

---

**Wirksamkeit unterschiedlicher Trainingsformen auf die  
Leistungsfähigkeit von Vollblütern überprüft anhand von  
Herzfrequenz- und Laktatmessungen**

Inauguraldissertation

zur Erlangung eines Grades des Doktors der Philosophie im Fachbereich Psychologie und  
Sportwissenschaften der Goethe-Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von:

Nicola Hedderich  
Frankfurt am Main im März 2012

1. Gutachter: Prof. Dr. Dr. h. c. D. Schmidtbleicher
2. Gutachter: Prof. Dr. med. Dr. phil. W. Banzer

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Forschungsstand.....</b>	<b>14</b>
2.1	Nationale Forschungsarbeiten .....	14
2.2	Internationale Forschungsarbeiten .....	24
<b>3</b>	<b>Training, Trainingsplanung, Trainingskontrollen im Pferderennsport.....</b>	<b>33</b>
3.1	Grundausbildung und Training des Englischen Vollbluts.....	37
3.2	Trainingsmethoden der Ausdauer.....	38
3.2.1	Dauermethode .....	40
3.2.2	Intervallmethode.....	41
<b>4</b>	<b>Adaptation des Organismus an Trainingsbelastungen.....</b>	<b>42</b>
4.1	Adaptation der Herzfrequenz .....	43
4.2	Adaptation des Laktats.....	47
4.3	Adaptation des Hämoglobins .....	52
4.4	Adaptation an Intervall- und Dauermethode .....	53
<b>5</b>	<b>Fragestellungen und Hypothesen.....</b>	<b>55</b>
<b>6</b>	<b>Untersuchungsmethodik.....</b>	<b>58</b>
6.1	Untersuchungsdesign .....	58
6.2	Pferdekollektiv.....	60
6.3	Datenerhebung .....	62
6.3.1	Herzfrequenzmessung - Instrumentarium .....	63
6.3.2	Blutentnahme, Laktatmessung - Instrumentarium .....	64
6.4	Stufentestdesign.....	64
6.5	Trainingsprogramm.....	65
6.5.1	Belastungsprotokoll: Dauermethode .....	67
6.5.2	Belastungsprotokoll: Intervallmethode .....	67
6.6	Datenverarbeitung .....	67
<b>7</b>	<b>Untersuchungsergebnisse .....</b>	<b>68</b>
7.1	Deskriptive Untersuchungsergebnisse.....	68
7.1.1	Gesamtkollektiv Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit .....	68
7.1.2	Erholungsherzfrequenz Eingangs-/Ausgangstest Intervall- und Dauermethode .....	70
7.1.3	Trainingseinheit Intervallmethode - Herzfrequenz, Geschwindigkeit .....	71
7.1.4	Trainingseinheit Dauermethode - Herzfrequenz, Geschwindigkeit.....	73
7.1.5	Rennaufzeichnungen Leistungsklasse: Ausgleich IV .....	74
7.2	Analytische Untersuchungsergebnisse .....	75
7.2.1	Interkollektivvergleich Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit - Mittelwerte .....	76
7.2.2	Interkollektivvergleich Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit - Mittelwertsdifferenzen	80
7.2.3	Intrakollektivvergleich Intervallmethode Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit - Mittelwerte .....	83
7.2.4	Intrakollektivvergleich Dauermethode Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit - Mittelwerte .....	85
<b>8</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>87</b>
8.1	Diskussion der Untersuchungsmethodik.....	87
8.1.1	Stichprobe.....	87
8.1.2	Untersuchungszeitraum .....	94
8.1.3	Trainingsdokumentation.....	95
8.1.4	Stufentest.....	96
8.1.5	Feldtest vs. Labortest.....	99
8.2	Diskussion der Untersuchungsergebnisse Laktat .....	102

---

8.2.1	Laktat in Ruhe .....	103
8.2.2	Laktat unter Belastung .....	103
8.2.3	Laktat im aerob-anaeroben Schwellenbereich .....	110
8.2.4	Laktatgipfel .....	116
8.2.5	Laktatelimination .....	117
8.2.6	Laktat - spezielle Aspekte .....	118
<b>8.3</b>	<b>Diskussion der Untersuchungsergebnisse Hämoglobin .....</b>	<b>121</b>
8.3.1	Hämoglobin in Ruhe .....	121
8.3.2	Hämoglobin unter Belastung.....	122
8.3.3	Hämoglobin - spezielle Aspekte .....	124
<b>8.4</b>	<b>Diskussion der Untersuchungsergebnisse Herzfrequenz/Geschwindigkeit .....</b>	<b>125</b>
8.4.1	Herzfrequenz in Ruhe.....	126
8.4.2	Herzfrequenz unter Belastung.....	127
8.4.3	Herzfrequenz Trab.....	129
8.4.4	Herzfrequenz Galopp Dauermethode.....	130
8.4.5	Herzfrequenz Galopp Intervallmethode.....	131
8.4.6	Herzfrequenz Erholungswerte.....	132
<b>8.5</b>	<b>Diskussion der Untersuchungsergebnisse Training.....</b>	<b>133</b>
8.5.1	Aufwärmen.....	137
8.5.2	Intervallmethode.....	138
8.5.3	Dauermethode .....	144
8.5.4	Intervallmethode und Dauermethode im Vergleich .....	147
8.5.5	Abwärmen und Regeneration.....	162
<b>8.6</b>	<b>Rennaufzeichnung Leistungsklasse: Ausgleich IV .....</b>	<b>164</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>166</b>
<b>10</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>170</b>
<b>11</b>	<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>172</b>
<b>12</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>173</b>
<b>13</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>175</b>
<b>14</b>	<b>Tabellarischer Lebenslauf.....</b>	<b>191</b>
<b>15</b>	<b>Eidesstattliche Erklärung .....</b>	<b>192</b>

## Vorwort

„Wissenschaftlich überholt zu werden, ist nicht nur unser aller Schicksal, sondern unser aller Zweck“ - Max Weber, Jurist und Soziologe, 1864-1920 (SUKALE, 2002, S. 555).

Diese Maxime von WEBER gilt für alle Bereiche des menschlichen Lebens, so auch für den Sport. Objektive Indikatoren für das intraindividuelle oder interindividuelle „Überholen“ sind u. a. die Anzahl kontinuierlich gebrochener Rekorde in den metrischen Sportarten im Verlauf der vergangenen Jahre, die „das weitere Hinausschieben der menschlichen Leistungsfähigkeit veranschaulichen“ (DE MARÉES, 2002, S. 639).

Auf der Basis statistischer Modelle, die zur Prognose sportlicher Leistungen herangezogen wurden, kamen unterschiedliche Autoren im Vorfeld der Olympischen Spiele 2008 in Peking allerdings zu der Annahme, dass die Grenzen der sportmotorischen Leistungsfähigkeit endgültig erreicht und demzufolge eine Unterbietung von Rekorden nur in Ausnahmefällen zu erwarten sei (SCHNABEL, HARRE, KRUG und BORDE, 2003). Diese Vermutung wurde in der Praxis mehrfach widerlegt. Beste Beispiele hierfür waren der US amerikanische Schwimmer Michael Phelps, der in China 7 seiner 8 Disziplinen mit Weltrekorden beendete und der Jamaikaner Usain Bolt, der dort innerhalb einer Wettkampfwochen seine eigenen Weltrekorde im Kurz sprint (100 m: von 9,72 s → 9,69 s; 200 m: von 19,32 s → 19,30 s) verbesserte und im darauf folgenden Jahr in Berlin (2009) erneut innerhalb einer Woche seine persönlichen Bestmarken auf beiden Strecken unterbot (100 m: 9,58 s; 200 m: 19,19 s).

KRUG musste daher 2009 feststellen, dass sich während der Olympischen Spiele in Peking die nicht erwartete Leistungsverbesserung in insgesamt 43 Disziplinen durch Weltrekorde, allein 3 weitere in der Sportart Leichtathletik (4x100 m - Staffel der Männer, 3000 m und Stabhochsprung der Frauen), realisierte.

Es ist hinreichend bekannt, dass Material- und Technikverbesserung der vergangenen Jahre sowie systematische sportmedizinische, trainingswissenschaftliche, psychologische und oecotrophologische Betreuung des Athleten in der Regel in Leistungsoptimierung resultierten. Konsequenterweise fallen durch die multifaktoriellen Innovationen und Einflüsse alte Rekorde.

Stellt man die Leistungsentwicklung im „Pferderennsport“ - Indikator sind hierbei die dokumentaranalytisch gewonnenen Siegerzeiten aus den Ergebnislisten national und international renommierter Rennen von Englischen Vollblütern - der Rekordentwicklung im

„**Humansport**“ gegenüber, so ergeben sich die in Abb. 1 und 2 dargestellten Leistungsdiagramme.

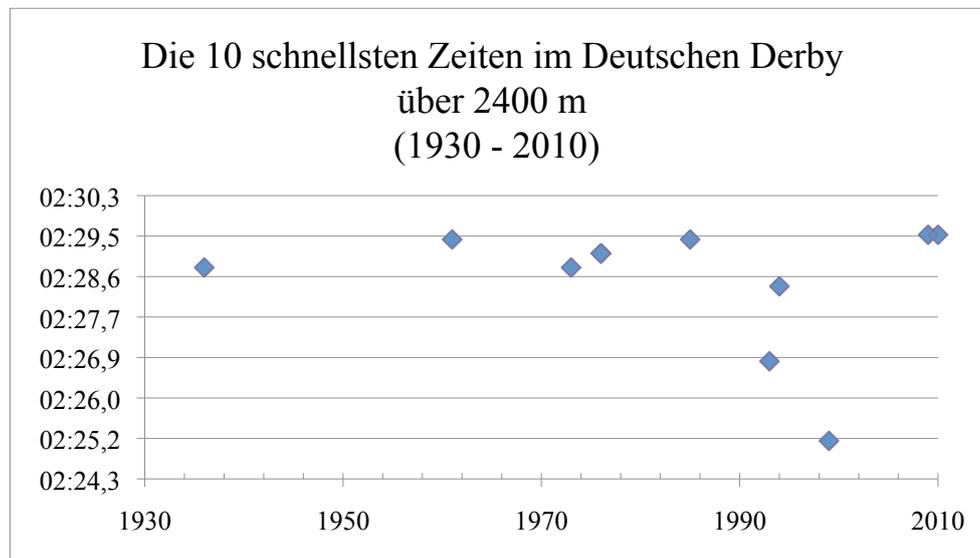


Abb. 1: Die 10 schnellsten Zeiten (min) im Deutschen Derby über 2400 m.

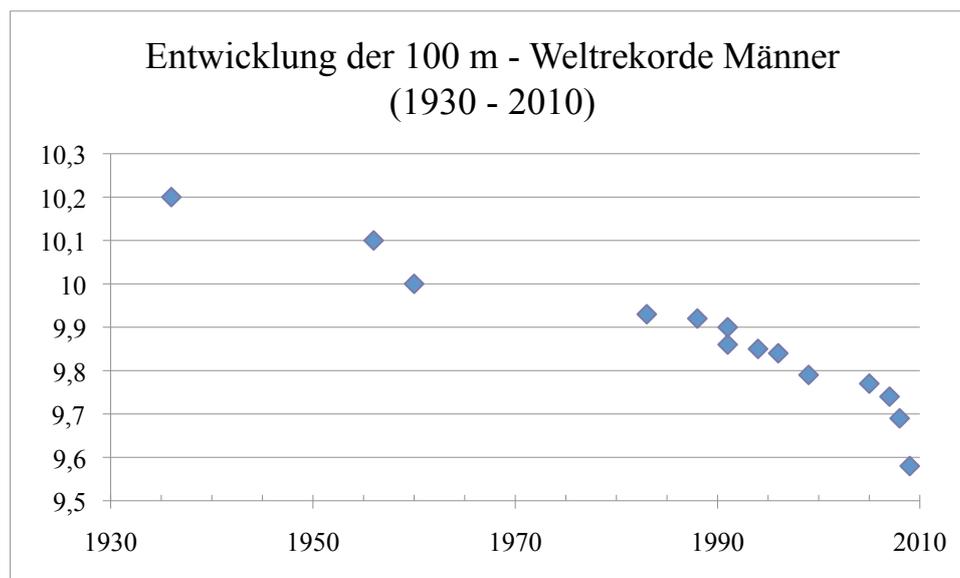


Abb. 2: Entwicklung der 100 m - Weltrekorde (s) Männer.

Im vergleichbaren Zeitraum von ca. 80 Jahren stagnierten die Zeiten im deutschen Hochleistungsgaloppsport (Abb. 1) im Bereich von 2:29,5 min bis 2:25,1 min, während sich die Laufzeit im 100 m - Sprint der Männer von 10,2 s auf aktuell 9,58 s verkürzte, d. h. eine Leistungsverbesserung von fast 6% erzielt wurde. Ein prozentualer Transfer zum Rennsport müsste im Deutschen Derby bisher noch unerreichte Ergebnisse von ca. 2:20,0 min erwarten lassen. 2011 wurde das Rennen mit 2:40,0 min beendet.

Tab. 1: Leistungsentwicklung im internationalen Pferderennsport (min).

<u>Epsom Derby</u>	<u>L'Arc de Triomphe</u>	<u>Japan Cup</u>	<u>Dubai World Cup</u>
1920: 2:34,80	1920: 2:39,00	*1981: 2:25,30	*1996: 2:03,83
2005: 2:35,69	2005: 2:27,40	2005: 2:22,10	2005: 2:02,17
2011: 2:34,54	2011: 2:24,94	2011: 2:24,20	2011: 2:05,94

\*Gründungsjahre der Rennen 1981 und 1996

Wie Tab. 1 zu entnehmen ist, verzeichnen auch traditionelle internationale Galopprennen analog zum Deutschen Derby überwiegend eine Leistungsstagnation. Divergierende Streckenlängen erklären die variierenden Zeiten der Derbys (Dubai World Cup 2000 m), von denen der Japan- und Dubai World Cup erst auf eine kürzere Tradition zurückblicken können. Ein Vergleich der Leistungsentwicklung im nationalen und internationalen Pferderennsport mit dem Leistungsfortschritt des 100 m - Laufs im Humansport - aufgrund der kurzen Distanz wäre hier nur ein minimaler Leistungszuwachs zu erwarten - dokumentiert eine hohe Divergenz, deren Ursache es zu finden gilt.

Die auffallend differierenden Ergebnisstatistiken lassen vermuten, dass der „Pferderennsport“ die im „Humansport“ seit Jahrzehnten erfolgreichen Maßnahmen zur Leistungsoptimierung nicht zur Kenntnis nimmt und demzufolge nicht praktiziert oder dass man die essentielle Frage nach dem Grad der Trainierbarkeit eines Pferdes aufgrund einer eventuell limitierenden genetischen Disposition stellen muss. Ist ausschließlich - unter Außerachtlassung weiterer leistungsrelevanter Faktoren - die Trainingspraxis für den Leistungsstillstand verantwortlich, stellen sich konsequenterweise Fragen zur Existenz von Trainingskonzepten bzw. zur Häufigkeit der Etablierung klassischer Trainingsmethoden (Dauer- und Intervallmethode) mit partiellem Transfer humansportwissenschaftlicher Erkenntnisse.

Mit der vorliegenden Studie soll auf der Basis einer empirischen Untersuchung unter Einhaltung wissenschaftlicher Kriterien zur Überprüfung von Sachverhalten ein erster Versuch gestartet werden, die Ursachen für die o. a. hippologische Leistungsstagnation - jenseits von Spekulationen - zu eruieren. Konkret wird der Frage nachgegangen, ob der fehlende Leistungsfortschritt - wie von der Autorin vermutet - in der Anwendung nicht leistungsoptimierender Trainingsmethoden liegt.

Das Belastungsprofil von Englischen Vollblütern im Wettkampf legt nahe, die Frage nach effizienten Trainingsmodellen an der Leistungskomponente Ausdauer zu überprüfen. Im Fokus steht demzufolge zunächst die empirische Überprüfung der Wirksamkeit zweier

---

Trainingskonzepte (Dauer- und Intervallmethode) auf den Organismus und die Leistungsfähigkeit von Vollblut-Pferden, wobei Blutlaktatkonzentration, Geschwindigkeit und Herzfrequenz als Leistungsindikatoren fungieren. Sollten sich Trainingserfolge nach Anwendung der Ausdauertrainingsmethoden einstellen, könnten aufgrund eines statistisch signifikanten Effizienznachweises eventuell Empfehlungen für die Trainingspraxis abgeleitet werden.

Um der anstehenden Thematik gerecht zu werden, erscheint es in einem ersten Schritt zweckmäßig, ein möglichst umfassendes Spektrum an denkbaren theoretischen und praktischen leistungsdiagnostischen und -optimierenden Maßnahmen für den Pferderennsport unter vergleichender Einbeziehung des Forschungsstands im Humansport darzustellen.

## 1 Einführung

Forscht man nach den möglichen Ursachen des internationalen Phänomens der sportmotorischen Leistungsstagnation im Rennpferdesport, lassen sich u. a. nachfolgende 5 Aspekte als Erklärungsversuche identifizieren.

Erster Aspekt: Forschungsentwicklung

Das Forschungsdefizit bzw. der Nachholbedarf wissenschaftlicher Pferdestudien zu Trainingsprozessen wird von Veterinärmedizinerinnen erkannt. „In den letzten drei Jahrzehnten ist das Sportpferd als Forschungsobjekt neu entdeckt worden, denn, um Training effektiv zu gestalten, muss man wissen, was dem Tier bei den Prüfungen abverlangt wird, wie stark es sportartspezifisch gefordert wird“ (KRZYWANEK, 2006, S. 34). Trotz zunehmend differenzierterer Forschung, unterstützt von Präzisionsmessmethoden und -apparaten, spiegelt sich die generelle Unsicherheit in LOVELLS und ROSEs (1995, S. 23) trainingswissenschaftlichem Ansatz: „Do we increase speed, distance or frequency?“ Die Beliebtheit und Vielfältigkeit in der Anwendung von Belastungsnormativen manifestiert sich weiterhin global in aktuellen Sportpferdestudien. „Nach wie vor ist [...] die Wahl von Trainingsintensität, -dauer oder -inhalt (Gymnastizieren, Springtraining, Ausdauertraining usw.) und das Einplanen von Erholungsphasen (Trainingsperiodisierung) nicht ein bewusster, rationaler Prozess, sondern geschieht „aus dem Bauch“ heraus“ (WEISHAUPT, 2007, S. 2). KRZYWANEK (2006) stellt fest, dass in den USA, Kanada und Australien, aber auch in Europa (Deutschland, Schweden, Großbritannien) zunehmend Arbeits- und Forschungsgruppen entstehen, die physiologische Adaptationen im Pferdeorganismus nach Belastung auf Ergometern oder in Feldtests dokumentieren. Man gewinnt allerdings den Eindruck, dass sich hierbei das veterinärmedizinische Forschungsinteresse häufig in biologischen Mikroanalysen verselbständigt. Die Spezialisierung zahlreicher Studien auf Einzelphänomene morphologischer, neuraler oder biomedizinischer Reaktionen sind für einen Trainer relativ bedeutungslos, weil praxisfern. Daher gilt es, „eine Brücke zur Praxis zu schlagen“ (WEISHAUPT, 2007, S. 6), denn „ein Trainer, der erfolgreich sein möchte, muss möglichst viele Aspekte der Trainingsbelastung und Beanspruchung des Organismus berücksichtigen“ (HOTTENROTT und NEUMANN, 2010, S. 44) und vor Anwendung nach adäquater Kommunikation verstehen.

## Zweiter Aspekt: Trainingsmethodologie, Trainingssteuerung

Sportartspezifische Trainingskonzepte sind sowohl im Humansport als auch im Pferdesport Voraussetzung für Leistungssteigerung, d. h. in praxi, Vielseitigkeitspferde (Kombinationssportart, 3 Teilprüfungen: Dressur, Springen und Geländeritt), Traber und Galopper sollten aufgrund differierender Anforderungsprofile in der Sportpferdeforschung mit disziplinadäquaten Trainingsprogrammen separat überprüft und diskutiert werden. Die gemeinsame leistungsoptimierende Basis für alle Hochleistungspferde ist jedoch ein intensives individuelles Ausdauerleistungstraining zur Vermeidung frühzeitiger Ermüdungserscheinungen und der damit oft einhergehenden Verletzungsanfälligkeit sowie zur Stabilisierung von Schnelligkeitsausdauer und psychischer Belastbarkeit. Veterinärmediziner RIVERO (2007, S. 322) weist auf die Bedeutung der Muskelausdauer hin: „Muscle training is essential to increase or maintain the athletic performance of sport horses and to reduce the incidence of exercise-induced injuries in the musculoskeletal system of these athletes.“ Nach RIVERO (2007, S. 322) ist aus biochemischer Sicht das Hauptziel der Muskelkonditionierung „to increase performance by: (i) increasing aerobic and/or anaerobic capacities or (ii) reducing the major causes of fatigue during sub-maximal (i. e. heavy intramuscular glycogen depletion) or near-maximal (i. e. intramuscular acidosis) exercise or (iii) both situations.“

Gelegentlich finden sich in der Fachliteratur Feststellungen bzw. Rechtfertigungsversuche für nicht existierende wissenschaftlich abgesicherte Trainingspläne oder -leitlinien. „Sucht man aber nach einheitlichen Trainingsempfehlungen, so findet man überwiegend empirisch entwickelte Trainingspläne, um das Pferd hinreichend auf die drei doch sehr verschiedenen Disziplinen einer Vielseitigkeitsprüfung vorzubereiten“ (KORTE, 2006, S. 1). „Standardprotokolle wurden noch nicht erarbeitet und sie sind wegen ihrer großen Vielfalt unterschiedlicher Trainingsbedingungen auch nicht zu erwarten“ (VAN DEN HOVEN, 2006, S. 525). Die letztgenannte Aussage überzeugt zwar auf den ersten Blick; die Parameter „Renndistanz“ sowie „Bodenbeschaffenheit (Sand, Gras)“ sind jedoch im Galoppsport international nahezu identisch, so dass Basistrainingspläne, nach situativen Bedingungen modifiziert, hilfreich und realisierbar sein können. Da der Rennsport darüber hinaus nicht zu den Sportarten mit hochdifferenziertem motorischem Anforderungsprofil zählt, müsste die Konzeption von Trainingsmodellen zur Optimierung der Leistungskomponenten Schnelligkeits-/Kraftausdauer und Sprintfähigkeit von zentralem Interesse sein.

HUSKAMP, DÄMMRICH, ERBSLÖH und JEFFCOTT (1996) schlagen beispielsweise für 18-21 Monate junge Pferde folgenden schlichten Trainingsablauf vor: Im Dezember cantern sie hinter einem Führpferd über eine Distanz von maximal 300 Metern. Die Galoppierstrecke verlängert sich im März auf 800 m und endet in der für Zweijährige längsten Distanz von 1600 m (8.5).

Trainingsbeobachtungen in deutschen Rennställen dokumentieren, dass der Rennbetrieb auch für Jungtiere aktuell tradierten ähnlich undifferenzierten Belastungsmustern ohne Leistungskontrollen folgt, obwohl schon bereits mehr als 15 Jahre vor HUSKAMP et al. (1996) Kenntnisse in der humansportlichen Trainingswissenschaft und Methoden der Leistungsdiagnose verfügbar waren. Beispielhaft für fehlgesteuerte (oder konzeptlose) Trainingsphasen der Jungtiere, die häufig die erst im Alter von ca. 5 Jahren abgeschlossene Skelettreife ignorieren, sind bei Englischen Vollblütern nachweislich zahlreiche Folgeschäden (Verletzungsanfälligkeit und Inzidenz lebenslanger Knochenschäden).

Der Trainingsalltag basiert auch für adulte Pferde weder auf individuell optimal abgestimmten Trainingsplänen für unterschiedliche Distanzen (Sprinter: 1000-1400 m, Steher: 2200-2400 m) noch kennt er kontinuierliche Leistungsanalysen (Nachweis des Konditionsfortschrittes) auf wissenschaftlich fundierter Basis.

Nachfolgende Trainergenerationen, die sich in der Regel aus ehemaligen Jockeys rekrutieren, praktizieren, meist unreflektiert oder Innovationen ablehnend, konventionelle und als subjektiv erfolgreich erlebte Trainingsabläufe und reduzieren Rennpferdetraining auf das Motto: „Das haben wir schon immer so gemacht.“ „Es ist üblich, den Empfehlungen erfolgreicher Trainer und Reiter zu folgen“ (TETZNER, 2008, S. 7).

Andere Veterinärwissenschaftler vertreten - zur indirekten Entlastung der Pferdetrainermehrheit - die Ansicht, dass maximale Leistung kein zielorientiertes Training benötigt. „In reality for many types of competitions, the horse will perform perfectly well without having completed any specific fitness training, having gained enough fitness through hacking, schooling and perhaps competing regularly“ (MARLIN und NANKERVIS, 2002, S. 198). Diese Aussage, im Einzelfall möglicherweise zutreffend, bleibt hypothetisch, da diesbezügliche empirische Überprüfungen anhand von Referenzgruppen fehlen.

Die Analyse zufällig ausgewählter Homepages von 80 internationalen Ställen (35 England, 15 USA: Kentucky, 15 Australien, 15 Deutschland) in Ländern mit langer Rennsporttradition dokumentiert, dass diese Foren Werdegänge von Trainern, zu 80% ehemalige Jockeys, Qualität und Quantität der Trainingsstätten - nicht der Trainingssubstanz - sowie siegreiche (Zucht) - Pferde und nur vereinzelt den verfügbaren medizinischen Kontrollapparat

präsentieren. „Wir bieten ein professionelles Trainingsprogramm“ (Löwe, Deutschland), „Our hard-working team tries to get the most out of every horse“ (Foster, England) oder „Our first-rate staff work hard to give all the horses under our care the personal attention they deserve“ (Boniface, Kentucky, USA). Kein Trainer wirbt mit leistungsdiagnostisch begleiteten Trainingskonzepten, die als Entscheidungskriterium dem potentiellen Kunden die Stallwahl erleichtern könnten.

### Dritter Aspekt: Leistungsdiagnose, Trainingseffizienz

Der Humansport wendet, wie bereits erwähnt, seit Jahrzehnten leistungsdiagnostische Testverfahren (Herzfrequenzanalyse, Laktattest, Ergospirometrie etc. in Stufentests) zur Leistungszustandsanalyse des Athleten an, die in der Praxis zu leistungsoptimierenden Trainingsinterventionen mit kurz- oder langfristig messbarem Leistungszuwachs führen. Die angeführten etablierten physiologischen Indikatoren zur Leistungsfeststellung gelten für Pferde- und Humansportwissenschaft gleichermaßen. Dennoch fehlen im Galoppsport leistungsanalytische Kontrollmaßnahmen trotz diesbezüglich existierender theoretischer Kenntnisse. VAN DEN HOVEN (2006) bestätigt für das Pferd die Bedeutung der Parameter Gesamtleistungsfähigkeit, Post-exercise-Laktat, Herzfrequenz und Geschwindigkeitskontrollen sowie „maximale Sauerstoffaufnahme“ zur Bestimmung von Trainingsniveau und Kondition.

„Die Messung der aeroben Leistungsfähigkeit hat (beim Menschen) eine lange Tradition“ (HECK und SCHULZ, 2002, S. 202), etabliert sich aber nur sukzessiv im Pferdesport (STRAUB, HOPPLER, DETTWILER, ISLER und GYSIN, 1982; OKONEK, 1998). Zugegebenermaßen stellen regelmäßige zeitintensive Laktatmessungen sowie individualisierte Trainingssteuerung bei einer Stallbesetzung von ca. 20-50 Pferden für einige Rennbetriebe aufgrund begrenzter Finanz- und Personalkapazitäten ein schwer lösbares Problem dar.

Qualifizierte Trainingskonzepte und gezielter Muskelaufbau des Pferdes scheitern, weil „People who have the responsibility for equine training in practice (practitioners, trainers and riders) do not have sufficient knowledge about the scientific basis for this goal, i. e. muscular responses to exercise and training“ (RIVERO, 2007, S. 321).

#### Vierter Aspekt: Zuchteinfluss

Das Phänomen, die sportliche Leistungsfähigkeit aufgrund subjektiv empfundener Schönheit einzuschätzen und damit Körpermerkmale des Pferdes als Erfolgsgarant zu sehen, findet beim Humansportwissenschaftler berechtigterweise keine Akzeptanz. Führringe zur Präsentation des Galoppers vor Rennbeginn sind sichtbare Indikatoren für die bei Publikum und Fachwelt gleichermaßen traditionell-anerkannte physische Beurteilung des Pferdes. Das äußere Erscheinungsbild, die Morphologie des Rennpferdes (Muskulatur, Größenverhältnisse) sowie der allgemeine aktuelle Gesundheitszustand gelten - speziell bei Hengsten neben erlaufenen Siegen und Platzierungen resp. Preisgelder - international als anerkannte Parameter für Erfolg und evtl. spätere Zuchttauglichkeit. Abstammung und Körperbaumerkmale der jungen Pferde dominieren beim Ankauf vom Gestüt oder später als trainingserprobter Galopper auf Auktionen über den objektiv messbaren Leistungszustand nach Belastung. Der potentielle Besitzer erwirbt leistungsbezogen u. U. ein „Pferd im Sack“.

Die analog zum Pferderennsport kommerziell orientierte Sportart Fußball lässt dagegen An- oder Verkäufe von Spielern an negativen Ergebnissen medizinischer Leistungstests (Demba Ba, 2009, TSG Hoffenheim) scheitern.

Obwohl „One objective of the Thoroughbred racing industry is to produce faster racehorses“ (HARKINS, BEADLE und KAMERLING, 1993, S. 53), kommen Zweifel am Erfolg der mittlerweile 300jährigen Zuchtbemühungen auf, insbesondere bei Betrachtung der Leistungsentwicklung der internationalen Derbys (Abb. 1, Tab. 1). Gute genome Voraussetzungen sind sowohl im Human- als auch Pferdesport *ein* leistungsrelevanter Faktor für Maximalleistungen, dessen prozentualer leistungsbegünstigender Einfluss bisher jedoch wissenschaftlich kaum abgesichert werden konnte.

#### Fünfter Aspekt: Trainerschaft

LINDNER weist bereits 1997 auf die häufig schlecht funktionierende Kooperation zwischen Rennpferdetrainer, Besitzer, Tierarzt und Wissenschaftler hin. Leistungsdiagnostische Tests, primär „Die Blutentnahme bei gesunden Sportpferden stößt bei Besitzern und Trainern zuweilen auf Vorbehalte“ (LINDNER, 1997, S. 81). WEISHAUPT (2007, S. 4) ergänzt: „Mehr Objektivität und Offenheit der Wissenschaft gegenüber würde sicher nicht schaden“, und Biathlet BJÖRNDALEN (TV-Interview, 2010) weiß: „Wer besser werden will, muss für Veränderungen aufgeschlossen sein.“ Ambivalenz und Skepsis seitens der Trainerschaft

und/oder Besitzer gegenüber Trainingsinnovationen und wissenschaftlicher Einflussnahme auf das tägliche Rennpferdetraining sind ursächlich für die Kontinuität der überwiegend subjektiven Evaluierung des Arbeitsfelds „Pferd“ verantwortlich.

Auch die Chance zur Früherkennung körperlicher Dysbalancen und entstehender Krankheiten (z. B. erhöhter Ruhepuls) bei regelmäßiger Herzfrequenzkontrolle wird darüber hinaus verpasst.

„Racehorse trainers and owners are involved in the sport because they love the thrill of being connected with a winner” (PARKIN, 2004, S. 75) ist eine im Kern korrekt dargestellte Wahrnehmung. Hinwendung zu objektiver wissenschaftlich fundierter Trainingsanalyse würde dieser „Thrill-Winner“-Emotion möglicherweise Konstanz verleihen.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass ein ambitionierter, erfolgsorientierter Trainer primär schon aus persönlichem Geschäftsinteresse - steigende Reputation in Fachkreisen und Gewinnmaximierung - mit quantitativ erfassbaren physiologischen Leistungsparametern und trainingsmethodologischem Basiswissen vertraut sein sollte.

Die vorliegende Studie will nachweisen, dass kontinuierlich im Trainingsalltag angewandte geringe Veränderungen von Belastungsnormativen - mit minimalem Organisationsaufwand bzw. leistungsdiagnostischem Instrumentarium (GPS-gestütztes Herzfrequenz-Monitoring) objektiv ermittelt - bereits leistungsrelevant sein können.

## 2 Forschungsstand

Einführend sei SPRINGORUM erwähnt, der schon 1986 erkennt, dass selbst Teilerfolge das Forschungsfeld „Pferd“ hinsichtlich Leistungsoptimierung zunehmend interessanter gestalten und LINDNERs (2001, S. 414) Ansicht hinzugefügt, „[...] aber für den Aufwand, der dabei zum Teil betrieben wurde, ist die Ausbeute für die Praxis bisher mager geblieben.“ SCHÄFER (2000), LANGHORST (2003), MICHEL (2004), WITT (2004), KORTE (2006) und UHDE (2009) weisen auf die Notwendigkeit weiterführender Studien an größeren Stichproben von Sportpferden zur Absicherung empirischer Befunde hin.

### 2.1 Nationale Forschungsarbeiten

Nationale Studien/Dissertationen der vergangenen 10 Jahre zur Thematik „Leistungsdiagnostische Tests nach unterschiedlichen Belastungs-/Trainingsvarianten am Sportpferd“ werden nahezu ausschließlich an den veterinärmedizinischen Hochschulen (Berlin, Hannover, Gießen und Göttingen) publiziert, d. h., Veterinärmediziner und nicht Humansportwissenschaftler fokussieren schwerpunktmäßig physiologische Adaptationen des Pferdeorganismus unter variierenden Belastungsintensitäten auf einer breiten Basis individuell-divergierender Testdesigns.

Analysen aktuell praktizierter Trainingsabläufe im Vergleich zu konzeptionell veränderten Trainingsformen und daraus resultierende praxisrelevante generelle Leitlinien im Sinne von Trainingsoptimierung oder trainingsmethodologischen Perspektiven finden sich für Vollblüter in der Fachliteratur nicht.

Tab. 2 a und 2 b dokumentieren den deutschen Forschungsschwerpunkt „Vielseitigkeitspferd“ (Warmblüter). Die untersuchten Stichproben gehören mehrheitlich dem Versuchspferdebestand Mariensee „Institut für Tierzucht der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft“ an und partizipieren kontinuierlich an prospektiven Studien der Doktoranden (z. B. MELFSEN-JESSEN, 1999 → SCHÄFER, 2000 → HEPPEs, 2003; DAHLKAMP, 2003 → MICHEL, 2004 → WITT, 2004).

Die Anzahl der Dissertationen zur Leistungsanalyse weiterer Pferderassen oder -sportdisziplinen ist so gering, dass sie hier tabellarisch nicht erfasst werden muss.

Die veterinärwissenschaftliche Literatur zu *Sportpferden* - nicht Englische Vollblüter - überprüft vorrangig die Leistungsmerkmale Laktatkonzentration (MELFSEN-JESSEN, 1999; SCHÄFER, 2000; HENNINGS, 2001; LEWING, 2001; DAHLKAMP, 2003; LANGHORST,

2003; DOBBERSTEIN, 2004; JAEK, 2004; WITT, 2004; KORTE, 2006) und Herzfrequenz (SCHÄFER, 2000; HENNINGS, 2001; LEWING, 2001; DAHLKAMP, 2003; LANGHORST, 2003; DOBBERSTEIN, 2004; MICHEL, 2004; KORTE, 2006; UHDE, 2009).

Das Untersuchungsinteresse an spezielleren Leistungsindikatoren wie Hämatokrit, (HENNINGS, 2001), Creatin-Kinase (MELFSEN-JESSEN, 1999; HENNINGS, 2001) und Glukose (HEPPES, 2003; WITT, 2004) ist limitiert.

Im Folgenden werden chronologisch Untersuchungsdesigns für *Warmblüter* angeführt, denen sich die vorliegende Studie an *Englischen Vollblütern* aufgrund ähnlicher Belastungsparameter (Intervalltraining), physiologischer Leistungsindikatoren (Laktatkonzentration, Herzfrequenz), herzfrequenzgesteuerter Test- bzw. Trainingsphasen oder eines vergleichbaren Untersuchungszeitraums substantiell annähert.

SCHÄFER (2000) stellt fest, dass zur Optimierung des athletischen Potentials eines Vielseitigkeitspferds eine individuelle Trainingsgestaltung notwendig und ein kontinuierliches moderates Ausdauertraining als Ergänzung zu einem rein disziplinspezifischen Training zweckmäßig sind, da maximal erworbene Adaptationen innerhalb 6 Wochen aufgrund ausbleibender neuer Trainingsreize rückgebaut werden.

HENNINGS (2001) überprüft die Effizienz eines herzfrequenzgesteuerten pferdeschonenden Trainingsmodells - 3x pro Woche auf dem Laufband - mit definierten Herzfrequenzen als Leistungsparameter (Trainingsphase 1: 120 S/min, 10 min; Trainingsphase 2: 120 S/min, 30 min; Trainingsphase 3: 150 S/min, 10 min; Trainingsphase 4: 150 S/min, 15 min; Trainingsphase 5: 170 S/min, 10 min) und kommt zum Ergebnis: 1. Zunehmende Geschwindigkeit bei gleicher Herzfrequenz, 2. Messbarer Leistungszuwachs nur in den intensitätssteigernden Phasen (Erhöhung der Herzfrequenz). HENNINGS herzfrequenzgesteuertes Testdesign mit einem 5maligen Wechsel von Pulsschlag bzw. Belastungsdauer differiert von dem vorliegenden Untersuchungsaufbau insofern, als dieser den Intervall- und Dauermethodebelastungsumfang bei jeweils konstanter Herzfrequenz kontinuierlich erhöht (Tab. 12, 13).

LEWING (2001) will Leistungsfortschritte anhand von Laktat- und Herzfrequenzkontrollen in 2 verschiedenen Trainingsformen nachweisen, in denen ein Kollektiv einer „leichten Galoppbelastung (Cantergalopp)“ und das Zweite einer intensitätsschwächeren Belastung (Trab) bei längerer Belastungsdauer ausgesetzt ist. Nach einer 10wöchigen Pause zum Abbau der erworbenen Ausdauerleistungsfähigkeit erfolgt die Zuordnung der Belastungsintensität vice versa. Eines der wichtigeren Ergebnisse dieser Dissertation in Bezug auf die

Wirksamkeit unterschiedlicher Trainingsformen ist der Nachweis einer Leistungsoptimierung in beiden Stichproben, die sich jedoch in den gewählten Trainingsvarianten nicht signifikant unterscheidet. Die Trabgruppe lässt Tendenzen zu stärker gesunkenen Blutlaktatgehalten sowie größeren Geschwindigkeitszunahmen bei  $v_2$  und  $v_4$  (Geschwindigkeiten bei Laktatwerten von 2 und 4 mmol/l) erkennen (LEWING, 2001). Die Ursachen einer Leistungsstagnation zwischen der 4. und 8. Woche vermutet LEWING in den fehlenden neuen Trainingsreizen ab der 7. Woche, da der maximal geforderte Belastungsumfang (3,5 km  $\rightarrow$  8,0 km) in der 6. Woche erreicht und für weitere 2 Wochen beibehalten wurde.

DAHLKAMP (2003) vergleicht ebenfalls die Belastungsintensität zweier Trainingsmodelle: 1. Feldtraining in der Ebene (geringerer Trainingsumfang im Trab und Galopp), 2. Bergtraining mit Steigung (höherer Trainingsumfang überwiegend im Schritt) mit der Erkenntnis: Nachweislich kein anhand der Leistungsparameter Herzfrequenz und Laktatkonzentration gemessener größerer Leistungszuwachs in einer der beiden Trainingsformen trotz ausgedehnter Schrittphasen am Berg und einer damit einhergehenden Erhöhung der Belastungsdauer und -intensität (Neigungswinkel). Darüber hinaus vermutet DAHLKAMP als Vorteil des Bergtrainings eine Schonung des Bewegungsapparates durch reduzierte Galoppphasen.

LANGHORST (2003) analysiert nach 18wöchiger Intervallbelastung im Feld, unter Anwendung der Parameter Laktat und Herzfrequenz, die Erholungsfähigkeit auf dem Laufband bei zunehmender Trabgeschwindigkeit (5,8 m/s  $\rightarrow$  maximal 7,9 m/s) mit der Fragestellung, welche Belastungsintensität (Schritt oder Trab) in der Regenerationsphase zur schnelleren Laktateliminierung führt und dem Ergebnis: „Es ist erkennbar, dass der Laktatabbau bei Pferden während der Schrittphase langsamer erfolgt, nach der Schrittphase jedoch, wenn die Pferde wieder zu traben beginnen, schneller unter die Werte der kontinuierlich trabenden Pferde sinkt“ (LANGHORST, 2003, S. 81).

HEPPES (2003) untersucht in ihrer Studie (Anschlussstudie zu MELFSEN-JESSEN, 1999 und SCHÄFER, 2000) den Leistungszustand/Leistungsfortschritt von 11 Warmblutwallachen nach Feldtraining anhand von Blutglukose-, Insulin- und Glukagonkonzentration unter Laborbedingungen, da diese Parameter einen hohen Standardisierungsgrad im Sinne valider Aussagen verlangen. HEPPES weist nach, dass die überprüften leistungsdiagnostischen Indikatoren zwar Belastung bestätigen, aber dennoch nicht signifikant von den Ruhezustandswerten divergieren und daher für den Leistungsnachweis von Trainingsfortschritten in der Praxis offenbar weniger geeignet zu sein scheinen.

WITT (2004) übernimmt die Test-Herzfrequenzen aus der Dissertation von MICHEL (2004), das Stufentestdesign von DAHLKAMP (2003) und fügt die Parameter Blutlaktat- und Blutglukosegehalt zur Effizienzüberprüfung zweier „Wintermethoden“ - Trainingsmodelle zur Aufrechterhaltung einer hohen Grundkondition von 10 Warmblütern hinzu (2 Kollektive, jeweils  $n = 5$ ). Beide Methoden erweisen sich als konditionserhaltend, führen jedoch zu keinem durch physiologische Indikatoren nachweisbarem Leistungszuwachs.

MICHEL (2004) wählt ebenfalls 2 Wintertrainingsmodelle - anfangs ohne Galopp - für Konditionserhalt und Technikoptimierung (Vielseitigkeitsdisziplinen). Eines der Kollektive durchläuft zusätzlich eine kontinuierlich verlängerte Schrittphase mit zunehmender Steigung ( $\rightarrow 10\%$ ) auf dem Laufband. Dieses Kollektiv setzt sich herzfrequenzmäßig nicht signifikant von der ausschließlich Technik trainierenden Stichprobe ab. In einer zweiten Testphase trainiert das Technik-Kontrollkollektiv unverändert weiter, während die Experimentalstichprobe zweimal pro Woche Techniktraining durch ein 3-4stufiges Intervallgalopptraining substituiert. Auch dieses Versuchsdesign ist lediglich konditionsstabilisierend ohne Leistungszuwachs.

In der zweiteiligen Studie von DOBBERSTEIN (2004) stehen der Autorin die bereits von HENNINGS (2001), DAHLKAMP (2003), WITT (2004) und MICHEL (2004) getesteten Pferde für Laktat- und Herzfrequenzmessung in konditionserhaltendem und wettkampforientiertem Intervalltraining versus „Intensivintervalltraining“ - mit zusätzlichem Sprungtraining - zur Verfügung. Der Nachweis, dass im belastungsintensiveren kombinierten Intervall-Sprungtraining die Laktatwerte vom ersten Trainingsmodell signifikant differieren, kann nicht erbracht werden. Die zweite Testphase auf dem Ergometer mit 4 Steigungsbelastungsstufen von jeweils 19 Minuten bei verschiedenen Steigungswinkeln (5% und 10%) bestätigt nur in der 10%igen Steigungsphase eine Laktatakkumulation. Sollte der Vielseitigkeitstrainer bereits im Vorfeld mit der Topografie der Wettkampfstätten vertraut sein, müsste diese Messung trainingspraktische Konsequenzen implizieren.

KORTE (2006) trainiert Vielseitigkeitspferde der Klasse A (Anfänger) mit einem „Ausdauertraining und anschließendem Schnelligkeitstraining“ unter Einbeziehung der Leistungsparameter Herzfrequenz und Laktat, vergleicht sie an 2 Testtagen mit extern trainierten Pferden ( $n = 23$ ) gleicher Leistungsklasse und resümiert: Der Leistungszustand der Forschungspferde unterscheidet sich nach 30 Wochen nicht von den privat nach unbekanntem Trainingsplan trainierten Pferden.

TETZNER (2008) fasst partiell die o. a. Auswertungen einer longitudinalen Projektserie zum Themenbereich „Leistungsdiagnostische Überprüfung des Konditionserwerbs, der

Konditionsstabilisierung und des Konditionszuwachses anhand verschiedener Indikatoren“ zusammen. Ein bisher nicht erwähntes Ergebnis ihrer Zusammenfassung ist das Streuungsmaß der Laktatkonzentrationen unter Belastung im Feld (3,3 mmol/l → 9,1 mmol/l), woraus die Autorin schlussfolgert, dass die in den Testphasen gewählten Belastungsintensitäten gegenüber der andernorts gemessenen Wettkampfbelastung (>10,0 mmol/l) zu niedrig dosiert sind - ein Fazit zu Trainingsintensitäten, das vereinzelt in internationalen Rennsportstudien zur Leistungsanalyse bestätigt wird. TETZNERs Dissertation ermittelt mit einem nahezu identischen Belastungsprotokoll divergierende Laktatergebnisse im *Labor- und Feldtest*.

UHDE (2009) untersucht in 26 Wochen - im Rahmen eines Feldtests (Galoppintervalltraining einerseits, Kombination von Trab- und Schrittkonditionstraining andererseits) - Geschwindigkeitsveränderungen und Herzfrequenzvariabilität von 8 Bundeskader-Vielseitigkeitspferden unterschiedlicher Rassen (Trakehner, Hannoveraner und Vollblut) in einem Galopptest nach jeder 4. Woche. „Diese Ergebnisse [...] zeigten, dass Konditionstrainingseinheiten im Galopp nach der Intervallmethode bezüglich der adaptativen Vorgänge des kardiovaskulären Systems dem Konditionstraining vorwiegend im Schritt und Trab überlegen sind“ (UHDE, 2009, S. 193).

Eine kürzlich von LINDNER, BRERO und SIGNORINI (2010) abgeschlossene Studie an Vollblütern überprüft ebenfalls den Leistungszustand anhand von 2x100 m-Intervallen, misst ihn aber mit den Parametern  $v_4$ ,  $v_{180}$  (Geschwindigkeit bei einer Herzfrequenz von 180 S/min), Ammoniak, Muskelenzyme und Muskelfaserzusammensetzung, so dass - wie auch bei den o. a. Dissertationen - ein direkter Messwertevergleich mit der vorliegenden Studie zur Feststellung der Trainingseffizienz ausgeschlossen ist.

