exponentiellen Verlauf. Dieser läßt uns erkennen, daß die Beurteilung im submaximalen und maximalen Belastungsbereich schwierig wird, da bereits minimale Geschwindigkeitsabweichungen massive Plasmalaktatunterschiede zur Folge haben. Im Übergangsbereich von flachem zu steilem Kurvenanstieg liegt die Geschwindigkeit der Dauerleistungsgrenze, wo die anaerobe Energiebereitstellung überhandnimmt (Abb. 3). Sie wird wie beim Menschen auf 4 mmol Laktat/l Plasma festgesetzt und ergibt einen neuen Kennwert: V4 (Geschwindigkeit bei 4 mmol Laktat/l Plasma). Wie schon bei der Bestimmung der V150 läßt sich auch hier, natürlich immer auf Kosten der Genauigkeit wegen der individuellen Abweichungen, das Testprozedere vereinfachen. Das Pferd wird einmal belastet, wobei während mindestens 3 Minuten Dauer eine konstante Geschwindigkeit erzielt werden sollte. 3 Minuten nach Beendigung der Belastung wird die Plasmalaktatkonzentration gemessen. Durch Extrapolation des gemessenen Laktatwertes kann nun der V4-Wert annähernd bestimmt werden. Auch hier existieren für diesen Kennwert Notenskalen (Abb. 6). Bei Pferden, die ausgesprochene Ausdauerleistungen zu erbringen haben, eignet sich erfahrungsgemäß der Leistungskennwert V2 (Geschwindigkeit bei 2 mmol Laktat/l Plasma) besser als V4, da bei diesen Athleten kaum Belastungsintensitäten erreicht werden können, die den Plasmalaktatspiegel wesentlich über die Dauerleistungsgrenze ansteigen lassen.

V₄-Bewertungsskala

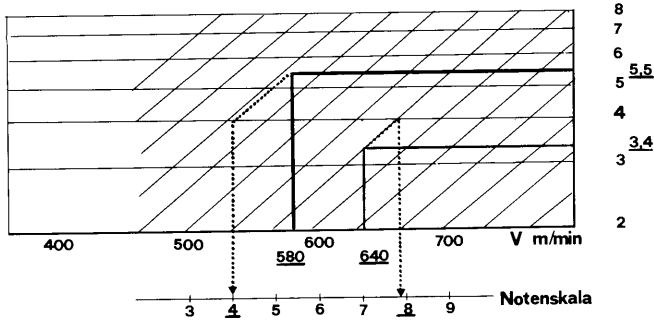


Abb. 6: V₄-Bewertungsskala mit Notengebung für den Einstufenbelastungstest.

Festlegung der Trainingsintensität und -überwachung

Wie bereits erwähnt, haben die im vorangehenden Kapitel besprochenen Leistungskennwerte nicht absoluten, sondern nur vergleichenden Charakter und dürfen nur bei guter Reproduzierbarkeit der Resultate zur Beurteilung der Leistungskapazität und Festlegung der Trainingsintensität verwendet werden. Leistungstests sollten also möglichst unter identischen Bedingungen wiederholt werden, ansonsten kann das Testergebnis verfälscht und Trainingsintensitäten können falsch festgelegt werden.

Weitere Grundvoraussetzungen zur objektiven Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit eines Pferdes sind natürlich auch ein guter Gesundheitszustand, eine angepasste Ernährung, die Berücksichtigung der Psyche des Pferdes, der Konstitution und des momentanen Konditionszustandes. Je besser der Konditionszustand, um so kleiner wird der prozentuale Leistungszuwachs.