Tab. 2 a: Dissertationen an deutschen veterinärmedizinischen Universitäten (1999-2009), Thema „Leistungsdiagnostische Tests am Sportpferd“

Autoren Jahr Universität	Rasse Geschlecht Sportart: Vielseitigkeit (VS)	Stichproben- größe	Leistungs- parameter	Trainingsziel Trainingsmethode	Trainingsort: Feld Laufband	Untersuchungs- zeitraum	Stufentest (ST) Laufband (LB) Stufenanzahl Stufendauer
MELFSEN- JESSEN, 1999, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 5 Trainingskollektiv n = 5 Kontrollkollektiv	Laktat, Protein, Albumin, Kreatinkinase etc.	Ausdauer	Laufband	25 Wochen	3 Stufen auf LB 8,9,10 m/s (1 min)
SCHÄFER, 2000, Göttingen, (Agrarwissen- schaften)	Hannoveraner- wallache, VS	n = 5 Trainingskollektiv n = 5 Kontrollkollektiv	Laktat, HF im Feld, Laktat, HF auf dem Laufband	Ausdauer Veränderung der physiologischen Parameter durch zusätzliches Konditionstraining	Feld und Laufband	26 Wochen	3 Stufen auf LB (2 min) 4 Stufen (3 min) später erhöht auf 5 min im Feld
HENNINGS, 2001, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 10	Laktat, HF, Kreatinkinase, Hämatokrit	Ausdauer, Schnelligkeit Herzfrequenzgesteuertes Training	Laufband	193 Tage	5 Stufen auf LB (4 min)
LEWING, 2001, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 4 Trabkollektiv n = 5 Galoppkollektiv	Laktat, HF	Ausdauer Cantergalopp vs. Trab bei längeren Belastungsumfängen	Feld	8 Wochen pro Kollektiv; nach 10 Ruhewochen Tausch der Kollektive	4 Stufen auf LB (5 min) später auch im Feld 4 Stufen (5 min)
DAHLKAMP, 2003, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 6 Bergkollektiv n = 6 konventionelles Trainingskollektiv	Laktat, HF, Laktat auch während des Bergtrainings	Kraft Feldtraining (Trab, Galopp) Bergtraining (überwiegend Schritt)	Feld am Berg	19 Wochen	3 Stufen auf LB (4 min) später erhöht auf 5 Stufen (4 min)
HEPPES, 2003, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 6 Intensiv- kollektiv n = 5 Kontroll- kollektiv	Blutglukose, Insulin, Glukagonkonzentration	Schnelligkeit Rennbahntraining Intervall	Feld	21 Wochen	ST auf LB
LANGHORST, 2003, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 8	Laktat, HF	Erholungsfähigkeit nach Rennbahnbelastung Intervalltraining	Feld und Laufband	18 Wochen	ST auf LB und im Feld

Tab. 2 b: Dissertationen an deutschen veterinärmedizinischen Universitäten (1999-2009), Thema „Leistungsdiagnostische Tests am Sportpferd“

Autoren Jahr Universität	Rasse Geschlecht Sportart: Vielseitigkeit (VS)	Stichproben- größe	Leistungs- parameter	Trainingsziel Trainingsmethode	Trainingsort: Feld Laufband	Untersuchungs- zeitraum	Stufentest (ST) Laufband (LB) Stufenanzahl Stufendauer
DOBBERSTEIN, 2004, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 4 Intervall (Intensiv) n = 5 Intervall (Konventionell)	Laktat, HF	Ausdauer  Wettkampforientiertes Intervalltraining - Intensivintervalltraining mit Sprüngen	Feld	25 Wochen	4 Stufen auf LB (4 min)
MICHEL, 2004, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 5 Steigungs- kollektiv (Schritt) n = 5 Flach- kollektiv (Technik)	HF	Grundkonditionserhalt, Technikerhalt über die Wintermonate  Steigungstraining 10% und Schritt	Feld und Laufband (10% Steigung)	13 Wochen	s. HEPPEES, 2003
WITT, 2004, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 5 n = 5 Kontroll- kollektiv	Laktat, Glukose (HF aus MICHEL, 2004)	Kraft  Aufbautraining durch Steigungstraining	Feld und Laufband	18 Wochen	4 Stufen auf LB (4 min) s. DAHLKAMP
KORTE, 2006, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 5	Laktat, HF	Ausdauer	Feld	30 Wochen	4 Stufen im Feld
TETZNER, 2008, Hannover	Warmblut- wallache, VS	n = 10 n = 13	s. DAHLKAMP, DOBBERSTEIN, HENNINGES, HEPPES, LEWING, MELFSEN- JESSEN, SCHÄFER, WITT	Konditions-/ Schnelligkeitstraining  Zusammenfassung und Diskussion:  Leistungsdiagnostische Kontrolle des Ausdauertrainings	s. DAHLKAMP, DOBBERSTEIN, HENNINGES, HEPPES, LEWING, MELFSEN- JESSEN, SCHÄFER, WITT	Longitudinale Auswertung über 6½ Jahre	ST auf LB: Aufbau bei allen Autoren ähnlich
UHDE, 2009, Gießen	Vollblut Trakehner Hannoveraner, Geschlecht inhomogen, VS	n = 8	HF, Geschwindigkeit, Distanz	Herzfrequenz- veränderung während einer Saison Schritt, Trab, Galopp (Intervalltraining)	Feld	26 Wochen	Kein ST: Feld Galoppseinheiten

Abschließend lässt sich folgendes Resümee ziehen.

Eine vergleichende Dateninterpretation der in Tab. 2 a und 2 b dargestellten Studienziele (Erfassung des Konditionserhalts/-zuwachses, der Schnelligkeits- und Kraftoptimierung etc.) für ausgewählte Pferderassen (Warmblüter, Trakehner, Hannoveraner, Vollblüter) an zwei Testorten (Feld und Labor) mit variierenden Belastungsnormativen bei geringer Probandenzahl unter Anwendung unterschiedlicher physiologischer Parameter erweist sich, wie folgt, als problematisch.

Auffallend in allen Dissertationen ist die geringe *Stichprobengröße* und deren Zusammensetzung. Die untersuchten Kollektive umfassen  $n = 4 \rightarrow n = 8$ , obwohl die Probanden mehrheitlich Versuchspferdebeständen (z. B. Mariensee) angehören und für Forschungszwecke zur Verfügung stehen. Die Longitudinalstudie von TETZNER (2008) fällt zahlenmäßig ( $n = 23$ ) aus dem Rahmen, da sie mehrere Dissertationen (Forschungszeit 6½ Jahre) in einer Ergebnisanalyse diskutiert.

Während in der Humansportwissenschaft größere Kollektive aus Validitätsgründen empfohlen werden, gestaltet sich offensichtlich auch an einem auf Sportpferde spezialisierten wissenschaftlichen Zentrum eine umfangreiche Rekrutierung von Probanden als schwierig oder das Forschungsteam erachtet die o. a. Stichprobengrößen zur Erhebung repräsentativer valider Ergebnisse für ausreichend.

LINDNER, VON WITTKKE, DINGERKUS, TEMME und SOMMER weisen bereits 1991 auf die Schwierigkeit hin, am lebenden Forschungsobjekt „Pferd“ aufgrund häufiger Verletzungsinzidenzen aussagekräftige Erkenntnisse zu gewinnen. Die Datenanalyse kleiner Stichproben muss daher, wie auch im Humansport, bezüglich ihrer Repräsentanz für die Gesamtpopulation äußerst kritisch erfolgen.

Die *Untersuchungszeiträume* aller Studien divergieren maximal. LEWING (2001) testet beispielsweise zweimal 8 Wochen - mit einer 10wöchigen Pause zur Reduktion erworbener Ausdauerleistungsfähigkeit - und misst Trainingsfortschritte nur bis zur 6. Untersuchungswoche.

Angesichts der in Abb. 4 dokumentierten humansportlichen Forschungserkenntnis stellt sich im Hinblick auf die Kostensituation die Frage nach der Notwendigkeit von 30wöchigen (KORTE, 2006) und 6monatigen (UHDE, 2009) Studienlängen zumal auch deutsche Veterinärmediziner schon zuvor einen messbaren Leistungszuwachs in der o. a. kürzeren Zeitspanne mehrfach verifiziert haben (SCHÄFER, 2000; HENNINGS, 2001; HEPPE, 2004).

Zwei Studien subsumieren mehrere *Pferderassen* - Englisches Vollblut, Trakehner, Warmblut (WITTE, 2001 - tabellarisch nicht erfasst; UHDE, 2009) - in einer rassenheterogenen Stichprobe. Verschiedene Pferdespezies zeigen rassetypische Körperbaumerkmale (Muskelfaserzusammensetzungen etc.). Folglich muss man auch mit rassenspezifischen physiologischen Reaktionen, in Pferdestudien jedoch noch nicht hinreichend untersucht, rechnen.

Nur wenige „Vielseitigkeitsstichproben“ sind *altershomogen* (MELFSEN-JESSEN, 1999; HENNINGS, 2001; LEWING, 2001; HEPPE, 2003). Wissenschaftlich gesicherte Aussagen zum Einfluss des Parameters Alter auf die Sportpferdeleistung fehlen in der Fachliteratur generell, daher empfiehlt sich grundsätzlich neben interindividuellen Vergleichen eine intraindividuelle Interpretation der Messwerte.

Vorliegende veterinärmedizinische Publikationen analysieren überwiegend den Leistungszustand und -zuwachs anhand von *Stufenbelastungstests* auf dem Laufband unter Laborbedingungen. Speziell für Untersuchungen an Sportpferden (Vielseitigkeitspferde/Galopper), die im Gelände mit wechselnden Bodenverhältnissen und damit variierender Belastungsintensität konfrontiert werden, sollten Forschungsprojekte in deren sportartspezifischer Umgebung auch im Hinblick auf natürliche Bewegungsstrukturen (Auffußung, Galoppverhalten etc.) Priorität haben, selbst wenn das Gütekriterium der Wiederholbarkeit unter standardisierten Bedingungen nicht optimal erfüllt werden kann (8.1.5).

Eine weitere Beobachtung in Tab. 2 a und 2 b ist eine Umstrukturierung des *Testaufbaus* in Anschlussstudien. Die Übernahme aller oder die Abänderung nur *eines* Belastungsfaktors zur Validitätssicherung bereits gewonnener Daten erscheint geeigneter, da multiple Veränderungen die Effizienz eines speziellen Parameters nicht eindeutig erfassen.

Nicht nur die Untersuchungsorte - Ergometer oder Feld - implizieren den problematischen Aspekt „Objektivität und Vergleichbarkeit des erhobenen Datenmaterials“. Hinzu tritt die Variationsbreite der Belastungsparameter im Stufentest an beiden Teststätten und damit wiederum die Fragwürdigkeit eines direkten Messwertevergleichs. Stufenanzahlen (3-5 Stufen im Galopp), Stufendauer (3-5 min), progressiv differierende Stufengeschwindigkeiten (350, 375, 400, 425, 450, 500 m/min, HEPPE, 2004; 1,5-3,5-6,5-7,5-8,5-9,5 m/s, WITT, 2004), Regenerationspausen (1-3 min), Steigungsprofile (0-10%) und Aufwärmprogramme divergieren von Studie zu Studie.

In der Humansportwissenschaft postuliert man: „Für eine valide wissenschaftliche Aussage müssen Vergleichswerte vorhanden sein. Um diese zu erhalten, versucht man, mit

verschiedenen theoretischen Ansätzen Ausdauerleistungsgrenzen festzulegen sowie Hinweise zu Trainingsintensitäten zu geben“ (SCHURR, 2007, S. 7). „Die Klassifikation in Stärke oder Schwäche ist zwangsläufig relativ. Jedem Urteil liegt nämlich, ob bewusst oder unbewusst, ein Vergleichswert, eine Norm zu Grunde“ (HOHMANN, LAMES und LETZELTER, 2006, S. 151). Eine diesbezügliche Vergleichsdatenbank existiert im Humansport in umfangreicherem Maße als im Pferdesport.

Die vielfältigen Testkonzeptionen gestatten nur bedingt interindividuelle/interkollektive Referenzen zu andernorts überprüften Stichproben. Der Leistungszustand resp. -zuwachs eines Pferdes sollte daher auch aus den hier angeführten Gründen vorzugsweise intraindividuell oder nur innerhalb *einer* Stichprobe interindividuell interpretiert werden.

Die Datenlage der in Tab. 2 a und 2 b erfassten Studien dokumentiert überwiegend Leistungszuwachstendenzen (nach Anwendung der Trainingsmodelle), wenige ermitteln statistisch signifikante Ergebnisse. Keine der veterinärwissenschaftlich überprüften *Trainingsmodelle* entspricht jedoch im engeren Sinne den klassischen im Humansport praktizierten *Ausdauermethoden*. Die Dissertationen von LEWING (2001), DAHLKAMP (2003), MICHEL (2004) und DOBBERSTEIN (2004) testen am Warmblüter vergleichend jeweils zwei modifizierte konditionserhaltende Ausdauertrainingspläne, während die vorliegende Studie die in der Sportwissenschaft etablierten Intervall- und Dauermethodemodelle an Vollblütern untersucht.

Keine der tabellarisch angeführten Erhebungen analysiert die Leistungswirksamkeit einer herzfrequenzgesteuerten Ausdauermethode. Keine der in Deutschland überprüften Ausdauertrainingskonzeptionen für Sportpferde erweist sich für *Englische Vollblüter* und das Anforderungsprofil des Galoppports als zielorientiert und praxistauglich.

Weitere Studien erfassen das in Fachkreisen bekannte Problem der numerischen Instabilität von Sportpferdestichproben durch *verletzungsbedingte Ausfälle*. LINDNER et al. (1991) beschreiben „Vorkommen, Häufigkeit und Bedeutung von Trainingsausfällen bei Galopprennpferden“ und KIENZLE, SITTIG, FRIES-JUNG und LEHMACHER (1996) veröffentlichen eine „Statistische Analyse der Häufigkeit von Spontanfrakturen bei Rennpferden.“ Die häufigsten Verletzungen (Fissuren, Frakturen und Sehnenerkrankungen) sind Folge körperlicher Dysbalancen, die wiederum durch ein Ungleichgewicht von Training und Erholung entstehen (FRY und KRAEMER, 1997). Statistiken zur Verletzungskomplexität von Galopprennern werden international vergleichsweise häufiger publiziert als präventive Studien mit einem Angebot adäquater Aufwärmstrukturen oder Trainingsbeispiele. Der kurze Exkurs sowohl in der Darstellung des nationalen als später auch

des internationalen Forschungsstands zu ausfallsbedingenden Ursachen im Pferdesport geschieht hier mit Blick auf die im Vorfeld der vorliegenden Studie ebenfalls eingetretenen Schädigungen des Bewegungsapparates potentieller Probanden (8.1.1).

Auffallend nach Durchsicht der Publikationen ist zum einen, dass das nationale veterinärmedizinische Forschungsinteresse morphologische und neurale Adaptationen des Pferdeorganismus bisher nicht impliziert, obwohl die existierenden Forschungspferdebestände diesbezüglich notwendige langfristige Studien ermöglichen könnten und zum anderen, dass in den vergangenen 10 Jahren die Deutsche Sporthochschule Köln, als höchstfrequentierte Ausbildungsstätte für sportorientierte Berufe, nur 3 den Transfer humantrainingswissenschaftlicher Forschungserkenntnisse in den Sportpferdebereich thematisierende Studien veröffentlichte.

Darüber hinaus führen weder national noch international an Pferden erhobene biochemische oder kardiovaskuläre Daten (GYSIN, ISLER und STRAUB, 1987; SOBOTTA, LINDNER und SASSE, 2001; DOBBERSTEIN, 2003; KORTE, 2006; VAN DEN HOVEN, 2006) in prospektiven Veröffentlichungen zu informativen praktischen Trainingsratgebern mit trainingsstrategischen Interventionsvorschlägen.

## **2.2 Internationale Forschungsarbeiten**

Tab. 3 und 4 von HENNINGS (2001) - chronologisch nicht systematisiert - stehen im Folgenden exemplarisch für einen internationalen Forschungsschwerpunkt (Herzfrequenz bzw. Erholungsherzfrequenz) in den Jahren 1976 → 1994, auf dessen Erkenntnisse hier nicht im Detail eingegangen wird, da anhand der Tabellen vorrangig auch auf die in internationalen Studien auftretende Problematik eines Ergebnisvergleichs aufgrund vielfältiger Belastungsparameter und Teststätten hingewiesen werden soll.

Eine kritische Betrachtung führt zu nachstehenden Beobachtungen:

Tab. 3: Veränderung der Herzfrequenz von Sportpferden durch Training (1982-2000) (aus HENNINGS, 2001, S. 15).

Art des Trainings	Pferde	Art der Veränderung	Quelle
Laufband, 7 Wochen, bei 90% HF <sub>max</sub>	Vollblüter, 4-8-jährig	nicht signifikant	EVANS u. ROSE (1988a)
Rennbahn, 7 Wochen, wöchentlich länger bei 200 m/min	Traber, 3-7-jährig	nicht signifikant	ROSE et al. (1983)
Rennbahn, 9 Wochen, bei ansteigender Dauer und Geschwindigkeit	Traber, 3-10-jährig	nicht signifikant, Tendenz zur verbesserten Erholungsfrequenz	SKARDA et al. (1976)
Laufband, 272 Tage, täglich abwechselnd Dauer- und Intervalltraining	Traber	Verbesserung der V <sub>140</sub> bis zum 230. Tag	BRUIN et al. (1994)
Laufband, 20 Wochen, Intervalltraining mit steigenden Anforderungen	Vollblüter, 3-9-jährig	Frequenz bei mehreren Geschwindigkeiten nach Trainingsperiode signifikant niedriger	HARKINS u. KAMERLING (1991)
Feld, 10 Wochen Dressur-, Spring- und Geländetraining (100-Tage-Test)	Warmblüter, 3-4-jährig	Herzfrequenz vor, während und nach Test nach Trainingsphase signifikant niedriger	SLOET VAN OLDRUITENBORGH -OOSTERBAAN (1990)
Feld, 6 Monate, 2 Gruppen, Dressur und Springen, eine Gruppe zusätzliches Ausdauertraining	Warmblüter, 4-jährig	Signifikant niedrigere Werte nach 12-18 Wochen, danach Stagnation	SCHÄFER (2000)

Tab. 4: Veränderung der Herzfrequenz von Sportpferden durch Training (1982-2000) (aus HENNINGS, 2001, S. 16).

Art des Trainings	Pferde	Art der Veränderung	Quelle
Feld, 4 Wochen Intervalltraining bei V <sub>4</sub>	Warmblüter, 5-14-jährig	V <sub>150</sub> verbessert	ISLER et al. (1982)
Rennbahn, 14 Wochen, Trab – und Galopptraining bei steigender Distanz und Geschwindigkeit	Vollblüter, 2-13-jährig	Erholungsfrequenz verbessert	FOREMAN et al. (1990)
Laufband, 78 Tage, konstante oder ansteigende Anforderungen	Traber, 4-12-jährig	erniedrigte Belastungs- und Erholungsfrequenzen nach beiden Trainingsprogrammen	BAYLY et al. (1983)
Laufband, 7 Wochen, ansteigende Anforderungen in Dauer und Geschwindigkeit	Quarter Horses, 5-8-jährig	Belastungs- und Erholungsfrequenz signifikant erniedrigt nach Trainingsperiode	MILLER u. LAWRENCE (1987)
Laufband, 10 Wochen bei V <sub>150</sub> und steigender Dauer	Vollblüter und Morgans, 6-8-jährig	Nach 5 Wochen Training Belastungsherzfrequenz niedriger, nach weiteren 5 Wochen keine Veränderung	THOMAS et al. (1983)
Laufband, 5 Wochen, konstante Belastung mit ansteigender Dauer + Intervalltraining	Traber, 4-14-jährig	V <sub>200</sub> nach Trainingsperiode signifikant verbessert	THORNTON et al. (1983)

Stellt man die gewählten *Untersuchungszeiträume* von 4 Wochen (ISLER, STRAUB, APPENZELLER und GYSIN, 1982), 5 Wochen (THORNTON, ESSÉN-GUSTAVSSON und LINDHOLM, 1983) und 7 Wochen (MILLER und LAWRENCE, 1987) mit dem Ergebnis zweimal statistisch signifikanter Pulsfrequenzveränderung und Geschwindigkeitszunahme der vergleichbaren Untersuchungsdauer von 7 Wochen mit insignifikanten Messwerten gegenüber (ROSE, ALLEN, HODGSON, STEWART und CHAN, 1983; EVANS und ROSE, 1988), dokumentiert das Ergebnisspektrum - sicherlich ursächlich durch die Wahl der Belastungsfaktoren bedingt - die Problematik hinsichtlich des Signifikanznachweises in einer identischen Untersuchungsdauer. THOMAS, FREGIN, GERBER und AILES (1983) ermitteln bei geplanten 10 Testwochen bereits nach 5 Wochen keine weitere Herzfrequenzveränderung.

Bis hin zu aktuellen Studien experimentieren Veterinärwissenschaftler mit einer Reduktion oder Verlängerung des Testzeitraums.

Darüber hinaus wird im vorletzten Jahrzehnt keine Tendenz zur Signifikanzzunahme der Testergebnisse, die man auch aufgrund progressiv verfeinerter Technologie für wahrscheinlich hätte halten können, wohl aber eine sich etablierende Präferenz des Ergometers erkennbar.

Weiterhin dokumentieren die internationalen Projekte (Tab. 3 und 4) - konträr zu nationalen Studien - ein tendenzielles Forschungsinteresse am *Englischen Vollblut*, das sich ab 2000 fortsetzt. Die Spalte „Pferde“ subsumiert Rassen und Sportdisziplinen, so dass die Pferderasse in der Sportdisziplin „Traber“ nicht identifizierbar ist. Vermutlich handelt es sich analog zum deutschen Trabsport um Warmblüter.

Wie für nationale Studien bereits ausgeführt (Tab. 2 a, b), reflektieren HENNINGS Tabellen (2001) das in der internationalen Sportpferdeforschung ebenfalls auftretende breite *Spektrum an Testdesigns*.

Untersuchungszeiträume von 4-38 Wochen, 7 Laufbanduntersuchungen vs. 3 Rennbahn- und 2 Feldstudien, 4 modifizierte Dauer- bzw. Intervallmethodeanalysen, weitere „ansteigende Anforderungen“ in Dauer, Distanz und Geschwindigkeit für altersheterogene (4-14jährige) Rassenkollektive (Warmblüter, Vollblüter, Quarter Horse, Morgans) und Disziplinlichproben (Trab-, Galopp- und Vielseitigkeitssport) manifestieren die bis heute persistierende Problematik eines Datentransfers auf die jeweilige Gesamtpopulation.

Die im Anschluss skizzierten - nicht durchgehend chronologisch geordnet, sondern schwerpunktmäßig den Überprüfungsmodi der vorliegenden Studie entsprechend - veterinärmedizinischen Untersuchungen repräsentieren in Kürze die Entwicklung des

internationalen Forschungsinteresses der letzten 40 Jahre. Soweit vorhanden werden Studien an Englischen Vollblütern einbezogen.

Während sich im Humansport die *Leistungsindikatoren Laktatkonzentration* und *Herzfrequenz* seit Jahrzehnten als unverzichtbarer Bestandteil der Leistungsdiagnose etabliert haben, bilden sie in der Leistungsanalyse im Pferdesport Anfang der 70er Jahre eher die Ausnahme.

PERSSON und ULLBERG (1974) - quasi hippologische Forschungspioniere - analysieren Laktatkonzentration und Herzschlagfrequenz von Trabern bei variierender Laufbandgeschwindigkeit mit dem Ergebnis: Keine Laktaterhöhung bis zu einem Anstieg der Herzfrequenz auf 158 S/min, jedoch stark erhöhte Laktatakkumulation (>25 mmol/l) bei Pulswerten >200 S/min.

Zu Beginn der 80er Jahre nehmen Studien zum Laktatverhalten bei Warm- und Vollblütern zu. WILSONs, ISLERS und THORNTONS (1983) Erhebung zu „Lactic acid production [...] in Standardbred horses“ bestätigt die an Vollblütern von PERSSON et al. (1974) erhobenen Daten in Teilbereichen.

Ab ca. 1990 werden mit HODGSON und ROSE (1994), FOREMAN und FERLAZZO (1996) und LINDNER (1997) national und international Laktatleistungsdiagramme (Laktatakkumulation, Laktateliminierung) kontinuierlich zur Leistungsdiagnose herangezogen. FOREMAN et al. (1996) erfassen zusätzlich auch mehrfach die Erholungsherzfrequenz 2-13jähriger Englischer Vollblüter in ihrer sportartspezifischen Umgebung, der Rennbahn.

HARKINS et al. (1993, S. 53) stellen in den USA fest: „One objective of the Thoroughbred racing industry is to produce faster racehorses“ und fassen daher recht umfangreich die in den 80er Jahren untersuchten leistungsrelevanten Indikatoren zur Einschätzung des athletischen Potentials des Sportpferdes zusammen (muscle fibre type, enzyme concentration, lactate concentration, heart score based on the size of the heart, morphology of racehorses, haematological variables). Die Autoren selbst überprüfen eine mögliche Korrelation von Rennleistung/Renneignung und physiologischen Variablen (u. a. Laktat und Herzfrequenz) mit der Intention, junge Pferde ohne Leistungspotential eventuell frühzeitig - finanzielle Einbußen und sinnlose Zeitinvestition vermeidend - aus dem Renntraining ziehen zu können. Mit der Laufgeschwindigkeit hochkorrelierende Variablen sind in der o. a. Studie Herzfrequenz und  $VO_{2max}$  auf den langen Teststrecken (1600 m - 2000 m). „The significant correlation between running speeds and  $V_{200}$  suggests that the HR of faster horses increases

more rapidly than in slower horses performing similar exercise“ (HARKINS et al., 1993, S. 53).

1995 untersuchen HIRAGA, KAI, KUBO und ERICKSON (S. 5) „The Effect of Long Slow Distance Training on Aerobic Work Capacity in Young Thoroughbred Horses“ an 11 zweijährigen Vollblütern in 2 Kollektiven über 8 Wochen. Kollektiv L (long) cantert 5x800 m pro Woche während der Gesamtuntersuchungsdauer, Kollektiv S (short) 3x200 m (3 Wochen) und 4x800 m (5 Wochen). „In the Post-test, there were no significant differences between groups [...] in HRpeak ( $224.0 \pm 6.4$  beats/min vs  $227.2 \pm 6.8$  beats/min in Group L and Group S), or LApeak ( $15.2 \pm 3.2$  mmol/l in Group L vs  $13.6 \pm 3.1$  mmol/l in Group S), d. h., die gewählte Belastungsintensität (Cantern) bei variierendem Belastungsumfang beeinflusst nicht „[...] an improvement in aerobic work capacity in the young Thoroughbred horse“ (HIRAGA et al., 1995, S. 5).

HIRAGA, KAI, KUBO und SUGANO überprüfen 1997 (S. 79) die Effizienz von Trainingsintensitäten (Canter-group, Trot-group) auf das kardiovaskuläre System von 6 zweijährigen Rennpferden und geben an, dass „During the Post-test, changes in HR in relation to the speed tended to be lower in Canter-group, and La (Laktat) was also slightly lower in this group.“

Abgeschlossene und aktuelle Projekte (2000-2010) diskutieren mittlerweile hochspezialisierte genetische, physiologische oder morphologische (Messungen von Knochendichte, Knochenwachstum etc.) Detailspekte und Adaptationen des Pferdeorganismus während und nach motorischer Belastung.

Die Evolutionsökologen WILSON und RAMBAUT (2008) von der University of Edinburgh untersuchen *genetische Auswirkungen* auf Rennleistungen anhand von 554 Siegen damals aktiver und anschließender Zuchthengste. Die Studie weist einen überproportionalen Einfluss (91,5%) exogener Faktoren wie Training, Ernährung, Rennstrategien und die Erfahrung der Jockeys auf Sieg, Platzierung oder Versagen nach. Laut der Autoren sind demnach Gene mit weniger als 10% Garant des Erfolgs.

HILL (University of Dublin, 2010, S. 1) entwickelt nur 2 Jahre später einen Gentest für Vollblüter „[...] to identify genetic contributions to racing performance, [...] to identify the optimum distance for individual Thoroughbred horses, [...] to identify if a horse is really ideally suited to racing a short, middle or middle-to-long distance.“ Laut HILL (2010, S. 2) sind genetische Disposition eines Galoppers und eine dieser zugeordnete Renndistanz hochkorrelierend. Sie betont jedoch: „This is a test for what your horse will be good at, not how good he will be.“

Die Erfassung des *Muskelapparates* wird detaillierter. Die Studie „Effect of growth and training on muscle adaptation in Thoroughbred horses“ von YAMANO, ETO, SUGIURA, KAI, HIRAGA, TOKURIKI und MIYATA (2002, S. 1408) untersucht das Wachstum von Vollblütern anhand der Adaptation des Muskels „gluteus medius“ mit dem Ergebnis: „Changes in muscle fibers of adolescent Thoroughbreds are caused by training and not by growth.“

Herzfrequenzanalysen spezialisieren sich zunehmend. OHMURA, HIRAGA, AIDA, KUWAHARA und TSUBONE (2002a, S. 1488) weisen nach, dass bei Vollblut-Jährlingen „The mean ( $\pm$ SE) resting HR decreased significantly from  $41.5\pm 0.8$  to  $38.7\pm 0.4$  beats/min following 7 months of training.“ und stellen als „side-product“ geschlechtsspezifische Herzfrequenzen bei Jungtieren fest: „After training, resting heartrate in males decreased significantly, whereas resting heartrate of females had no significant change.“ KAMIYA, OHMURA, ETO, MUKAI, USHIYA, HIRAGA und YOKOTA (2003) untersuchen die Herzfrequenz eines der best verdienenden japanischen Rennpferde im Saisonverlauf. Die Maximalherzfrequenz dieses Pferdes liegt bei  $216\pm 5.4$  S/min, die Ruheherzfrequenz bei 25 S/min und damit signifikant unterhalb weiterer 15 Probanden ( $30.3\pm 1.2$  S/min). Sie bestätigen die Ruheherzfrequenzsenkung durch trainingsbedingte Aktivierung des Parasympathikus (OHMURA et al., 2002a) und widersprechen Autoren, die eine Veränderung der Ruheherzfrequenz nach Training ausschließen (8.4.1). MUKAI, TAKAHASHI, ETO, OHMURA, TSUBONE und HIRAGA (2007) überprüfen in einem simulierten Rennen 23 Rennpferde mit dem Fokus „Herzfrequenz beim Aufgalopp“ (Aufgalopp HF MW  $194.0\pm 2.0$  S/min, Rennen HF MW  $213.6\pm 1.7$  S/min) und kommen zu vergleichbaren Wettkampfherzfrequenzen wie OHMURA et al. (2002b) und KAMIYA et al. (2003) (Abb. 8, Aufgalopp:  $HF_{\max}$  196 S/min, Rennen:  $HF_{\max}$  215 S/min).

Aktuell führen die Rennpferdetrainer HAUGEN (Norwegen) und DE KOCK (Südafrika) Trainingsüberwachungen anhand von Herzfrequenzanalysen durch, „because by using the HR monitor I know the exact status of my horses' physical shape at any given time“ (HAUGEN, POLAR WEBSEITE). Mit der kontinuierlichen Anwendung dieser medizinischen Maßnahme bilden sie damit unter Trainerkollegen die Ausnahme.

In einem zweiten Untersuchungskomplex analysieren OHMURA et al. (2002b) die *Geschwindigkeitsentwicklung* in einer 5monatigen Wachstumsphase von jungen Vollblütern.  $V_{200}$  der 2jährigen erhöht sich im April 2001 signifikant gegenüber  $V_{200}$  im Dezember des Vorjahres 2000. Korrespondierend zu der o. a. persistierenden Ruheherzfrequenz der Stuten verändert sich auch ihr  $V_{200}$  nicht signifikant.

Ein weiterer deskriptiver Studienschwerpunkt erfasst das Auftreten von *Verletzungen des Bewegungsapparates* und Knochenveränderungen. „Sehnenverletzungen haben bei Sportpferden aller Disziplinen eine hohe Prävalenz. Die häufigsten Angaben zur Inzidenz von Sehnenenerkrankungen beziehen sich ausschließlich auf Rennpferdepopulationen“ (THORPE, CLEGG und BIRCH, 2010, S. 752). Statistiken zum vorzeitigen Ausscheiden von Vollblutrennpferden aufgrund von Sehnenbeschädigungen im Hong Kong Jockey Club veröffentlichten LAM, PARKIN, RIGGS und MORGAN (2007). Die detaillierten Dokumentationen multipler Verletzungen des Beinapparats sprechen zwingend für eine Individualisierung von Trainingsplänen zur Vermeidung dauerhafter Schäden, Fehl- oder Überlastungen insbesondere an und von Jungtieren.

VERHEYEN und WOOD (2004) registrieren die Häufigkeit von Frakturen bei britischen Rennpferden im Training. Die Studie von ANDERSON, McILWRAITH und DOUAY (2003, S. 571) nennt weitere Verletzungsursachen: „The cause of race injuries in the horse is considered to be multifactorial, with genetics, race surface, numbers of starts, age of the horse, pre-existing pathology, biomechanics (conformation) [...]“ HAMLIN, SHEARMAN und HOPKINS (2002) testeten 10 Warmblüter (Kontroll- und Experimentalstichprobe, jeweils n = 5). Verletzungen und Krankheiten dezimieren auch hier die Verfügbarkeit der Probanden und führen zur Zusammenlegung der Kollektive.

Eine englische Studie an Vollblütern weist nach, dass aus der Gesamtpopulation junger 2-4-jähriger trainierter Rennpferde nur 40% jemals ein Rennen bestritten und „fewer than 15% are still racing as 4-year-olds [...], main reasons were unsoundness (28%) and lack of ability (38%)“ (HARKINS et al., 1993, S. 53).

Hufbeschlag sowie Hufstellung als mögliche Risikofaktoren für schwere Extremitätenverletzungen bei Galoppieren (HERNANDEZ, SCOLLAY, HAWKINS, CORDA und KRUEGER, 2005) oder die Beziehung zwischen Leistungsfähigkeit und Längsbalance der Vorderhufe (TACCHIO, DAVIES, MORGANTE und BERNARDINI, 2005) thematisieren darüber hinaus detailorientiert die Einfluss- und „Ausschlussgröße“ Beinapparat.

Stellvertretend für sehr spezielle Forschungsschwerpunkte in aktuelleren Projekten stehen das Krankheitsbild „plötzliche Ataxie“ (HUGHES und HODGSON, 2006) und die Möglichkeiten einer Selektion innerhalb der deutschen Population „Englisches Vollblut“ vor dem Hintergrund kürzer werdender Renndistanzen zur Ermittlung einer für das Pferd optimal geeigneten Strecke (HAHN, 2008).

Die *Effekte eines Aufwärmprogramms* auf die Energiebereitstellung und die Leistungsfähigkeit bei Pferd und Mensch werden mit dem Nachweis einer Leistungsoptimierung nach 5minütigem Warm-up von BURNLEY und JONES (2005) diskutiert. Aufgrund zu geringer und in Pferdestudien noch nicht wissenschaftlich abgesicherter Daten sind verbindliche Aussagen zur Qualität und Länge einer leistungseffizienten Aufwärmphase aktuell unzulässig.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass *trainingsanalytische Studien für Vollblüter* national und international unterrepräsentiert sind, d. h., der Schwerpunkt der Pferdesportforschung liegt nicht auf einer Effizienzüberprüfung aktueller Trainingsprozesse. Training erfolgt nach wie vor primär auf erfahrungsgeleiteter und damit nicht wissenschaftlicher Basis (MARLIN et al., 2002).

STAHEL (2004) erhebt deskriptiv, ohne detailliertere Darstellung der Trainingsqualität, Trainingsintensitäten und -umfang bei Trabern in der Schweiz. HEDDERICH (2006) dokumentiert anhand eines Zweistreckenstufentests mit Herzfrequenz- und Laktatmessungen die Effizienz eines konventionellen Vollblütertrainings über 12 Wochen und ermittelt für die überprüften Pferde Leistungsstagnation aufgrund des praktizierten undifferenzierten Trainingsprozesses.

Studien zur Wirkungsweise diverser leistungsoptimierender Trainingsverfahren und -interventionen, deren Auswertung in einem Kompendium oder einer Trainingsanleitung für Experten resultieren könnte, fehlen ebenso wie Veröffentlichungen zu praxistauglichem Schnelligkeitsausdauer- oder Sprinttraining von Galoppfern. In Deutschland erscheint 2011 „Leistungstraining für das Pferd“ von Veterinärmediziner ELLENDORFF - eine Auswertung mehrerer deutscher Dissertationen zum Themenkreis „Vielseitigkeitssport, Trainingsprinzipien zur Leistungsentwicklung und biologische Fakten zum Pferdeorganismus“ - , der damit quasi erstmalig trainingsrelevante Informationen zusammenfasst. Selbst an Pferdeforschungszentren (Newmarket's Horse-Racing Research Centre in England oder University of Kentucky's Gluck Equine Research Center, USA) wird - laut deren Publikationsverzeichnisse - nur unzureichend trainingsanalytisch geforscht. Auffallend ist national und international die vergleichsweise geringe Studienanzahl an Vollblut-Rennpferden gegenüber den zahlenmäßig überlegenen Untersuchungen an Vielseitigkeitspferden und Trabern bzw. an Warmblütern (Standardbred). „Dabei haben sich Pferde mit „höherem Blutanteil“ in der Vergangenheit und Gegenwart als erfolgreicher gegenüber schweren, rein warmblütig gezogenen Pferden erwiesen“ (MICHEL, 2004, S. 24). Das Phänomen der Untersuchungsdefizite am Vollblüter in Deutschland könnte neben den in

Kap. 1 angeführten Aspekten einerseits auch - spekulativ - mit dem Status „förderungswürdige Olympische Disziplin Vielseitigkeit“ oder andererseits mit der Studien extrem erschwerenden Verletzungsquote der Rennpferde begründet werden. Individualtests einzelner hochklassiger Rennpferde oder Analysen erfolgreicher Pferdekollektive trifft man vermehrt in Japan an.

GPS-gesteuerte Trainingsprotokollierung/Überwachung wird gelegentlich im Vielseitigkeitssport genutzt (HARBIG, 2006; HEBENBROCK, 2005), sporadisch dagegen im Galoppsport (KINGSTON, SOPPET, ROGERS und FIRTH, 2006), obwohl hier Geschwindigkeit als dominierender Leistungsindikator gilt.

Der Veterinärmediziner ist der Ansicht, dass das wissenschaftliche Interesse im Aufsuchen der Grenze der physiologischen Belastungsfähigkeit des Pferdes liegen soll (ROSE und EVANS, 1990). Der Pferdefreund sucht bei wissenschaftlichen Tests nicht ausschließlich nach Leistungssteigerung, sondern nach Belastungsintensitäten im Rahmen der Gesunderhaltung des Sportpferdes (WEISHAUPT, 2007).

Der Betriebswirt würde dem hinzufügen, dass ein kommerzieller Rennstall alleine schon aus wirtschaftlichen Gründen ein prinzipiell starkes Interesse an leistungsrelevanten Trainingsverfahren und am Leistungspotential seiner „Arbeiter“ zeigen müsste.

### 3 Training, Trainingsplanung, Trainingskontrollen im Pferderennsport

Da die vorliegende Studie die Trainingseffizienz zweier Ausdauermethoden für Vollblutrennpferde analysiert, werden zunächst Analogien und Divergenzen zwischen Human- und Pferdesportwissenschaft in Bezug auf Trainingssteuerung und -gestaltung dargestellt.

Laut Rennordnung (2007, S. 69) des DIREKTORIUMS FÜR VOLLBLUTZUCHT UND RENNEN in Köln müssen Stallbesitzer bei Training und Haltung u. a. folgende Aspekte beachten:

- Angemessene Fütterung und Pflege sowie Unterbringung [...]
- Beschäftigung einer ausreichenden Anzahl von fachlich qualifiziertem Personal
- Nachweis über Trainingsmöglichkeiten auf einer geeigneten Anlage [...]
- Leitung des Trainingsbetriebes und fachgerechtes regelmäßiges Training der Pferde.

Die Rennordnung legt ohne Präzisierung von Inhalten organisatorische und formale Rahmenbedingungen des Trainings fest. Die Forderung „fachgerechtes“ Training kann von Pferdetrainern beliebig interpretiert werden. Gleiches gilt für die weiteren Attribute „geeignete“ Anlagen, „angemessene“ Fütterung und „fachlich qualifiziertes“ Personal.

Die humansportwissenschaftliche Definition von Training besagt nach CARL (2003, S. 606): „Training ist ein komplexer Handlungsprozess mit dem Ziel der planmäßigen und sachorientierten Einwirkung auf den sportlichen Leistungszustand und auf die Fähigkeit zur bestmöglichen Leistungspräsentation in Bewährungssituationen.“ Ein Vergleich dieser Begriffsinterpretation mit den Trainingsleitlinien des DIREKTORIUMS FÜR VOLLBLUTZUCHT UND RENNEN verdeutlicht maximale Divergenz.

Trainingstheoretische Ansätze der Humansportwissenschaftler konzentrieren sich seit Jahrzehnten auf Leistungsmaximierung unter optimalen Rahmenbedingungen.

Qualitative Trainingskonzeptionen für *Rennpferde* zur Realisierung des tierindividuellen maximalen Leistungspotentials sind national (Beobachtung der Autorin) und international (Fachliteratur und Beobachtung der Autorin) unterrepräsentiert. „Pferde können nicht sprechen, und Reiter, die mit einem bestimmten Trainingsplan Erfolg gehabt haben, müssen sich immer wieder fragen, ob ihr Pferd nicht trotz des (mangelhaften) Trainings gewonnen hat“ (SPRINGORUM, 1986, S. 12).

Leistungsentwicklungen verlangen individuelle Trainingssteuerung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wettkampfdistanzen. Das objektivierbare Leistungsniveau manifestiert sich im Rennergebnis in Minuten und Sekunden, dennoch sind ausschließlich Siege und

Platzierungen Erfolgsindikatoren. Rennzeitunterbietung, -stagnation oder Leistungseinbruch werden dadurch relativiert und/oder ignoriert. Am Ende der Rennsaison ist das GAG (Generalausgleichsgewicht) die entscheidende Kenngröße bzw. Nachweis und Rechtfertigung für Zuchtauglichkeit eines überdurchschnittlich erfolgreichen Pferdes.

Die Trainingssteuerung im leistungsorientierten Humansport beinhaltet eine „Abstimmung aller kurz- und langfristigen Maßnahmen der Trainingsplanung, der Trainingsdurchführung, der Wettkampf- und Trainingskontrollen und der Trainings- Wettkampfauswertung im Hinblick auf das geplante Erreichen der sportlichen Form (= optimale Leistungsfähigkeit + Leistungsbereitschaft)“ (ZINTL und EISENHUT, 2004, S. 11) und darf auf Leistungszustandsanalysen auf der Basis standardisierter Tests nicht verzichten. „Leistungstests sind (bei Athleten) Voraussetzung und zugleich Rückmeldung für ein leistungsorientiertes Training“ (SCHURR, 2007, S. 41). Da das willentliche Abrufen des maximalen Leistungspotentials beim Tier - „Athleten“ entfällt, müssen andere leistungsoptimierende bzw. -feststellende Verfahren zentrale Bedeutung gewinnen.

Optimale Belastungsintensitäten liegen an der Grenze der aktuellen Leistungskapazität, überschreiten diese jedoch nicht. Dieser nur medizinisch nachweisbare Belastungszustand wird am häufigsten durch die folgenden - von einem Symposium von Veterinärwissenschaftlern (2006) identifizierten - leistungsanalytischen Parameter ermittelt: heart-rate  $\pm 50\%$ , run distance  $\pm 50\%$ , blood variables  $\pm 50\%$ , blood gas analysis  $\pm 10\%$ , muscle biopsies  $\pm 5\%$  (ROGERS, RIVERO, VAN BREDA, LINDNER und SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, 2007, S. 1). „Die Bestimmung der Kapazität und Leistungsfähigkeit der Einzelkomponenten des Energiestoffwechsels muss Ziel einer komplexen Leistungsdiagnostik sein, weil nur so Defizite in Teilbereichen erkennbar sind und für die Trainingsplanung quantitative Hinweise gegeben werden können“ (HECK et al., 2002, S. 202).

„Der Aufbau betriebsspezifischer Datenbanken ist [...] die Voraussetzung für den optimalen Einsatz der Mehrheit der Leistungsmerkmale für die „positive Leistungsdiagnostik“ (LINDNER, 2001, S. 416). Er postuliert daher für themenidentische Anschlussstudien einheitliche Stufentestdesigns zur Verifizierung positiver sowie negativer Leistungsentwicklung unter exakter Angabe folgender für Vergleiche notwendiger Variablen: Physiologische Parameter, Messinstrumentarium, Trainingsfrequenz, Belastungsdauer, Belastungsumfang, Belastungsintensität, Oberflächenbeschaffenheit (Gras, Sand oder Laufband).

Singuläre Vorschläge für Erfolgskontrollen erscheinen partiell merk- und fragwürdig. SZARSKA, BEDZIEJEWSKA, MANKOWSKI und KAZMIERCZAK (2004, S. 217) schlagen im Vorfeld eines Wettkampfs als trainingspraktische leistungsdiagnostische Maßnahme vor, „[...] to evaluate the readiness of the horse to run in a race on the basis of a control galopp a few days before the event.“ GYSIN et al. (1987) empfehlen eine Herzfrequenzaufzeichnung während des Rennens als Nachweis optimaler oder ineffizienter Trainingsbelastung, ein Vorschlag, der ohne kontinuierliche Protokollierung der Trainings- und Wettkampfherzfrequenzen sinnlos ist. LETZELTER und LETZELTER (2006, S. 105) stellen dagegen für den Humansport fest: „Im Sport gibt es einen einfachen Weg, den Erfolg des Trainings zu kontrollieren: den Wettkampf“, eine prägnante Leistungszustandsanalyse ohne diagnostisches Instrumentarium. Indem Rennzeiten jedoch nur für statistische Zwecke erfasst und nicht als Trainingserfolgskontrollen verstanden werden, verzichtet der Trainer auf ein einfaches Datennutzungsverfahren.

Nach Durchsicht der Fachliteratur fällt der Dokumentationsmangel - trotz zahlenmäßig umfangreicher Präsenz von Probanden - an kontinuierlichen Wettkampfverlaufs- oder Postrennenanalysen zur Gewinnung objektiver Leistungszustands- und Leistungszuwachsindikatoren auf.

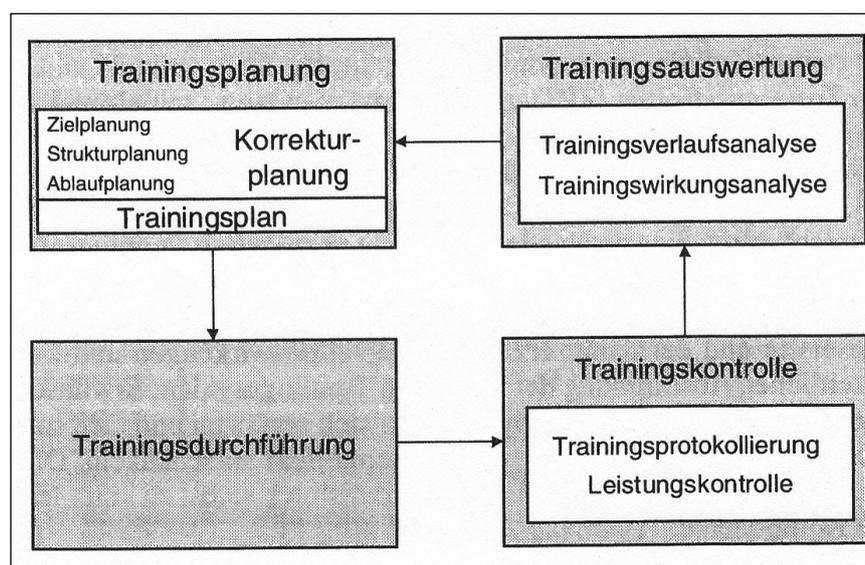


Abb. 3: Stellung der Trainingsplanung in der Trainingssteuerung nach HOHMANN, 1994 (aus HOTTENROTT et al., 2010, S. 178).

Der Pferderennsport setzt das Trainingssteuerungsmodell (Abb. 3) nach HOHMANN (1994) nur punktuell und zwar in Bezug auf „Trainingsdurchführung“ um. Trainingstheoretische Ansätze, Trainingskontrollen sowie -auswertung sind in der Regel nicht Bestandteil des Trainingsprozesses.

Training erstreckt sich im Humanleistungssport generell über mehrere Wettkampffahre und wird unter Umständen bis zu Mikroeinheiten (Übungsstunde) theoretisch und praktisch unter Erfassung und Auswertung sämtlicher gewonnener Daten durchstrukturiert, woraus für Hochleistungssportler individualisierte Trainingspläne mit allen Vorteilen der Trainingssteuerung resultieren (HOHMANN, 1994). „Ein Makrozyklus kann den Zeitraum von etwa einem Monat bis zu mehreren Jahren umfassen“ (CARL, 2003, S. 353), wobei die untergliedernden Meso- und Mikrozyklen in der Literatur nicht eindeutig definiert sind (STEINHÖFER, 2003).

Im Hochleistungssport ist es üblich, Trainingszyklen zielorientiert auf Saisonhöhepunkte, Meisterschaften, Olympische Spiele oder auf einen einzelnen Wettkampf hin auszurichten. Das Galopptraining basiert dagegen ausschließlich auf einem ca. 9monatigen Saisonzyklus, charakterisiert und gegliedert durch eine nicht kalkulierbare Anzahl von Starts. Feinstrukturierungen fehlen daher zwangsläufig, da aus Rennerfolgen neue nicht vorhersehbare Startberechtigungen in leistungsstärkeren und höher dotierten Rennen resultieren. Eine optimale Trainingsplanung müsste sich dieser situativen Variablen für nachfolgende Nennungen unter Bereitstellung mehrerer Optionen flexibel anpassen können. Bedenkt man diese disziplinimmanente Problematik, wird die Notwendigkeit eines Basiskonditionstrainings bzw. Schnelligkeitsausdauer- und Krafttrainings umso deutlicher. Die sehr spezifizierte Vorstellung „Maßgeschneiderte Trainingsprotokolle müssen sich auf den jeweils speziellen Trainingsort beziehen“ (VAN DEN HOVEN, 2006, S. 525) sowie die im Humansport gültige Erkenntnis „Das leistungsorientierte Training aus der Sicht einer Einzelwissenschaft zu beurteilen, ist auf Grund der Komplexität des Trainings nicht mehr gerechtfertigt“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 44) erscheinen - trotz inhaltlicher Richtigkeit - auch angesichts der unpräzisen trainingsorientierten Selbstdarstellung internationaler Rennbetriebe (Kap. 1, Internet-Auftritt) aktuell in ihrer Anwendung auf die Galoppsportpraxis unrealistisch.

### 3.1 Grundausbildung und Training des Englischen Vollbluts

Zum besseren Verständnis an der Kritik der Trainingspraxis deutscher Rennställe wird hier sowie in Kap. 8.5 kurz auf Aspekte aktueller Trainingsstrukturierung eingegangen.

#### *Grundausbildung*

Vollblutpferde gehören zu den frühreifen Pferderassen (HUSKAMP et al., 1996), d. h., ein Jährling beginnt bereits mit der Grundausbildung (Sattel- und Reiterakzeptanz).

Junge Pferde lernen, das Gleichgewicht unter dem Jockey in allen Grundgangarten zu halten. In den Disziplinen Rennsport und Vielseitigkeit wird bei unerfahrenen Pferden mit Führpferden gearbeitet (HUSKAMP et al., 1996). „Gewinnt das Pferd an Sicherheit, beginnt man vor dem Führpferd zu reiten, bis sich das auszubildende Pferd selbstverständlich und ohne Angst überall hin reiten lässt“ (VON BREDOW, 2005, S. 405).

Die 1-2-jährigen Vollblüter werden in Deutschland im Winter (Dezember → Februar) eingeritten und galoppieren zu Jahresbeginn 300 m-Strecken (HUSKAMP et al., 1996). Die bereits eingerittenen älteren Rennpferde nehmen im Dezember das Grundkonditionstraining wieder auf.

Zu Rennsaisonbeginn (März) beträgt für 2-jährige die Trainingsdistanz national  $\pm 1600$  m (Abb. 16). „Young Thoroughbred horses' training includes low-intensity exercise, trot and slow canter, so-called „endurance training“, in order to increase aerobic work capacity” (EVANS, 1994, S. 395).

Während in der Dressur, im Springsport sowie in der Vielseitigkeit die Ausbildung in den verschiedenen Disziplinen mit  $\pm 5$  Jahren beginnt, beenden zu diesem Zeitpunkt bereits zahlreiche Rennpferde ihre Wettkampfzeit. Siebenjährige und ältere Pferde sind in allen Leistungsklassen des Galoppsports seltener vertreten.

#### *Trainingsverlauf*

Der tägliche Trainingsprozess von maximal 1 Stunde gliedert sich für 3-jährige und ältere Mittel- bis Hochklassepferde in der Regel unterschiedslos in 3 Phasen:

- Aufwärmphase (5-20 min, Schritt-/Trabphase),
- Konditions-/Intensivphase (2-4 min, mittlerer bis submaximaler Galopp, 1600 m  $\pm 500$  m),
- Abwärm-/Regenerationsphase (20-45 min, Schritt).

GANGI CHIODO\* (Mailand, Newmarket) und SAUER\* (Chantilly, Dubai, Dublin, Sydney)

- \*lizenzierte Amateurrenreiterinnen mit Auslandspraktika - stellen ähnliche

Trainingsstrukturen, darüber hinaus den Mangel sportwissenschaftlich abgesicherter Leistungskontrollen fest und bestätigen international quasi identische Trainingsabläufe.

Die individuelle leistungsmotorische Ausgangsposition bzw. aktuelle Leistungsfähigkeit des Vollblüters sind weitgehend trainingsirrelevant. Differierende materielle (Einsatz der Führmaschine) oder personelle (Anzahl der Stallmitarbeiter) Ausstattungen von Rennställen wirken sich offensichtlich auf Trainingsdauer und -umfang nur peripher aus. Weitere exogene Faktoren (Bodenverhältnisse, Windstärke), die indirekt zur Belastungsintensitätserhöhung führen können oder extreme, die Thermoregulation beeinträchtigende Temperaturen, resultieren ebenfalls selten in einem die situativen Rahmenbedingungen berücksichtigendem modifizierten Training.

Ausbildung und Training orientieren sich fast ausschließlich an in der Praxis gewonnenem Basiswissen und unterliegen auch bei deren Auslegung der Subjektivität, d. h. dem Interpretationsspielraum des „Experten“ (MARLIN et al., 2002; WEISHAUPT, 2007). Dennoch kommt es unter Pferdetrainern zu die Belastungsintensität definierenden einheitlichen Begriffen für Trainingsinhalte („Order“) wie ruhiger Canter, normaler Canter, Arbeit oder Spritzer (Fachjargon für eine 15 m/s-Geschwindigkeit) (LINDNER, VON WITTKKE und BAUER, 1992).

### **3.2 Trainingsmethoden der Ausdauer**

„Ausdauer ist im Sport die Fähigkeit, eine gegebene Belastung ohne nennenswerte Ermüdungsanzeichen über einen möglichst langen Zeitraum aushalten zu können“ (KAYSER, 2003, S. 60). Ausdauertraining hat das Ziel, ermüdungsbedingte Leistungsverluste bei Wettkampf- und Trainingsbelastungen zu verringern und dadurch die sportliche Leistung und die Belastbarkeit zu verbessern (SCHNABEL et al., 2003). Für das Vollblut-Rennpferd fehlen wissenschaftlich präzisierte Angaben zur Dauer des Zeitraums mit korrespondierender Belastungsintensität ohne Ermüdungs- bzw. Erschöpfungsanzeichen. Zwar ermittelt der Distanzsport gesundheitsschädigende oder -schonende Pulsrichtwerte anhand von Vet-Checks (veterinärmedizinische Überprüfungen) während eines Wettkampfs, doch dienen diese nicht primär der Trainingsplanung, sondern der Prävention körperlicher Insuffizienzen in der Wettkampfphase.

Der tägliche Trainingsumfang von Galopprennen (1600 m  $\pm$ 500) (8.5, Abb. 16) - fälschlicherweise auch „conditioning“ genannt - variiert nicht, obwohl bekanntermaßen bereits die gezielte Veränderung eines Belastungsparameters (Intensität, Umfang oder Dauer)

der Ausdauerleistungsoptimierung dienen kann. Konstanter Belastungsumfang bei gleichbleibender Belastungsintensität setzt keine leistungswirksamen Reize, die physiologische Adaptationsvorgänge auslösen, und verhindert somit Ausdauerleistungszuwachs.

Für das Basisausdauertraining eines Athleten ergibt sich die Forderung, die Belastungsnormative (Reizumfang, Reizintensität, Reizdichte, Reizhäufigkeit usw.) so zu gestalten, dass der jeweils geforderte Energiebereitstellungsmechanismus bzw. dessen physiologische (z. B.  $VO_{2max}$ ) und anatomische Determinanten (z. B. Muskelfaserzusammensetzung) optimal angesprochen werden (HOHMANN et al., 2006). Für das Pferd bestätigt RIVERO (2007, S. 322) intraindividuelle Reaktionen - „Depending on the basal muscle status (i. e. breed, age, sex, level of fitness and history of the horse training) and characteristics of the stimulus (i. e. nature, intensity, duration and frequency of exercise, bouts and total length of the conditioning programme), the adaptive response to training can take different forms“-, die jedoch im o. a. Trainingsverlauf deutscher Rennställe aufgrund von Reizstagnation nicht stattfinden können.

„Im Allgemeinen werden im Humansport 4 Grundmethoden des Ausdauertrainings unterschieden:

1. die Dauermethode,
2. die extensive und intensive Intervallmethode und
3. die Wiederholungsmethoden, sowie
4. die Wettkampf- und Kontrollmethode“ (HOHMANN et al., 2006, S. 64).

HOTTENROTT et al. (2010) unterscheiden die kontinuierliche extensive und kontinuierliche intensive Dauermethode sowie die variable Dauermethode, zu denen die Tempowechselmethode bzw. wechselhafte Dauermethode und die Fahrtenspielmethode gehören.

Die Art der Ausdauer wird häufig durch ihre zeitliche Abgrenzung definiert:

- Kurzeitdauer (KZA): 35 s bis 2 min,
- Mittelzeitausdauer (MZA): 2 bis 10 min,
- Langzeitausdauer (LZA): 10 min bis mehrere Stunden (STEINHÖFER, 2003).

In der Regel ist nur eine Kombination verschiedener Belastungsfaktoren bzw. -methoden in Bezug auf verbesserte Ausdauer leistungswirksam. Jede Ausdauerbelastungsmethode hat über die grundsätzliche Wirkung hinaus ihre spezifischen physiologischen Wirkungen, die es eben zu gegebener Zeit zu nutzen gilt (ZINTL et al., 2004). Die Präferenz für eine

Ausdauermethode wird demzufolge sowohl im Humansport als auch im Pferdesport von dem zu trainierenden Sportler/Pferd und dem Trainingsziel determiniert.

Da die zur Leistungsanalyse herangezogenen physiologischen Parameter Laktat (4.2) und Herzfrequenz (4.1) sich in ihrem reaktiven Verhalten auf Belastung bei Mensch und Tier erwiesenermaßen ähneln, ist die körperliche Beanspruchung der im Humansport etablierten Ausdauermethoden mit großer Wahrscheinlichkeit auch für das Pferd unbedenklich.

### 3.2.1 Dauermethode

Der in der vorliegenden Studie vorgenommenen Effizienzanalyse der Ausdauermethoden wird eine kurze Darstellung ihrer Charakteristika, wenn nicht anders gekennzeichnet, aus humansportwissenschaftlicher Sicht vorangestellt (3.2.2).

Die Dauermethode eignet sich „vorrangig zur Verbesserung der Grundlagenausdauer bzw. aeroben Kapazität und der Langzeitausdauer durch Trainingsbelastungen von mehr als 10 min Dauer ohne Pausen“ (KAYSER, 2003, S. 123). Alle Dauermethoden sind durch zyklische Belastungen *ohne* Pause gekennzeichnet (HOTTENROTT et al., 2010). Entsprechend den Trainingsreizen bewirkt das Dauerleistungstraining primär eine Verbesserung der allgemeinen aeroben dynamischen Ausdauer (DE MARÉES, 2002).

Nach ZINTL et al. (2004) praktiziert die Dauermethode eine ununterbrochene trainingswirksame Belastung über eine lange Zeitspanne (continuous work), in der die physiologischen Prozesse relativ konstant ablaufen. Sie hat das Ziel der allmählichen Energiespeicherentleerung und damit der Ermüdungsaufstockung (STEINHÖFER, 2003).

Der zeitliche Umfang der Dauermethode wird in der Literatur unterschiedlich bemessen, jedoch setzen wenige Autoren im Humansport eine Belastungsdauer von <10 Minuten an (STEINHÖFER, 2003). Die extensive Dauermethode über ±90 Minuten, international „long slow distance (LSD)“ genannt, findet gelegentlich im Distanzsport (Eintages-/Distanzritte, 25-160 km) Anwendung.

Die Überprüfung akkurater Einhaltung von Belastungsfaktoren variiert im Ausdauertraining. „Die Kontrolle der Intensität erfolgt in der Praxis beim Mensch über die Zeitnahme auf einer mehrfach zu durchlaufenden Runde (z. B. 400 m - Bahn) oder über die Pulsfrequenz“ (KESSEL, 1998, S. 121). Belastungsprotokolle in Sportpferdeuntersuchungen verlangen u. a. statt Herzfrequenzmessung eine definierte Streckenlänge pro Minute (z. B. 300-400 m/min) oder auch ein zeitlich definiertes pulsfrequenzgesteuertes Training ohne Angabe von Distanzen (HENNING, 2001).

### 3.2.2 Intervallmethode

Das Intervalltraining zielt auf die Verbesserung der Schnelligkeitsausdauer, der Schnellkraft, der Schnellkraftausdauer und der Kraftausdauer (SCHNABEL et al., 2003) und versucht nach Erreichen der maximalen Schnelligkeit, den ermüdungsbedingten Geschwindigkeitsabfall hinauszuzögern.

Die Intervallmethode ist eine „Trainingsmethode zur Verbesserung der Ausdauer, die durch den systematischen Wechsel von Belastung und unvollständigen Erholungspausen gekennzeichnet ist“ (KAYSER, 2003, S. 277). „Bei der Intervallmethode differenziert man in eine *extensive und intensive Intervallmethode*, wobei bei der extensiven Variante die aerobe Ausdauer dominant trainiert wird und dadurch der Akzent auf dem Belastungsumfang liegt“ (HOHMANN et al., 2006, S. 64).

„Die *extensive* Intervallmethode ist charakterisiert durch eine mittlere Belastungsintensität im aerob-anaeroben Stoffwechselbereich (Laktat 3-6 mmol/l), einer Dauer der Intervallbelastung von 30-180 min und einer Intervallpause von 2-3 min“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 115). Neben einer hohen Anzahl von Wiederholungssegmenten bei 60-80%iger Belastungsintensität sind für diese Methode limitierte „lohnende Pausen“, die eine vollständige Regeneration nicht zulassen, kennzeichnend.

Die *intensive* Intervallmethode beinhaltet mehrere aufeinander folgende Intervallbelastungen über 15-60 s bei hoher Intensität (80-90% der maximalen Leistungsfähigkeit) mit Intervallpausen von 15-90 s (HOTTENROTT et al., 2010). „Interval conditioning of the equine athlete should not be performed at 95 to 100 percent maximum speed, as it may lead to overtraining and possibly the reversal of physiological training adaptations“ (GRIFFIN, 2010, S. 3). Die Dauer der Pausen kann in Abhängigkeit von Belastungsintensität, Belastungsdauer und Trainingszustand zwischen einer halben Minute und mehreren Minuten liegen (ZINTL et al., 2004). „Diese Pause wird in einem Zustand beendet, bei dem die vorangegangene Belastung noch zu bemerken ist und dieses Empfinden im Verlauf der Serien zunimmt, auch dann, wenn die Pausen nicht zeitlich festgelegt werden, sondern gemäß dem Absinken der Pulsfrequenz auf 130-120 Schläge („klassisches“ Intervalltraining) bestimmt werden“ (KAYSER, 2003, S. 277). STEINHÖFER (2003) und ZINTL et al. (2004) geben als Erholungskriterium ebenfalls eine Herzfrequenz zwischen 120-130 S/min an. MARLIN et al. (2002) sprechen von einer ausreichenden Erholung des Pferdes bei einem Pulswert von unter 100 S/min innerhalb 1-2 Minuten nach Beendigung des Intervalls. Der Abstand zwischen Intervalltrainingseinheiten sollte bei Pferden nach ISLER et al. (1982), BAYLY (1985) und MARLIN et al. (2002) 4-5 Tage betragen, während GALLOUX (1996) 3-4 Tage empfiehlt.

## 4 Adaptation des Organismus an Trainingsbelastungen

Die Trainingsanpassung ist die funktionelle und morphologische Veränderung der Organsysteme auf wirksame Belastungsreize (ZINTL et al., 2004). Sie führt kurz- oder langfristig zu neuronalen, muskulären und physiologischen Adaptationen des Organismus.

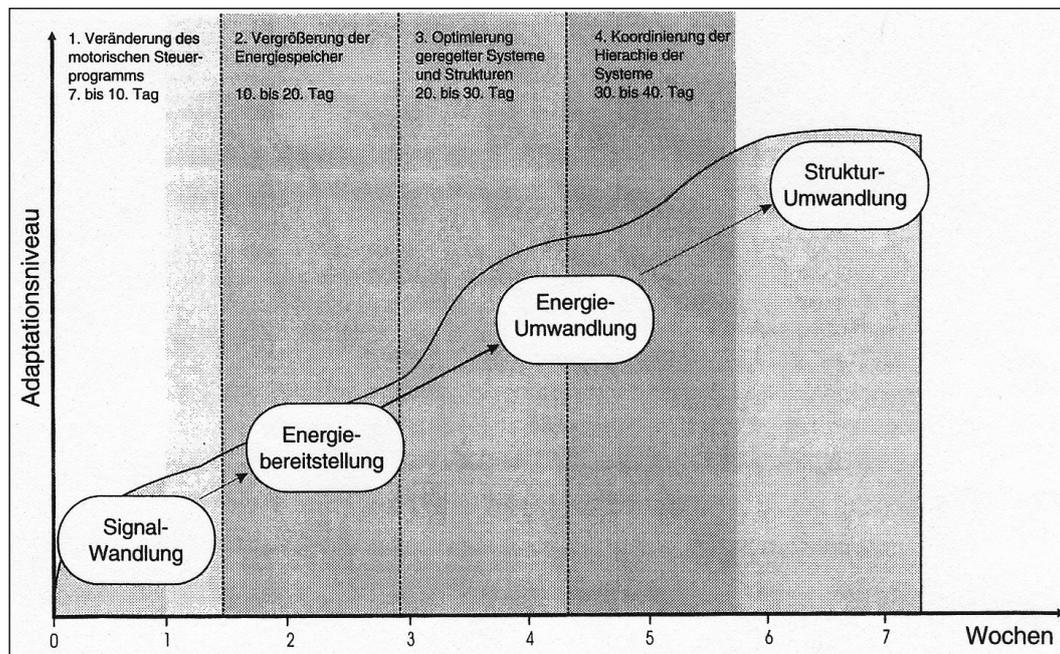


Abb. 4: Zeitlicher Verlauf verschiedener Anpassungsmechanismen beim Ausdauertraining (NEUMANN, PFÜTZNER und HOTTENROTT, 1993, S. 75).

Die Adaptationsstufen nach NEUMANN et al. (1993) und deren zeitliche Abfolge innerhalb von 6 Wochen werden von weiteren human- und veterinärwissenschaftlichen Studien bestätigt (THORNTON et al., 1983; SCHÄFER, 2000; HENNINGS, 2001; LEWING, 2001). „Die Entwicklung des Adaptationsniveaus (Trainingszustandes) erfolgt bei Trainingsbeginn sehr rasch und wird dann immer langsamer und schwieriger“ (WEINECK, 2010, S. 138). Der 6wöchige Zeitraum scheint [...] zur signifikanten Feststellung des Adaptationsniveaus geeignet, da er sowohl positive also auch negative Leistungsentwicklung des Pferdes aufdeckt (LANGHORST, 2003).

„Der Fortschritt der Anpassung kann anhand leistungsdiagnostischer Tests verifiziert werden. Trainingsmethodisch ist die Trainingsbelastung durch fünf Faktoren zu kennzeichnen: Reizumfang, Reizintensität, Reizdauer, Reizdichte und Bewegungsausführung“ (NEUMANN et al., 1993, S. 12). Obwohl die Effizienz einzelner Belastungsparameter nicht strikt isoliert ermittelt werden kann, ist bei der Ansteuerung spezieller Trainingsziele jedoch für die Qualität des Trainings die akzentuierte Auswahl der entsprechenden Belastungsnormative von

ausschlaggebender Bedeutung (WIRTH, 2007). Diese individuelle Feinabstimmung der Belastungsfaktoren findet im Pferderennsport keine Anwendung. ROGERS et al. (2007, S. 1) stellen fest, dass die in Rennställen erhobene Belastungsintensität für physiologische Adaptationen zu niedrig ist und formulieren darüber hinaus die Notwendigkeit „to recognize that different adaptations occur at different rates“.

Auf einer makroskopischen Betrachtungsebene ist bei körperlichen Adaptationsprozessen bekannt, dass der individuelle Verlauf der biologischen Trainingsanpassungen nicht nur vom Rhythmus von Belastung und Erholung abhängt, sondern auch von situativen Parametern (Setting, aktuelle psychische Verfassung usw.) determiniert wird (HOHMANN et al., 2006). Studien zum Beeinflussungsgrad einzelner exogener/endogener Faktoren existieren in der veterinärmedizinischen Fachliteratur nicht trotz regelmäßig anzutreffender Hinweise auf potentielle physiologische Reaktionen auf Umgebungsbedingungen.

Betrachtet man die humansportwissenschaftliche Erkenntnis für kontinuierlichen Leistungszuwachs „Eine optimale Adaptation findet dann statt, wenn sich der Mensch bei reizwirksamen Trainingsinterventionen bis nahe an die Grenze seiner momentanen Leistungsfähigkeit belastet“ (HOHMANN et al., 2006, S. 165) und die veterinärmedizinische „The ideal training program is one that maximises adaptation, while minimising cellular and systemic stress“ (WILSHER, ALLEN und WOOD, 2006, S. 80), ergeben sich für den Rennpferdesport maximale Divergenzen zwischen den oben formulierten theoretischen Ansprüchen und der Trainingsrealität (3.1, 8.5).

#### **4.1 Adaptation der Herzfrequenz**

Kap. 4.1 - 4.3 diskutieren vergleichend humansportwissenschaftliche Erkenntnisse in Bezug auf Anpassungseffekte der physiologischen Parameter (Herzfrequenz, Laktat, Hämoglobin) mit Forschungsergebnissen des Sportpferdebereichs. Veterinärmedizinische Studien weisen bereits auf generelle Gemeinsamkeiten in Adaptationsvorgängen bei Pferd und Mensch hin (VON ENGELHARDT, 2005; ELLENDORFF, 2011).

##### *Herzfrequenz in der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik*

Die Kombination der Leistungsparameter Herzfrequenz und Laktat ist bekanntermaßen Garant für optimale Leistungszustandsanalysen als Voraussetzung für Trainingssteuerung. „[...] simple techniques using blood lactate analysers and heart rate monitors to quantify work load and recording speed and distance travelled“ werden sowohl von VAN DEN HOVEN

(2006, S. 624) als auch von OHMURA et al. (2002b, S. 634) mit Hinweis auf Praxistauglichkeit im Galopptraining empfohlen: „For practical value [...] in field situations, it is preferable to use parameters that can be recorded easily during daily training, such as heart rate.”

Das Herzfrequenz-Monitoring erlaubt neben der kontinuierlichen Kontrolle des Puls-Steady-States eine optimale Auswertung der individuellen Belastungsintensität.

Darüber hinaus liegt der Vorteil der Herzfrequenzmessung in der aktuellen Differenzierungsmöglichkeit von Intensität und Dauer der Belastung sowohl im Training als auch im Wettkampf (HOTTENROTT et al., 2010). Zusätzliche Parameterkontrollen präzisieren die Leistungszustandsveränderung. „The newest trend is speed monitoring by GPS” (VAN DEN HOVEN, 2006, S. 624).

### *Herzfrequenz, physiologische Aspekte*

Die Herzfrequenz ist definiert als Anzahl der Kontraktionen pro Zeiteinheit (Schläge/min bzw. bpm) und reagiert auf den Sauerstoffbedarf des menschlichen Körpers (KORTE, 2006). „Die Herzfrequenz ist eine biologische Größe und ein indirektes Mass für die Belastungsintensität und widerspiegelt die kardiovaskuläre Reaktion des Körpers auf die auferlegte Belastung“ (STAHEL, 2004, S. 85).

„Der Ruhepuls bei untrainierten Menschen liegt zwischen 70 und 80 Schlägen pro Minute“ (JANSSEN, 2003, S. 51). VON ENGELHARDT (2010) diagnostiziert bei Pferden einen Ruhepuls im Mittel von 30-40 S/min.

Die Pulsfrequenz hängt von Lebensalter, Geschlecht, Trainingszustand, Körpertemperatur, Umgebungstemperatur und vegetativen Faktoren ab (HOLLMANN, STRÜDER, PREDEL und TAGARAKIS, 2006). Eine Altersabhängigkeit der Ruheherzfrequenz wird beim Pferd bis zum abgeschlossenen Wachstum im Alter von ca. 5 Jahren ermittelt (PERSSON et al., 1974). Eine Geschlechtsabhängigkeit ist hingegen erst ab dem vierten Lebensjahr feststellbar, d. h. deutlich nach Erreichen der Geschlechtsreife (PERSSON, 1997).

Extreme Temperaturen und Feuchtigkeitsunterschiede erfordern beim Menschen einen um 5 bis 10 Schläge nach oben korrigierten Wert (HOTTENROTT, 1993). Weitere Einflussfaktoren wie Gewicht, Lahmheit sowie Erregungen können neben den o. a. auf die Pferdeherzfrequenz einwirken (FOREMAN et al., 1996; PERSSON, 1997; VON ENGELHARDT, 2005; KORTE, 2006). Darüber hinaus indiziert die Herzfrequenz gesundheitliche Dysbalancen. „Measuring the horses’ heart rate daily makes it easy to detect

when a horse deviates from its normal level. This is often an indication of the horse being ill” (HAUGEN, 2009, S. 3).

### *Adaptation der Herzfrequenz unter Belastung*

„Der Sauerstoffbedarf in der Skelettmuskulatur nimmt bei körperlicher Arbeit erheblich zu. Dieser Situation versucht das Pferdeherz durch eine größere Pumpleistung (2- bis 10-fach) Rechnung zu tragen. Je nach Tierart und abhängig vom Trainingszustand nehmen Schlagfrequenz (bis 4-fach), Schlagvolumen (bis 2-fach) und Kontraktionskraft (bis 2-fach) zu“ (VON ENGELHARDT, 2005, S. 156). Da die Herzfrequenz oft zu Leistung und Laktatbildung in Bezug gesetzt wird, dient sie sowohl der Festlegung als auch der Steuerung und Kontrolle der individuellen Trainingsbereiche des Athleten (SCHURR, 2007).

Das S/min-Spektrum, in dem Sportpferde an der aerob-anaeroben Schwelle trainieren sollen, variiert in vorliegenden Publikationen um  $\pm 30$  S/min. SPRINGORUM (1986) und FREEMAN, TOPLIFF und COLLIER (2009) geben bei Belastungen im aerob-anaeroben Energiegewinnungsbereich eine Herzfrequenz von 150-170 S/min an. VON ENGELHARDT (2005) empfiehlt zur Verbesserung der aeroben Kapazität ein Training im anaeroben Grenzbereich bei 160-180 S/min. NEVILLE (2002, S. 17) bestätigt, dass „the cardiovascular system is challenged by working around the anaerobic threshold at heart rates from 150 to 180 beats/min, depending on the individual horse”.

„Heart rate increases linearly with speed (equivalent to work) up to a maximal heart rate (HRmax)” (YOUNG, 2002, S. 119). Die maximale Herzschlagfrequenz ist eine individuelle Größe (EHRLEIN, HÖRNICKE, VON ENGELHARDT und TOLKMITT, 1973) und ein nicht trainierbarer Parameter. Sie liegt beim Pferd deutlich über 200 S/min.

Bei Galoppieren ergeben sich während Leistungsprüfungen Werte zwischen 205 und 241 S/min - bei einem Mittelwert von  $223 \pm 11$  S/min (KRZYWANIEK, 2006). „Bei maximaler Belastung kann die Herzschlagfrequenz beim Pferd auf maximal 240 pro Minute ansteigen. Beim Menschen werden Maximalfrequenzen von 194 [...] angegeben“ (VON ENGELHARDT, 2005, S. 716). WEISHAUPT (2007) bestätigt die Vervielfachung der Basiswerte (24-32 S/min) auf Höchstbelastungswerte von 220-240 S/min. „Trained horses are also likely to have a lower maximum heart rate during exercise, and heart rates tend to plateau at maximal heart rates of 210-220 beats/min” (YOUNG, 2002, S. 124) trotz potentieller Geschwindigkeitszunahme. In Einzelfällen sind bis maximal 260 S/min gemessen worden,

d. h., ein Pferd kann die Herzschlagfrequenz bei Bedarf auf das mehr als Achtfache des Ruhewerts steigern (KRZYWANEK, 2006).

Die maximale Herzfrequenz beim Mensch ist - im Unterschied zum Ruhepuls, der mit praktiziertem Ausdauerlauftraining sinkt - kein Indikator für den Trainingszustand, sondern vielmehr abhängig von Alter und Geschlecht (KESSEL, 1998). Ähnliches gilt für Pferde: „Bei Tests unter maximalen Anforderungen lassen sich trainierte Pferde nicht von untrainierten differenzieren, da die maximale Herzfrequenz sich nachweislich nicht durch Training beeinflussen lässt“ (HELLMOLD, 2009, S. 24).

LINDNER et al. (2001) präzisieren die Trainingsparameter für das Erreichen von Maximalfrequenzen. Maximalpulswerte sind Indikatoren für die Höhe einer Belastungsintensität (Geschwindigkeit), nicht aber für die Belastungsdauer.

#### *Adaptation der Herzfrequenz nach Belastung*

Die Erholungsherzfrequenz nach Belastung ist ein extensiver Studiengegenstand an Sportpferden. Die herzfrequenzkontrollierte Regenerationsphase indiziert den Adaptationsgrad des kardiovaskulären Systems an Belastung, da regelmäßiges Ausdauertraining zu morphologischen und funktionellen Anpassungen des Herzens führt.

„Fit horses [...] have quicker heart rate recovery after exercise“ (YOUNG, 2002, S. 124). Die Geschwindigkeit der Pulsabsenkung bis zum Wiedererreichen der Ruheherzfrequenz hängt - wie beim Menschen - vom Ausdauerleistungszustand ab.

Nach Belastungsende erfolgt beim Pferd in den ersten 30 - 60 Sekunden zunächst ein schneller Abfall der Herzfrequenz, der danach zunehmend langsamer fortschreitet (PERSSON und LYDIN, 1973; PHYSICK-SHEARD, 1985; VON ENGELHARDT, 2005). Nach ca. 20-60 Minuten wird in der Regel der Ausgangswert wieder ermittelt, wobei die Länge der Regenerationszeit primär von der vorausgegangenen Belastungsintensität abhängt (PERSSON et al., 1973; FOREMAN et al., 1996).

In Abhängigkeit vom Ausdauertrainingsumfang sinkt die Ruhe-HF beim Menschen auf Werte zwischen 40 und 60 Schläge pro Minute; bei ca. 10% der Hochleistungssportler werden sogar HF-Werte unter 40 Schläge pro Minute beobachtet (NEUMANN et al., 1993). Nach KRZYWANEK (2006) erfolgt beim Pferd keine Ruhepulssenkung durch Ausdauertraining, während die Studie von KAMIYA et al. (2003, S. 99) am Galopper T. M. Opera O - einem der damals besten Gruppepferde in Japan - eine trainingsinduzierte Ruheherzfrequenz von

25 S/min ermittelt: „These findings suggest that training increases the parasympathetic nervous activity and reduces the resting HR of Thoroughbreds”.

### *Besonderheiten in der Adaptation der Herzfrequenz*

Weitere Autoren dokumentieren Phänomene spezieller trainings- oder situativbedingter Herzfrequenzvariabilität.

„Charakteristisch sind vorübergehende Überhöhungen beim Gangartwechsel“ (ELLENDORFF, 2011, S. 18).

Bei plötzlicher hoher Belastung wird zunächst häufig eine kurzfristig überschießende Herzfrequenzreaktion gesehen; nach 30-45 Sekunden fallen bei gleichbleibender Arbeit die Werte auf einen Plateauwert (VON ENGELHARDT, 2010).

Das Phänomen der „Vorstarter-Reaktion“ (Antizipation der Belastung, Nervosität) wird in Untersuchungen von MARLIN et al. (2002), HEDDERICH (2006) und KRZYWANEK (2006) beschrieben. „This “overshoot” response is due to the excitation mediated release of epinephrine [...] a very powerful hormone that causes several important physiological responses to exercise to occur” (FREEMAN et al., 2009, S. 4).

MICHEL (2004) weist auf den Herzfrequenzeinfluss exogener Störfaktoren hin (Lärm, Wind, andere Pferde oder optische Irritationen), die ebenso wie psychische Einflüsse (Stresssituationen, Präsentation im Führen) auf Herzfrequenzen unter 130 S/min einwirken und messbar sind (Abb. 8).

## **4.2 Adaptation des Laktats**

### *Laktat in der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik*

Laktatbasierte Leistungsanalysen sind etablierter Bestandteil jeglicher sportlicher Leistungsfeststellung.

„Die Laktatkonzentration im Blut gilt als indirekter Indikator für die Sauerstoffversorgung im Gewebe. Erst seit kurzem sind serielle Laktatmessungen auch in der Veterinärmedizin üblich geworden“ (KARAGIANNIS, RENIKER, KERL und MANN, 2006, S. 724). Laktatgehalte erweisen sich als geeignete blutgetragene Parameter von Konditionsveränderungen und dokumentieren wie auch bei Menschen die energetische Komponente der Trainingsbelastung (OKONEK, 1998; MELFSEN-JESSEN, 1999; DAHLKAMP, 2003; WITT, 2004; KORTE, 2006; HOTTENROTT et al., 2010). „Laktatakkumulation lässt sich durch Training

beeinflussen, daher ist die Untersuchung des Blutlaktatwertes zur Beurteilung des Leistungsfortschrittes eines Pferdes als geeignet anzusehen“ (HELLMOLD, 2009, S. 17). ROSE und HODGSON (1994) halten die Laktatleistungskurve für den zuverlässigsten biochemischen Ausdauerleistungsindikator.

Für die Human- und Tiertrainingspraxis bedeutet dies: „By monthly monitoring lactate levels after SETs (standardized exercise tests), a trainer can follow the progress of his pupils and can adapt his training accordingly“ (VAN DEN HOVEN, 2006, S. 528). SCHÄFER (2000) hält Laktat für einen ungeeigneten Parameter zur Überprüfung des Leistungszuwachses, da nach Beendigung einer Trainingsphase statt sinkender Laktatkonzentrationen steigende Werte gemessen werden.

Dieser Auffassung widersprechen jedoch u. a. die Veterinärmediziner KRZYWANEK (1974), LINDNER (1997), MELFSEN-JESSEN (1999) und DOBBERSTEIN (2004), die den Indikator Laktatkonzentration zur objektiven Feststellung von Leistungsveränderungen im Training oder Wettkampf heranziehen. „Letztlich macht die verringerte Laktatakkumulation einen Trainingsfortschritt (für Warmblüter) erkennbar“ (WITT, 2004, S. 156) und HOTTENROTT et al. (2010, S. 178) präzisieren: „Die Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit ist (beim Menschen) an der Abnahme der Laktatkonzentration bei gleicher oder höherer Leistung oder Geschwindigkeit erkennbar.“

Die Sportpferdeforschung bestätigt dies: „Conditioning increased the speed required to achieve a blood lactate concentration of 4 mmol/l and resulted in blood lactate concentration at submaximal speed that were significantly lower than those before conditioning“ (HINCHCLIFF, LAUDERDALE, DUTSON, GEOR, LACOMBE und TAYLOR, 2002, S. 14). BAYLY, GRANT und PEARSON (1987) und RAINGER, EVANS, HODGSON und ROSE (1994) ermitteln auch für Vollblüter eine geringere Blut- oder Plasmalaktatkonzentration nach definierter Belastung.

### *Laktat, physiologische Aspekte*

Seit Jahrzehnten ist bekannt, dass Muskelarbeit bei Athleten zur Erhöhung des Blutlaktatpiegels führt (KEUL, SIMON, BERG, DICKHUTH, GOERTTLER und KÜBEL, 1979); Rennpferde reagieren ebenfalls nach Laufarbeit mit vermehrter Blutlaktatproduktion (KRZYWANEK, 2006). „Bei einer Gegenüberstellung der Laktatbestimmung im *Vollblut* und im *Blutplasma*, ist im Plasma der Vorteil der besseren Interpretation aufgrund des geringeren Einflusses der während der Belastung durch die Milzkontraktion freigesetzten roten

Blutkörperchen zu sehen“ (JAEK, 2004, S. 134). Der Plasmalaktatspiegel liegt jedoch höher als der Laktatwert im Vollblut oder in den roten Blutkörperchen (PÖSO, LAMPINEN und RÄSÄNEN, 1995; KRONFELD, CUSTALOW, FERRANTE, TAYLOR, MOLL, MEACHAM und TIEGS, 2000). HINCHCLIFF et al. (2002) messen in einem „High-Speed-Training“ im Muskellaktat  $20,10 \pm 2,60$  mmol/l (Vollblutlaktat:  $10,60 \pm 1,60$  mmol/l) und nach 10 Wochen hochintensivem Training im Muskellaktat  $8,20 \pm 0,80$  mmol/l (Vollblutlaktat:  $3,40 \pm 0,20$  mmol/l). Zentrifugierung und Aufarbeitung des Blutplasmas erfordern allerdings einen unter Feldbedingungen schlecht realisierbaren erhöhten technischen Aufwand. Da Vollblutlaktatbestimmung in der Sportmedizin als zuverlässige Basis der Trainingssteuerung regelmäßig Anwendung findet, analysiert die vorliegende Studie aus Praktikabilitätsgründen ebenfalls Blutlaktatkonzentrationen.

#### *Adaptation des Laktats unter Belastung*

„Die Leistungsfähigkeit von Pferd und Mensch ist von den Mechanismen der Energiebereitstellung und Energieausnutzung abhängig. In beiden Spezies ist die Bewegungsleistung der Skelettmuskulatur mit einem sofortigen Energiebedarf verbunden [...]“ (BURNLEY et al., 2005, S. 377).

Der einzige Kraftstoff für den arbeitenden Muskel und alle Zellen im Organismus ist das Adenosintriphosphat (ATP) (VON ENGELHARDT, 2005; APPELL und STANG-VOSS, 2008). „Der ATP-Speicher im Muskel beträgt 5-6 mmol/kg Feuchtwicht (FG) und der Creatinphosphat-Speicher 25 mmol/kg FG. Durch sportartspezifisches Training können sich beide Speicher vergrößern“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 206). „Bei Menschen sind die Speicherformen der zur Verfügung stehenden Energie sehr unterschiedlich ausgeprägt“ (STEINHÖFER, 2003, S. 210).

Da ATP nur in geringer Konzentration in der Muskulatur gespeichert ist (JAEK, 2004), muss der Organismus für einen ständigen Wiederaufbau (Resynthese) des ATP sorgen (STEINHÖFER, 2003; ZINTL et al., 2004). Für den Kontraktionsvorgang benötigt die Muskelzelle Energie, die sie aus dem Abbau der zugeführten Nahrung - vor allem aus den Kohlenhydraten und Fetten - bezieht (KRZYWANEK, 2006; WEINECK, 2010).

Erste energieliefernde Reaktion ist die Spaltung von ATP. Sie beträgt unter Standardbedingungen etwa 30 kJ (7 kcal) pro mol ATP (WEINECK, 2010).

„Beim Energiestoffwechsel der Muskelzelle (Metabolismus) werden generell die drei Prozesse aerob (oxidativ), anaerob-laktazid und anaerob-alaktazid unterschieden“ (ZINTL et al., 2004, S. 46).

- „1. Anaerob-alaktazide Phase der Energiegewinnung: Nutzung der vorhandenen ATP- und KP-Vorräte; es wird kein Sauerstoff verbraucht; es entsteht kein Laktat.
2. Anaerob-laktazide Phase der Energiegewinnung: Sauerstoff steht noch nicht in ausreichender Menge zur Verfügung; die Glykolyse läuft anaerob ab; es kommt zur Bildung von Laktat.
3. Aerobe Phase der Energiebereitstellung: Es ist genügend Sauerstoff vorhanden; Glykolyse und Lipolyse können aerob ablaufen“ (KRZYWANEK, 2006, S. 49).

Tab. 5: Vor (+) - und Nachteile (-) der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung (STEINHÖFER, 2003, S. 211).

<b>Aerobe Oxidation</b>	<b>Anaerobe Glykolyse</b>
- Energiebereitstellung erfolgt relativ langsam.	+ Energiebereitstellung erfolgt relativ schnell.
- Die pro Zeiteinheit freigesetzte Energiemenge ist relativ klein.	+ Die pro Zeiteinheit freigesetzte Energiemenge ist relativ groß.
+ Die bereitgestellte Gesamtenergiemenge ist relativ groß.	- Die Gesamtenergiemenge ist relativ klein.
+ keine Laktatbildung	- Laktatbildung
+ 36 mol ATP/ mol Glucose	+ 2 mol ATP/ mol Glucose
+ 130 mol ATP/ mol Fettsäure	
+ rasche Erholung	- langsame Erholung

Das im Muskel vorhandene ATP ist innerhalb weniger Sekunden nach Belastung vollständig verbraucht. Es folgt für den Muskel eine kritische Phase, in der die aerobe ATP-Bildung noch nicht genügend angelaufen ist. In dieser Phase muss ATP anaerob unter Bildung von Milchsäure produziert werden (VON ENGELHARDT, 2005).

„In Abhängigkeit von Intensität und Dauer des Wettkampfes werden die einzelnen ATP-Resynthesewege unterschiedlich beansprucht“ (HECK et al., 2002, S. 202). „Die ATP-Resynthese aus KP und ADP erfolgt während der Muskularbeit, und zwar so schnell, dass die ATP-Konzentration im Muskel bei maximaler dynamischer Arbeit über einen längeren Zeitraum nahezu konstant bleibt“ (WEINECK, 2010, S. 146).

„Als zeitlich erster Mechanismus der sekundären Energiebereitstellung (zur ATP-Resynthese) setzt die Spaltung von Kreatinphosphat (CrP) ein, das in der Muskulatur gespeichert ist und etwa für 10 s (Untrainierte ca. 6 s; Hochtrainierte ca. 12-20 s) ausreicht“ (HOHMANN et al., 2006, S. 53). „Kreatinphosphat ist [...] eine energiereiche Verbindung, die im Zytoplasma der

Muskelzelle vorhanden ist. Die Kreatinphosphatkonzentration ist gering, sie beträgt etwa 60-65 mmol/kg Muskelrockenmasse. Der Gehalt an Kreatinphosphat reicht als Energiedonator für Muskelkontraktionen von etwa 10-15 Sekunden Dauer“ (DIETZ und HUSKAMP, 2006, S. 48). HOTTENROTT et al. (2010) sprechen von einem kleinen CP-Speicher, der bei niedriger Belastungsintensität für 20-30 Sekunden Energie zur Verfügung stellt, bei höchster Intensität für nur 6-8 Sekunden und bestätigen damit o. a. Werte.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die primäre Energiequelle ATP nacheinander durch das KP, die (anaerobe) Glykolyse und die aerobe Energiegewinnung bereitgestellt wird, wobei sich die einzelnen Speicher jeweils auf Kosten des nachfolgenden auffüllen (WEINECK, 2010).

Laut FAIßT (2008) ist bei untrainierten Pferden die Glykolyse schon bei Laufgeschwindigkeiten von 350 m/min notwendig. Ausdauertrainierte Pferde galoppieren bis zu 550 m/min, ohne eine Sauerstoffschuld eingehen zu müssen. „Die anaerobe Energiebildung setzt ein, wenn der Energiebedarf in der Zeiteinheit höher ist als er über den aeroben Stoffwechselweg erbracht werden kann. Intensive und kurzzeitige Muskelleistungen über 10 s Dauer gehen stets mit Laktatbildung einher. Die Glykolyse erreicht nach etwa 60 s intensiver Muskelbelastung ihr Maximum“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 210). Langandauernde Ausdauerleistungen werden nur unter Einbeziehung der großen Energiedepots (Glykogen, Fett) ermöglicht (STEINHÖFER, 2003). Die Glykogendepots Ausdauertrainierter ermöglichen intensive Belastungen bis zu 90minütiger Dauer (HOTTENROTT et al., 2010).

#### *Adaptation des Laktats nach Belastung*

Nach submaximaler Belastung (75-90% der Maximalleistung) beginnt die Laktatelimination unmittelbar nach Belastungsende. „Körperliche Aktivität mit geringerer Intensität (z. B. Auslaufen bei Herzfrequenzen um 100-120 S/min) kann den Laktatabbau wesentlich beschleunigen“ (SCHNABEL et al., 2003, S. 122). LINDNER (1997) weist nach, dass die durch Bewegung ablaufende erhöhte Oxidation bis zu 80% des Laktats beim Pferd rückbildet. Nach Maximalbelastungen kann der Laktatreduktionsvorgang bis zum Wiedereinstellen des Ruhelaktatgehalts 120 min betragen (KRZYWANNEK, 2006).

### 4.3 Adaptation des Hämoglobins

#### *Hämoglobin, physiologische Aspekte*

Die Hämoglobinkonzentration des Menschen liegt etwa bei 150 g/l, im Blut der meisten Haustiere und auch beim Geflügel im Bereich von 100-170 g/l (GROß, 2010). „The resting normal mean for horses is approximately 11-17 g haemoglobin per dl of blood (1 decilitre = 100 ml) or 110-170 g/l“ bestätigt YOUNG (2002, S. 69). „Der Hämoglobingehalt des Pferdes liegt je nach Rasse bei etwa 150 g/l (Vollblüter) bzw. 120 g/l (Warmblüter“ (KRZYWANEK, 2006, S. 44). HOTTENROTT et al. (2010) geben folgende Durchschnittswerte für Männer 15,5 g/dl (14-17 g/dl) und Frauen 13,8 g/dl (12-16 g/dl) an. Daher ist auch im Hinblick auf die physiologische Variable Hämoglobin ein Vergleich von Mensch und Vollblüter zulässig.

„Ein Absinken der Hämoglobinkonzentration unter 12,5 g/100 ml beim Mann und 11 g/100 ml bei der Frau wird als Anämie bezeichnet (Hypoxie) (STEINACKER, 2003, S. 244).

„Die Erythrozyten enthalten das Hämoglobin, den roten Blutfarbstoff, der Sauerstoff reversibel binden kann; 95% ihres Trockengewichts bestehen daraus“ (APPELL et al., 2008, S. 124). „Der Erythrozytengehalt und damit auch Hämatokrit und Hämoglobinkonzentration sind beim Pferd im strömenden Blut keine Konstanten; sie werden vielmehr in hohem Maße durch das vegetative Nervensystem beeinflusst“ (KRZYWANEK, 2006, S. 43).

Die Bausteine des Hämoglobins bestehen aus einer sauerstofftragenden prosthetischen Gruppe (Häm) und einem tierartspezifischen Proteinanteil (Globin) (GASSMANN und LUTZ, 2010).

„Nahezu 99% der Sauerstoffversorgung werden am Hämoglobin angelagert, nur 1% des Sauerstoffs ist physikalisch gelöst. Somit wird die Sauerstofftransportkapazität des Blutes praktisch ausschließlich durch die jeweils vorliegende Hämoglobinkonzentration bestimmt“ (EHRET, 2003, S. 5).

#### *Adaptation des Hämoglobins unter Belastung*

Da fast der gesamte Sauerstoff an das Hämoglobin gebunden und der Anteil des im Blut gelösten Sauerstoffs somit unbedeutend ist (AHONEN, LAHTINEN, SANDSTRÖM und POGLIANI, 2008), sollten im Sport untere Grenzen von 15,0 bzw. 14,0 g/100 ml angestrebt werden, da Hämoglobin eine große physiologische Bedeutung für die Leistungsfähigkeit hat (STEINACKER, 2003) und Ausdauerleistungen gute O<sub>2</sub>-Kapazitäten verlangen. „Das

Hämoglobin sichert eine rasche O<sub>2</sub>-Aufnahme in der Lunge und die O<sub>2</sub>-Abgabe im Gewebe, was über eine reversible Sauerstoffkopplung an Eisen möglich ist“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 199; VON ENGELHARDT, 2010).

Tierische Organismen sind auf einen Sauerstoff-Transporteur angewiesen, der O<sub>2</sub> chemisch bindet und es gegenüber dem physikalisch gelösten O<sub>2</sub> um ein Vielfaches konzentriert. Die Vertebraten haben dafür das Hämoglobin (Hb), dessen 4 Untereinheiten (Globin-Ketten) jeweils ein Häm für die Bindung eines O<sub>2</sub>-Moleküls tragen (GASSMANN et al., 2010). Dieser als Bohr-Effekt bekannte Mechanismus erlaubt eine schnelle, gute Ausnutzung des in den Muskelkapillaren vorhandenen Sauerstoffs.

„Durch die Entspeicherung der Milz zeigen trainierte Pferde [...] höhere Hämatokrit- und Hämoglobinwerte und eine höhere Erythrozytenzahl als untrainierte Pferde“ (UHDE, 2009, S. 12). Der Hämatokrit und damit die Sauerstofftransportkapazität steigern sich in Abhängigkeit von der Belastungsintensität bis um das 2-fache (Ruhe: 32-46%, unter maximaler Belastung: 60-65%) (WEISHAUPT, 2007). Bereits 1995 stellen KRAFT und DÜRR bei trainierten Vollblut-Rennpferden besonders hohe Werte fest. „Exercise causes increases in packed cell volume, haemoglobin concentration, plasma protein and leucocyte numbers“ (YOUNG, 2002, S. 69). Eine Gefahr für das Pferd besteht in der damit verbundenen höheren Viskosität (Zähflüssigkeit) des Blutes (ELLENDORFF, 2011). „Regelmäßige Kontrollen der hämatologischen Werte und des Eisenstoffwechsels dienen im Leistungstraining der indirekten Überprüfung der Sauerstofftransportkapazität des Blutes und sind für die Belastbarkeitssicherung notwendig“ (NEUMANN, PFÜTZNER und BERBALK, 2007, S. 71).

Differenziertere Untersuchungen müssen zeigen, ob Hämoglobin ein aussagekräftiger Parameter zur quantitativen Erfassung des Leistungszuwachses für Vollblüter sein kann, da nicht nur Trainingsbelastung, sondern auch psychische Reaktionen nachweislich Schwankungen des Hämoglobinspiegels bewirken.