Zur Festlegung der Trainingsintensität zur Verbesserung der aeroben Kapazität eines Pferdes schlagen wir die Ermittlung der V₂ und V₄ zusammen mit der bei V₂ und V₄

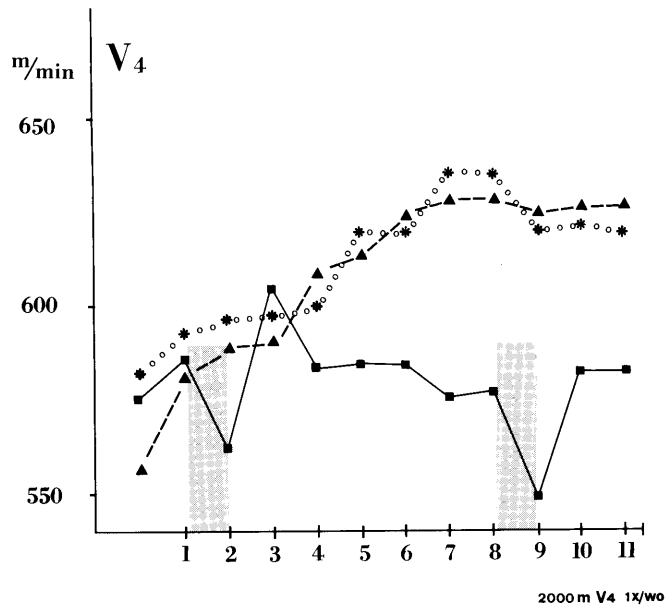


Abb. 7: 3monatiges Training von drei Junghengsten mit Trainingsintensität V₄. Einmal wöchentlich wurden die Pferde mit Einstufenbelastung getestet und durch Extrapolation des gemessenen Laktatwertes die neue V₄ ermittelt. Dabei traten bei einem Hengst (■) zweimal sehr deutliche Formschwankungen auf (dunkle Bereiche).

gemessenen Pulsfrequenz vor. Die Festlegung der V₄ respektive V₂ allein scheint uns gefährlich, da die Trainingsbelastung durch eine vorgegebene Geschwindigkeit fixiert ist und so Tagesformschwankungen des Pferdes nicht mehr berücksichtigt werden können (Abb. 7). Solche treten vor allem bei jungen Pferden auf, die sich in einem Aufbautraining befinden. Wird bei schlechter Tagesform trotzdem mit der festgelegten Geschwindigkeit trainiert, kann das Pferd leicht überfordert werden und unnötig Schaden nehmen. Trainiert man hingegen mit festgelegten Pulsfrequenzen, so wird die Trainingsbelastung (V) bei schlechter Tagesform niedriger sein als bei ausgezeichneter Tagesform. Das Risiko von Überbeanspruchung kann wesentlich verringert werden, andererseits kann auch ein Training mit zu niedrigen Belastungsintensitäten ohne Trainingseffekt vermieden werden. Deshalb glauben wir, daß ein Training mit Pulsfrequenzüberwachung wesentlich schonender und effizienter durchgeführt werden kann als ein Training mit festgelegten Geschwindigkeiten. Dasselbe gilt natürlich auch

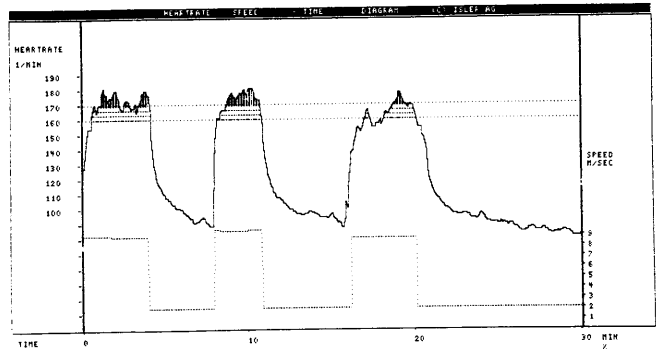


Abb. 8: Intervalltraining mit Pulsfrequenzüberwachung. Belastungspulsfrequenz (—————), Belastungsgeschwindigkeit (-----).

für die Überwachung des Renntrainings, wo z. B. als Trainingsintensität eine Pulsfrequenz von 200 Schlägen/Min. gewählt werden kann (V₂₀₀).