#### **4.4 Adaptation an Intervall- und Dauerperiode**

Die *Dauerperiode* aktiviert alle Organe und Energiesysteme, die für die Bereitstellung von Energie unter Sauerstoffzufuhr zuständig sind. Die Ökonomisierung des Stoffwechsels wird vorangetrieben und eine mäßige Superkompensation der Kohlenhydratreserven findet statt. „Einerseits kommt es zur Ökonomisierung von Organfunktionen, andererseits zur

Funktionserweiterung der Organsysteme“ (GROSSER, STARISCHKA und ZIMMERMANN, 2008, S. 132).

Die *intensive Intervallmethode* trainiert primär die anaerobe Ausdauer, der Akzent liegt auf der Belastungsintensität (HOHMANN et al., 2006).

Die damit einhergehende Aktivierung alaktazider und glykolytischer Energiebereitstellung ist nachweisbar. Nach ZINTL et al. (2004) vollzieht sich eine Verbesserung der Pufferkapazität und Säuretoleranz sowie eine Steigerung der Laktatproduktion.

„Wissenschaftliche Studien zeigen, dass Laktat hinsichtlich seiner Eigenschaft als angebliches „Abfallprodukt“, das den Muskelstoffwechsel sowie die körperliche Leistungsfähigkeit negativ beeinflusst, lange falsch eingeschätzt wurde“ (HÄGELE, ZINNER, WAHL, SPERLICH und MESTER, 2009, S. 10), denn als Energielieferant für die Herzmuskulatur (ELLENDORFF, 2011) steuert es die Neubildung von Blutgefäßen als wichtige Voraussetzung für eine verbesserte Kapillarisation (HÄGELE et al., 2009).

HOHMANN et al. (2006) bestätigen die Effekte des Intervalltrainings im Bereich des kardiovaskulären Systems mit verbesserter Kapillarisation der Arbeitsmuskulatur (periphere Anpassung) und einem verbesserten Herzminutenvolumen (zentrale Anpassung).

In den interseriellen Pausen wird der Laktatabbau durch die Aktivierung des aeroben Prozesses zur Beseitigung der Sauerstoffschuld bei ökonomischerem Verlauf des Herz-Kreislaufsystems beschleunigt.

Die Anpassungsmechanismen des Organismus im Intervalltraining ähneln denen der Dauerperiode. Beide Trainingsmethoden verursachen eine Kräftigung und Vergrößerung des Herzens (Hypertrophie der Herzmuskelfasern: Sportlerherz) (KRZYWANIEK, 2006).

## 5 Fragestellungen und Hypothesen

Auf der Grundlage der in 2.1 und 2.2 dargestellten nationalen und internationalen Forschungsarbeiten und unter Einbeziehung humansportwissenschaftlich abgesicherter Erkenntnisse im Bereich leistungsoptimierender, auf das jeweilige Trainingsziel abgestimmter Trainingsmethoden, untersucht die Autorin in der vorgelegten Pilotstudie die Leistungswirksamkeit von Ausdauertrainingsmethoden (Intervall- und Dauer Methode) im Pferderennsport.

Die Wahl der Thematik resultiert aus der Erkenntnis, dass nachvollziehbare wissenschaftliche dimensionsanalytische Untersuchungsergebnisse zur Ausdauerleistungsfähigkeit von Englischen Vollblütern und deren Trainierbarkeit als unterrepräsentiert einzustufen sind, obwohl hinreichend bekannt ist, dass die Ausdauerkapazität - speziell im Galopp - im Kanon leistungsrelevanter Merkmale hohe Priorität aufweist.

Nachstehende 3 Fragen sollen anhand der durchgeführten empirischen Studie beantwortet werden:

### **Frage 1:**

Verändert ein Training nach der Dauer Methode die Ausdauerleistungsfähigkeit von Englischen Vollblütern?

### **Frage 2:**

Verändert ein Training nach der Intervall Methode die Ausdauerleistungsfähigkeit von Englischen Vollblütern?

### **Frage 3:**

Verbessert eine der beiden Trainingsmethoden (Dauer- oder Intervall Methode) die Ausdauerleistungsfähigkeit Englischer Vollblüter in höherem Maße?

Da die Ausdauerleistungsfähigkeit nur über Leistungsindikatoren nachgewiesen werden kann, erfolgt die Beantwortung der o. a. Fragen über die Erhebung operational definierter Ausdauerleistungsindikatoren.

Indikator für eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit ist nach übereinstimmender Auffassung humansport- und veterinärwissenschaftlicher Forscher neben Herzfrequenz, Hämoglobin und Laufgeschwindigkeit primär die leistungsphysiologische Variable Laktat.

Daraus ergeben sich folgende Fragestellungen:

**Frage 4:**

Verändern sich Laktat-/Hämoglobinkonzentrationen und Laufgeschwindigkeitsverhalten von Englischen Vollblütern nach einem Dauermethodetraining?

**Frage 5:**

Verändern sich Laktat-/Hämoglobinkonzentrationen und Laufgeschwindigkeitsverhalten von Englischen Vollblütern nach einem Intervallmethodetraining?

**Frage 6:**

Verändert eine der beiden Trainingsmethoden die Laktat-/Hämoglobinkonzentrationen und das Laufgeschwindigkeitsverhalten von Englischen Vollblütern in höherem Maße?

Die Brauchbarkeit von Theorien, so auch die trainingswissenschaftlichen zur Effizienz von Trainingsmethoden, ist davon abhängig, wie sie sich in Untersuchungen von Teilaussagen, die aus ihr abgeleitet wurden, bewährt. Aussagen, die aus einer Theorie abgeleitet wurden, bezeichnen wir als Null-Hypothesen. „Hypothesen gehen somit wie die ihnen zugrunde liegenden neuen Theorien über den herkömmlichen Erkenntnisstand einer Wissenschaft hinaus“ (BORTZ, 1989, S. 142).

Für die Überprüfung der oben formulierten wissenschaftlichen Fragestellungen ist ihre Transformation in statistische Hypothesen notwendig. Im vorliegenden Fall wird überprüft, ob sich zwei Stichproben in ihren zentralen Tendenzen unterscheiden, d. h., Nullhypothesen werden mit dem ausdrücklichen Ziel aufgestellt, sie zu verwerfen und statt ihrer die Alternativhypothese  $H_1$  anzunehmen, d. h., ein „echter“ Mittelwertsunterschied besteht zwischen den Stichproben.

Die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Behauptung als falsch erweist, beschränkt das Signifikanzniveau - sofern die Daten normalverteilt sind - von  $p < 0,01$ ,  $p < 0,05$  bis hin zu  $p < 0,10$ , um auch Unterschiedstendenzen noch aufspüren zu können. Der Unterschied wird als auf dem 1%-, 5%- (10%)-Niveau liegend als statistisch signifikant bezeichnet. Man kann daher annehmen, der festgestellte Mittelwertsunterschied ist nicht rein zufällig zustande gekommen.

Die Kriterien für die Auswahl statistischer Prüfverfahren werden in Kap. 6.6 und 7 detaillierter dargestellt.

Da es weder national noch international eine erfahrungsgeleitete Datenbasis für den Pferderennsport gibt, werden nachfolgend 3 ungerichtete Hypothesen erstellt:

**H<sub>01</sub>:**

Das Dauermethodetraining führt zu keiner signifikanten Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei Englischen Vollblütern.

**H<sub>02</sub>:**

Das Intervallmethodetraining führt zu keiner signifikanten Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei Englischen Vollblütern.

**H<sub>03</sub>:**

Dauer- und Intervallmethodetraining unterscheiden sich nicht signifikant bzgl. einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei Englischen Vollblütern.

Für die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit nachweisenden Indikatoren werden folgende 3 Hypothesen gebildet:

**H<sub>04</sub>:**

Laktat-/Hämoglobinkonzentrationen und Laufgeschwindigkeitsverhalten von Englischen Vollblütern verändern sich nach einem Dauermethodetraining nicht signifikant.

**H<sub>05</sub>:**

Laktat-/Hämoglobinkonzentrationen und Laufgeschwindigkeitsverhalten von Englischen Vollblütern verändern sich nach einem Intervallmethodetraining nicht signifikant.

**H<sub>06</sub>:**

Laktat-/Hämoglobinkonzentrationen und Laufgeschwindigkeitsverhalten von Englischen Vollblütern unterscheiden sich nach einem Intervall- und Dauermethodetraining nicht signifikant.

## 6 Untersuchungsmethodik

### 6.1 Untersuchungsdesign

Ziel der vorliegenden leistungs- und trainingsanalytischen Feldstudie ist die Erfassung des Ausdauerleistungszustands von 15 Englischen Vollblut-Rennpferden vor und nach Anwendung zweier in der Humansportwissenschaft etablierten Ausdauermethoden (Dauermethode, Intervallmethode) und deren inter- und intrakollektive Effizienzüberprüfung anhand des Geschwindigkeitsverhaltens und der physiologischen Parameter Herzfrequenz, Blutlaktatkonzentration und Hämoglobin mit der Intention, das leistungswirksamere Trainingsverfahren für zukünftige trainingsmethodologische leistungsoptimierende Konzeptionen zu ermitteln.

Ein 4-Stufentest (6.4) zu Studienbeginn und -abschluss protokolliert die o. a. Leistungsindikatoren, während im herzfrequenzgesteuerten Ausdauermethodentraining (Intervallmethode: >200 S/min, Dauermethode: 170 S/min) nur die Geschwindigkeit in jeder Trainingseinheit (2 pro Woche) aufgezeichnet wird (6.5.1, 6.5.2).

Die Analyse des Ausdauerleistungszustands der alters- und geschlechtsheterogenen Stichproben erfolgt im Bedarfsfall auch intraindividuell zur Feststellung von Leistungszuwachstendenzen.

Jedes teilnehmende Englische Vollblut absolviert auf >600 m-Sandbahnen einen nicht parallel verlaufenden 6wöchigen Untersuchungszeitraum (2009-2010) in verschiedenen deutschen Rennställen.

Für die Dokumentation des Datenmaterials stützt sich die Studie methodisch auf die Geräte Polar-Pulsuhr Equine RS800G3 (Herzfrequenz- Geschwindigkeitsmessung) und Diaglobal Lactat- Photometer LAC 142 (Blutanalyse).

### **Vorüberlegung zur Testdurchführung**

Die im Fokus stehende Intervallmethode (3.2.2) zur Maximierung der leistungsrelevanten Fähigkeit Schnelligkeitsausdauer - als Basisvoraussetzung jeder Renndistanz - ist für das Galoppporttraining optimal geeignet. Die Dauerperiode (3.2.1) mit dem übergeordneten Ziel der Grundlagenausdaueroptimierung und Erhöhung der Ermüdungsresistenz kann in Bezug auf verbesserte Sprintausdauer gleichermaßen leistungswirksam sein.

Da die in human- und veterinärwissenschaftlichen Publikationen kontinuierlich zitierte Leistungsveränderung durch exogene oder endogene Faktoren - im Einzelfall jedoch der Ausprägungsgrad - wissenschaftlich nachgewiesen wurde, verzichtet die Studie auf die Erhebung folgender Interventionen und Variablen sowie die Interpretation ihrer potentiellen Einflussnahme:

- Erfassung divergierender Futtermaterials und -menge
- Empfehlung von Zusatzfutter aufgrund erhöhter Belastungsnormative
- Einflussnahme auf Fütterungszeiten in der Testphase
- Interpretation von Haltungsbedingungen als eventuell leistungsrelevante Faktoren
- Analyse möglicher Vor- oder Nachteile variierender Winter- und Sommerhaltung
- Evaluierung eines Besitzer- oder Standortwechsels
- Protokollierung eines Reiterwechsels (Gewichtsvariable)
- Detaillierte Präsentation qualitativer Vorbildungen der Pferde.

Insbesondere die Diskussion der letztgenannten potentiellen Einflussvariablen erübrigt sich, da gemäß Angaben der Besitzertrainer ausschließlich das in Kap. 3.1 dargestellte konventionelle Training relativ einheitlich praktiziert wird und daher Vor- und Ausbildungsniveau testirrelevant sind.

Eine Ausschaltung aller denkbaren externen Einflussgrößen und einer damit einhergehenden Objektivierung des Eingangsleistungsniveaus wäre nur durch eine mehrwöchige „Immobilisierung“ der zu untersuchenden Probanden und „Kasernierung“ bei standardisierter Haltung im Pre-Test-Zeitraum garantiert.

## 6.2 Pferdekollektiv

Im Vorfeld der Untersuchung ergaben sich 26 Zusagen von Besitzertrainern zur Teilnahme ihrer Pferde. In den Wochen vor Testbeginn reduzierten sich die Probanden aus vielfältigen Gründen (Verkauf und Erkrankung der Pferde - Umzug, Berufswechsel, Unzuverlässigkeit und Zeitmangel der Besitzer). 15 Englische Vollblut-Rennpferde nehmen schließlich an der vorliegenden Studie teil.

Als Zuordnungskriterium zur Vollblutrassen gilt die Berechnung des Blutanteils der letzten 8 Generationen. Dieses Zuchtmerkmal erfüllen alle Probanden, die im Direktorium für Vollblutzucht und Rennen bzw. nachweislich im General Stud Book - seit 1793 Ahnennachweis für Englische Vollblüter - registriert sind.

Geschlechtsverteilung (5 Stuten, 10 Wallache) sowie Altersheterogenität (4-8 Jahre) des Gesamtkollektivs unterliegen dem ad-hoc-Prinzip, das von der Kooperationsbereitschaft der Besitzertrainer und situativer Verfügbarkeit der Pferde bestimmt wird, die eine qualitative Selektion hinsichtlich im Vorfeld erbrachter Rennleistungen ohnehin ausschließt.

Ein Kollektiv (n = 7) nimmt am Dauermethodetraining (6.5.1), das Zweite (n = 8) am Intervallmethodetraining (6.5.2) teil. Die Zuordnung zu den Ausdauermethoden (Intervall- und Dauermethode) geschieht nach dem „Prinzip der Auffüllung.“ Jeder neu akquirierte Proband wird alternierend - ohne Berücksichtigung der Parameter Alter und Geschlecht - den Stichproben zugeteilt.

Das Leistungsniveau aller Pferde liegt im Ausgleich IV-Bereich (mittlere Leistungsklasse). Keines der Pferde ist im Sinne der überprüften Methoden ausdauertrainingserfahren, sondern durchlief regelmäßig ein nach den Vorstellungen des Besitzertrainers „konzipiertes“ konventionelles bereits erwähntes unspezifisches Trainingsprogramm (3.1).

Kein Pferd ist klinisch auffällig oder unterliegt zu Untersuchungsbeginn einer Medikation, die zur Ergebnisverfälschung der überprüften Leistungsindikatoren führen könnte.

**Gesamtkollektiv Altersstruktur**

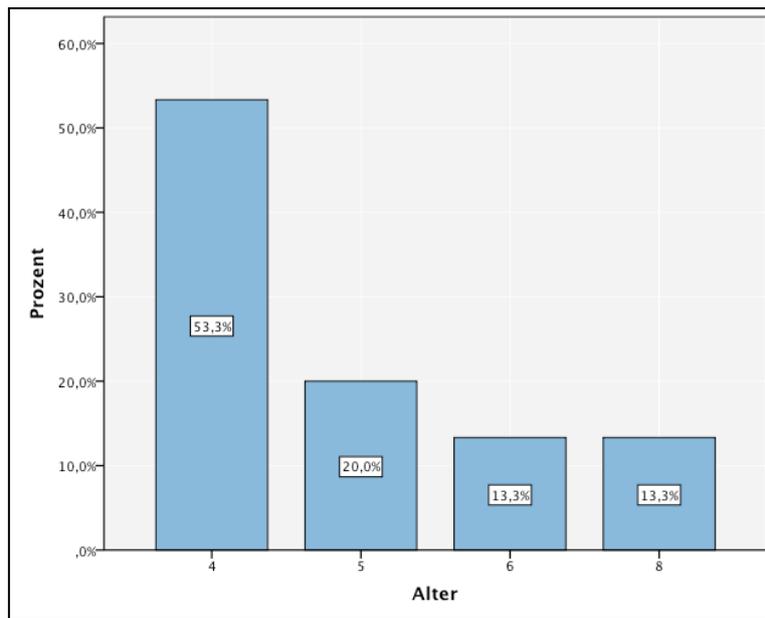


Abb. 5: Altersverteilung der Gesamtstichprobe (n = 15).

Das Alter der Probanden (5 Stuten, 10 Wallache) liegt zwischen 4-8 Jahren (MW 4,5), wobei 53,3% der Pferde 4 Jahre alt sind und die verbleibenden Prozente sich auf 5jährige (20%), 6jährige (13,3%) und 8jährige (13,3%) verteilen.

**Gesamtkollektiv Geschlecht und Ausdauermethode**

Tab. 6: Geschlechtsverteilung - Ausdauermethoden.

<b>Pferde Identifikationsnummer (ID)</b>	<b>Geschlecht Stute (S) Wallach (W)</b>	<b>Intervallmethode (I) Dauernde Methode (D)</b>
ID1	W	I
ID2	W	I
ID3	W	I
ID4	S	I
ID5	W	I
ID6	S	I
ID7*	W	I
ID8	S	I
ID9	W	D
ID10	W	D
ID11	S	D
ID12	S	D
ID13	W	D
ID14*	W	D
ID15*	W	D

\* Pferde scheiden im Verlauf der Studie krankheitsbedingt aus.

Die 15 Probanden erhalten durchgängig verwendete Identifikationsnummern (ID). 3 Pferde scheiden krankheitsbedingt vorzeitig aus (ID7, ID14, ID15). Dies führt ab der 3. Woche zu einer Reduzierung des Dauermethodekollektivs auf  $n = 5$  (2 Stuten, 3 Wallache) und des Intervallkollektivs auf  $n = 7$  (3 Stuten, 4 Wallache).

Tab. 7: Ausfallrate.

	Dauermethode	Intervallmethode	Gesamt
<b>n</b>	8	7	15
<b>Ausfall</b>	2 (ID14, ID15)	1 (ID7)	3
<b>Ausfall in %</b>	25%	14%	20%

### Haltungsbedingungen und Trainingsstätte

Eingangs- und Ausgangstest, tägliches Training sowie die beiden wöchentlichen Ausdauermethodentrainingseinheiten finden auf gut präparierten Rennbahnen (>600 m) mit Sandbelag statt.

Alle Probanden bewegen sich nach dem Training mehrere Stunden auf Koppeln und werden nachts in Einzelboxen auf Stroh gehalten.

Aus der Kooperationsbereitschaft der Besitzertrainer ergeben sich Untersuchungsorte im gesamten Bundesgebiet (Frankfurt: 5 Probanden, Hassloch: 4 Probanden, Düsseldorf: 2 Probanden, Saarbrücken: 2 Probanden, Warendorf: 2 Probanden).

### 6.3 Datenerhebung

Tab. 8: Methoden der Trainings-/Leistungsanalyse.

<b>objektiv</b>	Herzfrequenz-, Blutlaktat-, Geschwindigkeits- und Distanzmessung
<b>subjektiv</b>	Beobachtung und Bewertung von Trainingssegmenten, Trainings- und Wettkampfverhalten durch lizenzierte Besitzertrainer, Arbeitsreiter und Berufsjockeys

Erfahrungsgelitete Routine, Beobachtungen und subjektive Eindrücke des Stallpersonals zum Leistungsverhalten der Pferde sind essentielle Voraussetzungen für leistungswirksames Training, entsprechen jedoch nicht dem in wissenschaftlichen Tests geforderten Gütekriterium Objektivität und führen konsequenterweise in dieser Studie zur Präferenz objektiv messbarer Parameter (Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit, Herzfrequenz) zur Quantifizierung des Leistungszuwachses.

### 6.3.1 Herzfrequenzmessung - Instrumentarium

Die in der Studie zur kontinuierlichen Erfassung der Herzfrequenz (Stufentest/Ausdauertrainingseinheiten) verwendete Polar-Pulsuhr Equine RS800G3 besteht aus drei Teilen:

- RS800 ist der am Handgelenk getragene Laufcomputer zur Aufzeichnung der Herzfrequenz und Geschwindigkeit und anderer während Tests und Training frei gewählter Trainingsdaten (Distanz, Trainingszeit, Rundenzahl etc.).
- Polar Equine WearLink + W.I.N.D., ein codierter kabelloser Sender mit Gurt, wird am Pferdekörper fixiert. Zwei Elektroden auf der linken - zur Verbesserung des Hautkontaktes angefeuchteten - Körperseite (ca. 10 cm distal des Widerrists) und unter dem Sattelgurt übertragen die Herzfrequenz an den Laufcomputer.
- Der am Oberarm angebrachte Polar GPS-Sensor G3 sendet Laufgeschwindigkeits- und Kilometermessungen in Form von elektrischen Impulsen an den Laufcomputer am Handgelenk des Reiters.

Das Speicherintervall für die Herzfrequenzaufzeichnung beträgt 1 Sekunde. Alle Daten werden per Infrarot-Datenübertragung auf den Computer (Polar ProTrainer 5<sup>TM</sup> Software) übertragen und graphisch dargestellt.



Foto: ID5 Ausgleich IV-Rennen mit Polar Equine RS800G3.

Die Reiter haben sich zur Vermeidung von Bedienungsfehlern und Datenverlust vor Testbeginn mit dem Untersuchungsinstrumentarium (Polaruhr/Bauchgurt/GPS) und den Belastungsprotokollen des Stufentests und der Ausdauermethoden vertraut gemacht.

### 6.3.2 Blutentnahme, Laktatmessung - Instrumentarium

In der vorliegenden Untersuchung wird der Diaglobal Lactat-Photometer LAC 142 der Firma Diaglobal GmbH, Berlin, ein enzymatischer Farbttest, verwendet.

Die dem Diaglobal-Test zugrunde liegende LOD-PAP-Methode basiert auf der enzymatischen Umsetzung von Laktat mittels Lactatoxidase (LOD) zu Pyruvat und der anschließenden Umsetzung des intermediär gebildeten  $H_2O_2$  zu einem Farbstoff. Die Konzentration des Chinoniminfarbstoffs ist ein photometrisch bei 520 nm gewonnenes Maß für die Laktatkonzentration im Blut bzw. Plasma.

Bei Einnahme der Arzneimittel Dopamin (10 mg/l), Levodopa (20 mg/l) und Methyldopa (20 mg/l) kann es zur Anzeige erniedrigter Laktatwerte kommen.

Die Gewinnung des venösen Bluts erfolgt durch die Punktion der in Sportpferdestudien bevorzugten Vena jugularis externa, die als repräsentativer leicht zugänglicher Messort für Laktatkonzentration im gesamten Blutkreislauf des Pferdes gilt. Per steriler Einmal-Injektionskanüle (0,90x40 mm) der Firma Braun Melsungen wird sicherheitshalber eine größere Menge von 50  $\mu$ l (erforderlich sind 10  $\mu$ l) - in einer vorausgegangenen Studie der Autorin trat zweimal eine „Null-Messung“ auf - entnommen, um im Falle dieser Anzeige zur Vermeidung einer Ergebnisverfälschung eine erneute Laktatmessung ohne Zeitverzögerung vornehmen zu können. Mit der Einzeltestküvette LAC 142 werden anschließend 10  $\mu$ l Blut (s. o.) pipettiert und sofort in das Startreagenz gefüllt. Der Messbereich liegt bei 0,2-30 mmol/l (1,8-273 mg/dl).

Ein exakt definiertes Zeitschema erfasst die Laktat- und Blutdaten während der Stufentests (6.4). Eine sofortige Analyse und Protokollierung der Laktatproben schließt sich an.

## 6.4 Stufentestdesign

### Testvorbereitung

Laktatspiegelkontrollen verlangen aufgefüllte Kreatin- und Glykogenspeicher. Daher werden die Pferde 48 Stunden vor Stufentestbeginn keinen anstrengenden und/oder konkurrierenden Reizen ausgesetzt.

Da vollwertige Mahlzeiten eine Pulserhöhung bis zu 15 S/min verursachen können, beginnen Eingangs- und Ausgangstest 2-3 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme.

Die Aufwärmphase mit Reiter beträgt unter Kontrolle des Polar Equine RS800G3 für alle Pferde 5 Minuten Schritt ( $\pm 1,5$  m/s) und 10 Minuten Trab ( $< 4$  m/s).

**Testaufbau/Testdurchführung**

Tab. 9: Aufbau des Stufentests und Zeitpunkte der Blutprobenentnahme.

Belastungsstufen (1-4)		Belastungsstufe 1	Belastungsstufe 2	Belastungsstufe 3	Belastungsstufe 4
Dauer (min)		3	3	3	3
Pausenlänge (min)		1	1	1	1
Herzfrequenz (S/min)		155	170	185	200
Ruhelaktatmessung (LR)	in der Box				
Laktatmessung (L)	im Feld	L155 x↑	L170 x↑	L185 x↑	L200 x↑
Hämoglobinmessung (Hb)		Hb155	Hb170	Hb185	Hb200

x↑ Blutentnahme innerhalb 30 Sekunden nach Ende der Belastungsstufen 1-4

Der Feldstufentest folgt dem Prinzip der progressiven Belastung. Die sukzessiv ansteigenden Herzfrequenzen (155 S/min → 200 S/min) bilden die Leistungsparameter der 4 Belastungsstufen. Lohnende resp. unvollständige Pausen (1 min) dienen als kurze Erholungsphase.

Das Testdesign sieht 5 Blutprobenentnahmen pro Pferd vor: Ruhelaktat in den Stallungen und weitere 4 Blutproben im Feld (L155, L170, L185, L200) innerhalb 30 Sekunden nach Abschluss der jeweils 3minütigen Belastungsstufen (155 S/min, 170 S/min, 185 S/min, 200 S/min).

Die entnommene Blutmenge von 10 µl (50 µl) wird sofort analysiert (6.3.2). Eine Verfälschung der Laktatwerte durch unsachgemäße Behandlung oder zeitlich verzögerte Weiterverarbeitung (Lagerung) ist damit ausgeschlossen.

## 6.5 Trainingsprogramm

Beide Kollektive absolvieren - entsprechend ihrer Methodenzuordnung - an zwei Wochentagen definierte in Belastungsintensität (Herzfrequenz) und Belastungsumfang differierende Ausdauertrainingsmodelle.

Zur Verteilung bzw. Vermeidung akkumulierender Belastungsreize, mit daraus eventuell resultierender Überlastung, unterschreitet der Abstand der Ausdauermethodeneinheiten nicht 3 Tage.

Tab. 10: Trainingsprogramm der Ausdauermethoden.

	<b>Dauermethode</b>	<b>Intervallmethode</b>
<b>Montag</b>	Belastungsprotokoll (Studie)	Belastungsprotokoll (Studie)
<b>Dienstag</b>	Schritt und Trab ( $\pm 45$ min)	Schritt und Trab ( $\pm 45$ min)
<b>Mittwoch</b>	moderater Galopp ( $\pm 1800$ m)	moderater Galopp ( $\pm 1800$ m)
<b>Donnerstag</b>	Belastungsprotokoll (Studie)	Belastungsprotokoll (Studie)
<b>Freitag</b>	moderater Galopp ( $\pm 1800$ m)	moderater Galopp ( $\pm 1800$ m)
<b>Samstag</b>	moderater Galopp ( $\pm 2200$ m)	moderater Galopp ( $\pm 2200$ m)
<b>Sonntag</b>	Ruhetag (Paddock)	Ruhetag (Paddock)

Das dargestellte Trainingsprogramm gilt für Wochen ohne Renneinsätze, wird nach Wettkämpfen flexibel angewendet und unterliegt situativ bedingten unvermeidbaren geringfügigen Abweichungen (klimatische Bedingungen: heftige Gewitter  $\rightarrow$  zu tiefer Boden). Medizinische Indikationen (Impfungen, Wurmkur) und Routineprozesse im Stallalltag (Hufschmied) führen ebenfalls zu kurzfristiger individueller Trainingsreduktion bis zu 1 Woche (ID2, ID6).

Im Anschluss an Renntage (Samstag, Sonntag) verschiebt sich die erste Ausdauertrainingseinheit um 2 Tage.

Der Belastungsumfang der Dauermethode orientiert sich in der Höchststufe (5500 m,  $\pm 9$  Minuten) an einer Mittelzeitausdauer (3.2) mit der Intention, den konventionellen „Konditions“-Trainingsumfang (1600 m  $\pm$  500 zur Optimierung der Grundausdauer, 3.1) auf das fast Dreifache zu erhöhen.

Der in der Intervallmethode gewählte Höchstbelastungsumfang von 3x800 m - nach gradueller Verlängerung der Distanzen - orientiert sich an der Distanz des Deutschen Derbys (2400 m), eine auch an Saisonrenntagen gängige Wettkampfstrecke für Steher. Darüber hinaus bieten sich die bis zu 600 m langen Zielgeraden einiger Rennbahnen für einen langgezogenen Sprint an, dessen leistungsrelevante Voraussetzung „Schnelligkeitsausdauer“ durch die reizwirksame Überlänge im Intervalltraining (800 m) mit einem kurzzeitigen Overreaching optimal trainiert wird.

Das Profil der regenerierenden Trainingseinheiten spiegelt jetzt den *vor* Studienbeginn als „Konditionstraining“ praktizierten Belastungsumfang (Tab. 10).

Tab. 11: Parameter der Ausdauermethoden.

	<b>Intervallmethode</b>	<b>Dauermethode</b>
<b>Herzfrequenz (S/min)</b>	>200	170
<b>Belastungsumfang (m)</b>	3x400, 3x600, 3x800	3500, 4500, 5500
<b>Belastungsstruktur</b>	Wechsel: Be-/ Entlastung	Dauerbelastung
<b>Trainingsbereich</b>	anaerob	aerob

### 6.5.1 Belastungsprotokoll: Dauermethode

Tab. 12: Profil des Dauermethodetrainings.

Untersuchungswochen	1+2	3+4	5+6
Belastungsumfang (m)	3500	4500	5500
Herzfrequenz (S/min)	170	170	170

Die herzfrequenzgesteuerte Dauermethode verlangt im gesamten Untersuchungszeitraum eine Herzschlagkonstanz von 170 S/min. Der Belastungsumfang beträgt in den beiden ersten Testwochen 3500 m, erhöht sich in der 3. und 4. Woche auf 4500 m und in Woche 5 und 6 auf 5500 m.

### 6.5.2 Belastungsprotokoll: Intervallmethode

Tab. 13: Profil des Intervallmethodetrainings.

Untersuchungswochen	1+2	3+4	5+6
Belastungsumfang (m)	3x400	3x600	3x800
Herzfrequenz (S/min)	>200	>200	>200
Pausenlänge	*variiert: 1-3 min	*variiert: 1-3 min	*variiert: 1-3 min

\*Beginn des nächsten Intervalls bei 120-130 S/min

Die herzfrequenzgesteuerte Intervallmethode umfasst 3 Intervalle pro Trainingseinheit. Die submaximale Belastungsintensität der Intervalle (75-90% der Maximalleistung) wird durch die Herzfrequenz (>200 S/min) objektiviert. Die 2. und 3. Intervalle beginnen nach unvollständiger Pause bei einer Herzfrequenz von 120-130 S/min. Der Intervallumfang der ersten Serie (400 m) erhöht sich nach jeweils 2 Wochen um 200 Meter.

## 6.6 Datenverarbeitung

Zur Datenverarbeitung und statistischen Auswertung kommen die Programme Software 17.7 SPSS<sup>®</sup> Version und Microsoft Office Excel<sup>®</sup> 2008 zur Anwendung.

Entscheidend für die Genauigkeit von Schätzergebnissen und generell für die Gültigkeit empirischer Untersuchungsergebnisse ist die Auswahl der Untersuchungsstichprobe (BÖS, HÄNSEL und SCHOTT, 2004). In der vorliegenden Studie werden aus der Grundgesamtheit „Vollblut-Rennpferde“ diejenigen, die Besitzertrainer zur Verfügung stellen, getestet, d. h., es handelt sich nicht um eine Zufalls-, sondern um eine ad hoc-Stichprobe.

15 Probanden zu Studienbeginn reduzieren sich innerhalb 6 Wochen auf  $n = 12$  (Abb. 5).

Statistische Kennwerte und spezielle Verfahren der deskriptiven und analytischen Statistik werden im Zusammenhang mit den Ergebnissen in Kap. 7.1 und 7.2 detailliert beschrieben.

## 7 Untersuchungsergebnisse

### 7.1 Deskriptive Untersuchungsergebnisse

In den Tabellen 14 a, b, c werden die quantitativ-metrisch erfassten Variablen Laktat, Hämoglobin und Geschwindigkeit der Gesamtstichprobe mit Hilfe von Kennwerten der deskriptiven Statistik (MW = arithmetisches Mittel, SD = Standardabweichung, Min = Minimalwert, Max = Maximalwert) dargestellt und - sofern erforderlich - kommentiert.

Da das Sammeln und Beschreiben von Variablen bzw. die Bestimmung ihrer Kennwerte allein nicht die in der vorliegenden Arbeit aufgestellten Hypothesen (Kap. 5) verifizieren oder falsifizieren können, werden die Daten des Gesamtkollektivs zur weiteren statistischen Bearbeitung unter Anwendung des Kolmogorov-Smirnov-Tests (KS-Test) - auch für kleine Stichproben geeignet - auf Normalverteilung überprüft.

Zeigt sich, dass die Variablen Laktat, Hämoglobin und Geschwindigkeit annähernd mit dem theoretischen Modell der Normalverteilung übereinstimmen, kann man diese Daten berechtigt bestimmten Prüfverfahren der Inferenz-Statistik zuführen, mit Hilfe derer „man Annahmen über die Wahrscheinlichkeit des Zutreffens einer Aussage machen kann“ (HEINRICH und LANGOSCH, 1974, S. 69).

Aufgrund der kleinen Probandenstichprobe ( $n = 15$ ) wird das in den Verhaltenswissenschaften übliche untere Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  auf  $p < 0,10$  zur Feststellung potentieller Tendenzen angehoben.

#### 7.1.1 Gesamtkollektiv Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit

Wie in Tab. 14 a zu sehen, sind mit Ausnahme Eingangstest L170 (KS-Test 0,270;  $p < 0,10$ ) die Laktatwerte normalverteilt. Für ID7 konnte in L155 kein Eingangswert ermittelt werden. Die Reduzierung von  $n$  innerhalb des Ausgangstests ( $n = 12 / 11$ ) war krankheitsbedingt (Tab. 14 a-c).

Tab. 14 a: Gesamtkollektiv Laktat (mmol/l).

	<b>MW</b>	<b>SD</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>	<b>KS-Test</b>
Eingangstest Laktat Ruhe	0,81	0,22	0,57	1,39	15	0,132
Eingangstest Laktat 155	2,18	1,03	0,76	4,46	14	0,134
Eingangstest Laktat 170	2,73	1,32	0,82	5,11	15	0,270†
Eingangstest Laktat 185	4,71	1,74	2,14	8,82	15	0,155
Eingangstest Laktat 200	15,21	4,90	6,06	23,30	15	0,241
Ausgangstest Laktat Ruhe	0,70	0,11	0,57	0,90	12	0,241
Ausgangstest Laktat 155	2,98	3,55	0,67	11,60	12	0,177
Ausgangstest Laktat 170	2,52	2,82	0,78	10,70	11	0,219
Ausgangstest Laktat 185	4,00	3,50	1,32	14,00	11	0,163
Ausgangstest Laktat 200	11,62	4,97	3,80	19,90	11	0,128

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Min = Minimum; Max = Maximum

\*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; †  $p < 0,10$

Die Eingangstestwerte Hämoglobin 170 (KS-Test = 0,276;  $p < 0,05$ ), Hämoglobin 200 (KS-Test = 0,264;  $p < 0,10$ ) und der Ausgangstestwert Hämoglobin 200 (KS-Test = 0,271;  $p < 0,10$ ) weichen signifikant von der Normalverteilung ab (Tab. 14 b).

Der Hämoglobinwert für ID7 im Eingangstest 155 konnte ebenfalls nicht erhoben werden ( $n = 14$ ).

Tab. 14 b: Gesamtkollektiv Hämoglobin (g/dl).

	<b>MW</b>	<b>SD</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>n</b>	<b>KS-Test</b>
Eingangstest Hämoglobin Ruhe	12,94	1,66	9,74	16,90	15	0,160
Eingangstest Hämoglobin 155	16,97	2,13	11,70	19,80	14	0,157
Eingangstest Hämoglobin 170	16,08	2,66	10,30	18,90	15	0,276*
Eingangstest Hämoglobin 185	17,47	2,58	10,70	21,20	15	0,239
Eingangstest Hämoglobin 200	19,05	0,96	17,80	20,50	15	0,264†
Ausgangstest Hämoglobin Ruhe	12,36	1,38	10,49	14,20	12	0,132
Ausgangstest Hämoglobin 155	16,43	2,39	10,30	19,50	12	0,213
Ausgangstest Hämoglobin 170	17,26	1,23	15,20	19,10	11	0,117
Ausgangstest Hämoglobin 185	17,93	1,22	15,70	19,00	11	0,223
Ausgangstest Hämoglobin 200	18,77	0,65	17,80	19,80	11	0,271†

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Min = Minimum; Max = Maximum

\*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; †  $p < 0,10$

Die im Eingangs- und Ausgangstest gemessenen Geschwindigkeiten weisen keine Abweichung von der Normalverteilung nach (Tab. 14 c) und werden in der Diskussion ab Kap. 8 auf eine Dezimalstelle hinter dem Komma reduziert:

Tab. 14 c: Gesamtkollektiv Geschwindigkeit (km/h).

	MW	SD	Min	Max	n	KS-Test
Eingangstest Geschwindigkeit 155	22,35	4,59	15,14	33,88	15	0,159
Eingangstest Geschwindigkeit 170	28,29	4,80	20,20	38,18	15	0,227
Eingangstest Geschwindigkeit 185	35,25	4,36	29,45	44,04	15	0,131
Eingangstest Geschwindigkeit 200	46,00	5,39	35,21	57,97	15	0,203
Ausgangstest Geschwindigkeit 155	24,63	5,41	18,35	38,29	12	0,177
Ausgangstest Geschwindigkeit 170	32,15	6,06	23,86	43,57	12	0,111
Ausgangstest Geschwindigkeit 185	39,26	3,46	34,43	43,08	11	0,230
Ausgangstest Geschwindigkeit 200	46,91	4,99	36,70	53,94	11	0,163

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Min = Minimum; Max = Maximum

\*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; †  $p < 0,10$

### 7.1.2 Erholungsherzfrequenz Eingangs-/Ausgangstest Intervall- und Dauermethode

In Tab. 15 und 16 wird die Veränderung der Variablen Erholungsherzfrequenz nach Ausdauertraining deskriptiv dokumentiert.

Die Messung erfolgte 3 Minuten nach Belastungsende (Eingangs-/Ausgangstest) und ermittelte einen tendenziell schnelleren Rückgang der Pulswerte nach 6wöchigem Intervall- und Dauermethodetraining.

Die höchste Reduktion in der Intervallstichprobe erzielte ID2 mit 26 S/min Differenz. ID1 zeigte eine um 9 S/min erhöhte Erholungsfrequenz (Tab. 15, 16).

Tab. 15: Erholungsherzfrequenz Eingangs-/Ausgangstest Intervallmethode (S/min).

	Eingangstest	Ausgangstest
ID1	94 S/min	103 S/min
ID2	144 S/min	118 S/min
ID3	115 S/min	107 S/min
ID4	135 S/min	124 S/min
ID5	148 S/min	127 S/min
ID6	118 S/min	101 S/min
ID7	101 S/min	-
MW	122 S/min	113 S/min

Eine Tendenz zur zügigeren Reduktion der Erholungsherzfrequenz lässt auch das Dauermethodekollektiv erkennen (Tab. 16). Die Erholungsmittelwerte beider Kollektive sinken fast identisch um 9 bzw. 8 S/min.

Tab. 16: Erholungsherzfrequenz Eingangs-/Ausgangstest  
Dauermethode (S/min).

	<b>Eingangstest</b>	<b>Ausgangstest</b>
ID8	159 S/min	-
ID9	110 S/min	102 S/min
ID10	105 S/min	102 S/min
ID11	129 S/min	123 S/min
ID12	130 S/min	123 S/min
ID13	148 S/min	137 S/min
ID14	94 S/min	-
ID15	128 S/min	-
MW	125 S/min	117 S/min

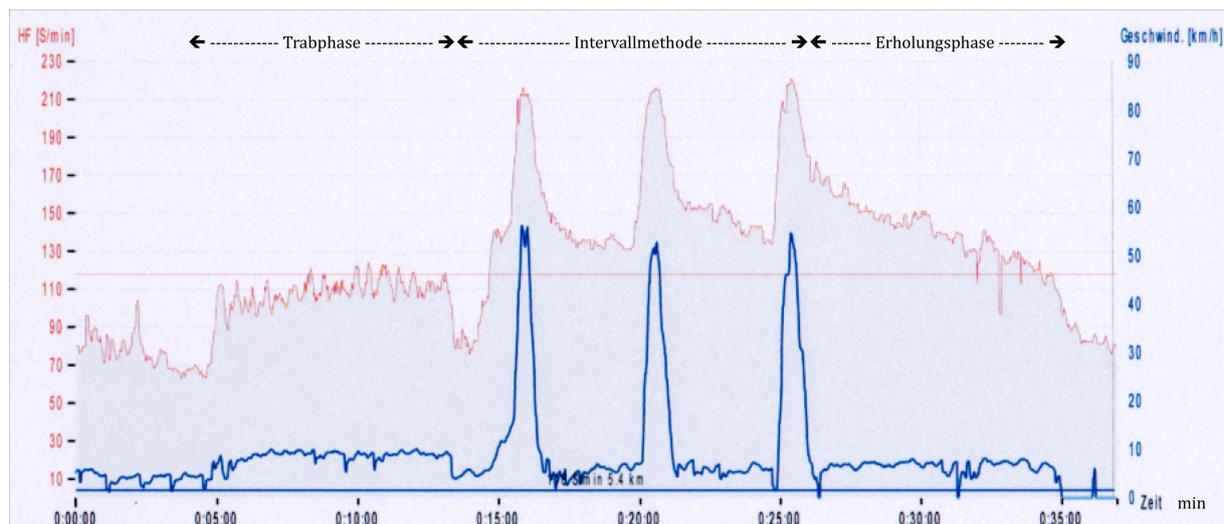
Auf eine Signifikanzüberprüfung wurde verzichtet, da die Erholungsherzfrequenz als leistungsanalytischer Parameter nicht Gegenstand der vorliegenden Studie war und Umweltstörgrößen - speziell in einer Feldstudie - ab einer Herzfrequenz von  $< 130$  S/min wieder verstärkt Einfluss auf die Herzfrequenz nehmen können (8.4.1, 8.4.2). Die ermittelten Abnahmetendenzen weisen dennoch - wie auch die o. a. Leistungsindikatoren (Tab. 14 a, b, c) - auf eine Leistungswirksamkeit beider Ausdauermethoden hin.

### 7.1.3 Trainingseinheit Intervallmethode - Herzfrequenz, Geschwindigkeit

Die Präsentation folgender Graphiken und Tabellen (7.1.3, 7.1.4) ist willkürlich und dient ausschließlich dem Zweck der Veranschaulichung der Interdependenz der Parameter Herzfrequenz und Geschwindigkeit.

Die Fallanalysen ID5 und ID9 (Abb. 6, 7) stellen Trainingseinheiten der Intervall- und Dauerperiode exemplarisch dar.

Abb. 6 (ID5) dokumentiert das Intervallmethodetraining (3x600 m) in Woche 3.



--- Herzfrequenz --- Geschwindigkeit

Abb. 6: Herzfrequenz (S/min), Geschwindigkeit (km/h), 3x600 m ID5.

Die Trabgeschwindigkeit liegt bei MW 8,8 km/h (MW 109 S/min).

Die interseriellen Pausen dauern bis zu 3:15 min. Die Herzfrequenz erreicht  $\pm 80$  S/min ca. 10 Minuten nach Belastungsende.

Tab. 17 und 18 veranschaulichen Herzfrequenz- und Geschwindigkeitsmittelwerte der 4 Intervalltrainingseinheiten (3x600 m) in Woche 3 und 4. Die mit Abb. 6 korrespondierenden Werte erscheinen unter Trainingseinheit 1.

Tab. 17: Herzfrequenz (S/min) 4 Trainingseinheiten 3x600 m ID5.

Herzfrequenz	1. Intervall			2. Intervall			3. Intervall		
	MW	SD	Max	MW	SD	Max	MW	SD	Max
1.Trainingseinheit	208	7	214	213	4	218	216	5	222
2.Trainingseinheit	203	6	208	208	3	211	206	8	215
3.Trainingseinheit	208	5	216	213	4	219	216	6	221
4.Trainingseinheit	205	4	211	213	5	219	212	5	218

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Max = Maximum

Das Anforderungsprofil ( $>200$  S/min) wird in allen Intervallen erfüllt.

Tab. 18: Geschwindigkeit (km/h) 4 Trainingseinheiten 3x600 m ID5.

Geschwindigkeit	1. Intervall			2. Intervall			3. Intervall		
	MW	SD	Max	MW	SD	Max	MW	SD	Max
1.Trainingseinheit	45,00	8,33	54,70	44,63	10,13	52,60	46,26	10,01	55,50
2.Trainingseinheit	48,53	5,57	54,00	47,41	5,83	54,40	49,01	6,21	59,00
3.Trainingseinheit	57,29	8,86	73,70	48,93	6,38	57,00	56,88	7,56	64,40
4.Trainingseinheit	56,45	9,90	68,70	49,03	11,21	45,30	61,59	12,66	74,80

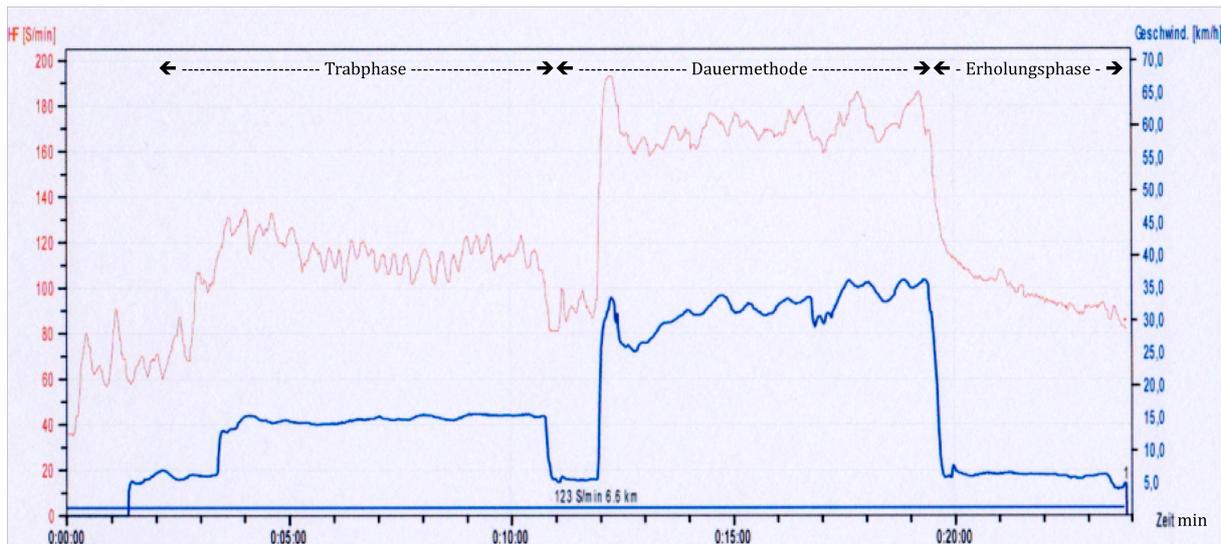
MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Max = Maximum

Die Geschwindigkeit steigt kontinuierlich - mit Ausnahme des 1. Intervalls von 3. zu 4. Trainingseinheit - in allen Intervallen (1. Intervall: MW 45 km/h  $\rightarrow$  56,45 km/h, 2. Intervall:

MW 44,63 km/h → MW 49,03 km/h, 3. Intervall: MW 46,26 km/h → MW 61,59 km/h) über 4 Trainingseinheiten an.

**7.1.4 Trainingseinheit Dauermethode - Herzfrequenz, Geschwindigkeit**

Abb. 7 dokumentiert das Dauermethodetraining über 3500 m in der 1. Woche (ID9, 2. Trainingseinheit). Der erste Anstieg der Herzfrequenz- und Geschwindigkeitskurve stellt den Beginn der Trabaufwärmphase, der zweite Anstieg den der Galoppphase dar.



--- Herzfrequenz --- Geschwindigkeit

Abb. 7: Herzfrequenz (S/min), Geschwindigkeit (km/h), 3500 m ID9.

Die Trabgeschwindigkeit von ID9 liegt bei MW 14,8 km/h (MW 108 S/min), die mittlere Galoppgeschwindigkeit bei MW 28,7 km/h. Die Galoppbelastungsdauer beträgt 7:21 min.

4 Minuten nach Belastungsende sinkt die Herzfrequenz auf 84 S/min.

Tab. 19: Herzfrequenz (S/min), Geschwindigkeit (km/h) 4 Trainingseinheiten 3500 m ID9.