Die Gestaltung des Trainingsaufbaus bezüglich Trainingsfrequenz und -dauer hängt vom momentanen Konditionszustand des Pferdes und dem Trainingsziel ab. Das Pferd sollte aber nicht häufiger als ein- bis zweimal wöchentlich einem Einstufen- oder Intervalltraining (Abb. 8) unterzogen werden. Die vorgeschlagenen Leistungstests stellen dabei Hilfsmittel zur Festlegung der Trainingsintensität und Beurteilung des Leistungszuwachses dar. Bezüglich der Be-

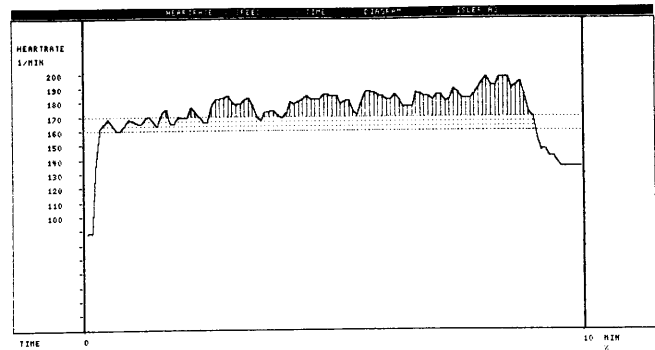


Abb. 9: Pulsfrequenzaufzeichnung während einer Militarygeländepfprüfung.

lastbarkeit des einzelnen Pferdes spielt immer noch die Feinfühligkeit des guten Trainers und Reiters und seine Kenntnis des einzelnen Individuums eine wesentliche Rolle. Am Ende der Trainingsperiode sollte die Leistungskapazität des Pferdes die am Wettkampftag geforderte Leistung um 10 bis 20 Prozent übersteigen, je nach Alter und Erfahrung des Pferdes, da durch die ungewohnte Umgebung

am Wettkampfort, durch Geländeunebenheiten (andere Bodenverhältnisse), durch Hindernisse usw. die zu erbringende Leistung schwieriger wird als zu Hause im gewohnten Trainingsgelände (Abb. 9). Die Möglichkeit, den Pulsfrequenzverlauf im Wettkampf selbst aufzuzeichnen, bestätigt uns schließlich, ob eine optimale Trainingsdosierung gewählt wurde.

Literatur

- Ehrlein, H. J., v. Engelhardt, W., Hörnicke, H., Tolkmitt, G., und Dusek, J. (1970): Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Herzschlagfrequenz und Leistung bei Pferden. *Zbl. Vet. Med. A.* 17, 577-591.
- Ehrlein, H. J., Hörnicke, H., v. Engelhardt, W., und Tolkmitt, G. (1973): Die Herzschlagfrequenz während standardisierter Belastung als Maß für die Leistungsfähigkeit von Pferden. *Zbl. Vet. Med. A.* 20, 188-208.
- v. Engelhardt, W., Hörnicke, H., Ehrlein, H. J., und Schmidt, E. (1973): Lactat, Pyruvat, Glucose und Wasserstoffionen im venösen Blut bei Reitpferden in unterschiedlichem Trainingszustand. *Zbl. Vet. Med. A.* 20, 173-187.
- Gabel, A. A., Milne, D. W., Muir, W. W., Skarda, R. T., und Weingold, M. F. (1982): Some Physiological Responses of Standardbred Horses to a Submaximal Exercise Test Following Conventional and Interval Training. In: *Snow, D. H., Persson, S. G. B., und Rose, R. J.: Equine Exercise Physiology Proceedings of the First International Conference Oxford, September 22nd-24th, 497-504.*
- Grosskopf, J. F. W., und van Rensburg, J. J. (1982): Some Observations on the Haematology and Blood Biochemistry of Horses Competing in 80 km Endurance Rides. In: *Snow, D. H., Persson, S. G. B., und Rose, R. J.: Equine Exercise Physiology Proceedings of the First International Conference Oxford, September 22nd-24th, 425-431.*
- Grosskopf, J. F. W., van Rensburg, J. J., und Bertschinger, H. J. (1982): Haematology and Blood Biochemistry of Horses During a 210 km Endurance ride. In: *Snow, D. H., Persson, S. G. B., und Rose, R. J.: Equine Exercise Physiology Proceedings of the First International Conference Oxford, September 22nd-24th, 416-424.*
- Gysin, J. (1983): Arbeits- und trainingsbedingte Anpassungsprozesse im Stoffwechsel von Halbbluthengsten. *Diss. Med. Vet., Bern.*
- Hörnicke, H., Meixner, R., und Pollmann, U. (1982): Respiration in Exercising Horses. In: *Snow, D. H., Persson, S. G. B., und Rose, R. J.: Equine Exercise Physiology Proceedings of the First International Conference Oxford, September 22nd-24th, 7-16.*
- Hoppeler, H., Claassen, H., Howald H., und Straub, R. (1982): Correlated Histochemistry and Morphometry in Equine Skeletal Muscle. In: *Snow, D. H., Persson, S. G. B., und Rose, R. J.: Equine Exercise Physiology Proceedings of the First International Conference Oxford, September 22nd-24th, 184-192.*