	Herzfrequenz			Geschwindigkeit		
	MW	SD	Max	MW	SD	Max
1.Trainingseinheit	170	5	180	27,53	3,55	37,60
2.Trainingseinheit	172	5	179	28,65	3,99	36,50
3.Trainingseinheit	172	5	179	27,46	4,17	39,10
4.Trainingseinheit	169	5	177	28,17	3,69	42,10

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Max = Maximum

Das Anforderungsprofil von 170 S/min wird bei relativ konstanter Geschwindigkeit optimal erfüllt.

### 7.1.5 Rennaufzeichnungen Leistungsklasse: Ausgleich IV

Abb. 8 zeichnet Herzfrequenz und Geschwindigkeit von ID3 vor, während und nach einem Rennen (2400 m) auf, Abb. 9 dagegen nur die Laufgeschwindigkeit von ID5 (1600 m).

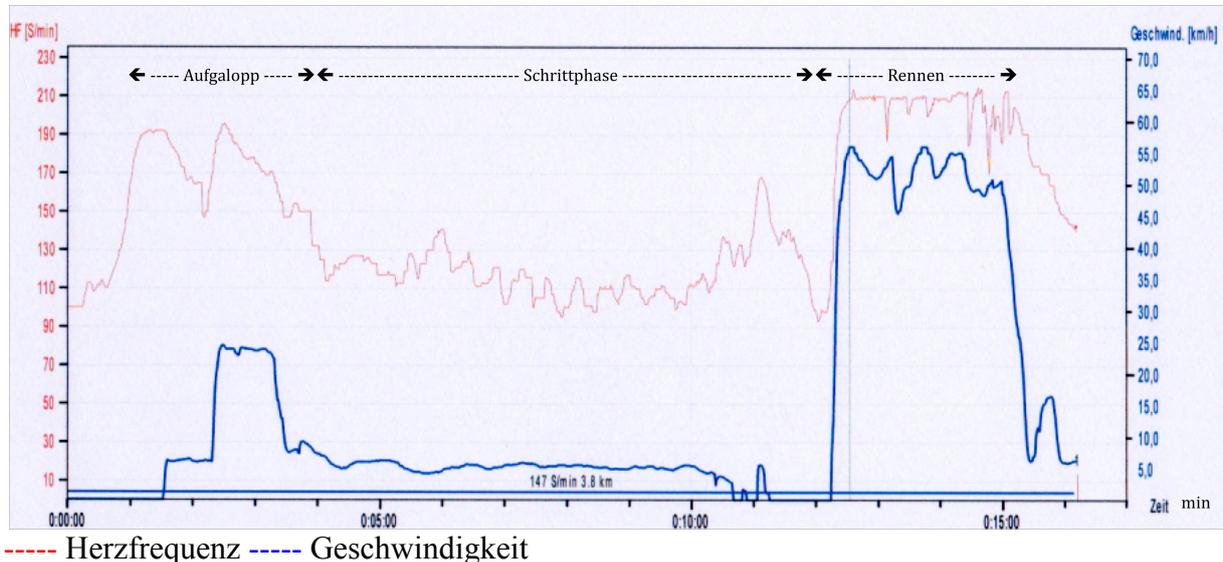


Abb. 8: Herzfrequenz (S/min), Geschwindigkeit (km/h), 2400 m (Ausgleich IV) ID3.

Herzfrequenzen von 100-192 S/min im Schritt vor Rennbeginn dokumentieren den Einfluss psychogener Faktoren (nervliche Anspannung). Während des Aufgalopps zur Startmaschine steigen Herzfrequenz- und Geschwindigkeitskurve (196 S/min, 24,4 km/h) steil an und der Puls variiert anschließend zwischen  $\pm 95$  S/min und  $\pm 140$  S/min im Schritttempo vor Rennbeginn. Bei Betreten der Startmaschine schnellt die Herzfrequenz kurzfristig auf 168 S/min, fällt jedoch sofort wieder auf 93 S/min.

Nach Öffnen der Startklappen wird ein starker Herzfrequenz- und Geschwindigkeitsanstieg erfasst.  $V_{\max}$  des Gesamtrennverlaufs liegt bereits kurz nach Wettkampfbeginn bei  $\pm 56$  km/h, kann aber nicht kontinuierlich aufrechterhalten werden. Die Maximalherzfrequenz erreicht 215 S/min. Taktische Zwischensprints verändern gemäß der Order des Trainers Tempo und Herzfrequenz. Eingangs der Zielgeraden (400 m-Sprint) findet im Schlusspurt kein Geschwindigkeitszuwachs statt ( $\pm 50$  km/h). Die Herzfrequenz sinkt nach Zieldurchlauf in den ersten 80 Sekunden rapide auf 140 S/min.

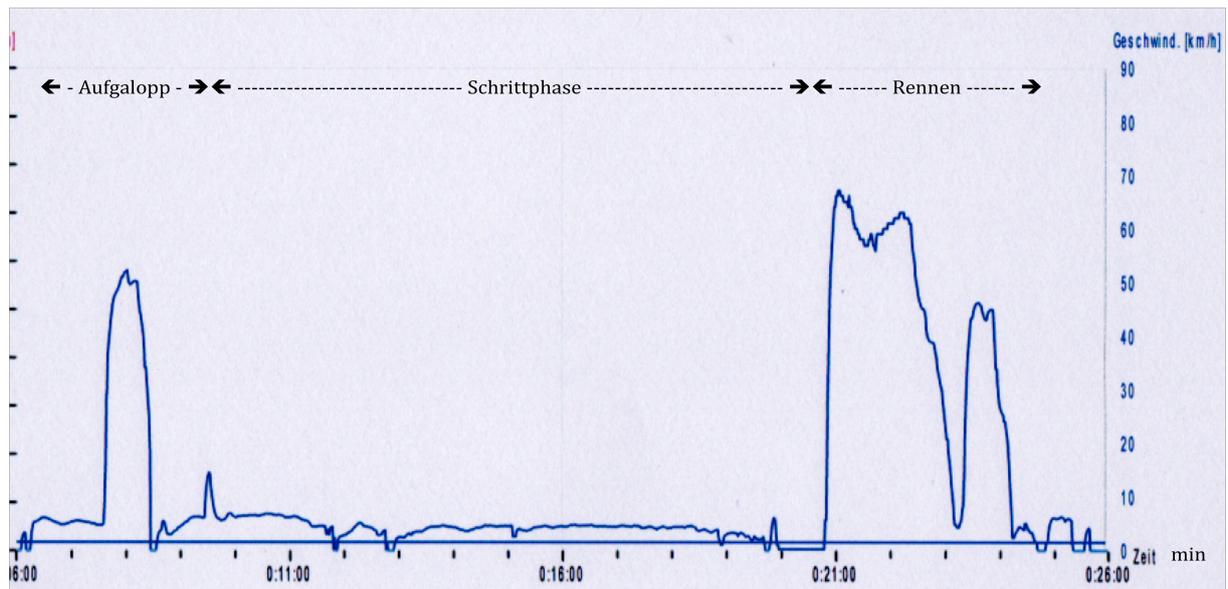


Abb. 9: Geschwindigkeit (km/h), 1600 m (Ausgleich IV) ID5.

Der Schrittgeschwindigkeit von 3-4 km/h im Führing folgt nach  $\pm 7:30$  min der Aufgalopp über 500 m (Führing  $\rightarrow$  Startmaschine) mit Geschwindigkeiten von 49-52,3 km/h. Nach dem Start ( $\pm 20:45$  min) beschleunigt ID5 auf 67,2 km/h, die Maximalgeschwindigkeit im Gesamtrennverlauf (vgl. Abb. 8). Nach 500 m („Positionskämpfe“) sinkt die Geschwindigkeit kurzfristig auf 56 km/h. Eingangs der Zielgeraden ( $\pm 21:30$  min) galoppiert ID5 mit kontinuierlichem Geschwindigkeitsanstieg vorwärts und durchs Ziel (59 auf 63,1 km/h). Während der Galoppphase von 600 m zurück zum Absattelring werden 46,3 km/h ermittelt und beim Trockenführen im Schritt  $\pm 5$  km/h (ab  $\pm 24:15$  min). Die Herzfrequenzmessung versagte.

## 7.2 Analytische Untersuchungsergebnisse

Die in Kap. 5 angeführten Fragestellungen und statistisch formulierten Hypothesen werden in den nachfolgenden Kapiteln beantwortet bzw. verifiziert oder falsifiziert.

Zur Überprüfung der Mittelwertsunterschiede bieten sich - je nach Erfüllung ihrer Anwendungsvoraussetzungen - unterschiedliche statistische Verfahren an:

*Interkollektive* Mittelwertsunterschiede (Vergleich von Intervall- und Dauermethode bzgl. der ausgewählten Variablen: Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit), d. h. Unterschiede bei unabhängigen Stichproben, werden sowohl mit Hilfe des t-Tests als auch des U-Tests von Mann-Whitney überprüft. Der parameterfreie U-Test eignet sich insbesondere deshalb für kleinere Stichproben, da deren Daten i. d. R. von der Normalverteilung abweichen.

*Intrakollektive* Mittelwertsunterschiede (Vergleich innerhalb der Intervall- und Dauerperiode bzgl. der ausgewählten Variablen: Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit), d. h. Unterschiede bei abhängigen Stichproben, überprüft man sowohl mit Hilfe des t-Tests als auch des Wilcoxon-Tests.

Der parameterfreie Wilcoxon-Test eignet sich für die Überprüfung von Unterschieden zwischen Stichproben, bei denen keine Normalverteilung vorliegt; allerdings werden bei seiner Anwendung die auf dem Intervallskalenniveau erhobenen Daten in ordinalskalierte umgewandelt.

Aufgrund der kleinen Stichprobe und der hieraus resultierenden geringen Trennschärfe (Power) der angewendeten Tests werden auch jene Untersuchungsergebnisse kommentiert, die tendenziell Mittelwertsunterschiede aufweisen.

Kap. 7 beschränkt sich auf die tabellarische und graphische Darstellung der Untersuchungsergebnisse; die ausführliche Diskussion erfolgt in Kap. 8.2 → 8.4.6.

### 7.2.1 Interkollektivvergleich Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit - Mittelwerte

Signifikante Unterschiede (Tab. 20 a) ergeben sich sowohl im Eingangstest (Laktat Ruhe)  $t = 2,143$ ;  $p < 0,10$  und  $z = -2,029$ ;  $p < 0,05$  als auch im Ausgangstest (Laktat Ruhe)  $t = 2,395$ ;  $p < 0,10$  und  $z = -1,764$ ;  $p < 0,10$ .

Tab. 20 a: Interkollektivvergleich Laktat (mmol/l).

Methode	Intervall		Dauer		t-Test		U-Test	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	p
Eingangstest Laktat Ruhe	0,93	0,26	0,71	0,13	2,143	0,052	-2,029	0,042
Eingangstest Laktat 155	1,96	1,06	2,35	1,05	-0,691	0,503	-0,711	0,477
Eingangstest Laktat 170	2,14	0,89	3,25	1,46	-1,750	0,104	-1,620	0,105
Eingangstest Laktat 185	4,93	1,98	4,52	1,61	0,445	0,664	-0,231	0,817
Eingangstest Laktat 200	14,42	5,86	15,91	4,18	-0,575	0,575	-0,231	0,817
Ausgangstest Laktat Ruhe	0,77	0,13	0,64	0,05	2,395*	0,050	-1,764	0,078
Ausgangstest Laktat 155	2,61	3,25	3,35	4,10	-0,350	0,733	-0,641	0,522
Ausgangstest Laktat 170	2,90	3,84	2,06	0,94	0,478	0,644	-0,732	0,464
Ausgangstest Laktat 185	4,41	4,81	3,51	1,06	0,404	0,695	-0,913	0,361
Ausgangstest Laktat 200	10,61	5,48	12,84	4,20	-0,725	0,487	-0,584	0,662

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; \* t-Statistik korrigiert für Varianzinhomogenität

Tab. 20 b: Interkollektivvergleich Hämoglobin (g/dl).

Methode	Intervall		Dauer		t-Test		U-Test	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	p
Eingangstest Hämoglobin Ruhe	12,41	2,26	13,40	0,80	-1,170	0,263	-1,736	0,083
Eingangstest Hämoglobin 155	17,43	1,74	16,63	2,44	0,688	0,504	-0,258	0,796
Eingangstest Hämoglobin 170	16,67	0,99	15,56	3,55	0,846*	0,421	-0,232	0,817
Eingangstest Hämoglobin 185	18,09	2,19	16,93	2,91	0,862	0,405	-0,464	0,643
Eingangstest Hämoglobin 200	18,39	0,63	19,64	0,82	-3,280	0,006	-2,843	0,004
Ausgangstest Hämoglobin Ruhe	11,53	1,02	13,18	1,24	-2,520	0,030	-2,085	0,037
Ausgangstest Hämoglobin 155	15,03	2,64	17,82	0,98	-2,419	0,036	-2,567	0,010
Ausgangstest Hämoglobin 170	16,50	1,01	18,18	0,75	-3,075	0,013	-2,379	0,017
Ausgangstest Hämoglobin 185	17,15	1,16	18,86	0,21	-3,552*	0,014	-2,407	0,016
Ausgangstest Hämoglobin 200	18,68	0,86	18,88	0,33	-0,521*	0,619	-0,184	0,854

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; \* t-Statistik korrigiert für Varianzinhomogenität

Signifikante Unterschiede ergeben sich im:

Eingangstest Hämoglobin Ruhe  $z = -1,736$ ;  $p < 0,10$ ,

Eingangstest Hämoglobin 200  $t = -3,280$ ;  $p < 0,01$  und  $z = -2,843$ ;  $p < 0,01$ ,

Ausgangstest Hämoglobin Ruhe  $t = -2,520$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,085$ ;  $p < 0,05$ ,

Ausgangstest Hämoglobin 155  $t = -2,419$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,567$ ;  $p < 0,05$ ,

Ausgangstest Hämoglobin 170  $t = -3,075$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,379$ ;  $p < 0,05$ ,

Ausgangstest Hämoglobin 185  $t = -3,552$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,407$ ;  $p < 0,05$ .

Mit Ausnahme von Stufe Hb200 werden im Ausgangstest signifikante Unterschiede zugunsten der Dauerperiode ermittelt, deren Trainingseffizienz sich in höheren Hämoglobinkonzentrationen niederschlägt.

Tab. 20 c: Interkollektivvergleich Geschwindigkeit (km/h).

Methode	Intervall		Dauer		t-Test		U-Test	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	p
Eingangstest Geschwindigkeit 155	21,38	6,05	23,19	2,99	-0,751	0,466	-1,852	0,064
Eingangstest Geschwindigkeit 170	29,20	6,04	27,50	3,66	0,670	0,515	-0,694	0,487
Eingangstest Geschwindigkeit 185	33,28	3,49	36,97	4,51	-1,751	0,103	-1,389	0,165
Eingangstest Geschwindigkeit 200	43,15	4,28	48,49	5,22	-2,146	0,051	-2,083	0,037
Ausgangstest Geschwindigkeit 155	25,11	6,93	24,16	3,99	0,289	0,778	0,000	1,000
Ausgangstest Geschwindigkeit 170	32,23	7,03	32,08	5,60	0,043	0,967	0,000	1,000
Ausgangstest Geschwindigkeit 185	39,42	3,61	39,06	3,68	0,162	0,875	-0,548	0,584
Ausgangstest Geschwindigkeit 200	44,74	4,59	49,51	4,51	-1,730	0,118	-1,278	0,201

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; \* t-Statistik korrigiert für Varianzinhomogenität

Der Interkollektivvergleich zeigt signifikante Unterschiede zwischen beiden Stichproben für die Variable Geschwindigkeit im Eingangstest für Stufe 155 ( $z = -1,852$ ;  $p < 0,10$ ) und Stufe 200 ( $t = -2,146$ ;  $p < 0,10$  und  $z = -2,083$ ;  $p < 0,05$ ) zugunsten der Dauer Methode mit höheren Laufgeschwindigkeiten.

Graphiken vermitteln im Unterschied zu Tabellen einen leicht nachvollziehbaren Gesamtüberblick über Variablenzustände und deren Entwicklungstendenzen.

Zur besseren Veranschaulichung werden daher die Variablen Laktat, Hämoglobin und Geschwindigkeit in den Abb. 10-12 graphisch (Polygon) auf der Grundlage der Tab. 20 a, b, c dargestellt.

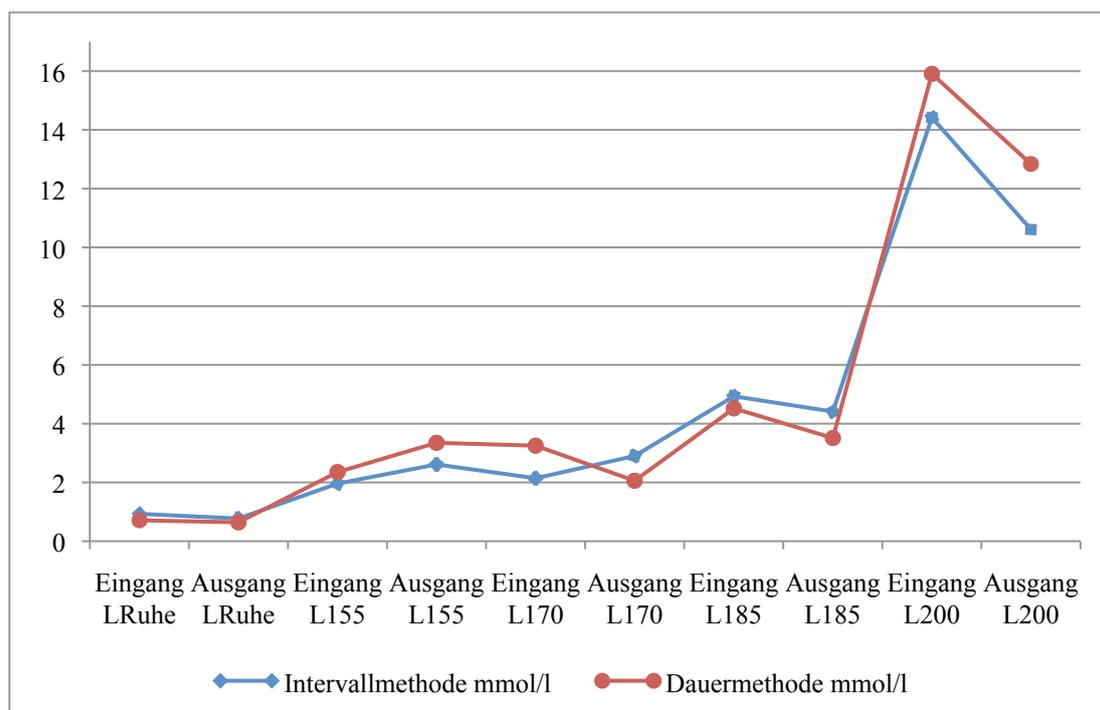


Abb. 10: Interkollektivvergleich der Mittelwerte Laktat (mmol/l) Intervall- und Dauer Methode in Abhängigkeit der Belastungsstufen.

Die Laktatleistungskurve veranschaulicht deutlich mit exponentiellem Anstieg den Übergang zu anaerober Kapazität zwischen den Belastungsstufen L185 und L200.

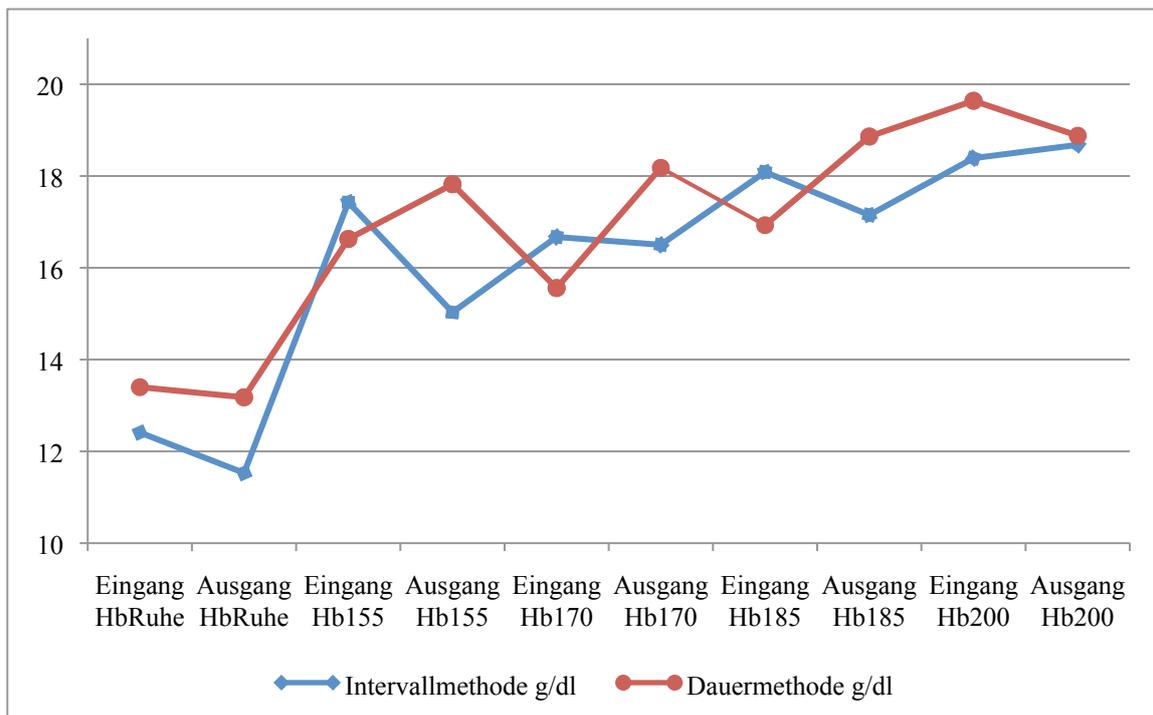


Abb. 11: Interkollektivvergleich der Mittelwerte Hämoglobin (g/dl) Intervall- und Dauermethode in Abhängigkeit der Belastungsstufen.

Die Hämoglobinwerte erfahren einen einmaligen eindeutigen Anstieg beim Übergang vom Ruhezähmoglobin zur belastungsschwächsten Stufe Hb155.

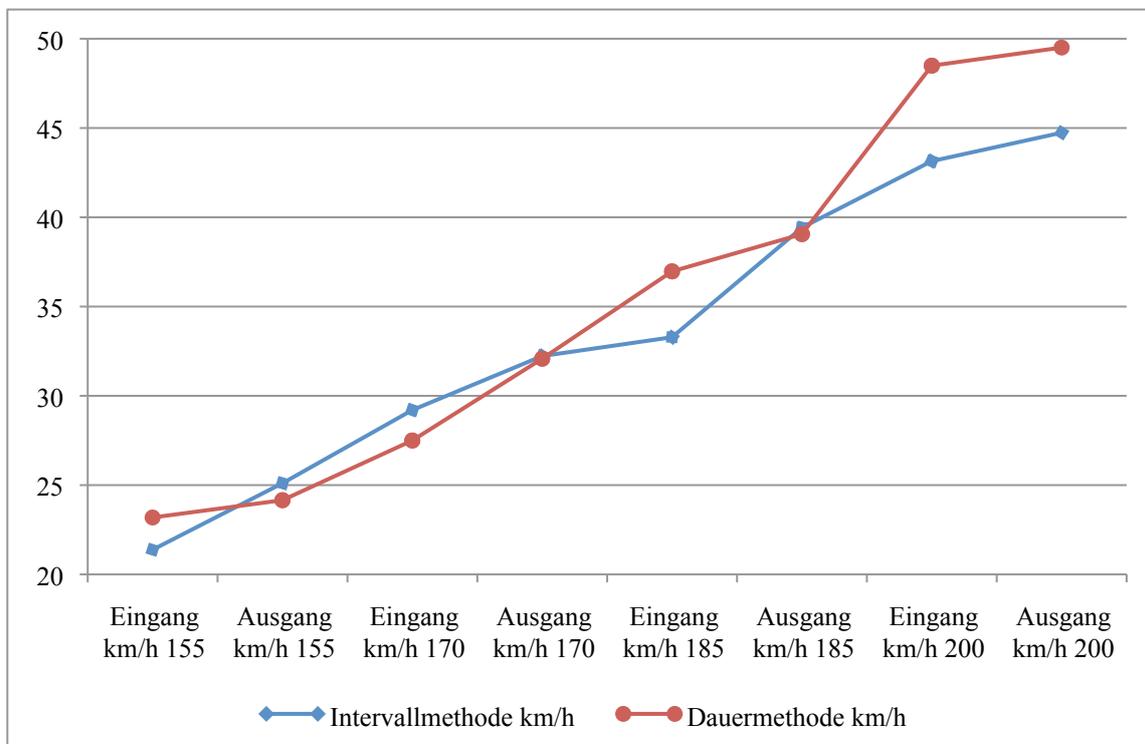


Abb. 12: Interkollektivvergleich der Mittelwerte Geschwindigkeit (km/h) Intervall- und Dauermethode in Abhängigkeit der Belastungsstufen.

Die Geschwindigkeitskurven steigen mit zunehmender Herzfrequenz in beiden Ausdauerkollektiven linear - unter exakter Beibehaltung der Eingangsmittelwertsdifferenz in Stufe 200 S/min (5 km/h) - an (Tab. 20 c).

### 7.2.2 Interkollektivvergleich Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit - Mittelwertsdifferenzen

Tab. 21 a, b, c vergleichen die Differenzen (Eingangs-/Ausgangstest) der Laktat-, Hämoglobin- und Geschwindigkeitsveränderungen beider Trainingsmethoden.

Tab. 21 a: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Eingangs-/Ausgangstest Laktat (mmol/l).

	Intervall		Dauer		t-Test		U-Test	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	p
Laktat Ruhe	-0,15	0,24	-0,08	0,17	-0,563	0,586	-0,320	0,749
Laktat 155	0,86	2,61	0,80	3,29	0,035	0,973	-0,365	0,715
Laktat 170	0,88	3,50	-0,80	1,42	1,002	0,342	-0,913	0,361
Laktat 185	-0,50	5,69	-0,91	1,17	0,159	0,877	-0,730	0,465
Laktat 200	-4,89	2,97	-1,18	4,18	-1,622	0,143	-1,358	0,175

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; \* t-Statistik korrigiert für Varianzinhomogenität

Im Interkollektivvergleich (Tab. 21 a) zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den Mittelwertsdifferenzen bzgl. der Variablen Laktat. Stufe L170 der Ausdauermethoden divergiert in die Plus- bzw. Minusbereiche (Laktatakkumulation/-reduktion). In der anaeroben L200-Stufe reduziert das Intervallmethodekollektiv mehr Laktat (MW -4,89 mmol/l) als das der Dauerperiode (MW -1,18 mmol/l) (Abb. 13).

Tab. 21 b: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Eingangs-/Ausgangstest Hämoglobin (g/dl).

	Intervall		Dauer		t-Test		U-Test	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	p
Hämoglobin Ruhe	-0,78	1,94	-0,45	0,91	-0,371	0,718	-0,321	0,748
Hämoglobin 155	-3,00	3,84	1,57	2,60	-2,352	0,043	-2,008	0,045
Hämoglobin 170	-0,23	0,53	2,90	3,07	-2,253*	0,084	-2,287	0,022
Hämoglobin 185	-0,95	2,23	1,04	1,88	-1,577	0,149	-1,278	0,201
Hämoglobin 200	0,23	0,83	-0,66	1,10	1,535	0,159	-1,278	0,201

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; \* t-Statistik korrigiert für Varianzinhomogenität

Im Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen zeigen sich 2 signifikante Unterschiede für die Variable:

Hämoglobin 155,  $t = -2,352$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,008$ ;  $p < 0,05$ ,

Hämoglobin 170,  $t = -2,253$ ;  $p < 0,10$  und  $z = -2,287$ ;  $p < 0,05$

mit einer weiteren Abnahmetendenz des Hämoglobingehalts auf der Belastungsstufe Hb185 (Range:  $-0,23 \text{ g/dl} \rightarrow -3 \text{ g/dl}$ ) im Intervalltraining.

Stufe Hb200 als Höchstbelastungsstufe ermittelt keine signifikanten Mittelwertsdifferenzen (Tab. 21 b).

Tab. 21 c: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Eingangs-/Ausgangstest Geschwindigkeit (km/h).

	Intervall		Dauer		t-Test		U-Test	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	p
Geschwindigkeit 155	3,72	0,87	1,14	1,95	2,959	0,014	-2,402	0,016
Geschwindigkeit 170	3,17	1,75	4,47	3,85	-0,756	0,467	-0,641	0,522
Geschwindigkeit 185	6,19	3,75	1,89	1,84	2,325	0,045	-2,008	0,045
Geschwindigkeit 200	2,00	2,45	0,93	2,49	0,716	0,492	-0,548	0,584

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; \* t-Statistik korrigiert für Varianzinhomogenität

Im Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen zeigen sich signifikante Unterschiede zugunsten der Intervallmethode für die Variable:

Geschwindigkeit 155 (t- und U-Test),  $t = 2,959$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,402$ ;  $p < 0,05$ ,

Geschwindigkeit 185 (t- und U-Test),  $t = 2,325$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,008$ ;  $p < 0,05$ .

Beide Stufen erfassen für die Intervallmethodestichprobe einen deutlichen Anstieg der Geschwindigkeit.

Abb. 13-15 (Eingangs-/Ausgangstest) stellen auf der Grundlage der Tab. 21 a, b, c die Mittelwertsdifferenzen der Variablen Laktat, Hämoglobin und Geschwindigkeit im Intervall- und Dauermethodevergleich als Säulendiagramm dar.

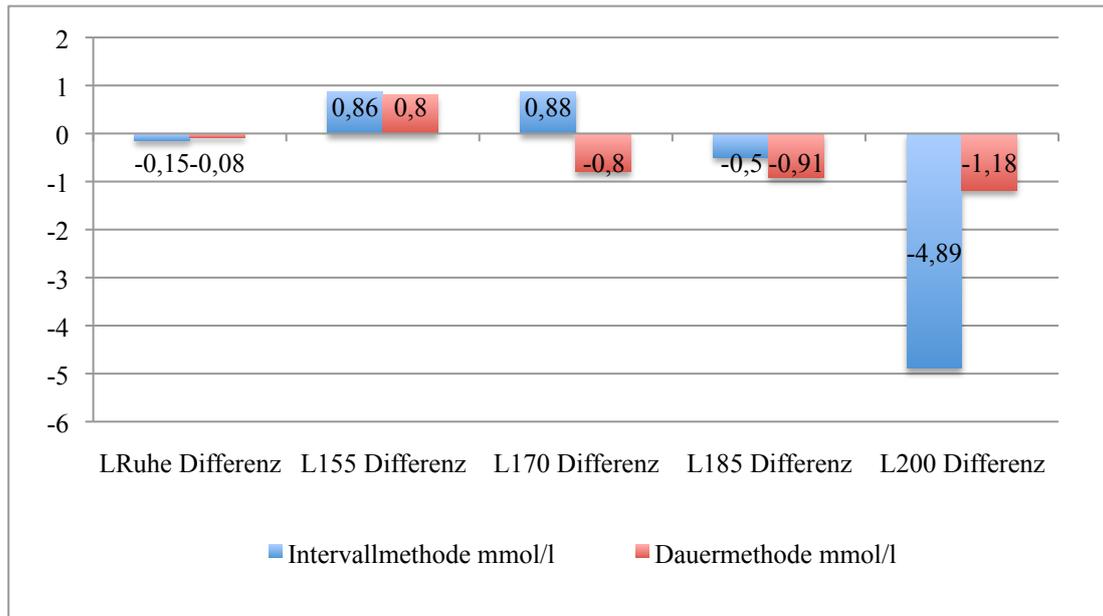


Abb. 13: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Laktat (mmol/l) in Abhängigkeit der Belastungsstufen.

Obwohl keine Signifikanzen in Tab. 21 a bzgl. des Laktatverhaltens vorliegen, wird in der graphischen Veranschaulichung in L200 eine hohe Mittelwertsdifferenz zugunsten der Intervallmethode erkennbar.

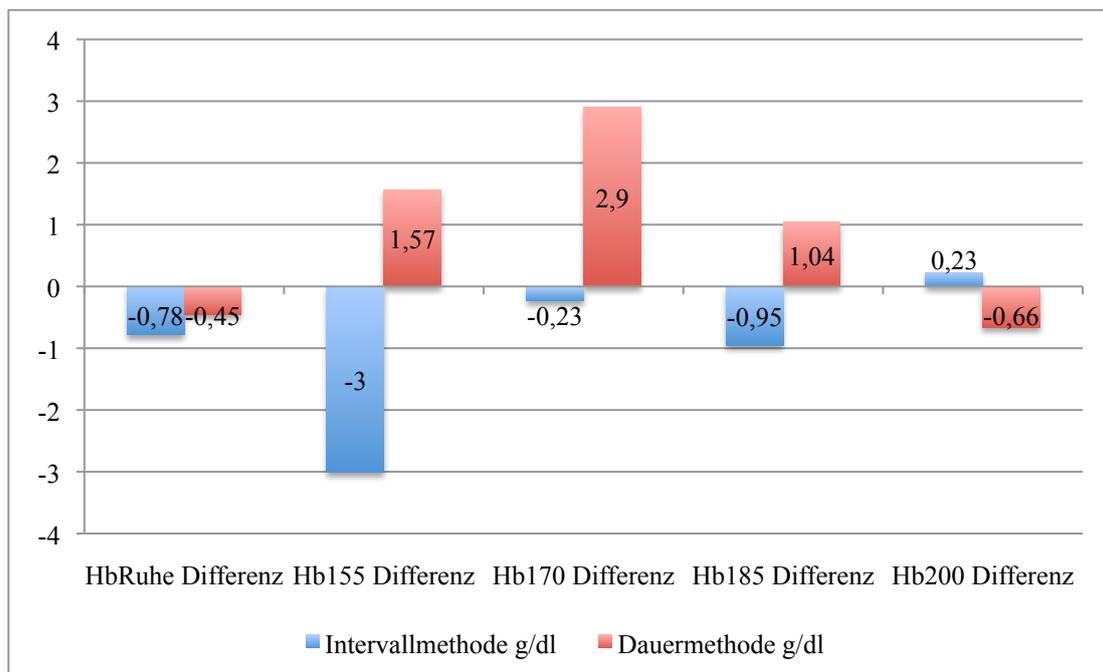


Abb. 14: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Hämoglobin (g/dl) in Abhängigkeit der Belastungsstufen.

Bei Belastungsbeginn (Stufe Hb155) zeigt sich für die Intervallmethode die höchste Mittelwertsdifferenz des Hämoglobinwertes. Die Stufen Hb155 und Hb170 ermitteln signifikante Mittelwertsunterschiede zugunsten der Dauermethode, die damit eine in größerem Maße optimierte aerobe Kapazität signalisieren.

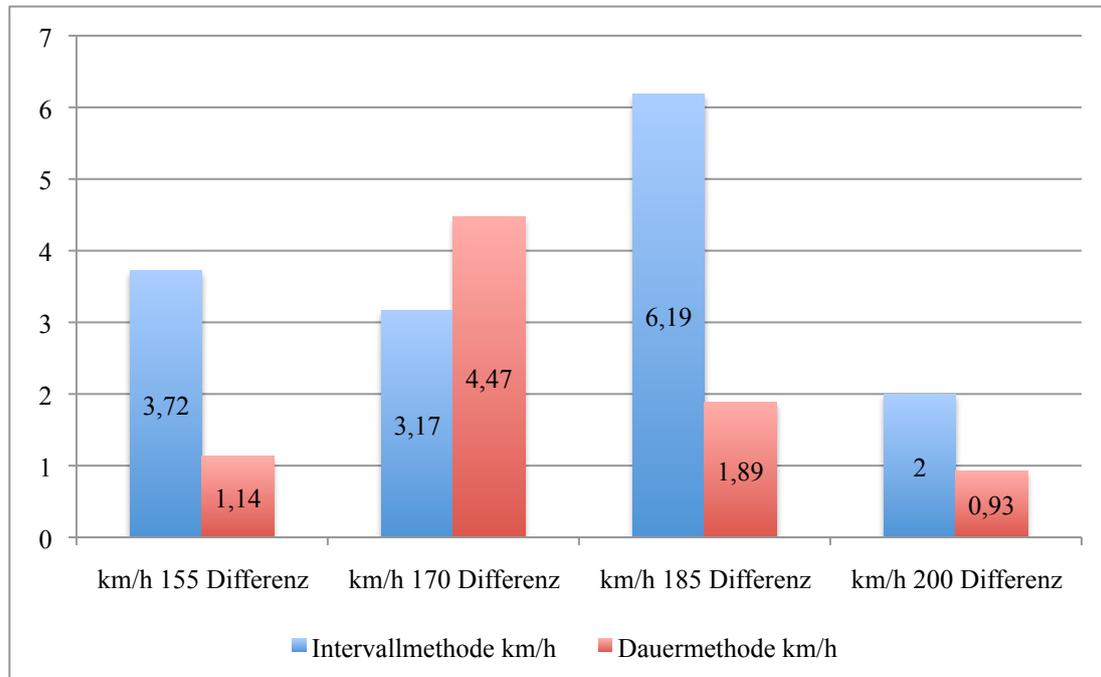


Abb. 15: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Geschwindigkeit (km/h) in Abhängigkeit der Belastungsstufen.

Der Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen erfasst für beide Methoden divergierenden Leistungszuwachs in Abhängigkeit der jeweiligen Belastungsstufen, für die Intervallmethode den signifikant höchsten mit MW 6,19 km/h in Stufe 185 und eine zweite Signifikanz in Stufe 155.

### 7.2.3 Intrakollektivvergleich Intervallmethode Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit - Mittelwerte

Tab. 22 a, b, c stellen signifikante und tendenzielle intrakollektive Entwicklungen der überprüften Leistungsindikatoren dar.

Tab. 22 a: Intrakollektivvergleich Intervallmethode Laktat (mmol/l).

Test	Eingang		Ausgang		t-Test		Wilcoxon	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	p
Laktat Ruhe	0,92	0,28	0,77	0,13	1,499	0,194	-1,363	0,173
Laktat 155	1,85	1,15	2,71	3,62	-0,736	0,503	-0,135	0,893
Laktat 170	2,02	0,91	2,90	3,84	-0,616	0,565	-0,943	0,345
Laktat 185	4,91	2,17	4,41	4,81	0,215	0,838	-0,943	0,345
Laktat 200	13,99	6,29	10,61	5,71	1,814	0,129	-1,363	0,173

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Wilcoxon = Wilcoxon-Rangsummentest

Die Laktatmittelwerte (Tab. 22 a) des Intervallmethodekollektivs dokumentieren in Abhängigkeit der jeweiligen Belastungsstufen unterschiedliche Entwicklungstendenzen: Abnahme in Ruhe, L185 und L200, Zunahme in L155 und L170.

Tab. 22 b: Intrakollektivvergleich Intervallmethode Hämoglobin (g/dl).

Test	Eingang		Ausgang		t-Test		Wilcoxon	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	P
Hämoglobin Ruhe	12,31	2,46	11,53	1,02	0,978	0,373	-0,730	0,465
Hämoglobin 155	17,88	1,51	14,88	2,92	1,749	0,155	-1,483	0,138
Hämoglobin 170	16,73	1,07	16,50	1,01	1,083	0,328	-0,944	0,345
Hämoglobin 185	18,10	2,40	17,15	1,16	1,043	0,345	-0,943	0,345
Hämoglobin 200	18,45	0,67	18,68	0,86	-0,682	0,526	-0,405	0,686

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Wilcoxon = Wilcoxon-Rangsummentest

Im Intrakollektivvergleich der Intervallmethode (Tab. 22 b) stellen sich bzgl. des Parameters Hämoglobin keine signifikanten Veränderungen zwischen Eingangs- und Ausgangstest ein. Jedoch werden 4 Reduktionen (HbRuhe, Hb155, Hb170, Hb185) gegenüber einer Zunahme (Hb200) ermittelt.

Tab. 22 c: Intrakollektivvergleich Intervallmethode Geschwindigkeit (km/h).

Test	Eingang		Ausgang		t-Test		Wilcoxon	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	P
Geschwindigkeit 155	21,39	6,63	25,11	6,93	-10,532	0,000	-2,201	0,028
Geschwindigkeit 170	29,07	6,60	32,23	7,03	-4,442	0,007	-2,201	0,028
Geschwindigkeit 185	33,23	3,82	39,42	3,61	-4,045	0,010	-2,201	0,028
Geschwindigkeit 200	42,74	4,54	44,74	4,59	-2,001	0,102	-1,782	0,075

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Wilcoxon = Wilcoxon-Rangsummentest

Der Intrakollektivvergleich der Intervallmethode erfasst auf allen Belastungsstufen statistisch signifikante Verbesserungen von Eingangs- zu Ausgangstest für die Variable Geschwindigkeit (Range: 2 km/h → 6 km/h):

Geschwindigkeit 155 ( $t = -10,532$ ;  $p < 0,001$  und  $z = -2,201$ ;  $p < 0,05$ ),

Geschwindigkeit 170 ( $t = -4,442$ ;  $p < 0,01$  und  $z = -2,201$ ;  $p < 0,05$ ),

Geschwindigkeit 185 ( $t = -4,045$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,201$ ;  $p < 0,05$ ),

Geschwindigkeit 200 ( $z = -1,782$ ;  $p < 0,10$ ).

Der höchste Geschwindigkeitszuwachs von ca. 6 km/h (33,23 km/h → 39,42 km/h) liegt in Stufe 185 S/min (Tab. 22 c).

#### 7.2.4 Intrakollektivvergleich Dauerperiode Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit - Mittelwerte

Tab. 23 a, b, c stellen signifikante und tendenzielle intrakollektive Entwicklungen der überprüften Leistungsindikatoren dar.

Tab. 23 a: Intrakollektivvergleich Dauerperiode Laktat (mmol/l).

Test	Eingang		Ausgang		t-Test		Wilcoxon	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	P
Laktat Ruhe	0,72	0,14	0,64	0,05	1,137	0,307	-0,943	0,345
Laktat 155	2,56	1,12	3,35	4,10	-0,593	0,579	-0,314	0,753
Laktat 170	2,86	1,64	2,06	0,94	1,267	0,274	-1,214	0,225
Laktat 185	4,43	1,86	3,51	1,06	1,746	0,156	-1,483	0,138
Laktat 200	14,02	1,91	12,84	4,20	0,629	0,563	-0,674	0,500

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Wilcoxon = Wilcoxon-Rangsummentest

Im Dauerperiodekollektiv werden im Intrakollektivvergleich keine signifikanten Veränderungen zwischen Eingangs- und Ausgangstest für die Variable Laktat ermittelt. Tendenzielle Laktatreduktionen sind jedoch auf allen Belastungsstufen - außer L155 - erkennbar (Tab. 23 a) und signalisieren damit Leistungswirksamkeit des Dauerperiodetrainings.

Tab. 23 b: Intrakollektivvergleich Dauermethode Hämoglobin (g/dl).

Test	Eingang		Ausgang		t-Test		Wilcoxon	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	P
Hämoglobin Ruhe	13,63	0,73	13,18	1,24	1,206	0,282	-1,156	0,248
Hämoglobin 155	16,25	2,45	17,82	0,98	-1,478	0,199	-1,363	0,173
Hämoglobin 170	15,28	3,08	18,18	0,75	-2,111	0,102	-2,023	0,043
Hämoglobin 185	17,82	1,73	18,86	0,21	-1,235	0,285	-1,214	0,225
Hämoglobin 200	19,54	0,92	18,88	0,33	1,346	0,250	-1,214	0,225

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Wilcoxon = Wilcoxon-Rangsummentest

Eine signifikante Entwicklung zwischen Eingangs- und Ausgangstest tritt für die Variable Hämoglobin nur in Hb170 ( $z = -2,023$ ;  $p < 0,05$ ) ein.

Tab. 23 c: Intrakollektivvergleich Dauermethode Geschwindigkeit (km/h).

Test	Eingang		Ausgang		t-Test		Wilcoxon	
	MW	SD	MW	SD	t	p	z	P
Geschwindigkeit 155	23,02	3,50	24,16	3,99	-1,427	0,213	-1,572	0,116
Geschwindigkeit 170	27,61	3,87	32,08	5,60	-2,843	0,036	-2,201	0,028
Geschwindigkeit 185	37,17	3,70	39,06	3,68	-2,300	0,083	-1,753	0,080
Geschwindigkeit 200	48,58	3,00	49,51	4,51	-0,837	0,450	-0,944	0,345

MW = Mittelwert; SD = Standardabweichung; Wilcoxon = Wilcoxon-Rangsummentest

Nach Abschluss beider Trainingsmethoden ist festzustellen, dass die Ausgangsgeschwindigkeiten aller Belastungsstufen anstiegen, jedoch nicht alle statistisch signifikant. Während sich im intrakollektiven Vergleich der Intervallmethode (Tab. 22 c) die Geschwindigkeit auf allen Stufen signifikant erhöht, weist die Dauermethode nur zweimal signifikanten Leistungszuwachs nach:

Geschwindigkeit 170 ( $t = -2,843$ ;  $p < 0,05$  und  $z = -2,201$ ;  $p < 0,05$ ),

Geschwindigkeit 185 ( $t = -2,300$ ;  $p < 0,10$  und  $z = -1,753$ ;  $p < 0,10$ ).

## 8 Diskussion

Am Ende dieses Forschungsprojekts steht die subjektive und intersubjektive Kritik, in der die Autorin auf problematische Aspekte bei der Untersuchungsplanung, auf Auffälligkeiten und Stärken bzw. Schwächen der Untersuchungsdurchführung und -methoden hinweist. Primär werden im Folgenden Dissens und Konsens zu bisher publizierten Forschungserkenntnissen veterinärwissenschaftlicher, leistungs- und trainingsanalytischer Studien im *Sport- und Rennpferdebereich* diskutiert. Analogien und Divergenzen zur humansportwissenschaftlichen Trainingsforschung treten in den Hintergrund. Wie bereits in Kap. 2 deutlich wurde, gestattet der aktuelle Forschungsstand durch seine experimentelle Vielfalt nur wenige direkte Verweise auf *themenidentische* Trainingsstudien an *Vollblut-Rennpferden*.

### 8.1 Diskussion der Untersuchungsmethodik

Die eingesetzten methodischen Verfahren werden anschließend im Hinblick auf Praktikabilität, Präzision und Wiederholbarkeit analysiert.

#### 8.1.1 Stichprobe

##### a) Stichprobenakquirierung

Für ein Mitglied eines wissenschaftlichen Teams in einem Pferdeforschungszentrum erweist sich die Zusammenstellung eines Untersuchungskollektivs als relativ unproblematisch, da keine „negativen“, ein Sportpferde-Studienprojekt erschwerenden, Einflussgrößen (Trainer und Besitzer) existieren und Testmaterial ad hoc bereitsteht. Nachteilig kann sich jedoch die Existenz eines Forschungspferdebestands „Warmblut“ (Vielseitigkeitspferde), wie beispielsweise in Mariensee, insofern auswirken, als „Vollblüter“ (Galopper) dadurch weitgehend außerhalb des veterinärmedizinischen Forschungsfokus liegen (2.1).

Der Sportwissenschaftler oder Veterinärmediziner ohne Teamhintergrund stößt bei der Stichprobenakquirierung eines Pferdekollektivs akzeptabler Größe schnell an seine Grenzen, wie die 11monatige Recherche nach kooperationswilligen interessierten (Besitzer)-Trainern belegt. Die Kombination Trainer *und* Besitzer als Mitsprache- und Entscheidungsgremium wurde schließlich zugunsten des Besitzertrainers in Personalunion verworfen, da Zuständigkeitsprobleme, Verantwortungsdelegation, Fragen zu Haftungsausschlüssen u. dgl.

das Projekt zusätzlich erschwert oder hätten scheitern lassen. Berührungsängste mit dem fremden wissenschaftlichen Metier und Befürchtungen der Trainer und Besitzer vor negativen Leistungsauswirkungen der Untersuchungsmodi einerseits und das Abhängigkeitsverhältnis Arbeitgeber (Besitzer) und Arbeitnehmer (Trainer) andererseits wirken offensichtlich neben den bereits erwähnten Ablehnungsgründen (Kap. 1) abschreckend. Wie auch die Analyse der internationalen Fachliteratur bestätigt, ist die Rekrutierung numerisch ausreichender und damit aussagekräftiger Kollektive - speziell von Hochleistungspferden - sowie parameterhomogener Stichproben (Rasse, Alter, Geschlecht etc.) stets problembehaftet (2.2).

„The willingness of trainers, racecourse owners and racing authorities to certainly cooperate with and to be actively involved in the studies being conducted in the UK at present, suggests that there is a real drive throughout the industry to improve the welfare of the racehorse” (PARKIN, 2004, S. 80). Diese Beobachtung in England stimmt optimistisch für die Entwicklung im deutschen Rennsport.