Mustang₂₂₀₀

...ein Pferdelaufband auf dem höchsten Stand der Technik



Das «MUSTANG 2200» wurde in Zusammenarbeit mit Kapazitäten der Veterinärmedizin und Elektro-Ingenieuren entwickelt und in einer Schweizer Maschinenfabrik hergestellt. Mit seiner Stärke und Ausdauer übertrifft es jedes Pferd.

Das «MUSTANG 2200» hat eine Digitalanzeige für Puls, Geschwindigkeit, Distanz, Zeit und Steigung.

Das «MUSTANG 2200» hat ein Interface, anschliessbar an jeden Computer für Graphik und Statistik.

Das «MUSTANG 2200» kann überall eingesetzt werden für Diagnostik, Therapie, Training.

Für weitere Informationen verlangen Sie detaillierte Unterlagen, oder einen 12-Min.-Video-Film über das «MUSTANG 2200» in Aktion; (Depot-Gebühr für Video: SFr. 80.-/US\$ 40.-)

Kagra AG

Sarmenstorferstrasse 388
5615 Fahrwangen, Switzerland
Phone: 057-27 24 28
Telefax: 057-27 31 60

Kagra International, Inc.

P.O. Box 9866
College Station, Texas 77840, USA
Phone: (409) 693-6310
Telefax: (409) 693-7778

- Hoppeler, H., Jones, J. H., Claassen, H., Lindstedt, S. L., Longworth, K. E., Taylor, C. R., Straub, R., und Lindholm, A.: Relating VO_2 max to Skeletal Muscle Mitochondria in Horses. In *Equine Exercise Physiology Proceedings of Second International Conference San Diego, August 7th-10th (1986)* (im Druck).
- Howald, H. (1974): Auswirkungen sportlicher Aktivität auf den Stoffwechsel. *Schweiz. med. Wschr.* 104, 1535-1538.
- 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.
- Krzywanek, H. (1973): Untersuchungen zur Beurteilung der aktuellen Leistungsfähigkeit von Trabrennpferden. *Zbl. Vet. Med. A.* 20, 265-276.
- Marsland, W. P. (1968): Heart Rate Response to Submaximal Exercise in the Standardbred Horses. *J. Appl. Physiol.* 24, 98-101.
- Milne, D. W., Skarda, R. T., Gabel, A. A., Smith, L. G., und Ault, K. (1976): Effects of Training on Biochemical Values in Standardbred Horses. *Am. J. Vet. Res.* 37, 285-290.
- Milne, D. W., Gabel, A. A., Muir, W. W., und Skarda, R. T. (1977): Effects of Training on Heart Rate, Cardiac Output and Lactic Acid in Standardbred Horses, Using a Standardized Exercise Test. *J. Equine Med. Surg.* 1, 131-135.
- Pannendorf, H., Schneider, J., Möhring, B., und Werner, G. (1980): Zum Verhalten der Milchsäurekonzentration im Blut beim Training von Galopprennpferden. *Mh. Vet. Med.* 35, 734-739.
- Persson, S. G. B. (1967): On Blood Volume and Working Capacity in Horses. *Acta Vet. Scand.* 19, 1-189.
- Persson, S. G. B. (1968): Blood Volume, State of Training and Working Capacity of Races Horses. *Equine Vet. J.* 1, 52-64.
- Straub, R., Dettwiler, M., Hoppeler, H., und Claassen, H. (1984): The Use of Morphometry and Enzyme Activity Measurements in Skeletal Muscles for the Assessment of the Working Capacity of Horses. In: *Snow, D. H., Persson, S. G. B., und Rose, R. J.: Equine Exercise Physiology Proceedings of the First International Conference Oxford, September 22nd-24th, 193-199.*
- Straub, R., Hoppeler, H., Dettwiler, M., Isler, R., und Gysin, J. (1982): Beurteilung der Trainierbarkeit und der momentanen Leistungskapazität mit Hilfe von Muskeluntersuchungen beim Pferd. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 124, 529-548.
- Straub, R., Isler, R., und Gysin, J. (1984): Parameter zur Beurteilung der Ausdauer des Pferdes. *Tierärztl. Prax.* 12, 499-504.
- Wilson, R. G., Isler, R. B., und Thornton, J. R. (1984): Heart Rate, Lactic Acid Production and Speed During a Standardized Exercise Test in Standardbred Horses. In: *Snow, D. H., Persson, S. G. B., und Rose, R. J.: Equine Exercise Physiology Proceedings of the First International Conference Oxford, September 22nd-24th, 487-496.*