#### b) Stichprobenumfang und -zusammensetzung

Es ist relativ einfach, einzelne sportliche Phänomene zu erfassen und zu analysieren (Pilotstudie). Singuläre Messwerte dokumentieren jedoch in der Regel nur einen individuell-aktuellen Leistungszustand. Als Individualergebnisse gestatten sie keine wissenschaftlich fundierte Formulierung und Verifizierung von Gesetzmäßigkeiten und implizieren lediglich Beobachtungen zu potentiellen Tendenzen überprüfter Merkmale. Nur die Datenauswertung umfangreicher Stichproben lassen generalisierbare, d. h. repräsentative Schlüsse und qualifizierte Aussagen für eine Grundgesamtheit zu. Man will den Schluss über eine Stichprobe hinaus ziehen, denn Wissenschaft sucht nach allgemeinen Sätzen (DIEMER, 1964).

Die Ergebnisinterpretation empirisch gewonnener Daten stellt generell eine Herausforderung dar, wenn die Probandenanzahl einer Zufalls- oder ad-hoc-Stichprobe gering ist, wobei weder in der Human- noch Sportpferdeforschungsliteratur je eine Mindestgröße des Kollektivs für valide Messergebnisse postuliert wurde. Die Wahrscheinlichkeit, zufällige Verzerrungen auszuschließen, nimmt bei größer werdenden Kollektiven jedoch in der Regel zu (BÖS et al., 2004).

OHMURA et al. (2002b) untersuchen in einem japanischen Rennstall in einer der wenigen Longitudinalstudien mit hohem Stichprobenumfang ( $n = 152$ ) variierende Geschwindigkeiten bei HF 200 S/min, dokumentieren aber nach 2 Jahren eine Reduktion der Probandenzahl von

ca. einem Drittel auf  $n = 99$ . Leistungsdiagnostische Untersuchungen von Spitzenrennpferden (Gruppe I und II: Hochleistungsklasse) reduzieren sich in der Regel auf Pilot- resp. Einzelstudien (KAMIYA et al., 2003).

Die Stichprobengewinnung von Rennpferden in leistungsschwächeren Bereichen erweist sich als kaum erfolgreicher. Die in der vorliegenden Studie getesteten Pferde verfügen über ein mittleres Leistungspotential (Ausgleich IV-Niveau). Nur 2 Probanden (ID8, ID14) liefen in der Saison 2010 nicht in die Sieg- und Platzgelder.

Die generelle Problematik eines Tierkollektivumfangs manifestierte sich bereits in Forschungsprojekten vor mehr als 20 Jahren:

- 7 Probanden - verletzungsbedingt reduziert auf 6 (THOMAS, 1983),

- 7 Probanden - Anzahl auf 5, später auf 3 gesunken (SEXTON und ERICKSON, 1990).

EVANS et al. (1988) stehen nur 6 Vollblüter zur Verfügung.

LINDNER, SIGNORINI, BRERO, ARN, MANCINI und ENRIQUE testen selbst in 2006 in 3 zu vergleichenden Kollektiven jeweils nur 5 bzw. 5 und 4 Pferde.

Der vorliegende Stichprobenumfang ( $n = 15$ ) korrespondiert mit der Probandenzahl aktuellerer veterinärmedizinischer Untersuchungen an 5 Warmblut- und 2 Vollblutkollektiven von PHYSICK-SHEARD et al. (2000), HENNINGS (2001), LINDNER et al. (2001), HAMLIN et al. (2002), HINCHCLIFF et al. (2002), JAEK (2004) und UHDE (2009), liegt damit geringfügig über dem Mittel des Stichprobenumfangs zahlreicher nationaler und internationaler Pferdestudien und muss, wie auch partiell die angeführten Autoren, aus erschweren Rekrutierungsgründen (Kap. 2) auf Homogenität der Parameter Geschlecht und Alter verzichten. Eine Einheitlichkeit der Alters- oder Geschlechtsstruktur von Sportpferde-Kollektiven für Leistungskapazitätsvergleiche findet sich international vermehrt nur in Untersuchungen an 2jährigen jungen Vollblütern beim Eintritt in die Wettkampfvorbereitung. Erfahrenere Sportpferde werden in der Regel kommentarlos in altersheterogenen Kollektiven untersucht.

Für geschlechtsspezifische biologische Reaktionen im Leistungsverhalten von Rennpferden besteht ebenfalls Untersuchungsbedarf, denn in einer der wenigen geschlechtsvergleichenden Studien stellen LINDNER et al. (1991) eine signifikant höhere verletzungs- und krankheitsbedingte Ausfallrate von Hengsten gegenüber Stuten und Wallachen fest.

Die 5 Stuten und 10 Wallache der vorliegenden Untersuchung haben ein Durchschnittsalter von 4,5 Jahren, erfüllen jedoch im Unterschied zu zahlreichen anderen Sportpferdestudien (THOMAS et al., 1983; UHDE, 2009) das Kriterium der Rassenhomogenität (Englisches Vollblut).

### c) Stichprobenreduzierung durch Verletzung und Krankheit

Ausfallraten am lebenden Forschungsobjekt Pferd, in umfangreichen epidemiologischen Studien dokumentiert, sind eklatant, treten unkalkulierbar bereits in kurzen Untersuchungszeiträumen (4-10 Wochen) auf und dokumentieren regelmäßig aufs Neue die numerische Inkonstanz anfänglicher Stichprobenumfänge. UHDEs (2009) Kollektiv reduziert sich von 14 auf 6 (57,2%) zur Datenverwertung freigegebener Pferde. 63% der Pferde fallen in der Studie von HEDDERICH (2006) aus. In deutschen Publikationen protokolliert HILGERs Studie (2005) mit 68,5% die höchste Ausfallquote aufgrund von Verletzungen des Bewegungsapparates.

HAMLIN et al. (2002) legen - durch Krankheitsinzidenzen bedingt - die eingangs auf 2 Kollektive verteilten 10 Pferde nach 8 von 10 Wochen zur Datenerfassung zusammen. HINCHCLIFF et al. (2002) stehen n = 8 (2-7jährige „Standardbred racehorses“) zur Ergebnisauswertung zur Verfügung.

In der vorliegenden Untersuchung schieden 20% der Pferde (n = 15 → n = 12) sukzessive ab der 4. Woche aus folgenden nicht trainingsinduzierten Gründen aus:

Nasennebenhöhlenentzündung und Zahnprobleme (ID7), Kortisonbehandlung wegen Bienenstichen (ID14), Sehnenschaden durch Bodenunebenheit (ID15).

Bei ID1 (Intervallmethode) diagnostizierte der Veterinärmediziner während der Testphase eine halbseitige Kehlkopflähmung (5. Woche). ID1 zeigte bei Auskultation nach den belastungsintensiven Intervalltrainingseinheiten (3x800 m) hörbare Lungengeräusche und erhöhte Atemfrequenz. Nach einem Rennen in der 3. Trainingswoche wurde bei ID8 (Dauermethode) Lungenbluten festgestellt.

Analysiert man das Ruhe- und Belastungslaktat des Eingangstests, zu dessen Zeitpunkt die gesundheitlichen Dysbalancen unbekannt waren, ergeben sich für die „erkrankten“ Pferde folgende Werte: ID1 (Kehlkopfanomalie) zeigte im Eingangstest ein unauffälliges Ruhelaktat von 0,61 mmol/l. 3 Probanden lagen unter diesem Basiswert, 11 darüber (MW 0,8 mmol/l). Die Erkrankung war ohne Belastung nicht manifest. Leicht erhöhte Laktatwerte ergaben sich in Belastungsstufe L155. Beide gesundheitlich eingeschränkten Pferde (ID1, ID8) überschritten als einzige Probanden bereits die 3,0 mmol/l-Grenze mit 3,76 mmol/l bzw. 4,46 mmol/l (Range des Restkollektivs: 0,76-2,9 mmol/l).

In Belastungsstufe L170 erreichte ID8 5,04 mmol/l, den zweithöchsten Wert nach dem gesunden ID10 (5,11 mmol/l), während ID1 sich mit 2,74 mmol/l unauffällig zeigte (Range L170: 0,82-3,62 mmol/l).

In Belastungsstufe L185, als Übergangsstufe zu anaerober Energiegewinnung mit exponentiellem Laktatanstieg, bewegten sich die Laktatwerte beider Probanden trotz gesundheitlicher Restriktionen im Laktatbereich der anaeroben Schwelle: ID1 3,93 mmol/l, ID8 5,83 mmol/l (Range L185: 2,14-8,82 mmol/l) und damit ebenfalls unauffällig.

In Belastungsstufe L200 mit submaximaler Intensität erzielte Lungenbluter ID8 den Maximalwert im Kollektiv mit 23,3 mmol/l, gefolgt von dem gesunden ID3 (22,4 mmol/l), während ID1 mit 12,4 mmol/l sich dem Mittelwert des Gesamtkollektivs 9,27 mmol/l näherte. Bei vorsichtiger Interpretation der Laktatkonzentrationen reflektierte der Eingangstest zum einen in keiner Stufe das Krankheitsbild von ID1, zum anderen einen vergleichsweise hohen, möglicherweise krankheitsbedingten, Belastungswert von ID8 (23,3 mmol/l).

ID1 und ID8 absolvierten den gesamten Untersuchungszeitraum. Bei ID8 als Dauermethodeproband traten unter aerobem Anforderungsprofil (170 S/min) keine weiteren belastungsinduzierten Blutungen auf. ID1 durchlief alle Ausgangsteststufen, zeigte jedoch schon bei Stufe 155 S/min einen stark vom Mittelwert des Gesamtkollektivs (MW 2,98 mmol/l) (Tab. 14 a) abweichenden erhöhten Laktatwert von 9,15 mmol/l. ID8 beendete im Ausgangstest nach Stufe 155 S/min aus gesundheitlichen Vorsichtsmaßnahmen den Test (L155: Eingangstest 4,46 mmol/l, Ausgangstest 11,6 mmol/l).

Lahmheiten und entzündliche Atemwegserkrankungen diagnostizieren WILSHER et al. (2006) auch bei 2-jährigen Rennpferden als die beiden häufigst indizierten zum Ausscheiden führenden Erkrankungen. Laut der Autoren decken nur 5% dieser Altersgruppe generell die Trainings- und Unterhaltskosten durch Preisgelder.

Weitere vor Studienbeginn zugesagte - in der ID-Tabelle (Tab. 6) nicht angeführte - Pferde traten aus in Kap. 6.2 genannten Gründen nicht an. UHDE (2009) beschreibt ähnlich hohe unkalkulierbare Ausfälle.

Die Literatur zu speziellen oder primär auftretenden Verletzungen ist zahlreich und insofern bedeutsam, als die Schadenserfassung zu trainingspraktischen Präventivmaßnahmen zur Minimierung von Risiken führen könnte. Daher scheint der folgende diesbezügliche kurze literarische Exkurs gerechtfertigt.

Pferdeforscher diskutieren Trainingsintensität in Verbindung mit Verletzungsanfälligkeit und optimalem Einstiegsalter der Vollblüter in das Renntraining kontrovers. „Regardless of the age of the horse there appears to be an increased risk associated with horses early in their careers“ (PARKIN, 2004, S. 78). Inadäquate oder ungenügende Trainingsreize vor Maximalleistungen bergen Risiken in jeder Sportart.

Für Sehnenerkrankungen gilt, dass sie in der Regel erst ab dem 3. Lebensjahr auftreten (HUSKAMP et al., 1996). Die Grundausbildung erfolgt jedoch bereits 11-16 Monate vor dem von HUSKAMP et al. angegebenen Alter mit der Intention einer frühen Wettkampfteilnahme. In dieser Entwicklungsphase anstehende nicht berücksichtigte Wachstumsschübe können bei fehlgesteuertem Training zu ersten gesundheitlichen Zwangspausen führen. Primär wird eine unangemessene Belastungsintensität für den noch unreifen Organismus 2-3-jähriger Pferde als Verletzungsursache gesehen. Daher sollte nach RIVERO (2007, S. 324) der Entwicklungsstatus des Pferdes in der Trainingsplanung berücksichtigt werden. „A Thoroughbred does not complete its growth until the age of ~5 years. During the first year, they reach approximately 65% of adult body weight and 90% of adult height.“

Untersuchungen belegen (HUSKAMP et al., 1996), dass 2-jährige Pferde ein geringeres Verletzungsrisiko aufweisen, da die Entwicklung physischer Leistungsvoraussetzungen (morphologische Anpassungen der Knochen- und Sehnenstrukturen) im frühzeitigen Training das Pferd bei zu erwartenden Leistungsanforderungen vor Schäden/Dysbalancen schützt. „Despite many trainers being fearful of subjecting young horses to speed, doing so stimulates bone modelling and encourages adaptive changes to new forces“ (NIELSEN, HINEY, HOEKSTRA, BELL und POTTER, 2004, S. 72). WILSHER et al. (2006) empfehlen für 2-jährige ebenfalls ein spezielles gesundheitserhaltendes Training. „Short sprints at least three times per week (though the exact frequency and duration of exercises has yet to be determined) facilitate increased skeletal strength“ (NIELSEN et al., 2004, S. 73). „The bones of horses that do no fast work in training are not optimally adapted to the loads they would experience under racing conditions and are therefore more likely to fail“ (PARKIN et al., 2004, S. 517).

Die Knochenreaktion kann daher bei fehlgesteuertem Training im Alter von 2 Jahren einerseits zur Entstehung von Fissuren/Frakturen oder andererseits durch akzentuierte Reizsetzung zu leistungsfördernden Adaptationserscheinungen (Knochendurchblutung/-dichte) führen.

STOVER (1987) stellt häufige Inzidenzen von Lahmheiten infolge der Zunahme von Trainingsintensität fest. Weitere Autoren glauben, ein höheres Ausfallrisiko bei älteren Rennpferden, die als Jungtiere nicht regelmäßig trainierten, erkannt zu haben: „Horses that started racing as two year olds were at significantly reduced risk of death over the whole of the rest of their career compared to those that started as four year olds“ (WOOD, EASTMENT, LAKHANI, HARKINS und ROGERS, 2001, S. 116).

Obwohl nachstehende Verletzungsphänomene in dieser Studie nicht auftraten, werden sie kurz skizziert, um die Aufmerksamkeit des Trainers auf Entwicklungsmöglichkeiten bzw.-reserven der Jungpferde durch graduelle behutsame Erhöhung der Belastungsintensität zu lenken.

„[...] Bone strains measured on the dorsal surface on MCIII are higher in young horses when compared with older horses running at the same speed on the same surface” (NUNAMAKER, 2002, S. 198). Der Autor bestätigt damit frühere Studienergebnisse zur unterschiedlichen Wirkungsweise identischer Belastungsintensität (Geschwindigkeit) auf die Knochenbelastung jüngerer und älterer Pferde.

PARKIN (2004, S. 76) erfasst länder- und pferderassentypische Verletzungen: „For example, in the USA the most common fractures (70% of 2-year-old) are those of proximal sesamoid bones, third metacarpus (MCIII) and carpus”, während in Großbritannien bei Vollblütern „[...] fractures of the lateral condyle of MCIII and of the proximal phalanx” überwiegen.

Die Röhrbeinperiostitis - zurückgeführt auf ermüdungsbedingte Mikrofrakturen in der ersten Trainingsphase - stellt in Australien und Neuseeland die häufigste Ursache für Trainingsausfälle und Ausscheiden aus dem Rennsport dar (FIRTH, ROGERS, DOUBE und JOPSON, 2005).

Ein Teil der in Rennen entstehenden Schädigungen des passiven Bewegungsapparates ist darauf zurückzuführen, dass infolge mangelhafter Trainingsvorbereitung die Konditionierung des Skeletts für die hohe Rennbelastung unzureichend ist (HUSKAMP et al., 1996). Ausgenommen sind hier Läsionen durch externe Einflüsse wie schlechte Bodenverhältnisse und „Angaloppieren“ des Rennegegners.

Angesichts des relativ kurzen und (finanziell) optimal zu nutzenden Hochleistungszeitraums eines Rennpferdes (3-4 Jahre) und der Tatsache kaum existierender Trainingssteuerung und -periodisierung erklären sich die während dieser Einsatzphase auf maximalem Leistungsniveau auftretenden Gesundheitsrisiken, zu deren Vermeidung die Berücksichtigung folgender Aspekte und Trainingsinterventionen empfohlen werden:

- Bestimmung des aktuellen sportmotorischen Leistungsniveaus
- Angebot multipler Bewegungsstrukturen (Schritt, Trab, Galopp)
- Anwendung belastungsintensiver(er) Trainingsinhalte
- Berücksichtigung individueller Fortschritte
- Identifikation von Risikofaktoren (Tierschutz), die zur Invalidität und vorzeitigem Ende der Rennlaufbahn führen können.

### 8.1.2 Untersuchungszeitraum

Die Länge des Testzeitraums - tendenziell abhängig vom und korrelierend mit dem Untersuchungsziel - divergiert in vorliegenden Pferdestudien maximal, jedoch in der Regel ohne spezielle Begründung zur gewählten Dauer der Testphase. Bei einer Analyse der 26 exemplarisch skizzierten Forschungsprojekte (Tab. 2 a, 2 b, 3 und 4) registriert man den kürzesten Zeitraum von 4 Wochen (ISLER et al., 1982) und einen maximalen von 272 Tagen (BRUIN, KUIPERS, KEIZER und VAN DER VUSSE, 1994) bzw. TETZNERs Longitudinalstudie über 6½ Jahre. GEOR, McCUTCHEON und SHEN (1999, S. 14) dokumentieren Adaptationen nach 10 Tagen: „[...] Blood lactate concentrations during and muscle lactate concentrations after a high speed exercise test (100% preconditioning VO<sub>2</sub>max) were lower after 10 days of endurance training“. THOMAS et al. (1983) stellen nach 5 und BRUIN et al. (1994) nach 8 Wochen eine quantifizierbare Ausdauerleistungszunahme fest. DAVIE (2006, S. 1) unterscheidet in lang- und kurzfristige Adaptationen: „Despite some training adaptations occurring in horses immediately afterwards, the most relevant (in both nature and magnitude) adaptations occur within the first 10-15 weeks.“

Da zahlreiche veterinärmedizinische Studien bereits einen 6wöchigen und auch geringeren Zeitraum zur Realisierung von Trainingsfortschritten nachweislich für geeignet halten (ISLER et al., 1982; THORNTON et al., 1983; SCHÄFER, 2000; HENNINGS, 2001; LEWING, 2001; DAHLKAMP, 2003; LANGHORST, 2003; LINDNER et al., 2006), schließt sich die vorliegende Studie dieser Untersuchungsdauer auch auf der Basis humansportwissenschaftlicher Erkenntnisse bezüglich der Anpassungsmechanismen (Strukturumwandlung) nach 6wöchigem Ausdauertraining an (Abb. 3).

Der individuelle Untersuchungszeitraum jedes Probanden der vorliegenden Studie unterlag in frostfreien Jahreszeiten (Frühjahr bis Spätherbst) variablen klimatischen Bedingungen (Temperaturschwankungen: 5-32 Celsius; Regen: tiefer Boden), die jedoch nur punktuell Einfluss auf die motorische Leistung (modifiziertes Galoppverhalten) nahmen. ID5 absolvierte eine einzige Intervalltrainingseinheit nach ausgiebigen Regenfällen auf extrem tiefem Boden (Tab. 30).

Klimatische Protokolle an Trainings-/Stufentesttagen könnten zukünftig Präzisierungsoptionen in der Leistungsanalyse sein.

### 8.1.3 Trainingsdokumentation

Eine gewissenhafte Trainingsdokumentation mit dem Ziel einer aussagekräftigen Ausdauerzustandsanalyse kann nur von einem verantwortungsbewusst kooperierendem Team erwartet werden, da ausschließlich eine kontinuierliche Datenerfassung sowohl unter variierenden als auch standardisierten Rahmenbedingungen, vergleichend betrachtet, valide Ergebnisse liefern wird.

Personell bedingte Dateneinbußen/-verluste aufgrund unregelmäßiger Protokollierung sind bekannt (STAHEL, 2004; UHDE, 2009). Studien an den lebenden Objekten „Mensch und Tier“ unterliegen in der Durchführung, trotz optimaler Vorbereitung im Vorfeld, häufig nicht kalkulierbaren Schwierigkeiten personeller und/oder materieller Art. JAEK (2004) erhält wegen organisatorischer Defizite nur unvollständige Messergebnisse zu Trainingsablauf, Trainingsdauer und -intensität. HARBIG (2006) hält aus ähnlichen Gründen das Ergebnis seiner Trainingsdokumentation für limitiert aussagekräftig. HEBENBROCK (2005) kann von 29 Probanden aus o. a. Problemen nur 6 umfassend auswerten.

Potentielle statistische Ausreißer, wie bei extremen Temperaturen vorübergehende Herzfrequenzerhöhungen oder durch Boden- und Windverhältnisse verursachte wechselnde Schrittgestaltung (modifiziertes Geschwindigkeitsverhalten), können nur in fortlaufenden Messungen bemerkt und aufgefangen werden (Tab. 30).

Die für ein wissenschaftliches Forschungsprojekt notwendige Regelmäßigkeit der Datenerhebung - u. a. die Dokumentation tierspezifischer Besonderheiten oder des Aufbaus resp. der Veränderung von Trainingseinheiten im Hinblick auf zukünftige trainingsstrategische Maßnahmen - ist im deutschen Galoppsport unüblich, die Protokollierung des Trainingsalltags für Trainer und Besitzertrainer offensichtlich zu zeitraubend.

Eine grundsätzliche Neugier auf Trainings- und Erfolgsanalysen scheint jedoch nach Beobachtung der Autorin latent zu existieren. Nicht an der Studie beteiligte Besitzertrainer zeigten wiederholt Interesse am Herzfrequenz-Monitoring und GPS für die Trainingspraxis und waren an Renntagen - im Einvernehmen mit der jeweiligen Rennleitung - mehrfach bereit, die Messgeräte für Rennaufzeichnungen anzulegen.

Sucht man nach weiteren Erklärungen/Entschuldigungen für fehlende trainingspezifische Dokumentationen, könnte man einerseits unterstellen, die Trainer verschließen unbewusst die Augen vor ihrer variationslosen Trainingspraxis oder verhindern andererseits eine Offenlegung ihres „Trainingskonzeptes“ gegenüber Besitzern.

Die Besitzertrainer/Reiter kooperierten in dieser Studie gewissenhaft, da die Leistungsanalyse der eigenen Pferde im Fokus stand. Dennoch verhinderte vereinzelt Materialversagen im Ausdauertraining beider Methoden eine lückenlose Aufzeichnung der Geschwindigkeit. Von insgesamt 84 Trainingseinheiten der Dauerperiode versagten in 15 die GPS-Messung (12x) und das Herzfrequenz-Monitoring (3x) während verschiedener Belastungsabschnitte oder zeichneten nur Teilstrecken auf. 54 von 72 Trainingseinheiten - eine der Dauerperiode ähnliche Ausfallquote - konnten im Intervalltraining vollständig ausgewertet werden. Die unterschiedliche Anzahl der Trainingseinheiten erklärt sich durch die Stichprobengröße.

Die Quantität aller während des Untersuchungszeitraums erhobenen Trainingsdaten ist dennoch hinreichend geeignet neben den im Stufentest nachgewiesenen Adaptationen des physiologischen Systems, den Leistungszuwachs auch anhand des Parameters Trainingsgeschwindigkeit zu bestätigen.

#### **8.1.4 Stufentest**

Der Stufentest fungiert in der Sportmedizin für Mensch und Tier als probates etabliertes Leistungsfeststellungsverfahren. „A procedure to test condition in horses is to design a standard exercise test (SET)“ (VAN DEN HOVEN, 2006, S. 624). „Für systematische Trainingsplanung und -steuerung benötigt der Trainer ein aussagekräftiges und standardisiertes Routineverfahren und Vergleichsnormen, die die Gütekriterien der Objektivität, der Reliabilität (Zuverlässigkeit) und der Validität (Gültigkeit) erfüllen“ (HOHMANN et al., 2006, S. 151).

Für die Leistungsdiagnose relevante Daten können mit diesen standardisierten Verfahren gewonnen werden, die im Wettkampf und, davon abgeleitet, auch im Training zur Messung bzw. Bewertung der Leistungen Anwendung finden. Bereits vor Trainingsbeginn, als Grundlage der Planung, muss der jeweilige Leistungszustand bestimmt werden (SCHNABEL et al., 2003).

Leistungstests sind Voraussetzung und zugleich Rückmeldung für leistungsorientiertes Training (SCHURR, 2007).

Die trainingspraktische Leistungsdiagnostik mit ihren Aufgaben der Diagnose von Stärken und Schwächen, der Kontrolle des Trainingserfolges und der Objektivierung der Belastungssteuerung (LETZELTER et al., 2006) erfasst zuverlässig Daten für leistungsoptimierende Maßnahmen.

Die Realisierung des Stufentests, insbesondere in Bezug auf Stufendauer und -intensität, erweist sich jedoch sowohl in der Human- als auch in der Pferdesportliteratur als sehr variabel

und bietet ein breites, themenidentische prospektive Studien erschwerendes, Experimentierfeld. LINDNER (1990) postuliert für den Galoppsport einheitliche Testdesigns zur Gewinnung von Vergleichsnormen (Kap. 3).

Ähnliche herzfrequenzgesteuerte Stufentestdesigns für Vollblüter sowie ausschließlich herzfrequenzgesteuerte Trainingsmodelle, wie die vorliegenden, sind der Autorin nicht bekannt, so dass Studien zur vergleichenden kritischen Evaluierung nicht herangezogen werden können.

#### a) Stufenanzahl

Im Hinblick auf die Erfassung wissenschaftlich gesicherter valider Daten hat sich in der nationalen (Tab. 2 a, 2 b) und internationalen Sport(pferde)forschung eine Stufenanzahl von 2-5 etabliert.

Studien in internationalen Fachzeitschriften erwähnen nicht selten lediglich einen „incremental exercise test (Stufentest) on a treadmill before (Pre-test) and after (Post-test) the training“ ohne präzise Angaben zu Belastungsumfang, -dauer oder -intensität (HIRAGA et al., 1995, S. 1). Publikationen/Diskussionen zu Vor- oder Nachteilen variierender Stufenquantitäten sind der Autorin nicht bekannt. Daher schließt sie sich den bewährten Stufenanzahlen an, bevorzugt jedoch einen „Mehr“-Stufentest (4 Stufen) zur Gewinnung detaillierteren Datenmaterials, d. h. differenzierterer Laktatkonzentrationen.

#### b) Stufendauer

Humansportwissenschaftler (HECK et al., 2002; HOLLMANN et al., 2006) befürworten beim Menschen eine Stufendauer ab 3 Minuten mit der Begründung, dem kardiovaskulären System und Stoffwechselforgängen zuverlässig Zeit zu quantifizierbaren Adaptationen einzuräumen. DE MARÉES (2002) beobachtet speziell bei der Laufbandergometrie eine durchschnittliche Stufendauer von 3 Minuten.

Die Überprüfungsdauer nationaler veterinärmedizinischer Studien divergiert von 1 Minute (MELFSEN-JESSEN, 1999) bis zu 5 Minuten (SCHÄFER, 2000), wobei selbst in der kürzesten Zeiteinheit aussagekräftige Ergebnisse in der Blutanalyse (Laktat, Protein, Albumin, Creatin-Kinase) erzielt werden können (MELFSEN-JESSEN, 1999).

Sowohl EHRLEIN et al. (1973) als auch VON ENGELHARDT (1997) halten eine Stufendauer von 2 min zur Feststellung valider Herzfrequenzdaten für ausreichend, da sich bereits innerhalb dieses Zeitfensters ein „Steady-State“ des Pulses einstellen kann und werden

von KRZYWANEK (2006, S. 39) bestätigt: „Bei körperlicher Belastung nimmt die Herzschlagfrequenz zu, und zwar zunächst sehr schnell, sogar überschießend, um sich dann auf einem bestimmten Wert und zwar innerhalb von 30-60 s sehr viel schneller als die akkumulierende Laktatkonzentration einzupendeln.“ Da SOBOTTA (1999) den mit einem trägeren Belastungsanstieg als andere Messgrößen reagierenden Parameter Laktat überprüft, präferiert er eine Stufendauer von 5 Minuten.

Dennoch lassen auch kürzere belastungsintensive Stufen einen Laktat-Steady-State zu. Training im submaximalen Bereich führt schneller zu Veränderungen der Blutlaktatkonzentration als der Herzfrequenz (GOTTLIEB-VEDI, PERSSON, ERICKSON und KORBUTIAK, 1995).

### c) Stufenintensität

Auch der dritte variable Faktor „Stufenintensität“ schließt direkte Referenzen zu in anderen Untersuchungen erfassten Belastungsparametern weitgehend aus, da diese jeweils nur in einem speziellen Leistungsfeststellungsverfahren als Indikator für Leistungsstagnation oder -zuwachs dienen und dem Trainings- resp. Untersuchungsziel untergeordnet sind. Die veterinärmedizinische Fachliteratur thematisiert keine kritisch vergleichenden Analysen zur Eignung oder Verwerfung gewählter Belastungsintensitäten.

Intensitätsempfehlungen, wie die von COUROUCÉ, GEFFROY, BARREY, AUVINET und ROSE (1999), für die Eingangsstufe von 440-550 m/min bei nachfolgenden Stufensteigerungen von jeweils 40-80 m/min (LINDNER, 1997) bleiben daher nur unverbindliche Richtwerte für eventuell substantiell ähnliche Untersuchungsziele.

Der in der vorliegenden Studie geforderte Leistungsparameter Herzfrequenz verlangt in Stufe 4 submaximale Beanspruchung des Vollblüters (200 S/min) nach Überschreiten der Dauerleistungsgrenze (Übergang vom aeroben zu anaerobem Metabolismus) bei 185 S/min. Nach 3 vorangegangenen gleichmäßig ansteigenden niedrigeren Belastungsstufen 155, 170, 185 S/min (Tab. 9) unter aerob-anaerober Energiebereitstellung akkumuliert die Laktatkonzentration des Gesamtkollektivs im Eingangstest überdeutlich von L185 (MW 4,71 mmol/l) nach L200 (MW 15,21 mmol/l) (Tab. 14 a) analog zu weiteren Studien, die den Eintritt in den anaeroben Kapazitätsbereich mit überproportional ansteigender Laktatanhäufung bei  $\pm 180$  S/min nachweisen.

Die gewählte graduelle Intensitätserhöhung (Herzfrequenzstufen) ist gut geeignet, das Verharren im bzw. Verlassen des aerob-anaeroben Leistungsbereiches präzise zu dokumentieren.

#### 8.1.5 Feldtest vs. Labortest

„Initially, most equine exercises physiology research was done on Standardbred trotters and Thoroughbreds under laboratory conditions” (VAN DEN HOVEN, 2006, S. 624).

Trainingserfolgskontrollen werden auch aktuell weiterhin primär auf Ergometern (Pferdelaufband) und nur vereinzelt im Feld durchgeführt (KORTE, 2006: Feldstufentest nach Feldtraining). Beide Leistungsfeststellungsverfahren implizieren Vor- und Nachteile:

◆ Das *Feld*, d. h. der Feldtest, bietet dem Pferd den Vorteil einer trainings- und wettkampfadäquaten Lauftechnik unter Ausnutzung einer individuell-optimalen Galopplänge und -frequenz und ermöglicht das Beibehalten des natürlichen sportartspezifischen Bewegungsrhythmus in gewohnter Umgebung. Tierspezifische motorische Abläufe können hier - falls erforderlich - ohne Geschwindigkeitsreduzierung aufrechterhalten werden. Eine Belastungsintensitätsvorgabe auf dem Ergometer von 3-4 m/s Trabgeschwindigkeit verlangt für kleine Pferde u. U. einen Gangartwechsel (cantern), während größere Probanden dieses Belastungsprofil stressfrei erfüllen.

HARKINS et al. (1993, S. 57) fordern daher für zukünftige Tests an Vollblütern „[...] the treadmill speed protocol should include only speeds that could be performed exclusively at a canter and gallop.“

Die Lokomotion und der damit verbundene Vorwärtstransport des Körpergewichtes resultieren bei natürlicher Bodenbeschaffenheit im Feld in höherem Kraftaufwand als in der „Fortbewegung“ auf dem Ergometer und als Folge in gesteigerter Herzfrequenz und Laktatproduktion und indizieren somit reale Trainingsbelastungsintensität.

„Feldstufentests erscheinen auf Grund der Praxisnähe sinnvoll, um die auszubildende Ausdauerfähigkeit zu überprüfen, sofern die Bedingungen standardisiert sind und die Anforderungen so hoch sind, dass der Einfluss der physischen Belastung über die psychogenen Einflüsse überwiegt“ (SCHÄFER, 2000, S. 147), da durch exogene Störgrößen verursachte Herzfrequenzschwankungen in der Regel bei zunehmendem Pulsschlag (>130 S/min) abnehmen (HEDDERICH, 2006).

Nicht standardisierbar sind nach LINDNER (1997) Bodenverhältnisse, Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit, wobei die Schwierigkeit der Standardisierung von Untergrundbeschaffenheit durch Vermeidung extremer Wetterlagen weitgehend ausgeglichen

werden kann. „Auf tiefem Sandboden müssen sich die Pferde mehr anstrengen als auf festem, was sich bei gleicher Geschwindigkeit in höheren Herzschlagfrequenzen ausdrückt“ (KRZYWANEK, 2006, S. 39). KORTE (2006) ermittelt ebenfalls höhere Blutlaktatwerte im Feldtest als auf dem Laufband bei identischen Leistungsparametern und wird von GOTTLIEB-VEDI und LINDHOLM (1997) bzw. COUROUCÉ et al. (1999) bestätigt.

„Da sich die unterschiedlichen Bodenverhältnisse und klimatischen Bedingungen nicht vereinheitlichen lassen, eine konstante Geschwindigkeit im Feld schwer zu halten ist und der individuelle Einfluss des Reiters einen gleichbleibenden Studienaufbau deutlich erschwert, scheint der Feldtest zunächst sehr ungeeignet für wissenschaftliche Untersuchungen“ (UHDE, 2009, S. 167). Der Gebrauch mobiler Messgeräte (HF-Monitoring und GPS) kann jedoch Geschwindigkeitszunahme oder -verlust ad hoc regulieren resp. verhindern, so dass dem o. a. Aspekt der Geschwindigkeitsproblematik widersprochen werden muss.

◆ Für Leistungsanalysen auf dem *Ergometer*, d. h. im Labor, spricht die exakte Reproduzierbarkeit des Belastungsprofils unter identischen Umgebungsbedingungen bei größtmöglichem Ausschluss von Störvariablen und damit Konstanz aller exogenen Einflussgrößen. Experimentelle Laufbanduntersuchungen neutralisieren zwar den potentiellen Störfaktor Klima; natürlicher Luftwiderstand und Ventilation (Wind) für eine leistungsbegünstigende Thermoregulation fehlen jedoch. Beide müssen im Bedarfsfall mit Ventilatoren simuliert werden, um ein Ansteigen der Körperkerntemperatur aus „Überhitzungsgründen“, die beim Pferd durch eine Erhöhung des Pulsschlags um 10-15 S/min zu ergebnisverfälschenden Messwerten führen könnte, zu vermeiden.

Positive resp. negative Einflussnahmen des Reiters im Feldtest, wie von UHDE (2009) erwähnt, entfallen im Labor. Allerdings wird das Gewicht des Jockeys als zusätzlicher Faktor der Belastungsintensität im Trainingsalltag bei Laufbanduntersuchungen in der Regel ignoriert.

Die in der Realität stattfindende Beschleunigung (Startphase) eines Pferdes (Abb. 8) kann aufgrund der Anfangsträgheit des Ergometers nur unzureichend simuliert werden.

Laborstudien an Pferden verursachen ein vom Stereotyp leicht abweichendes Schritt-, Trab- oder Galoppverhalten. Aufsetz- und Abrollbewegungen auf dem Ergometer sind nicht identisch mit dem Laufprofil auf Gras- oder Sanduntergrund. Die Motorik der Tiere entspricht durch die Gegenbewegung des Bandes nicht ganz dem natürlichen Bewegungsmuster (BARREY, GALLOUX, VALETTE und AUVINET, 1993). Die glatte Oberfläche des Laufbandes gewährleistet zwar eine saubere Fußung, jedoch ist die Schrittlänge auf dem Laufband größer und die Schrittfrequenz niedriger als im Feld.

Feldtests haben sich im Pferdesport unter der Voraussetzung einer optimalen organisatorischen Planung - speziell bei der Überprüfung der Parameter Laktat und Herzfrequenz - im Hinblick auf aussagekräftige und statistisch signifikante Ergebnisse als gut praktikabel erwiesen.

Bereits vor ELLENDORFFs (2011) publizierter Empfehlung einer stufenweisen Erhöhung der Herzfrequenz in Feldtests bei fehlender Möglichkeit einer zuverlässigen Überwachung der Geschwindigkeit wählte die 2009 begonnene vorliegende Studie kleinschrittige Herzfrequenzstufen zur Präzisierung der Laktatakkumulation mit akkurater Geschwindigkeitserfassung via GPS.

Nach Abwägung der Vor- und Nachteile von Feld- und Labortests entschied sich die Autorin auf der Basis folgender (pragmatischer) Aspekte für den Feldstufentest:

- Praxisnähe (Trainingsgelände)
- trainingsübliche Bodenbeschaffenheit (Sand)
- natürliche Fußung (Galoppmotorik)
- geringer personeller Aufwand (Kostenfaktor)
- Ausschluss lokaler, apparativer oder personeller Störvariablen (Labor, Messinstrumente, Ergometer, Laborpersonal etc.)
- psychische Konstanz (keine Notwendigkeit für Adaptationsphasen an experimentelle Rahmenbedingungen, da Vollblüter bekanntermaßen zu den leicht erregbaren, sensibleren und nervöseren Pferderassen zählen).

Ein zusätzliches Entscheidungskriterium für den Feldtest waren die im Vorfeld registrierten und tatsächlich eingetretenen bedenkentragenden Reaktionen der angesprochenen Trainer gegenüber einer mit Kontrollverlust verbundenen Laborsituation (Einwände/Gegenargumente: Transportkosten, Haftungsproblematik, Zuständigkeitsunsicherheit, Zeitfaktor). Tests auf heimischem Terrain waren für die Involvierten transparent und nachvollziehbar.

Zusammenfassend sei gesagt, dass sich national und international Stufentests im Feld als leistungsanalytische Maßnahme weder im Pferdesport generell noch im Rennpferdesport im Speziellen hinreichend etabliert haben, obwohl kontinuierliche Laboruntersuchungen zur Leistungszustandsanalyse zeit- und kostenintensiv - und damit für zahlreiche Ställe unerschwinglich - sind. Der Nachteil einer aus o. a. Gründen geringeren Aussagekraft des Feldtests wird daher auch von Veterinärwissenschaftlern gelegentlich in Kauf genommen (PERSSON et al., 1974; LINDNER, 1997).

Abschließend wird die Problematik der Trainingstauglichkeit der unter Laborbedingungen gewonnenen Ergebnisse kurz skizziert.

Zahlreiche Veterinärmediziner und Sportwissenschaftler (LINDNER et al., 2006; WEISHAUPT, 2007; SCHMIDTBLEICHER, 2010) thematisieren das Transferproblem und die Relevanz aktueller Laborstudienkenntnisse für die tägliche Trainingspraxis resp. Trainingssteuerung. „Scientific approaches to training are not widely used in the current practise of training. Possible explanations include: (1) substantial controversy and difficult interpretation of published results. (2) failure of investigators to transfer knowledge to horse trainers [...]. (4) conditioning programmes examined do not fit the ‚real‘ world situation“ (ROGERS et al., 2007, S. 2). Das praxisferne Forschungsverhalten hat die emotionale Distanz eines möglicherweise verunsicherten, aber latent an effektiven Leistungskontrollverfahren interessierten Trainers aktuell offenbar noch nicht verringern können.

## **8.2 Diskussion der Untersuchungsergebnisse Laktat**

Die folgende Diskussion zum Blutlaktatverhalten von Sportpferden generell und *Englischen Vollblütern* im Speziellen konfrontiert die eigenen Studienergebnisse mit denen des veterinärmedizinischen Forschungsstands. Eingangs lässt sich konstatieren, dass die aktuelle Fachliteratur Laktat- und/oder auch Herzfrequenzdaten *Englischer Vollblüter* im *Intervall- und Dauermethodetraining* nur unzureichend erfasst.

Die Diskussion zum Laktatverhalten impliziert mangels themenähnlicher Studien Untersuchungsergebnisse von im weitesten Sinne vergleichbaren Trainingsmodellen, -inhalten und -belastungen für Sportpferde der Rasse Warmblüter (Vielseitigkeitspferde, Traber).

Die Analyse zum Verhalten aller erhobenen Leistungsparameter fokussiert in 8.2.1 → 8.4.6 überwiegend *Individualergebnis-* (Tab. 27) und *Gesamtkollektivvergleiche* (Tab. 14 a-c). Der Mittelwertsvergleich zum Trainingseffizienznachweis der Intervall- und Dauer Methode mit Hypothesenverifizierung/-falsifizierung erfolgt schwerpunktmäßig in Kap. 8.5.4.

Bei keiner Blutentnahme trat eine Zeitüberschreitung durch Abwehrreaktionen der Pferde ein.

### 8.2.1 Laktat in Ruhe

Für die sportmedizinische Leistungsanalyse am Pferd ist der Ruhelaktatwert weitgehend unbedeutend, wird aber dennoch vollständigkeithalber häufig protokolliert. OKONEK (1998) und MELFSEN-JESSEN (1999) verzichten vor Belastungsbeginn auf einen Referenzwert, da generell kein Variationsspektrum des Ruhelaktatgehalts zu erwarten ist. KRZYWANEK und WITTKE (1970), THORNTON et al. (1983) und SCHÄFER (2000) stellen keine signifikanten Veränderungen der Ruhewerte als Folge von Trainingsbelastung fest.

Die Streubreite der Ruhelaktatkonzentration des Gesamtkollektivs (Tab. 14 a) zeigt von Eingangs- zu Ausgangstest keine nennenswerte Differenz.

Der individuell niedrigste Laktatgehalt des Gesamtkollektivs liegt im Eingangstest bei 0,57 mmol/l, der höchste bei 1,1 mmol/l. Die beiden Extremwerte bestätigen damit die in der Literatur angegebenen Eckdaten der Basislaktatgehalte: 0,52 mmol/l - 1,5 mmol/l (LINDNER, 1997) bzw. ca. 1 mol (GOLLNICK, BAYLY und HODGSON, 1986). Die Analyse der Min- und Max-Werte ermittelt im Ausgangstest eine vergleichbare Range von 0,57 mmol/l → 0,90 mmol/l. Intraindividuelle Auffälligkeiten im Ruhelaktat einzelner Probanden aufgrund potentieller dauerhafter Einflussvariablen im Vorfeld der Studie (Trainingsbelastung vor Studienbeginn) oder an den Testtagen (aktuelle Konstitution des Pferds etc.) erfasst die Basislaktatmessung nicht. Die maximale individuelle Reduktion beträgt 0,31 mmol/l, die geringste 0,16 mmol/l. 7 von 12 Pferden zeigen einen geringen Laktatrückgang.

### 8.2.2 Laktat unter Belastung

Eine aussagekräftige Interpretation von Laktatkonzentrationen als Trainingseffizienznachweis verlangt Präzisierung durch weitere Parameter. Da Leistungsparameter in Relation zur Laktatbildung stehen, „[...] müssen zumindest im gleichen Atemzug die Dauer und die Geschwindigkeit der Belastung mitgeteilt werden“ (LINDNER, 1997, S. 23). Beim trainierenden Pferd existiert eine exponentielle Beziehung zwischen einzelnen Belastungsintensitäten (VON ENGELHARDT, 1973; GYSIN et al., 1987). KORTE (2006) bestätigt für Vielseitigkeits-Warmblüter die Korrelation von Blutlaktatwerten und Geschwindigkeit (Belastungsintensität). SEXTON et al. (1990) stellen für jede Herzfrequenzstufe eine signifikante Korrelation mit der Laktatakkumulation fest.

Die vorliegende Studie wählte im 4-Stufentest zur Laktatleistungsinterpretation die Parameter Belastungsdauer (3 min) und -intensität (Herzfrequenz: 155, 170, 185, 200 S/min) (Tab. 9)

und diskutiert im Folgenden Geschwindigkeiten und das daraus resultierende Laktatverhalten im Vergleich zu Belastungsintensitäten ähnlicher Studiendesigns.

### *Belastungsstufe L155*

Der Übergang vom Ruhelaktat in den aerob-anaeroben Schwellenbereich - Belastungsstufe L155 - wird bei Warmblütern im Geschwindigkeitsspektrum von 350-400 m/min (PERSSON, 1983) und bei Vollblütern von 330-350 m/min (VON ENGELHARDT, 2005) nachgewiesen. MELFSEN-JESSEN (1999) kommt zu ähnlichen Werten (330-390 m/min) bei Vielseitigkeitspferden. „Bei den Feldtests zeigte sich, dass erst ab einer Geschwindigkeit von über 400 m/min eine vermehrte Laktatproduktion hervorgerufen wurde, da der Energiebedarf zu diesem Zeitpunkt nicht mehr ausschließlich durch den aeroben Stoffwechsel gedeckt werden kann“ (SCHÄFER, 2000, S. 133). DAHL, CORTEL und LELEU (2006) definieren 500 m/min noch als „low-intensity“ Bereich.

Tab. 24: Laktatverhalten bei vergleichbarer Belastungsintensität (km/h), Eingangstest (L155)

<b>ID9</b>	23,5 km/h	1,30 mmol/l
<b>ID14</b>	24,4 km/h	2,21 mmol/l
<b>ID15</b>	24,6 km/h	1,26 mmol/l

Nur eine Individuallaktatreaktion ermittelt beim Eintritt in den aerob-anaeroben Energiebereitstellungsbereich eine Belastungsintensität von 24 km/h (400 m/min). Vergleichbare Geschwindigkeiten (ID14, ID15) divergieren in der Laktatproduktion um  $\pm 1$  Mol. ID9 und ID15 produzieren weiterhin Ruhelaktatgehalte (Tab. 24).

ID4 produziert in L155 bei 22,1 km/h (360 m/min) noch einen Ruhelaktatwert von nur 0,76 mmol/l und belegt damit zum einen die Aussage „keine Laktatakkumulation unter 24 km/h“ und zum anderen individuelles physiologisches Adaptationsverhalten.

Die Belastungsintensität von  $\pm 24$  km/h wurde im Eingangstest in Belastungsstufe L155 von 5 aus 15 Pferden mit persistierendem Ruhelaktat von 2 Probanden und leichtem Laktatanstieg von 3 Probanden erreicht oder überschritten:

ID1: 33,9 km/h, ID9: 23,5 km/h, ID10: 28,7 km/h, ID14: 24,4 km/h, ID15: 24,6 km/h

ID1: 3,76 mmol/l, ID9: 1,30 mmol/l, ID10: 2,19 mmol/l; ID14: 2,21 mmol/l, ID15 1,26 mmol/l.

ID1 mit dem Maximalwert von 33,9 km/h (3,76 mmol/l) zeigt einen mehr als 100%igen Leistungsvorsprung gegenüber ID5 mit der Minimalgeschwindigkeit des Gesamtkollektivs von 15,1 km/h (1,3 mmol/l). Beide Probanden durchliefen im Vorfeld ein bereits beschriebenes ähnlich undifferenziertes Training in verschiedenen Ställen. Die auffallende Leistungsdivergenz beim interindividuellen Vergleich (L155, SD 4,6 km/h) auf der Stufe niedrigster Belastungsintensität lässt sich demnach nicht als trainingsinduziert erklären (Tab. 14 c).

Legt man die Herzfrequenz als Referenzwert zugrunde, beginnt laut PERSSON et al. (1974) bei Warmblütern die Laktatakkumulation zu einem Anstieg über den Basiswert bei 158 S/min. IVERS (1983) ermittelt eine Belastungsintensität von 150-170 S/min für Thoroughbreds, CLAYTON (1991) 150-185 S/min für unterschiedliche Pferderassen. Für das Gesamtkollektiv werden im Eingangstest L155 Laktatmittelwerte von 2,18 mmol/l (MW 22,4 km/h) erfasst, d. h., die vorliegende Studie schließt sich in Stufe 155 S/min vor Trainingsbeginn partiell veterinärmedizinischen Untersuchungsergebnissen zum Zeitpunkt einsetzender Laktatakkumulation an, während die Geschwindigkeitsentwicklung (MW 24,6 km/h) nach dem Ausdauertraining die o. a. Grenzwerte zur beginnenden Laktaterhöhung bestätigt.

#### *Belastungsstufe L170*

Der intra- und interindividuelle Vergleich von ID13 und ID15 dokumentiert für den letzteren in L170 im Eingangstest eine mit L155 vergleichbare Geschwindigkeit von 24,1 km/h bei höherem Laktatwert (3,63 mmol/l) und erfasst für beide Probanden quasi vergleichbare Geschwindigkeiten bei divergierenden Laktatkonzentrationen und identischer Herzfrequenz:

<b>ID15</b> - 155 S/min	24,6 km/h	1,26 mmol/l
<b>ID15</b> - 170 S/min	24,1 km/h	3,63 mmol/l
<b>ID13</b> - 170 S/min	23,9 km/h	1,23 mmol/l

Diese sowie später folgende Datenanalysen sind Nachweis individueller physiologischer Anpassungsprozesse, lassen Tendenzen erkennen, gestatten jedoch keine Festlegung generell gültiger biologischer Normen zur Feststellung des Ausdauerleistungszustandes bei geringer bis mittlerer Belastungsintensität. „Die Komplexität des Laktatstoffwechsels (Muskelfaserspektrum, Transportmechanismus, Ernährung usw.) führt (beim Menschen)

dazu, dass über die Ursachen dieser individuellen Reaktionen bisher nur spekuliert werden kann“ (HÄGELE et al., 2009, S. 14).

Nach Belastungsstufe L170 im Eingangstest lagen, ausgenommen zweier Probanden (ID5 20,2 km/h; ID13 23,9 km/h), die Geschwindigkeiten des Gesamtkollektivs über 24 km/h - der von Veterinärmedizinern ermittelten Belastungsintensität für Ruhelaktatanstieg - bei Laktatkonzentrationen von 0,82 mmol/l → 5,11 mmol/l. 3 Laktatgehalte entsprachen noch Basislaktaten (ID2 0,82 mmol/l, 25,5 km/h; ID9 1,27 mmol/l, 27,8 km/h; ID13 1,23 mmol/l, 23,9 km/h).

Ein Geschwindigkeitsvergleich der Stufen 1 und 2 dokumentiert, dass in L155 nur ID1 die 30 km/h - Grenze überschritt (33,9 km/h), während in L170 5 Probanden >30 km/h erreichten.

Vergleicht man die Eingangs- und Ausgangsmittelwerte des Gesamtkollektivs in L170, wird der Eintritt in den aerob-anaeroben Energiebereich (>2 mmol/l) erkennbar (Tab. 14 a, c).

### *Belastungsstufe L185*

Das vorliegende Studiendesign fordert in den Teststufen 1-3 geringe bis submaximale Belastungsintensitäten (155, 170, 185 S/min), befindet sich jedoch erst in Stufe 200 S/min nach exponentiellem Laktatgehaltanstieg (MW 15,21 mmol/l) (Tab. 14 a) mit allen Probanden im ca. 90%igen Leistungsbereich und bestätigt mit folgenden Ergebnissen partiell existierende Sportpferdestudien (LINDNER, 1997; HINCHCLIFF et al., 2002), die einen Steilanstieg der Laktatleistungskurve ab ±185 S/min (Tab. 14 a MW 4,71 mmol/l) nachweisen:

9 von 15 Pferden verließen bei 185 S/min - folgt man der herzfrequenzbasierten Eingrenzung der aerob-anaeroben Schwelle - mit individuellen Laktatakkumulationen von 4,18 mmol/l → 8,82 mmol/l den aerob-anaeroben Energiegewinnungsbereich. 6 Probanden blieben mit Belastungslaktaten von 2,14 mmol/l → 3,93 mmol/l in dieser Zone.

Veterinärwissenschaftliche Studien experimentieren weiterhin zur Präzisierung des Leistungszustands an der anaeroben Schwelle (4 mmol/l) mit unterschiedlichen Belastungsintensitäten. PERSSON et al. (1974) ermitteln einen exponentiellen Laktatanstieg erst bei >200 S/min, der - die Ausdauerleistungsgrenze markierend - mit dem Übergang zum anaeroben Metabolismus gleichzusetzen ist. Nach LINDNER (1997) und SCHÄFER (2000) trainieren Pferde bei 180 S/min noch aerob. Für das Gesamtkollektiv ergaben sich im Eingangstest L185: MW 4,71 mmol/l und im Ausgangstest L185: MW 4,00 mmol/l (Tab. 14 a). Intendiert das Trainingsziel „Ausdaueroptimierung“ (aerobe Kapazitätserhöhung), sollten

gemäß o. a. Analysen und Autoren Trainingsreize nicht unter der Belastungsintensität  $\pm 180$  S/min liegen, so dass die in der überprüften Dauermethode angesetzten 170 S/min in einer Anschlussstudie bei adäquatem Belastungsumfang eventuell nach oben korrigiert werden müssten.

„Die sportartspezifische Leistungsfähigkeit ist (bei Menschen) am sichersten auf submaximalen Belastungsstufen (submaximal für Pferde: L185-L200, Anmerkung der Autorin) im Labor- oder Feldtest bei Laktat 2, 3 oder 4 mmol/l bestimmbar. Hilfreich ist dabei die Erstellung einer Laktatleistungskurve oder Laktatgeschwindigkeitskurve“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 178).

Pferde sowie Menschen erbringen laut Fachliteratur konstante Ausdauerleistungen bei Laktatwerten von  $\pm 4$  mmol/l. Definiert man den 2-4 mmol/l-Bereich als den Belastungsbereich, in dem über einen längeren Zeitraum bei einem Laktat-Steady-State trainiert werden kann, so schließt sich diese Studie aufgrund der vorliegenden Daten, insbesondere an der anaeroben Schwelle, der von einigen Sport- und Veterinärmedizinern formulierten Auffassung eines individuell fließenden Übergangs an.

Auch die Ergebnisse der submaximalen Intensitätsstufe L185 bestätigen die bereits erwähnten tierindividuellen biochemischen Reaktionen unter Belastung.

Folgt man zwei Probanden (ID6, ID15) von Stufe L185 nach L200 in den anaeroben Energiebereitstellungsbereich, reagieren die in L185 identischen Laktatakkumulationen bei einer ca. 20%igen Geschwindigkeitsdifferenz in L200 bei vergleichbarer Geschwindigkeit mit einer ca. 35%igen Differenz maximal:

<b>Eingangstest</b>			
<b>ID6</b>	L185	<b>5,12 mmol/l</b>	35,0 km/h
<b>ID15</b>	L185	<b>5,10 mmol/l</b>	44,0 km/h
<b>ID6</b>	L200	19,30 mmol/l	<b>45,3 km/h</b>
<b>ID15</b>	L200	12,90 mmol/l	<b>46,3 km/h</b>

ID10 dagegen hat in L200 des Eingangstests den niedrigsten Laktatgehalt bei identischer Geschwindigkeit: 10,8 mmol/l, 46,3 km/h (Tab. 27).

In L185 laufen 13 Pferde schneller als 30 km/h.

Das Gesamtkollektiv reagiert in L185 auf das Ausdauermethodentraining erneut mit Laktatreduktion (MW -0,71 mmol/l) und Geschwindigkeitszuwachs (MW 4 km/h) (Tab. 14 a, c).

*Belastungsstufe L200*

„Die Relation zwischen Blutlaktatkonzentration und Herzfrequenz kann mitunter sehr variabel ausfallen“ SCHURR (2007, S. 32), wie der interindividuelle Laktatwertevergleich in der Höchstbelastungsstufe dokumentiert: Eingangstest L200, Range 6,06 mmol/l → 23,3 mmol/l; Ausgangstest L200, Range 3,80 mmol/l → 19,9 mmol/l (Tab. 27). Die Beobachtungen „Plasma lactate concentrations of faster Thoroughbreds rise more rapidly and to higher levels than do those of slower horses“ und „High rapid lactate production is advantageous for a Thoroughbred racehorse to compete successfully“ (HARKINS et al., 1993, S. 59) bestätigen einerseits SCHURRs (2007) Feststellung und könnten andererseits die höchste Laktatakkumulation von ID5 (8,82 mmol/l) in L185 bei submaximaler Belastung und die geringsten Geschwindigkeiten im Gesamtkollektiv in L155 bis L185 (Eingangstest) und in L155 und L170 (Ausgangstest) erklären. Das Pferd, ein Trainingsphlegmatiker, war das Zweitschnellste der Intervallstichprobe im Ausgangstest (L200) und einer der erfolgreichsten Probanden in der Saison 2010 mit 2 Siegen, 5 zweiten Plätzen und einer Viertplatzierung.

Bedenken seitens der Besitzertrainer im Hinblick auf eine Überlastung der Pferde wurden im Vorfeld vereinzelt zu Belastungsintensität und -dauer der Stufe L200 (3 min) geäußert.

Die interindividuelle Datenanalyse kann jedoch potentielle Einwände zerstreuen: Eingangstest, Range 35,2 km/h → 52,3 km/h; Ausgangstest, Range 36,7 km/h → 54,0 km/h (Tab. 27) bzw. die Gesamtkollektiventwicklung (MW 46 km/h → MW 47 km/h) (Tab. 14 c). Die kritische Haltung vor Studienbeginn resultierte wahrscheinlich aus einer Fehleinschätzung resp. Unkenntnis realer Rennbelastungen. Das trainierende Personal ist sich der Wettkampfindensität, in der ein Mittelklassepferd 2400 m in  $\pm 2:50$  min mit  $\pm 55$  km/h bei HF 210 - 220 S/min absolviert, offensichtlich nicht bewusst (Abb. 8). Die Kommentare der Trainer „Das Pferd schwitzte mehr“, „Es atmete verstärkt“ indizieren eine subjektiv empfundene hohe Belastung und damit Fehleinschätzung von Belastungsfaktoren.

3 Probanden überschritten auf Sand die 50 km/h-Grenze im Eingangstest (L200), wobei ID8 - später als Lungenbluter identifiziert und daher nicht in Tab. 27 aufgeführt - mit 58 km/h im Hochleistungsbereich lief.

Die folgende Laktatdiskussion rechtfertigt die gewählte Belastungsstufe L200 und die Intervallmethode-Herzfrequenz ( $>200$  S/min).

„Wenn das Pferd „sauer“ geritten wird, wenn das Laktat-Energiesystem bis zur völligen Erschöpfung belastet wird, kann die Konzentration über 20 mmol/l liegen und eine 40-fache Erhöhung der Plasmalaktatwerte eintreten“ (VON ENGELHARDT, 1973, S. 12). HARRIS

und SNOW (1992) geben bei Pferden unter sehr hoher Belastung ebenfalls Plasmalaktatwerte von 40 mmol/l an, wobei man berücksichtigen muss, dass diese 40-50% höher als Vollblutlaktatwerte sind (ROSE et al., 1994). MARLIN, HARRIS, HARMAN und SNOW (1987) ermitteln Plasmalaktatwerte von 20-47 mmol/l. HINCHCLIFF et al. (2002) nennen dagegen „high speed/high intensity exercise“ diejenige Belastung, die >7 mmol/l (<3 min) produziert.

Das submaximale Anforderungsprofil des Stufentests (200 S/min) erreicht weder vor Ausdauertrainingsbeginn noch nach Untersuchungsende den Erschöpfungsbereich:

Eingangstest (n = 15) L200: 3 Probanden <12 mmol/l, 9 Probanden 12 → 19,3 mmol/l, 3 Probanden >20 mmol/l,

Ausgangstest (n = 11) L200: 6 Probanden <12 mmol/l, 5 Probanden 12 → 19,9 mmol/l. Belastungslaktate im Eingangstest in Stufe L200 von 6,06 mmol/l (ID4) → 23,30 mmol/l (ID8) und im Ausgangstest von 3,8 mmol/l (ID4) bis 19,9 mmol/l (ID11) lassen demnach auf eine individuelle mittlere bis hohe Belastung, nicht Überlastung, schließen. Wendet man VON ENGELHARDT's (1973) Überlastungslaktatwerte >20 mmol/l auf die Studie an, hätten drei Pferde im Eingangstest (ID3, 22,4 mmol/l; ID8, 23,30 mmol/l; ID14, 21,0 mmol/l) das Belastungslimit erreicht. Nach MARLIN, HARRIS und SNOW (1991) liegen jedoch die Laktatkonzentrationen des Erschöpfungsbereiches zwischen 15-30 mmol/l.

Die gemessene Laktatadaptation des Gesamtkollektivs ist im Ausgangstest im anaeroben Bereich (L200) am eklatantesten (Tab. 14 a), jedoch im Interkollektivvergleich nicht statistisch signifikant (Tab. 20 a).

Die prozentual größten intraindividuellen Laktatreaktionen liegen bei 2 Probanden der Intervallmethode: ID5 mit 51%iger (15,4 → 6,6 mmol/l) und ID3 mit ca. 30%iger (22,4 → 15,2 mmol/l) Laktatreduktion bei vergleichbarer Belastungsintensität (ID5, 47,8 km/h; ID3, 48,4 km/h) und einem Vertreter der Dauermethode: ID9 (15,2 → 9,39 mmol/l; 44,1 km/h) mit einem Laktatrückgang von 38% (Tab. 27). ID14 (21 mmol/l) gehörte zu den Ausfällen (Bienenstich - Kortisonbehandlung) und ID8 (23,3 mmol/l) schied als Lungenbluter im Ausgangstest vorzeitig aus.

Die Belastungsintensität L200 (Stufentest) bzw. >200 S/min (Intervallmethode) erwies sich zum Nachweis des Ausdauerleistungszuwachses und zur Präzisierung des Eintritts in den anaeroben Energiebereitstellungsbereich anhand der Laktatreaktion als optimal geeignet.

### 8.2.3 Laktat im aerob-anaeroben Schwellenbereich

Seit mehr als 40 Jahren experimentieren Humansportwissenschaftler und mit zeitlichem Verzug auch Veterinärmediziner an der Festlegung eines fixen resp. Anerkennung des flexiblen aerob-anaeroben Schwellenbereichs als Parameter für die Erfassung des Ausdauerleistungszustands.

Unzählige modifizierte Testprofile sind Indikator anhaltender Versuche zu diesbezüglich neuer Erkenntnisgewinnung und resultieren konsequenterweise auch in stets neuen Schwellendaten.

Die generelle Uneinigkeit zur Festsetzung eines fixen Schwellenwertes führte bei Athleten unter Berücksichtigung interindividuell divergierender biochemischer Adaptationen bereits früh zur Einführung des variableren Begriffs der „individuellen anaeroben Schwelle“ (KEUL et al., 1979; STEGMANN und KINDERMANN, 1981), der auch in der Pferdeforschung aufgrund tierindividueller physiologischer Reaktionen Gültigkeit haben sollte.

„Es gibt starke individuelle Unterschiede der Laktatantwort auf Belastung und somit eine große Varianz zwischen den Pferden“ (LEWING, 2001, S. 115), wie folgender interindividueller Datenvergleich an der Schwelle zu anaerober Kapazität exemplarisch bestätigt:

Tab. 25: *Niedrigste und höchste* Laktatwerte L185 im Eingangstest und deren Veränderungen in L200 und im Ausgangstest.

		<b>L185</b>	<b>L200</b>
<b>ID11</b>	Eingangstest	2,14 mmol/l	15,10 mmol/l
	Ausgangstest	2,56 mmol/l	19,90 mmol/l
<b>ID5</b>	Eingangstest	8,82 mmol/l	15,40 mmol/l
	Ausgangstest	1,80 mmol/l	6,60 mmol/l

Tab. 25 zeigt ID5 (Intervallmethode) und ID11 (Dauermethode) mit der jeweils niedrigsten und höchsten Laktatkonzentration in L185 (Eingangstest) mit unsystematisch reagierenden Laktatgehalten im Ausgangstest (L185, L200). ID11 erzielt neben einem weiteren Probanden (ID10 Eingangstest L200: 10,8 mmol/l; Ausgangstest L200: 11,90 mmol/l) höhere Laktatwerte.

Die humansportliche Eingrenzung des aerob-anaeroben Schwellenbereichs (2-4 mmol/l) findet bei Veterinärmedizinern mehrheitlich Akzeptanz (ISLER et al., 1982; WILSON et al., 1983; SEXTON et al., 1990; HARKINS und KAMERLING, 1991; COUROUCÉ et al., 1999) oder vereinzelt Widerspruch.

LINDNER (1997) sieht beim Pferd die aerob-anaerobe Schwelle bei Laktatkonzentrationen im Blut von 1,3 bis 1,8 mmol/l. Ein endgültiger, wissenschaftlich verifizierter Nachweis für die anaerobe Schwelle bei 4 mmol/l wurde im Pferdesport jedoch noch nicht erbracht (STAHEL, 2004; UHDE, 2009). „Der häufig verwendete Begriff eines Laktatschwellenwertes, der den Übergang von anaerober zu aerober Energiegewinnung kennzeichnen soll, ist beim Pferd wissenschaftlich nicht haltbar“ (ELLENDORFF, 2011, S. 75). „Aufgrund der wechselseitigen Beeinflussung ist eine anteilige Zuordnung zu den verschiedenen Stoffwechselprozessen schwierig oder sogar unmöglich“ (HECK et al., 2002, S. 204). „In Wirklichkeit laufen beide Prozesse immer, in wechselnder Dominanz, parallel ab“ (ELLENDORFF, 2011, S. 45). Körperreaktionen ökonomisieren sich individuell, so dass eine fixe Limitierung des Energiegewinnungsbereichs diese Vorgänge nicht reflektieren würde. Darüber hinaus ist beim Pferd neben individuell variierenden Adaptationen die rassenabhängige Laktatantwort zu berücksichtigen (SAIBENE, CORTILI, GAVEZZI, SALA, FAINA und SARDALLA, 1985; KRONFELD et al., 2000).

Prozentangaben zu leistungsrelevanten alaktaziden und laktaziden Anteilen von erbrachter Ausdauerleistung haben aktuelle Studien bisher nicht ermitteln können, wären aber langfristig in der Trainingssteuerung hilfreich.

Weniger geeignet für den Galopper scheint die Trainingssteuerung durch  $V_2$ , da von diesen Tieren kaum Belastungen gefordert werden, die über die Dauerleistungsgrenze hinausgehen (KRZYWANEK, 2006). Die Feststellung wird durch die Gesamtkollektivergebnisse der Stufen L155 und L170 (Eingangstest MW 2,18 mmol/l resp. MW 2,73 mmol/l; Ausgangstest MW 2,98 mmol/l resp. MW 2,52 mmol/l) bestätigt (Tab. 14 a). Ein leistungsdiagnostisches, für das Feld allerdings weniger taugliches, Laktatkontrollverfahren empfehlen COUROUCÉ et al. (1999) mit einem Intensitätsrichtwert von  $V_4$ , den sie als maximale Trainingsgeschwindigkeit unter aeroben Bedingungen (Vermeidung einer Muskelübersäuerung) für geeignet erachten. Leistungsfortschritte wurden nach mehreren durch  $V_4$  gesteuerten Trainingsprogrammen beobachtet (ISLER et al., 1982; GOTTLIEB-VEDI et al., 1995).

Die Analyse folgender Prä- und Post-Trainingsdaten unterstützt die - auch im veterinärmedizinischen Bereich sich aktuell national und international allmählich durchsetzende - Anerkennung einer individuellen Schwelle „in der nach unten und oben offenen Laktatwerteskala“.

Die Probanden der vorliegenden Studie befinden sich im Eingangs- und Ausgangstest (L155 und L170) bei moderater Belastungsintensität mehrheitlich im aerob-anaeroben

Energiebereitstellungsbereich mit zeitgleich ablaufender Laktatakkumulation und -elimination.

Im Dauermethodetraining (170 S/min) arbeiten die Pferde somit ebenfalls (170 S/min: MW 2,73 mmol/l und MW 2,52 mmol/l) (Tab. 14 a) - im empfohlenen Belastungsbereich (2-4 mmol/l). 8 Probanden (Range: 4,18 → 8,82 mmol/l) überschritten im Eingangstest (L185) die diskutierte anaerobe Schwelle (4 mmol/l), dagegen lediglich 3 Probanden (Range: 4,06 → 4,90 mmol/l) im Ausgangstest (L185) bei Gesamtkollektivmittelwerten von 4,71 mmol/l (Eingangstest: MW 35,3 km/h) und 4 mmol/l (Ausgangstest: MW 39,3 km/h) (Tab. 14 a, c). Bei dem Versuch, eine fixe Schwelle quantitativ, d. h. einen Laktatnormwert postulierend, festzulegen, muss der Trainingszustand, der diese durch reduzierte variable Laktatanhäufung zwangsläufig in eine flexible verwandelt (Vorher-Nachher-Effekt), berücksichtigt werden.

Die Belastungsstufen L185 und L200 bestätigen im interindividuellen Laktatwertevergleich den fließenden tierindividuellen metabolischen Übergang zu Arbeit unter Sauerstoffschuld:

Bereits in L185 akkumuliert ID5 8,82 mmol/l, ID11 dagegen nur 2,14 mmol/l.

„Bei Pferden, die submaximal gearbeitet wurden, konnte ein Anstieg der pulmonalen Sauerstoffaufnahme [...] und keine Veränderung der Laktatkonzentration im Blut beobachtet werden“ (BURNLEY et al., 2005, S. 377). Dieser Sachverhalt könnte für ID11 im ±80%igen Belastungsbereich (185 S/min) zutreffen (L155: 2,78 mmol/l, L170: 3,49 mmol/l, L185: 2,14 mmol/l).

Auf der Basis vorliegender Parameter (Laktat, Geschwindigkeit, Herzfrequenz) und deren Interdependenzen erweist sich - bei vorsichtiger Interpretation nach interindividuellem Ergebnisvergleich - die Akzeptanz einer anaeroben flexiblen Schwelle bei 3,0 mmol/l - 5,2 mmol/l (L185) vor *Ausdauertraining* als richtig:

a) Für 4 Pferde in Stufe L185 (Eingangstest), die für 8 Probanden (4,18 mmol/l → 8,82 mmol/l) das Verlassen des aerob-anaeroben Bereiches (>4 mmol/l) bedeutet, ergeben sich bei vergleichbarer Geschwindigkeit bis zu 2 mmol/l divergierende *Laktatkonzentrationen*:

a)

<b>L185 Eingangstest</b>	
<b>ID6</b>	35,0 km/h (5,12 mmol/l)
<b>ID7</b>	33,6 km/h (5,06 mmol/l)
<b>ID12</b>	34,3 km/h (3,90 mmol/l)
<b>ID14</b>	34,4 km/h (3,07 mmol/l)

Das heißt, mit einer Geschwindigkeit von  $\pm 34$  km/h galoppiert ein unspezifisch trainiertes Pferd an der flexiblen anaeroben Schwelle von 3 - 5 mmol/l.

b) *Nach Ausdauertraining* ist bei den selben verbleibenden Pferden aufgrund tierindividueller Reaktionen weder ein Vergleich in Bezug auf Geschwindigkeit noch auf Laktatreaktion möglich:

b)

<b>L185 Ausgangstest</b>	
<b>ID6</b>	42,6 km/h (4,06 mmol/l)
<b>ID7</b>	Ausfall
<b>ID12</b>	36,7 km/h (2,46 mmol/l)
<b>ID14</b>	Ausfall

c) Stellt man vergleichbare *Geschwindigkeiten* (vgl. a) den *Laktatgehalten* nicht identischer Probanden im Ausgangstest (L185) gegenüber, werden Trainingseffizienz und/oder individuelle physiologische Anpassungsphänomene erkennbar:

c)

<b>L185 Ausgangstest</b>	
<b>ID2</b>	34,4 km/h (1,32 mmol/l)
<b>ID4</b>	35,2 km/h (1,94 mmol/l)
<b>ID9</b>	35,5 km/h (3,40 mmol/l)

Die in der Fachliteratur erfasste Geschwindigkeit an der anaeroben Schwelle liegt bei  $\pm 38$  km/h,  $>190$  S/min. Tab. 14 c ermittelt in Abhängigkeit vom Trainingszustand in L185 MW 35,3 km/h (Eingangstest) und MW 39,3 km/h (Ausgangstest), d. h. einen Mittelwert von  $\pm 37$  km/h und bestätigt somit die Belastungsintensität an der Schwelle zu anaerober Kapazität.

d) Setzt man vergleichbare *Laktatkonzentrationen* der Stufe L185 (Eingangstest) mit der Geschwindigkeit in Beziehung, treten weitere individuelle Leistungsentwicklungen auf:

d)

<b>L185 Eingangstest</b>	
<b>ID3</b>	5,07 mmol/l (39,5 km/h)
<b>ID6</b>	5,12 mmol/l (35,0 km/h)
<b>ID7</b>	5,06 mmol/l (33,6 km/h)
<b>ID10</b>	5,76 mmol/l (38,6 km/h)
<b>ID15</b>	5,10 mmol/l (44,0 km/h)

Eine Geschwindigkeitsdifferenz von 11 km/h bei identischer Herzfrequenz (185 S/min) resultiert in quasi identischen Laktatproduktionen (ID7, ID15). Die im Eingangstest erfasste Geschwindigkeit von MW 38 km/h (ID10) produziert  $\pm 5$  mmol/l. Im Ausgangstest (L185) bleiben jedoch aufgrund des Ausdauerleistungszuwachses alle gesunden Probanden unter 5 mmol/l (Range: 3,32 mmol/l  $\rightarrow$  4,9 mmol/l).

e) Grenzt man die *Laktatkonzentration* am Übergang zum oben diskutierten anaeroben Leistungsbereich ( $\pm 4$  mmol/l) stärker ein, ergeben sich im Eingangstest (L185) folgende Geschwindigkeiten:

e)

<b>L185 Eingangstest</b>	
<b>ID9</b>	3,51 mmol/l (33,2 km/h)
<b>ID12</b>	3,90 mmol/l (34,3 km/h)
<b>ID2</b>	4,18 mmol/l (31,3 km/h)

Die zur anaeroben Schwellenüberschreitung bei 4 mmol/l identifizierte Laufgeschwindigkeit liegt bei den Fallbeispielen vor Ausdauertraining bei MW 33 km/h.

f) Die Ausgangstestwerte (L185) der selben Probanden dokumentieren einen Geschwindigkeitszuwachs bei gleichzeitiger Laktatreduktion und fallen deutlicher in den aerob-anaeroben Energiegewinnungsbereich bzw. auf Laktatruhwerte:

f)

<b>L185 Ausgangstest</b>	
<b>ID9</b>	3,40 mmol/l (35,5 km/h)
<b>ID12</b>	2,46 mmol/l (36,7 km/h)
<b>ID2</b>	1,32 mmol/l (34,4 km/h)

Die mittlere Belastungsintensität erreicht nach Ausdauertraining 35,5 km/h.

HELLMOLD (2009) ermittelt an 10 Warmblutwallachen MW 3,92 mmol/l bei 30,6 km/h und verlängerter Dauer (4 min) in der von ihr gewählten identischen Belastungsstufe (185 S/min).

Die hier getesteten Vollblüter akkumulieren nach Ausdauertraining MW 4 mmol/l bei MW 39,3 km/h (3 min) (14 a, c).

g) Stellt man den 3 individuellen Vortrainingslaktatwerten (vgl. e) vergleichbare *Ausgangslaktatgehalte* an der anaeroben Schwelle gegenüber (L185),

g)

<b>L185 Ausgangstest</b>		
<b>ID9</b>	3,40 mmol/l (35,5 km/h)	Dauermethode
<b>ID6</b>	4,06 mmol/l (42,6 km/h)	Intervallmethode
<b>ID13</b>	4,24 mmol/l (43,0 km/h)	Dauermethode
<b>ID10</b>	4,90 mmol/l (43,1 km/h)	Dauermethode

ergibt sich eine Geschwindigkeit von MW 41,0 km/h, d. h., anaerober Metabolismus setzt in dieser Studie je nach Trainingszustand zwischen 33 und 41 km/h bei 185 S/min ein.

Die in (g) angeführten Pferde - nur partiell identisch mit den 3 Eingangstestprobanden - erzielten bei vergleichbarer Laktatproduktion eine 29%ige Steigerung der Geschwindigkeit (vgl. e). Die Entwicklung der Post-Trainingsgeschwindigkeit bestätigen THORNTON et al. (1983, S. 485) und MILLER et al. (1987): „Conditioning increased the speed required to achieve a blood lactate concentration of 4 mmol/l and resulted in significantly lower lactate productions than those before conditioning“. Hohe Standardabweichungen der Laktatwerte in L185 des Ausgangstests (4 mmol/l $\pm$ 3,5) und L200 (11,62 mmol/l $\pm$ 4,97) - Tab. 14 a - diagnostizieren individuell ausgeprägten Leistungszuwachs. TETZNER (2008) ermittelt für Warmblüter ähnlich hohe Standardabweichungen bei Blutlaktatkonzentration und Herzfrequenz und plädiert für weitere Untersuchungen zur Ermittlung von Grenzwerten, in denen physiologische Parameter variieren können, ohne eine negative Beurteilung der Trainingseffizienz zu implizieren.

Die Konkretisierung des Initialtrainingszustands wird in Forschungsprojekten ein elementares Problem bleiben. Zur Erfassung objektiver vergleichbarer Daten der Eingangsleistungsfähigkeit müsste ein zu untersuchendes Kollektiv mehrere Wochen vor Testbeginn kaserniert und motorisch still gestellt werden, eine in praxi generell unrealistische Maßnahme. Der Autorin ist nur eine Studie (HINCHCLIFF et al., 2002) bekannt, in der die

Probanden 12 Wochen vor Testbeginn einem „Detraining“ bei ausschließlicher Boxenhaltung ausgesetzt waren.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass erstens die individuelle anaerobe Schwelle für Rennpferde - je nach Trainingszustand - im Laktatbereich von 3-5 mmol/l bei  $\pm 185$  S/min und einer korrespondierenden Belastungsintensität von  $\pm 33 \rightarrow \pm 41$  km/h liegt und zweitens die im Stufentest gewählte Herzfrequenz von 185 S/min als Trainingsintensität zur Verbesserung aerober Leistungsfähigkeit und deren Nachweis gut geeignet ist.

Die hier diskutierten Ergebnisse bedürfen aufgrund der kleinen Stichproben zur Gewinnung statistisch gesicherter Aussagen weiterer Anschlussstudien mit kleinschrittigen Belastungsveränderungen (z. B. Belastungsdauer). Die endgültige Akzeptanz einer flexiblen Laktatschwelle scheint jedoch auf dem Hintergrund individueller Adaptationsprozesse zieleffizienter.

#### 8.2.4 Laktatgipfel

Studien zum Eintreten des Laktatgipfels, Zeitpunkt des einsetzenden Laktatabbaus und Wiedererreichens des Basislaktatwertes sind multipel, ebenso die zeitlichen Angaben zu deren Verlauf. Da der Laktatpeak nicht Studiengegenstand war, wird er hier nur kurz in Verbindung mit dem optimalen Blutentnahmezeitpunkt angeführt.

Überschreitet die Blutlaktatkonzentration bei Pferden 8 mmol/l nicht, setzt ihr Abbau in der Regel unmittelbar nach Ende der Belastungsphase ein. Liegt der Laktatgehalt über 8 mmol/l, kommt es zu einem weiteren Anstieg, und der Höhepunkt der Laktatkonzentration im Blut liegt umso später je höher die maximale Laktatkonzentration ist (LINDNER, 1997). MARLIN et al. (1991) ermitteln an Vollblütern Vollblutlaktatgipfel bei einer Konzentration von 10-15 mmol/l nach 0-5 Minuten. Weitere Veterinärmediziner messen dagegen den Laktatpeak unabhängig von der Belastungsintensität (v) sofort nach Belastungsende (HARRIS et al., 1992).

LINDNER, VON WITTKE, SCHMALD, KUSSEROW und SOMMER (1992) schlagen als optimalen Zeitpunkt der Laktatprobenentnahme das Belastungsende vor, vorausgesetzt, die Belastungsintensität lag unter 11 m/s (39,6 km/h). Diese Laufgeschwindigkeit, die nach veterinärmedizinischer Definition noch als submaximal gilt, entspricht Stufe L185 mit einem MW 35,3 km/h im Eingangstest und einem MW 39,3 km/h im Ausgangstest (Tab. 14 c). Die Endstufe (L200) ermittelt einen MW 46 km/h (Eingangstest) und MW 46,9 km/h (Ausgangstest), eine Belastungsintensität, die nach LINDNER et al. (1992) einen weiteren Laktatanstieg verursacht. Die Laktatwerte der vorliegenden Studie dienen jedoch nicht dem

Nachweis des Laktatgipfels, sondern primär der Gewinnung aussagekräftiger Leistungslaktate nach submaximaler Belastung.

Die Zeitpunkte der Blutentnahme liegen daher - sich an LINDNER et al. (1992, S. 37) orientierend: „Nach einem Test im submaximalen Bereich ist eine Laktatprobe direkt nach Belastungsende ausreichend zum Leistungsnachweis“ - nicht nur in L185 und L200, sondern auch nach den intensitätsschwächeren Belastungen innerhalb 30 s nach Stufenende.

#### **8.2.5 Laktatelimination**

Die den zügigeren Laktatabbau konditionierenden Bewegungsstrukturen bzw. das motorische Post-Belastungsverhalten stehen zwar nicht im zentralen Studieninteresse, sollten aber im Hinblick auf regenerationswirksame Trainingsplanung (8.5.5) erwähnt werden.

HÄGELE et al. (2009, S. 14) geben eine auf das Intervalltraining anwendbare Empfehlung: „Das aktive Erholungsprotokoll zeigt sich im Durchschnitt bei mittlerer und maximaler Leistung für vier hochintensive aufeinanderfolgende Intervallbelastungen effektiver.“ STEINHÖFER (2003) und FAUDE (2007) bestätigen eine signifikant gesteigerte Elimination der Laktatakkumulation durch Bewegung. „Die aktive Erholung zwischen den Läufen muss zu einer deutlichen Herzfrequenzsenkung führen, um dem Körper die Möglichkeit des Laktatabbaus zu geben“ (KLAUSMANN, 2006, S. 72). Den Effekt der zügigeren Laktatreduktion durch mäßige Belastungsintensität weisen weitere humansportwissenschaftliche Studien an Fußballspielern, Ausdauer- und Sprintathleten ebenfalls nach (BALDARI, VIDEIRA, MADEIRA, SERGIO und GUIDETTI, 2004).

EHRLEIN (1970), KRZYWANEK (1974) und LANGHORST (2003) analysieren Laktat-Erholungswerte von Vielseitigkeitspferden und Trabern mit dem Ergebnis eines schnelleren Stoffwechselprodukteabbaus durch Traben in der Regenerationsphase. MARLIN et al. (1991) stellen dies auch bei Galoppieren fest. Schrittreiten dagegen senkt die Herzfrequenz, forciert jedoch keine beschleunigte Laktatelimination (DAHL et al., 2006). Die Zeitspanne bis zum Erreichen des Ruhelaktatniveaus ist belastungsabhängig und nicht generalisierbar. KRZYWANEK (2006) ermittelt ca. 120 min nach Beendigung eines Rennens eine Normalisierung der Blutlaktatkonzentration und die der Herzschlagfrequenz nach etwa 90 min.

SCHÄFER (2000) misst bei Warmblütern den Basislaktatwert 2-8 Minuten nach Abschluss maximaler Belastung. MARLIN et al. (1991) stellen - nach einem Belastungslaktat von 8 mmol/l - einen Zeitraum von 0-5 Minuten für den Laktatkonzentrationsausgleich zwischen Muskulatur und Blut fest.

Ein bewegungsstrukturiertes Cool-Down zur gezielten Laktatelimination implizierte die vorliegende Studie nicht.

Für Anschlussuntersuchungen zum Thema Trainingssteuerung wird für die Regenerationsphase nach submaximaler Belastungsintensität (Intervalltraining) aus o. a. Gründen eine moderate Bewegungsphase mit gemischt-motorischen Strukturen (3 Gangarten) von bis zu 15 Minuten zugunsten eines ungestörten Adaptationsverlaufs für angemessen gehalten (8.5.5).

#### 8.2.6 Laktat - spezielle Aspekte

◆ Wie bereits erwähnt, können *exogene und endogene Faktoren* den aktuellen Leistungszustand leistungsmindernd oder -fördernd beeinflussen. Jedoch dokumentiert die Fachliteratur weder erfahrungsgelitete quantifizierbare Aussagen noch wissenschaftlich fundierte Ergebnisse zum prozentualen Einwirkungsgrad spezieller Einflussgrößen. Die in Kap. 6.1 geäußerte Annahme, dass situative Besonderheiten in den Heimställen den Leistungszustand der Pferde im Voruntersuchungszeitraum nicht tangierten, kann durch die eingangs erhobenen Laktatwerte weder verifiziert noch widerlegt werden.

Die folgende Analyse unternimmt den Versuch, den Parameter „athletische Vorbildung des Pferdes“ anhand der Eingangsdaten des Gesamtkollektivs zu interpretieren (Tab. 14 a).

Die belastungsschwächeren Teststufen (155, 170 S/min) dokumentieren mit Standardabweichungen von SD 1,03 mmol/l resp. SD 1,32 mmol/l keinen auffallend differierenden Leistungszustand der Probanden.

In Stufe L185 als Übergangbelastungsstufe zur anaeroben Energiegewinnung, in der sich im Eingangstest eine qualitativ bessere konditionelle Ausbildung des Probanden via Laktatwerte nachweisen lassen könnte, beträgt die Standardabweichung  $\pm 1,74$  bei MW 4,71 mmol/l.

Betrachtet man im Eingangstest dieser Stufe (L185) zwei Fallbeispiele aus verschiedenen Ställen, ergibt sich folgender Individualvergleich:

ID4 (2,32 mmol/l, 29,5 km/h) und ID11 (2,14 mmol/l, 37,3 km/h) liegen in L185 unter dem Gesamtkollektiv-MW 4,71 mmol/l. Die vergleichbaren Laktatkonzentrationen von ID4 und ID11 bei bereits hier unterschiedlichen Geschwindigkeiten differieren in L200 mit 6,06 mmol/l (ID4 35,2 km/h) und 15,1 mmol/l (ID11 52,3 km/h) maximal bei einer Geschwindigkeitszunahme von 26% (ID4) und 48% (ID11) (Tab. 27). Die Laktatakkumulation - in Relation zur Belastungsintensität stehend - erfährt einen Anstieg von 161% bei ID4 und von 605% bei ID11. Die wiederholte Befragung der Besitzertrainer gab jedoch keinen Hinweis auf eine individuell optimal gesteuerte athletische Vorbildung. Die

Interpretation der Daten reduziert sich somit auf die Information: ID11 ist im Eingangstest bei identischer Laktatproduktion sowohl in L185 als auch in L200 das schnellere Pferd, hier jedoch bei einem ca. 150% höheren Laktatgehalt als ID4.

ID5 mit dem Höchstwert von 8,82 mmol/l in L185 repräsentiert zu Studienbeginn den „Maximallaktatausreißer“ bei nur 29,9 km/h, erwies sich jedoch, wie bereits erwähnt, als wettkampfstarkes, im Test offensichtlich nicht überdurchschnittlich gefordertes, Pferd. Obwohl ID5 und ID11, aus dem selben Stall kommend, im Vorfeld über den Zeitraum eines Jahres identischen Trainings- und Haltungsbedingungen unterlagen, divergieren Geschwindigkeitsverhalten und Laktatbildung maximal. In L200 (Eingangstest) reagieren ID5 und ID11 mit ähnlichen Laktatantworten (15,4 mmol/l resp. 15,1 mmol/l) bei differierenden Geschwindigkeiten (44,7 km/h resp. 52,3 km/h) auf die Belastung (Tab. 27).

Unsystematisch verlaufende tierindividuelle Laktatleistungskurven bei identischer Belastung wurden bereits dargestellt (8.2.2) und könnten anhand weiterer Probandenvergleiche beliebig fortgesetzt werden.

◆ Die Laktatinterpretation nach *Wettkampfbelastung* gestaltet sich bei Rennpferden nur geringfügig einfacher als bei Vielseitigkeitspferden. „Der Vergleich der Laktatkonzentration nach Beendigung der Belastung hängt (bei Vielseitigkeitspferden) von verschiedenen Faktoren ab“ (WURM, 2004, S. 34). Variierende Geländeprofile, Bodenbeschaffenheit sowie Zwischen- und Endspurts führen, speziell im Vielseitigkeitssport, zu wechselnden Laktatakkumulationen durch vorübergehend erhöhte und damit den aeroben Energiestoffwechsel erheblich störende Belastungsintensitäten. Misst man Laktat in oder nach einem „arbeitsintensiven“ Streckenabschnitt, könnte man fälschlicherweise den plötzlichen Laktatanstieg von mehreren mmol/l als Indikator einer Überlastung für den Gesamtwettkampf diagnostizieren.

Auch bei Galoppieren akkumuliert das Laktat durch einen langgezogenen Zielsprint (300-500 m) stark und kann damit eine vermeintlich vorhandene Ausbelastung für das Gesamtrennen indizieren. Aufgrund der Interdependenz von Sprintlänge und -intensität muss die Laktatkonzentration unmittelbar nach Zieleinlauf daher als alleiniger Parameter der Leistungsinterpretation in Frage gestellt werden.

Jockeys reiten entsprechend der taktischen Vorgabe des Trainers unterschiedlich laktatproduzierende Tempi. Laktatbestimmungen in Rennsegmenten (Startbeschleunigung, Zwischensprints, Kurvengeschwindigkeit, Endspurt) zur Feststellung potentieller Überlastung oder Leistungsreserven wären notwendig, sind jedoch experimentell schwer realisierbar.

Die Schwierigkeit der Laktatmessung und -interpretation bei häufig wechselnden Belastungsintensitäten gilt gleichermaßen für Athlet und Pferd in den noch immer praktizierten geschwindigkeitsgesteuerten Untersuchungsverfahren ohne GPS, die den Reiter zur Aufrechterhaltung einer konstanten Geschwindigkeit Streckenmarkierungen im exakten Zeittakt passieren lassen. Misslingt die Einhaltung der Zeitvorgabe, erhöht sich durch Zwischensprints automatisch die Belastungsintensität auf nachfolgenden Streckenabschnitten, worauf Laktat, ad hoc reagierend, akkumuliert.

Das gewählte herzfrequenzgesteuerte Testverfahren verhinderte Laktatschwankungen.

◆ „Als Prädiktorvariablen für die anaerobe Leistungsfähigkeit und Kapazität beim Menschen werden in vielen Tests die *maximale Belastungs- bzw. „Durchhaltezeit“* und/oder submaximale oder maximale Laktatwerte herangezogen“ (HECK et al., 2002, S. 204).

Die damit einhergehende Gefahr, dem Pferd gesundheitsschädigende Maximalleistungen/Leistungsgipfel in Studien abzuverlangen, ist offensichtlich. Der Mensch handelt „vernunftbegabt“, selbstdeterminierend und reaktiv, ist willentlich beeinflussbar. Ein Pferd (3-Day-Eventer) dagegen kann - insbesondere unter „Zwang“ und Fremdbestimmung - widerstandslos bis zum Herzstillstand laufen. Zur Vermeidung gesundheitlicher Risiken sollte man in der Pferdeforschung auf Maximalleistungstests verzichten.

◆ Der Einfluss von *Alter und Geschlecht* - besonders in der Altersstruktur 3-6-jähriger Pferde - auf den Ausdauerleistungszustand von Vollblut-Rennpferden ist in der Fachliteratur nur unzureichend erfasst. Der spontane Versuch, ein alters- und geschlechtshomogenes Teilkollektiv (4-jährige Wallache, n = 7) in dieser Studie „interkollektiv“ zu vergleichen, muss als nicht repräsentativ betrachtet werden, wurde jedoch unternommen, um möglicherweise Leistungstendenzen dieser Stichprobe erkennen zu können.

Die Laktatwerte der Wallache im Eingangstest in den intensitätsstärkeren Stufen L185 (MW 5,56 mmol/l) liegen wie auch die Ergebnisse von L200 (MW 15,51 mmol/l) höher als die des alters- und geschlechtsheterogenen Restkollektivs (n = 8) L185 MW 3,95 mmol/l, L200 MW 14,9 mmol/l. Ein mit den Belastungsstufen korrespondierender Geschwindigkeitsvergleich der beiden Stichproben führt allerdings zu keinem eindeutigen Leistungsunterschied:

4-jährige Wallache (n = 7): L185 MW 36,4 km/h, L200 MW 46,3 km/h,

5-8-jähriges Restkollektiv (n = 8): L185 MW 35,1 km/h, L200 MW 44,4 km/h.

OHMURA et al. (2002b, S. 635) bestätigen, dass „Further studies are necessary to clarify differences in  $V_{200}$  between male and female horses [...] to design age- and gender-specific training recommendations. Such information is imperative in maximising early performance [...]“.

◆ Ein defizitärer *Gesundheitszustand* kann, wie die Studie belegt, unter anhaltender intensiver Belastung (Intervallmethode) den Leistungsparameter Laktat beeinflussen. VAN ERCK, JAKESOVA, LEKEUX und ART (2006) bestätigen Leistungsminderung bzw. erhöhte Laktatwerte bei Pferden mit dynamischer Obstruktion der oberen Atemwege. „Factors, such as upper respiratory disease, that impair oxygen consumption, decrease aerobic energy supply [...]” (SHEARMAN und HOPKINS, 1995, S. 117). ID1 erreicht im Eingangstest trotz in der 3. Untersuchungswoche diagnostizierter halbseitiger Kehlkopfanomalie unauffällige Laktatwerte von 3,76 mmol/l (L155), 2,74 mmol/l (L170), 3,93 mmol/l (L185) bei Geschwindigkeiten von 33,9 km/h (155 S/min), 38,2 km/h (170 S/min), 34,4 km/h (185 S/min) und überschreitet damit, wie 5 weitere Probanden auch, in keiner der mittleren und submaximalen Belastungsstufen die anaerobe Schwelle (4 mmol/l).

ID1 reagiert jedoch im Ausgangstest in allen vier Belastungsstufen trotz der 6 Trainingswochen oder aufgrund der Kehlkopfanomalie mit weit über den Mittelwerten des Gesamtkollektivs liegenden Laktatkonzentrationen (L155: 9,15 mmol/l, L170: 10,7 mmol/l, L185: 14,0 mmol/l, L200: 16,6 mmol/l gegenüber L200: 12,4 mmol/l im Eingangstest) (Tab. 14 a). Bereits in L155, in der 8 weitere Pferde Laktatkonzentrationen von 0,67 mmol/l → 1,94 mmol/l - der später in L170 ausscheidende Lungenbluter ID8 mit dem Maximallaktatwert 11,60 mmol/l bleibt unberücksichtigt - erreichen, tritt ein Wert von 9,15 mmol/l auf. Nach Kenntnisnahme des überhöhten Wertes gestattete der Besitzer die Fortsetzung des Ausgangstests von ID1.

### 8.3 Diskussion der Untersuchungsergebnisse Hämoglobin

Hämoglobin war als leistungsanalytischer Indikator kein zentraler Studienschwerpunkt, wurde aber als „Nebenprodukt“ im Rahmen der Laktatbestimmung mit erfasst. Im Folgenden stehen Individual- und Gesamtkollektivanalysen zum Hämoglobinverhalten zur Diskussion, während der diesbezügliche Ausdauermethodenvergleich in Kap. 8.5.4 thematisiert wird.

#### 8.3.1 Hämoglobin in Ruhe

„Haematology was often performed early in the morning at rest, but often, due to existent excitation by the act of sampling and subsequent splenic contraction, values were something difficult to interpret” (VAN DEN HOVEN, 2006, S. 525). „Zu einer physiologischen Veränderung der Grenzwertgrößen tragen die Tageszeit, der ernährungsbedingte und

höhenabhängige Hydratationszustand und eine Trainingskarenz bei" (SCHMIDT, PROMMER, STEINACKER und BÖNING, 2006, S. 54).

Einer oder mehrere dieser Einflussfaktoren könnten das Spektrum der in der Studie am Vormittag gemessenen Hämoglobinkonzentrationen erklären. Der Minimalruhwert (Eingangstest) lag bei 9,74 g/dl (ID2), der Maximalruhwert bei 16,9 g/dl (ID3). Die Ausgangswerte zeigen im Gesamtkollektiv eine ähnliche interindividuelle Divergenz: Min 10,49 g/dl → Max 14,20 g/dl (Tab. 14 b).

„Infolge des Ausdauertrainings kam es zu einem signifikanten Anstieg der Hämoglobin- und Hämatokrit-Ruhewerte. Die Reaktion beider Parameter auf Belastung war unverändert“ (SCHÄFER, 2000, S. 154). Dem widerspricht die Hämoglobinreaktion der vorliegenden Studie. Der Ruhehämoglobingehalt des Gesamtkollektivs (Eingangstest MW 12,94 g/dl) erfährt durch Ausdauertraining keine wesentliche Veränderung (Ausgangstest MW 12,36 g/dl) (Tab. 14 b). 6 Pferde zeigen identische Ein- und Ausgangswerte, 4 Pferde reduzieren den Hämoglobingehalt zwischen 1→4 g/dl, 1 Pferd akkumuliert 4 g/dl.

Differenziert man jedoch die Ergebnisse nach Ausdauertraining, ermittelt der Interkollektivvergleich (Tab. 20 b) im Ein- und Ausgangstest statistisch signifikante Unterschiede des Ruhewertes: Dauermethode Eingangstest +1 g/dl und Ausgangstest +2 g/dl gegenüber der Intervallmethode.