Dr. Jasmin Gysin
Klinik für Nutztiere und Pferde
Universität Bern
Bremgartenstraße 109a
CH-3012 Bern

Kurzreferat

Ultrastrukturelle Alterationen an den Clara-Zellen bei Pferden mit chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen

(Ultrastructural Alterations of Clara Cells in Horses with Chronic Obstructive Pulmonary Diseases)

W. Drommer, F.-J. Kamp, O. Klein und E. Deegen (1987)

Dtsch. tierärztl. Wschr. 94, 63-67

Bei 12 Pferden mit chronisch obstruktiven Erkrankungen der Lunge (COPD) wurden licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen an verschiedenen Parenchymlokalisationen der Lunge durchgeführt. Es werden im Vergleich zu Clara-Zellen gesunder Pferde die mikroskopisch erkennbaren Veränderungen der Clara-Zellen des broncholären Epithels in Abhängigkeit vom klinischen Krankheitsbild dargestellt.

COPD wird allgemein als eine Erkrankung definiert, die mit Dyskrie, Bronchospasmen, lumeneinengenden Bronchialwandprozessen und alveolärem Emphysem einhergeht.

Im broncholären Epithel gehören die Clara-Zellen zu den wesentlichen Funktionsträgern, deren Hauptaufgabe in der Synthese der serösen Mukusanteile und des pulmonalen Surfactantsystems besteht. Auf Grund intrazytoplasmatischer Enzymsysteme wird diesem Zelltyp auch eine wesentliche entgiftende Wirkung für die gesamte Lunge zugeschrieben.

In der Anfangsphase der COPD sind nur geringgradige Veränderungen feststellbar, die sich in einem Verlust an Granula und einer Vermehrung des glatten endoplasmatischen Retikulums sowie ersten Degenerationserscheinungen äußern. Später sind verstärkt Myelinfiguren und Ansammlungen von feingranulärem Material zu beobachten. Bei hochgradiger COPD fällt auf, daß im broncholären Epithel, das dabei mehrschichtig wird, die Clara-Zellen zum großen Teil durch Becherzellen ersetzt werden, wodurch die Viskosität des Schleimes in den Bronchioli ansteigt. Daneben sind die typischen Anzeichen einer Atemwegsobstruktion durch intraluminale Sekretansammlungen, peribroncholäre Entzündungsinfiltrate sowie Lymphfollikelbildungen und Fibrosierungen der Bronchioli zu sehen.

Diese in den auch nicht entzündlich veränderten Bronchioli festzustellenden Fehldifferenzierungen und Degenerationen der Clara-Zellen sind durch die Destabilisierung des mukoziliären Gleichgewichts für die funktionelle Obstruktionen der Bronchien und vor allem der Bronchioli verantwortlich zu machen.

P. Stanger