### **8.3.2 Hämoglobin unter Belastung**

„Ausdauertraining erhöht deutlich die Transportkapazität des Bluts für Sauerstoff“ (AHONEN et al., 2008, S. 84). „Ausdauertrainierte Sportler weisen ein größeres Blutvolumen und einen höheren Hämoglobingehalt auf als untrainierte Personen“ (WEINECK, 2010, S. 257). „Der Anstieg des Blutvolumens, der Erythrozyten und des Hämoglobins erhöht die Sauerstofftransportkapazität und damit die Ausdauerleistungsfähigkeit“ (WEINECK, 2010, S. 289). Die niedrigen pH-Werte und auch die erhöhte Temperatur der arbeitenden Muskulatur „erleichtern die Sauerstoff-Freisetzung aus dem Hämoglobin“ (VON ENGELHARDT, 2005, S. 717).

„Pferde sind in der Lage, durch Entspeicherung der Milz die Hämoglobinkonzentration im Blut um bis zu 60% gegenüber den Ruhewerten zu steigern. Dadurch kann das Blut bei starker Belastung der Pferde auch 60% mehr Sauerstoff transportieren“ (VON ENGELHARDT, 2010, S. 503). Die vorliegende Studie errechnet im Eingangstest des Gesamtkollektivs einen 47%igen Anstieg des Basishämoglobins auf die submaximale Belastungskonzentration Hb200 und einen 51%igen Anstieg nach Ausdauertraining (Tab. 14

b). **H<sub>01</sub>**, **H<sub>02</sub>**, **H<sub>04</sub>** und **H<sub>05</sub>** (Kap. 5) erscheinen hier durch den Nachweis der Hämoglobingehalterhöhung um 4% für das Gesamtkollektiv falsifizierbar.

VON ENGELHARDT (2005) ermittelt bereits nach schwacher Belastungsintensität eine reizinduzierte Hämoglobinkonzentrationsentwicklung. Die niedrigste Belastungsstufe 155 S/min, von 5 Pferden noch mit Ruhelaktatwerten (<1,5 mmol/l) absolviert, bestätigt eine sofortige Hämoglobinreaktion mit ähnlichen Akkumulationen im Ein- und Ausgangstest (Tab. 14 b):

<b>Gesamtkollektiv</b>	<b>HbRuhe</b>	<b>Hb155</b>
<b>Eingangstest MW</b>	12,94 g/dl	16,97 g/dl
<b>Ausgangstest MW</b>	12,36 g/dl	16,43 g/dl

Mittlere Belastungsanforderung (170 S/min) sowie die intensitätshöheren Stufen dokumentieren eine weitere jedoch geringere Zunahme der Hämoglobinkonzentrationen mit der Ausnahme von Hb170 im Eingangstest (Tab. 14 b, Abb. 11):

<b>Gesamtkollektiv</b>	<b>Hb170</b>	<b>Hb185</b>	<b>Hb200</b>
<b>Eingangstest MW</b>	16,08 g/dl	17,47 g/dl	19,05 g/dl
<b>Ausgangstest MW</b>	17,26 g/dl	17,93 g/dl	18,77 g/dl

Die Begrenzung des Hämoglobingehalts ist sinnvoll, da eine stärkere Zunahme der Erythrozytenkonzentration zu einer zu starken Erhöhung der Blutviskosität und damit zu einer Beeinträchtigung der Fließeigenschaften des Blutes führen würde (VON ENGELHARDT, 2005). Die ungehinderte Transportkapazität des Blutes muss für Maximalleistungen gewährleistet sein.

Verfolgt man exemplarisch zwei Fallbeispiele (ID2 und ID3) und deren individuelle Hämoglobinreaktionen im Eingangstest, ergibt sich in der Entwicklung von Teststufe 1 nach 4 keine eindeutige Zuordnung zur Herzfrequenz, die zunehmende Belastung indiziert, sondern ein einmaliger Anstieg des Ruhehämoglobinwerts in der ersten Belastungsstufe auf einen relativen Hämoglobin-Steady-State (ID3) einerseits resp. eine unsystematisch verlaufende Hämoglobinleistungskurve (ID2) andererseits:

ID3: (Hb155) 19,5 g/dl, (Hb170) 18,5 g/dl, (Hb185) 19,6 g/dl, (Hb200) 19,7 g/dl,

ID2: (Hb155) 17,9 g/dl, (Hb170) 15,9 g/dl, (Hb185) 16,0 g/dl, (Hb200) 18,5 g/dl.

Für ID3 werden bei niedrigster und höchster Belastungsintensität nahezu identische Werte ermittelt.

Ein Vergleich mit Proband ID7 (13,0 g/dl) mit am Mittelwert 12,94 g/dl des Gesamtkollektivs liegenden Ruhehämoglobindaten bestätigt ein ID2 ähnliches Hämoglobinverhalten bis zur maximalen Belastungsstufe:

ID7: (Hb155) 15,2 g/dl, (Hb175) 18,2 g/dl, (Hb185) 16,3 g/dl, (Hb200) 17,2 g/dl.

Die Hämoglobinveränderungen des Gesamtkollektivs weisen jedoch einen mit den Belastungsstufen korrespondierenden systematischen Anstieg des Hämoglobingehalts nach (Tab. 14 b).

Die Hämoglobinkonzentrationen des Gesamtkollektivs im Eingangstest auf Stufe Hb200 ergeben einen MW von 19,05 g/dl nach 6wöchigem Ausdauertraining MW 18,77 g/dl (Tab. 14 b). Der Interkollektivvergleich der Hämoglobinwerte ermittelt im Ausgangstest auf dieser Höchstbelastungsstufe (Hb200) - konträr zu Hb155 → Hb185 (8.5.4) - keine statistisch signifikante höhere Effizienz einer der beiden Ausdauermethoden (Tab. 20 b):

<b>Hb200</b>	<b>Eingangstest</b>	<b>Ausgangstest</b>
<b>Intervalltraining MW</b>	18,39 g/dl	18,68 g/dl
<b>Dauermethodetraining MW</b>	19,64 g/dl	18,88 g/dl

### 8.3.3 Hämoglobin - spezielle Aspekte

◆ „Bei erniedrigtem Hämoglobin ist die Sauerstofftransportkapazität und damit die Ausdauerleistungsfähigkeit vermindert. Wenn bei einem Ausdauersportler das Hämoglobin von 15,5 auf 14,0 g/dl abnimmt, dann führt das zu einer Abnahme der O<sub>2</sub>-Aufnahme und *Leistungsverlust* von etwa 5%“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 202). Der Datentransfer auf Pferde würde analog - im Hinblick auf die ermittelten Hämoglobinwerte des Gesamtkollektivs: Eingangstest MW 19,05 g/dl, Ausgangstest MW 18,77 g/dl - in Hb200 eine Leistungsstagnation nach 6wöchigem Training trotz nachgewiesener reduzierter Laktatkonzentration und erhöhter Geschwindigkeit indizieren. Folgende Fallbeispiele erfassen ebenfalls keine Systematik, die HOTTENROTTs et al. (2010) Aussage (Leistungsreduktion bei Hämoglobinrückgang) für Pferde bestätigen würde (Tab. 27):

	<b>Eingangstest Hb200</b>		<b>Ausgangstest Hb200</b>	
<b>ID1</b>	18,30 g/dl	43,1 km/h	19,80 g/dl	41,9 km/h
<b>ID4</b>	18,20 g/dl	35,2 km/h	17,80 g/dl	36,7 km/h
<b>ID11</b>	20,10 g/dl	52,3 km/h	18,30 g/dl	54,0 km/h

Umfangreichere Stichproben müssten das Zutreffen dieser Behauptung für Pferde verifizieren bzw. eine Transferzulässigkeit prüfen. Untersuchungen an Vollblütern zur Quantifizierung prozentualer Leistungsminderung durch Hämoglobinreduktion sind der Autorin derzeit nicht bekannt.

◆ Individuelle Hämoglobin-*Gipfelwerte* wurden zu Studienbeginn in Hb200 durch 12 von 15 Probanden und durch 9 von 11 im Ausgangstest erreicht, woraus man ableiten kann, dass höchste Hämoglobinkonzentrationen im anaeroben Kapazitätsbereich auftreten bzw. mit submaximaler bis maximaler Leistung einhergehen. Die beiden Individualmaximalwerte des Gesamtkollektivs lagen im Eingangstest in Hb200 bei ID8 (20,5 g/dl) und im Ausgangstest bei ID1 (19,8 g/dl), dessen Kehlkopfanomalie sich in erhöhten Belastungslaktaten, jedoch nicht in einem auffällig veränderten Hämoglobinverhalten manifestiert.

SCHÄFER (2000) bestätigt die vergleichsweise geringe Streuung der Messergebnisse in Ruhe und unter Belastung.

Nach Erfahrungen von VON ENGELHARDT (2005) kann man aus der Höhe der Hämoglobinkonzentration nach Belastungen nur vage Hinweise auf Trainingsfortschritte erhalten, so dass eine differenzierte Feststellung des Leistungszuwachses bei Pferden allein aufgrund der Hämoglobinentwicklung nicht möglich ist.

Das in der vorliegenden Studie erfasste Belastungshämoglobin bestätigt einerseits die in veterinärmedizinischen Studien nachgewiesene eingeschränkte Tauglichkeit dieses Parameters - als einziger oder primärer Leistungsindikator - zur präzisen Bestimmung des Ausdauerleistungsniveaus, aber andererseits im Interkollektivvergleich (Abb. 11, Tab. 20 b) durch den statistisch signifikanten Anstieg des Hämoglobins einen höheren aeroben Kapazitätswuchs der Dauerperiode.  $H_{04}$  und  $H_{06}$  (Kap. 5) können in Bezug auf das Hämoglobinverhalten falsifiziert werden.

#### **8.4 Diskussion der Untersuchungsergebnisse Herzfrequenz/Geschwindigkeit**

Da die wechselseitige Beeinflussung von Herzfrequenz und Laktat bereits diskutiert wurde (8.2.1-8.2.3), stehen im Folgenden - als Nachweis für Leistungszuwachs oder -stagnation - Geschwindigkeitsentwicklung bei konstanter Herzfrequenz und erhöhtem Belastungsumfang im Training sowie das Geschwindigkeitsverhalten in den Stufentests (200 S/min) im Fokus.

#### 8.4.1 Herzfrequenz in Ruhe

◆ Veterinärmedizinische Kurzzeit- und Longitudinalstudien ermitteln relativ einheitlich *Ruhepulswerte* verschiedener Pferderassen von 28-40 S/min (PHYSICK-SHEARD, 1985; HARMEYER, 2000; VON ENGELHARDT, 2005). „Bei Reihenuntersuchungen an Vollblutrennpferden über einen Zeitraum von zwei Trainingsjahren wurden 32 S/min als häufigster Wert für die Herzschlagfrequenz gefunden“ (KRZYWANEK, 2006, S. 39). In der vorliegenden Untersuchung lagen vor Studienbeginn die Ruheherzfrequenzwerte des Gesamtkollektivs zwischen 35-58 S/min nach Aufsatteln in der Box, in der selben Phase nach Studienabschluss bei 31-55 S/min.

Herzfrequenzanalysen weisen mehrheitlich keine trainingsinduzierten Effekte auf die Ruheherzfrequenz nach (PHYSICK-SHEARD, 1985; ROSE et al., 1990; HODGSON et al., 1994; FOREMAN et al., 1996; SCHÄFER, 2000). Sie ist offenbar genetisch determiniert (PHYSICK-SHEARD, 1985).

„Man sollte annehmen, dass in Ruhe das große Herz des trainierten Pferdes durch das größere Schlagvolumen langsamer schlagen würde als das kleinere Herz des untrainierten Pferdes“ (VON ENGELHARDT, 2005, S. 723). Diesbezügliche Untersuchungen deuten jedoch darauf hin, dass beim Pferd eine solche Trainingsbradykardie nicht vorkommt. SCHÄFER (2000) und LEWING (2001) bestätigen diesen Befund für erfahrene Warmblut-Vielseitigkeitspferde. Pferde sind von Natur aus so starke Vagotoniker, dass ein weiteres Absinken der Ruheherzfrequenz kaum möglich ist (UHDE, 2009). Auch quantitative Trainingserhöhung zeigt keine Einflussnahme auf den Vagotonus im Ruhezustand (EHRLEIN, 1970).

Während im Humansport stets eindeutige Hinweise auf Trainingsbradykardie nach längerfristig erfolgten Trainingsverfahren festgestellt werden (JANSSEN, 2003), ermitteln nur wenige Pferdestudien nach Belastungsperioden niedrigere Ruhfrequenzen (ERICKSON, SEXTON, ERICKSON und COFFMAN, 1987; SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, 1990; HENNINGS, 2001). Das Absinken wird nicht auf Trainingseffizienz, sondern auf Gewöhnungsprozesse an die Trainingsprozedur zurückgeführt. KAMIYA et al. (2003) protokollieren eine Ruheherzfrequenzsenkung bei einem Hochleistungspferd (Leistungsklasse: Gruppe II), aus der sie auf eine trainingsinduzierte parasympathische Aktivitätserhöhung und somit Ruhepulssenkung bei Vollblütern schließen.

Eine Veränderung der Ruheherzfrequenz nach 6wöchigem Ausdauertraining wurde in der vorliegenden Studie bei keinem Probanden nachgewiesen. Der Ruhepulsmessung lag kein Langzeit-EKG zugrunde. Sie umfasste den Zeitraum vom Satteln bis zum Verlassen der Box

(±6 min). Intraindividuelle Ruheherzfrequenzvergleiche diagnostizierten keine durchgängig auffälligen Abweichungen und damit keinen permanenten Störgrößeneinfluss.

SZARSKA et al. (2004, S. 215) erfassen altersbedingte „changes of resting HR values in two-year-old horses during their first racing season that are valuable for the estimation of [...] their adaptation to training.“

◆ Während die Ruheherzfrequenz bei Menschen sich als zuverlässiger Indikator für unvollständige Regeneration bzw. trainingsbedingte Überforderung zeigt, indizieren Unregelmäßigkeiten des Basispulses beim Pferd keine Überlastung, aber möglicherweise - wie bei Menschen auch - aufkeimende *Krankheiten*.

HENNINGS (2001) und JANSSON (2003) ermitteln an Warmblütern einen Anstieg des Morgenpulses bei Infektionen und Anbahnung körperlicher Dysbalancen.

Die später diagnostizierten physischen Beeinträchtigungen von ID1 (Kehlkopfanomalie) und ID8 (Lungenbluter) fanden in den Ruheherzfrequenzen keinen Niederschlag.

Die tägliche Herzfrequenzkontrolle vor Trainingsbeginn ist empfehlenswert, denn nur anhand kontinuierlich gemessener Vergleichswerte können Gesundheitsprobleme evtl. früherkannt werden.

◆ *Exogene Einflussfaktoren* (akustische, optische Signale etc.) führen zu vorübergehenden Irritationen der Ruhe- bzw. niedrigen Herzfrequenzen (<130 S/min). Ein kurzfristiges Hochschnellen des Pulses bei Stallgeräuschen (Futteranlieferung, Öffnen der Boxentür) trat bei allen Probanden auf.

Im Stand beim Aufsitzen des Reiters ergaben sich vereinzelt weitere psycho-physiologische Effekte, gefolgt von einem Herzfrequenzanstieg auf bis zu 137 S/min.

◆ SCHURR (2007) weist bei Menschen auf den Störfaktor „*Zeitpunkt der Nahrungsaufnahme*“ hin. Üppige Mahlzeiten verursachen u. U. durch starke Verdauungstätigkeit eine Pulsschlagerrhöhung von bis zu 15 S/min. Diese potentielle Herzfrequenzreaktion konnte ausgeschlossen werden, da Stufentests und Training erst 2-3 Stunden nach den Fütterungen stattfanden.

#### 8.4.2 Herzfrequenz unter Belastung

Sowohl in den Stufentests als auch im Ausdauertraining stellt die Herzfrequenz (Stufentest: 155 S/min → 200 S/min, Intervallmethode: >200 S/min, Dauermethode: 170 S/min) den intensitätsdeterminierenden Parameter dar. „A commonly accepted way to express a horse's work capacity is to calculate its running velocity at heart frequency of 200 S/min ( $V_{200}$ )“ (VAN DEN HOVEN, 2006, S. 624).

Die zu den Herzfrequenzen parallel erfassten Geschwindigkeiten bei zunehmendem Belastungsumfang in beiden Ausdauermethoden dokumentieren Effizienz resp. Ineffizienz der Trainingskonzepte.

◆ WURM (2004) weist die Störvariable „Pferdepsyche“ in der Herzfrequenzreaktion noch bei *submaximaler Belastung* nach und SCHÄFER (2000) stellt den Einfluss von Umgebungsvariablen in besonderem Maße bei niedriger Belastung im Feld fest. Obwohl PERSSON (1983) und EVANS et al. (1988) keinen spontanen Herzfrequenzanstieg aufgrund psychogener Faktoren jenseits 120 S/min ermitteln, fielen in der Datenauswertung der Dauerperiode dennoch vereinzelt Einflüsse akustischer und visueller Signale (Erschrecken vor Tieren, vor mobilen Gegenständen) trotz der den mittleren Leistungsbereich indizierenden Herzfrequenz (170 S/min) auf (ID8).

Ab einer Geschwindigkeit von 450 m/min (27 km/h) gewinnen Trainingseinfluss sowie physische Belastung im Sinne einer Herzfrequenzstabilisierung an Bedeutung (SCHÄFER, 2000). Die vorliegende Studie protokolliert - und damit SCHÄFER bestätigend - Pulsreaktionen auf exogene Faktoren bis zu einer Belastungsintensität von 27 km/h (ID11, ID12).

◆ Mit 210 S/min erreichen einige Pferde schon individuelle *Maximalfrequenzen* (PERSSON, 1997). Weitere Erhebungen ermitteln dagegen eine Herzfrequenzvariabilität im Ausbelastungsbereich von 210-240 S/min (SNOW, 1990). VON ENGELHARDT (2005) und KRYZWANEK (2006) stellen 205-241 S/min bzw. 260 S/min im Leistungsprüfungsbereich fest.

Angesichts des breitgefächerten Spektrums gemessener Belastungsherzfrequenzen stellt sich die Frage nach der genetischen Bevorzugung der im Hochfrequenzbereich angesiedelten Pferde, nach dem „charakterbedingten“ leistungsfördernden Temperament oder nach einer für diese Pferde bereits optimal individualisierten Trainingskonzeption. ID3 ist ein Mittelklassepferd (Ausgleich IV) und überschritt in keiner Rennphase 215 S/min (Abb. 8). Da die maximale Herzfrequenz nicht trainingsinduziert erhöht werden kann, scheint hier entweder eine individuelle genetische Limitierung vorzuliegen oder Schnelligkeits- bzw. Kraftausdauer haben das Leistungsoptimum zur Feststellung höherer Frequenzen noch nicht erreicht. Das Rennen fand während der Studie nach 3wöchigem Intervalltraining statt.

Die Vermutung von HARKINS et al. (1993, S. 56), „[...] that faster horses attain a HR of 200 beats/min at a lower speed than do slower horses“ kann in dieser Studie nicht bestätigt werden. Die in Rennen - als relativer Maßstab des Leistungszustands - erfolgreichen Pferde ID10 (3 Siege, 4 zweite Plätze, 1 dritter Platz, 1 vierter Platz) und ID11 (1 Sieg, 1 Platzierung

in 2010) lagen im Ausgangstest 200 S/min auf dem 2. Rang (ID11, 54 km/h) und 3. Rang (ID10, 49,8 km/h) (Tab. 27), während ID11 im Eingangstest die Spitzenposition und ID10 den 5. Platz einnahmen. Im Intervalltrainingsprotokoll des ebenfalls sehr erfolgreichen ID5 wird ein kurzzeitiger Höchstwert von 74,8 km/h (>200 S/min) (Tab. 18).

Jedes Sportpferd leistet einen unterschiedlichen physiologischen Aufwand zur Aufrechterhaltung einer definierten konstanten Herzfrequenz. Maximal erreichbare Herzfrequenz- und Laktatwerte sind daher variabel und benötigen weitere präzisierende Parameter zur Manifestierung individueller Höchstbelastungsdaten. Die Sportpferdeforschung vermeidet jedoch korrekterweise Studien zur Ermittlung des Leistungslimits, da Training mit hochfrequenten Nahe-Maximalanforderungen „müde“ macht, gesundheitsschädigend wirkt, zur Arbeitsverweigerung und damit zur „Leistungssport“-Untauglichkeit führt.

#### 8.4.3 Herzfrequenz Trab

Die Schritt- und Trabaufwärmphase ( $\pm 15$  min) (Abb. 6, 7) beider Ausdauerkollektive zeigte während des 6wöchigen Trainings keine Intensitätsdivergenzen im Parameter Geschwindigkeit. Die Intervallstichprobe trabte bei MW 13,2 km/h, das Dauermethodekollektiv bei MW 13,5 km/h mit einer mittleren Herzfrequenz von MW 114 S/min resp. MW 101 S/min. Die Warm-Up-Qualität mit empfohlenem  $< 4$  m/s - Tempo war demnach quasi identisch und daher ohne essentielle Auswirkungen auf die Galoppintensivphasen. Auffallend ist im Intervallmethodekollektiv eine relative Homogenität der Individualgeschwindigkeiten bei  $n = 5$  von 7 (Range: MW 14,3 km/h  $\rightarrow$  MW 14,7 km/h) jedoch mit variierender Herzfrequenz (Range: MW 96 S/min  $\rightarrow$  MW 134 S/min), die möglicherweise bereits im Trabverhalten auf individuell unterschiedlichen Leistungszuwachs oder generell auf individuelle physiologische Reaktionen schließen lässt.

ID11 (Dauermethode) mit der Maximaltrabgeschwindigkeit (MW 16,4 km/h) im Gesamtkollektiv läuft bei einer Herzfrequenz von nur MW 91 S/min doppelt so schnell wie ID5 (Intervallmethode) mit der geringsten Geschwindigkeit von MW 8,6 km/h bei höherer Herzfrequenz von MW 108 S/min. Die Höchstgeschwindigkeit von ID11 entspricht 4,5 m/s, einer Belastungsintensität, die speziell kleinere Pferde zu einem Gangartwechsel (Cantern) veranlassen könnte. Es ist jedoch nicht gestattet, die beschriebene Trab-Leistungsdivergenz der Fallbeispiele im Sinne einer höheren Effizienz der Dauermethode zu interpretieren, da ID5, der „Bequeme“, sich als eines der 3 siegreichsten Rennpferde der Gesamtstichprobe erwies.

#### 8.4.4 Herzfrequenz Galopp Dauermethode

Das Anforderungsprofil der Dauermethode verlangte eine konstante Herzfrequenz von 170 S/min bei progressiv erhöhtem Belastungsumfang von 1000 m nach jeweils 2 Wochen (3500 → 5500 m). Sie stellt eine Belastungsintensität im aerob-anaeroben Schwellenbereich (Laktat-Steady-State) sicher, lässt bei oben definierten Belastungsumfängen kontinuierliche Adaptationen zu und schließt eine Überlastung des kardiovaskulären Systems zuverlässig aus (8.2.2-8.2.3). „Work performed below 200 beats/min level is rather aerobic“ (HARKINS et al., 1993, S. 53).

Die Herzfrequenz der Galoppintensivphase unterlag - bis zur Stabilisierung des Plateauwertes (170 S/min) - bei Trainingsbeginn regelmäßig geringfügigen Schwankungen ( $\pm 20$  Sekunden) aufgrund kurzfristig erhöhter Anfangsgeschwindigkeit oder der „Vorstarter-Reaktion“ (LINDNER, 1997; MARLIN et al., 2002; HEDDERICH, 2006; KRZYWANEK, 2006). Die hierzu exemplarisch ausgewählte Trainingspulsfrequenzkurve von ID9 (Abb. 7) erreichte vorübergehend  $\pm 190$  S/min, pendelte sich jedoch innerhalb weniger Sekunden bei der Belastungsvorgabe  $\pm 170$  S/min ein. Diese in der Veterinärmedizin bekannten Artefakte sind im Folgenden nicht Diskussionsgegenstand. Sie traten bei allen Dauermethodeprobanden in ähnlicher Ausprägung auf und erweisen sich für die Dateninterpretation als bedeutungslos.

„Die HF reagiert (bei Menschen) empfindlich auf eine Leistungssteigerung, sie signalisiert bereits nach acht Tagen Training eine Funktionsumstellung, indem sie durch vegetative Einflüsse (Vagotonus) abnimmt“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 167). Durch das vorliegende konstante Anforderungsprofil (170 S/min) werden jedoch keine Herzfrequenzadaptation, sondern biochemische Reaktionen (Laktat, Hämoglobin) und im Training eine via GPS kontinuierlich erfasste Geschwindigkeitsentwicklung erwartet. SOBOTTA et al. (2001) sehen in der Herzfrequenz einen Indikator, der die Intensität einer Belastung gut wiedergibt, allerdings keine Aussagen über die Dauer einer Belastung zulässt. Die Belastungsdauer ( $\rightarrow \pm 9$  min) in Kombination mit der gewählten Herzfrequenz im aerob-anaeroben Kapazitätsbereich scheint in der vorliegenden Studie bis zum gewählten Höchstbelastungsumfang auch aufgrund der raschen Erholungsherzfrequenzen unbedenklich. Die anfangs von Besitzern und Reitern kritisch bewertete Maximaldistanz (5500 m) bei 170 S/min konnte von allen Probanden ohne Leistungseinbruch (Tab. 28) oder vorzeitigem Trainingsabbruch absolviert werden.

Auffallend bei der Herzfrequenzanalyse war die Tendenz des erfahrenen Personals, knapp unter der definierten Herzfrequenz 170 S/min zu trainieren. 6 von 8 Jockeys blieben beispielsweise in 12 von 20 Trainingseinheiten (3500 m, MW 167 S/min) kurzzeitig mit bis

zu 16 S/min unter 170 S/min. Dieses Verhalten kann in der Gewissenhaftigkeit der Auftragserfüllung, eine Herzfrequenzüberschreitung vermeiden zu wollen, begründet liegen. Die individuelle „vorsichtige“ Zurückhaltung des Reiters setzte sich trotz Trainings-/Gewöhnungseffekt bis Studienende fort. ID9 und ID11 galoppierten in allen Belastungsumfängen der 6 Trainingswochen optimal an der Richtherzfrequenz (ID9: MW 174 S/min, ID11: MW 171 S/min) (Tab. 19).

Obwohl die geringe Unterschreitung der Herzfrequenz nicht ergebnisbeeinflussend ist, müsste bei der Festsetzung der Herzfrequenz die jetzt vorhersehbare und möglicherweise wiederholt auftretende Reaktion der Jockeys in einer Anschlussstudie einkalkuliert werden.

Angesichts dieser reiterbedingten geringfügig reduzierten Belastungsintensität und der in Kap. 8.2.3 - Training an der aerob-anaeroben Schwelle - diskutierten Voraussetzungen einer Leistungsoptimierung empfiehlt es sich, ein Dauermethodetraining nicht unterhalb einer Herzfrequenz von 180 S/min durchzuführen.

#### **8.4.5 Herzfrequenz Galopp Intervallmethode**

Das in der vorliegenden Studie im Intervalltraining verwendete HF-Monitoring kontrollierte zuverlässig die Einhaltung der Belastungsintensität ( $>200$  S/min) sowie das interserielle Absinken der Herzfrequenz auf 120-130 S/min und widerspricht damit DOBBERSTEIN (2004), die die Herzfrequenzmessung zur Beurteilung der Belastungsintensität während des Intervalltrainings - ohne Angabe von Gründen - für wenig aussagekräftig hält.

Exogene Einflüsse konnten im Intervalltrainingsverlauf bei submaximaler Herzfrequenz (185-200 S/min) nicht mehr registriert werden. Jedes neue Intervall bewirkte jedoch in der Anfangsphase (Startbeschleunigung) einen deutlichen Anstieg der Herzfrequenz auf über 200 S/min, partiell mit Werten im Hochfrequenzbereich. Der Maximalwert des Gesamtkollektivs (222 S/min) wurde von ID5 im 3. Intervall (3x600 m) für die Dauer von 9 Sekunden erreicht (Tab. 17).

Die individuelle Maximalherzfrequenz ist für das Training keine wichtige Kenngröße und wird nach Ansicht der meisten Veterinärmediziner durch dieses nicht beeinflusst (EVANS et al., 1988; ELLENDORFF, 2011). Nach KAMIYA et al. (2003) lag in deren Studie die maximale Herzfrequenz der Galopper 11 Tage vor den Rennen im Training bei  $216 \pm 5,4$  S/min bzw. 4 Tage vor den Rennen bei  $212 \pm 4,5$  S/min und erfuhr laut der Autoren im Untersuchungszeitraum keine trainingsinduzierten Veränderungen.

Das Spektrum der individuellen Mittelwerte der Herzschlagfrequenz einzelner Intervalle ergab bei:

- 3x400 m, MW 203 S/min (ID1) → MW 212 S/min (ID5),
- 3x600 m, MW 201 S/min (ID4) → MW 216 S/min (ID5),
- 3x800 m, MW 202 S/min (ID4) → MW 217 S/min (ID5).

Die Reiter erfüllten für alle Probanden die Intensitätsvorgabe >200 S/min.

Die herzfrequenzabhängigen interseriellen Pausenlängen variierten interindividuell (3x400 m, Range: 30-112 s; 3x600 m, Range: 38-168 s; 3x800 m, Range: 40-195 s), wobei sich weder pulsbedingte längere Unterbrechungen noch schnell sinkende Erholungswerte im nächsten Intervall als leistungsbeeinflussend erwiesen.

Bei ID5 stieg, offensichtlich in Antizipation eines weiteren Intervalls, bereits bei erneutem Betreten des Streckenabschnitts die Herzfrequenz als Folge psychogenen Einflusses mehrfach ohne Belastung wieder auf  $\pm 140$  S/min. ID5 ließ ab der 3. Woche nach dem 3. Intervall jeder Trainingseinheit eine schneller sinkende Herzfrequenz, möglicherweise ein Gewöhnungs- und daraus resultierenden Entspannungseffekt, erkennen. ID5 hatte gemäß der Beobachtung des Reiters „zählen gelernt“, war im psychologischen Sinne konditioniert.

Das Geschwindigkeitsverhalten - als Parameter für Konditionszuwachs - bei submaximaler Herzfrequenz (>200 S/min) dokumentierte im Intervalltraining weder Leistungsreduzierung noch -einbruch im Höchstbelastungsumfang 3x800 m (Tab. 30) wie auch Fallbeispiel ID5 belegt (Tab. 18).

Für weiterführende Studien an Englischen Vollblütern der Mittelklasse sollte eine Herzfrequenz von >200 S/min für die höchste Intensitätsstufe in der Intervallmethode verbindlich sein, da Training generell auch wettkampfähnliche Reize (Abb. 8) zur Erhöhung der anaeroben Kapazität setzen muss.

#### 8.4.6 Herzfrequenz Erholungswerte

In der veterinärmedizinischen Literatur werden Herzfrequenzerholungswerte nach Belastungsende als aussagekräftiger Indikator für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit eines Pferdes gesehen. Studien für „individual heart-rate recovery models“ nehmen zu (SZARSKA et al., 2004). „Nach der Belastung nimmt die Herzfrequenz zunächst sehr rasch, dann aber relativ langsam wieder ab. Wie lange es dauert, bis das Ruhenniveau wieder erreicht ist, hängt von der Intensität und Dauer der Belastung ab. Trainingszustand und Leistungsvermögen spielen ebenfalls eine nicht unerhebliche Rolle“ (KRZYWANEK, 2006, S. 39).

STRAUB et al. (1982) stellen die Aussagekraft der Erholungsherzfrequenz in Frage, da während der Beruhigungsphase davon ausgegangen werden muss, dass Umwelteinflüsse und

andere Störfaktoren sowie der Charakter des Pferdes wieder vermehrt Einfluss nehmen und dadurch von der Herzfrequenz nur bedingt diagnostische Werte abgeleitet werden können.

Für die Pulsnormalisierung wird ein Zeitraum von 0-5 Minuten nach Belastungsende ermittelt und mit gesunkener Sympathicusaktivität sowie Hypertrophie des Herzmuskels und einer damit verbundenen Erhöhung des Schlagvolumens erklärt (HODGSON et al., 1994; FOREMAN et al., 1996). Bei adäquatem Trainingszustand sollte der Puls des Warmblüters nach submaximaler Belastung innerhalb von 5-6 Minuten auf unter 100 S/min oder auf 50% der gemessenen maximalen Herzfrequenz gefallen sein (TETZNER, 2008). Auffällig war bei 5 Pferden (ID5, ID8, ID11, ID12, ID13) eine weitere zügige Reduktion der Herzfrequenz um bis zu  $\pm 15$  S/min bei Ankunft in der Box und beim Absatteln (psychogene Einflussgröße).

Da in der vorliegenden Studie nicht der Zeitpunkt des Wiedereintritts des Ruheherzfrequenzniveaus erfasst werden sollte, der gemäß o. a. Erkenntnisse einem multifaktoriellen Einfluss unterliegt, wurde die Erholungstendenz nur als Zusatzparameter für den Nachweis des Ausdauerleistungszuwachses deskriptiv festgestellt. Die Stufentestkontrollen dokumentierten 3 Minuten nach Belastungsende ( $>200$  S/min) Erholungsfrequenzen im Gesamtkollektiv von: MW 123 S/min (Eingangstest), MW 115 S/min (Ausgangstest) (Tab. 15, 16). Die von TETZNER (2008) protokollierte Halbierung der Herzfrequenz nach submaximaler Belastung im Zeitraum von 5-6 min wird im Ausgangstest bereits 3 Minuten nach Stufenende (200 S/min) nahezu erreicht (MW 115 S/min). Die methodenspezifische Differenz von 8 bzw. 9 S/min weist eine Tendenz zu schnelleren Erholungsfrequenzen nach und damit auch die Trainingseffizienz beider Ausdauermethoden.

## 8.5 Diskussion der Untersuchungsergebnisse Training

15 Jahre andauernde Beobachtungen und persönliche Erfahrungen der Autorin mit Trainingsabläufen in deutschen und ausländischen Rennställen waren Anlass zu dieser Studie mit dem Ziel, Training qualitativ und praxisnah zu verändern.

◆ Der in Abb. 15 (LINDNER et al., 1992a) erfasste *Belastungsumfang* zweier deutscher Rennställe dokumentiert während 11 Wochen einen der Verfasserin bekannten - damals sowie aktuell uniform praktizierten - täglichen Trainingsverlauf. „Insgesamt lagen die eingesetzten Distanzen an 91% der Tage unter 2000 m“ (LINDNER et al., 1992a, S. 179).

Bei beiden Trainern erfährt der Trainingsumfang der 2jährigen Trainingsanfänger und älteren erfahreneren Vollblüter nur eine unbedeutende Differenzierung. Die 2jährigen Pferde trainieren laut LINDNER et al. (1992a)  $\pm 1800$  m bei  $\pm 12$  m/s über den gesamten Zeitraum.

Dies entspricht einer Geschwindigkeit von 43,2 km/h, die das in der vorliegenden Studie getestete altersheterogene Gesamtkollektiv in 185 S/min *nach* Ausdauertraining (MW 39,3 km/h) noch nicht erreicht und in 200 S/min (MW 46,9 km/h) überschreitet (Tab. 14 c). Das heißt, das Training erfolgte bei  $\pm 195$  S/min.

OHMURA et al. (2002b) schlagen dagegen für knapp 2jährige bei Trainingseinstieg 600-1000 m mit einer Geschwindigkeit von 500 m/min (30 km/h) vor, die dem in der Dauerperiode (170 S/min) erfassten mittleren Belastungsreiz von MW 481-545 m/min (3500 m, 4500 m, 5500 m) entspricht (Tab. 19). Vergleicht man die für junge Vollblüter von OHMURA et al. (2002b) empfohlene Geschwindigkeit mit den Leistungen im Intervalltraining, dokumentiert die Studie eine deutlich höhere Reizsetzung für ältere im Training stehende Pferde (Tab. 30), die wiederum mit den von LINDNER et al. (1992a) ermittelten Belastungsintensitäten ( $\pm 12$  m/s = 43 km/h) von 2jährigen partiell vergleichbar ist.

DAVIE (2006, S. 79) beobachtet „[...] in practice, exercise intensity on fast days varies from 16 to 18 m/s; equivalent to racing speeds for distances between 1200 and 2000 m.“ Diese Angaben entsprechen einer Belastungsintensität von 61 km/h (17 m/s) im Training, die bei Ausgleich III und IV-Pferden oft nur im Rennen als kurzfristiges Peak-Tempo auftritt (Abb. 8). Aussagen zu Belastungsumfang, -dauer bzw. -frequenz fehlen.

Auch VON WITTKE, LINDNER, DEEGEN und SOMMER (1991) dokumentieren eine Galoppdistanz, die während der Rennsaison an 84% aller Trainingstage 2000 m nicht überschreitet. Der erfasste Belastungsumfang stellt nicht eine Addition von Teilgaloppstrecken unterschiedlicher Intensität, sondern eine einmalige ununterbrochene Trainingsbelastung dar. Eines der Grundprinzipien humansportwissenschaftlicher Trainingsteuerung - Reduzierung des Trainingsumfangs bei steigender Intensität (HOLLMANN und HETTINGER, 2000) - wird nicht beachtet. „Progressive loading“ (FAULSTICH und LANGE, 1989) ist Voraussetzung für die funktionelle Anpassung des Organismus an Belastung.

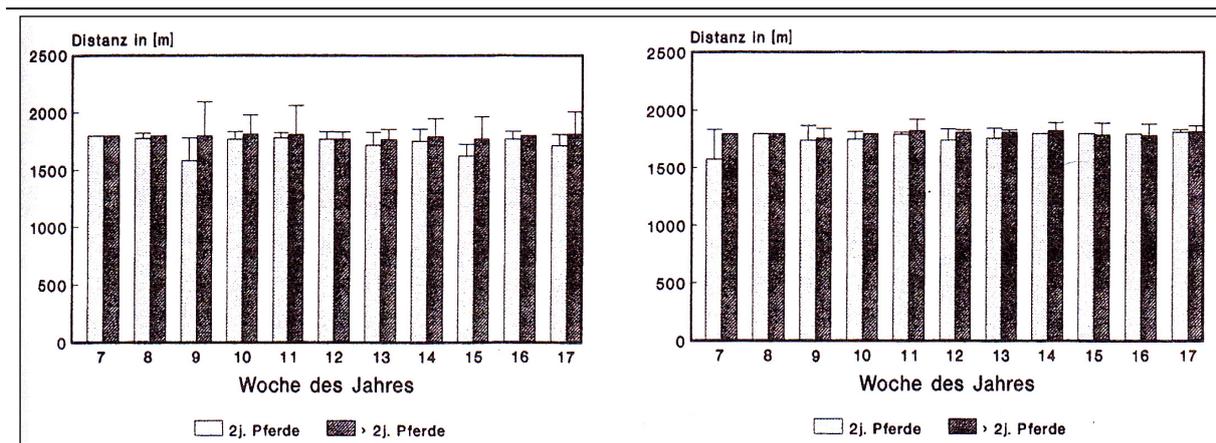


Abb. 16: Durchschnittliche tägliche Distanz der Galoppphasen bei zweijährigen und älteren Pferden von Trainer A (links) und B (rechts) aus Köln (nach LINDNER et al., 1992a, S. 177).

OHMURA et al. (2002b) erfassen in einem japanischen Rennstall den täglichen Belastungsumfang für 2jährige Vollblüter, der sich in der Galoppphase (Cantern) bei Trainingsfortschritt deutlich - besonders in der wettkampfnahen Phase (Februar - April) - von deutschen Trainingsumfängen dieser Altersgruppe unterscheidet (Tab. 26, Abb. 16).

Tab. 26: Trainingsprogramm eines japanischen Rennstalls für 2jährige Vollblüter (nach OHMURA et al., 2002b, S. 634).

<b>November</b>	W = 1600 m	T = 1600-2000 m	C = 1200-1600 m
<b>December</b>	W = 2000 m	T = 1600 m	C = 1600-2400 m
<b>January</b>	W = 2000 m	T = 1600 m	C = 2400-3200 m
<b>February</b>	W = 2400 m	T = 1600 m	C = 2400-4000 m
<b>March</b>	W = 2400 m	T = 1600 m	C = 2400-4000 m
<b>April</b>	W = 2400 m	T = 1600 m	C = 2400-4000 m

W = walk; T = trot; C = canter

JANSSON (2005) erhebt Galoppphasen von 500-2500 m (ca. 1-3 min). HEDDERICH erfasst noch 2006 im Training, wie bereits LINDNER et al. (1992a), eine Belastungsdauer im Galopp von  $\pm 3$  min. ROGERS et al. (2007) ermitteln ein 4minütiges Galopptraining. Ein Untersuchungsabstand von 15 Jahren (LINDNER et al., 1992a  $\rightarrow$  ROGERS et al., 2007) lässt weder eine Veränderung der Belastungsdauer im zentralen Konditionssegment noch eine qualitative Optimierung der Trainingsinhalte erkennen.

◆ Variable *Belastungsintensitäten* zur unmittelbaren Rennvorbereitung protokollieren LINDNER et al. (1992b) in 74 von 831 Trainingseinheiten nur am 2. und 5. Tag vor einem Wettkampf. Gelegentlich wird - gemäß ihrer Beobachtung - sogar das „anaerobe Training“ zur Erhöhung der Ermüdungsresistenz durch den Wettkampf selbst substituiert. Deutsche

Stallbesitzer trainieren in der Regel nur an einem Wochentag unter wettkampfählicher Belastungsintensität ohne Erhöhung des Belastungsumfangs auf Gras mit „near-maximal“ Geschwindigkeit auf der Zielgeraden. Die Trainingsbelastung steigt nicht reizwirksam im Hinblick auf einen anstehenden Renntag an. Leistungsdeterminierende Faktoren wie Schnelligkeitsausdauer oder Schnellkraft werden in Start- oder Zielsprintserien nicht explizit trainiert. Nur wenige Rennställe praktizieren - als mögliche Trainingsvariante - zwei „Intensivtrainingseinheiten“.

Kritisch angemerkt werden muss, dass trotz veterinärmedizinisch nachgewiesener erhöhter Verletzungsanfälligkeit 2jähriger Vollblüter wachstumsspezifische Besonderheiten in der Trainingsgestaltung damals wie heute ungenügend Berücksichtigung finden (8.1.1 c). Bereits 1983 postuliert IVERS altersspezifische Trainingskonzeptionen für 2jährige. EVANS (1994, S. 359) fordert für junge Vollblüter anfangs „low-intensity exercise including trot and slow canter, so-called ‚endurance training‘ [...] to increase aerobic work,“ andere Autoren jedoch gesundheitsstabilisierende Trainingsprofile mit integrierten höheren Belastungsintensitäten. HUSKAMP et al. (1996, S. 58) stellen fest: „Die Festigkeit des Skeletts für die Rennbelastung wird im Training nicht durch langsame Arbeit und begrenztes Tempo, sondern durch stetige Arbeit unterbrochen von kurzen Intervallen schnelleren Galopps gefördert.“ Hier fehlen exakte Angaben zu Belastungsintensität, -umfang oder -dauer. Zur Entwicklung der Muskelkraft halten YAMANO et al. (2002, S. 1408) „[...] high-intensity exercises over relatively short distances (1600-3200 m) performed in five sessions per week for c. 16 weeks“ für geeignet, wobei in Anbetracht von Abb. 16 die Definition „kurze Distanzen“ (bis zu 3200 m) auffällt. Offensichtlich unterliegt - nach Durchsicht der Fachliteratur - das japanische Vollblüter - Training generell anderen Belastungsnormativen, die sich jedoch bisher international nicht als prinzipiell leistungseffizienter erweisen (Tab.1).

LINDNER et al. (1992b, S. 319) ziehen als Resümee ihrer Trainingsdokumentation in insgesamt 4 deutschen Rennställen, dass die Qualität eines dort praktizierten Galoppertrainings „sehr wahrscheinlich nicht für alle Alters- und Leistungsklassen adäquat ist.“

Da sich bis 2011 keine erkennbare Akzentuierung weiterer spezieller Belastungssegmente (Starttraining, Zwischensprints, High-Speed Einheiten als Wettkampfsimulation) etabliert hat, könnte man unterstellen, deutsche Trainer verfolgen das Trainingsziel „Konditionserhalt“ statt Leistungsoptimierung.

Die tendenzielle Ablehnung objektivierender leistungsüberwachender Messgeräte ist bekanntermaßen in Deutschland ebenso verbreitet wie die Resistenz gegenüber

leistungswirksamen methodologischen Trainingsinnovationen. Sollte jedoch das „Trainingsziel“ Verzicht auf leistungsoptimierendes individualisierendes Training sein, um in Rennen ausschließlich das genetische Potential für Zuchtauglichkeit nachzuweisen, wird jede Diskussion zur Trainingssteuerung ad absurdum geführt.

Davon ausgehend, dass Galoppsport trotz aller sichtbaren Widersprüchlichkeiten im Trainingsalltag Leistungsfortschritt beabsichtigt, muss man 2 für Trainingserfolge notwendige elementare Komponenten festhalten:

- die des veterinärmedizinischen Forschungskomplexes mit hochspezialisiertem Detailwissen und darauf aufbauenden trainingsmethodologischen Reflexionen,
- die des „Endkonsumenten“ Trainer, dem potentiellen Nutznießer und Anwender der Forschungsergebnisse, dem als „Nicht-Wissenschaftler“ pferdespezifisches und praxistaugliches Wissen kommuniziert werden muss.

Misslingt weiterhin der Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Trainingsbasis, den Rennpferdealltag, gerät die Forschung zum Selbstzweck ohne praktisches Anwendungsgebiet. LINDNER wies schon 1997 daraufhin, dass Jahre vergehen werden, ehe trainingsrelevantes Forschungswissen zu Schnelligkeitsausdauertraining oder Trainingssteuerung - unter Einbeziehung humansportlicher theoretischer Kenntnisse im Bereich Trainings- und Bewegungslehre - auch für den Rennsport publiziert wird.

### **8.5.1 Aufwärmen**

Durch ein adäquates, sportart- oder disziplinentorientiertes Aufwärmen sollen verbesserte Ausgangsbedingungen für die neuromuskuläre, organische und seelisch-geistige Leistungsfähigkeit bzw. Leistungsbereitschaft des Sportlers geschaffen werden, die auch im Sinne einer optimalen Verletzungsprophylaxe wirken (WEINECK, 2010). „Bekannt ist, dass ein Aufwärmen vor einer intensiven Belastung die Sauerstoffaufnahme beschleunigt, den aeroben Energiestoffwechsel verstärkt und die Zeitspanne bis zum Ermüdungspunkt verlängert“ (JANSSON, 2005, S. 491). Die Bedeutung dieser Trainings- oder Vorwettkampfphase und deren notwendige substantielle Strukturierung ist den Besitzertrainern in der vorliegenden Studie, die beispielsweise einen 20-30sekündigen Aufgalopp zur Startmaschine als angemessene muskuläre Vorbereitung für die folgende Intensivbelastung halten (Abb. 8), nicht geläufig. Die diesbezüglich zu beobachtende Praxis an Renntagen widerspricht bisherigen sportwissenschaftlichen Warm-Up Erkenntnissen/Konzeptionen oder beruft sich auf die angeborene Bereitschaft zu spontaner Höchstleistung des Fluchttiers „Pferd“.

Die Fachliteratur enthält minder qualifizierte und keine wissenschaftlich überprüften Aussagen zur optimalen Länge einer leistungsrelevanten Aufwärmphase für Vollblüter. „Erst nach 10 Minuten sind die Gelenke genügend mit Gelenkflüssigkeit geschmiert und können stärker belastet werden“ (OVERESCH und WUMKES, 1999, S. 72).

JANSSON (2005) vergleicht ein langes Aufwärmtraining im Trab (1200 m) mit anschließendem Galopp (1200 m) und ein kurzes Trabtraining (500 m) mit kürzerem Galoppumfang (600 m) und stellt zwischen beiden Gruppen keinen Unterschied bei Körperinnentemperatur, Herz-, Atemfrequenz und Gewichtsverlust fest. Aufgrund der Ergebnisse könnte man vermuten, dass die Aufwärmphase möglicherweise in der Trainingsstrukturierung zu vernachlässigen ist. Belastungsdauer und -umfänge dieser Studie sind jedoch kaum zum Nachweis einer Gewichtsreduktion geeignet.

Die Aufwärmphase in der vorliegenden Untersuchung umfasste auf Anweisung einheitlich für alle Probanden bis zu 15 min Schritt und Trab. Für eine zukünftige Trainingssteuerung wird jedoch im Warm-Up eine Gangartvielfalt (Wechsel von Schritt, Trab und Cantern) zur Vorinnervation der am Galopp beteiligten Muskeln empfohlen. Ruhiges Cantern bei „aufgerolltem Hals“ - in Frankreich als „Galop de chasse“ bekannt und praktiziert - unterstützt beispielsweise vorbereitend die große Rückenstrecker Muskulatur vor der eigentlichen Galopparbeit.

Ein 15-20minütiges Aufwärmprogramm - mit Antizipation der Wettkampfbewegungsstruktur „Galopp“ bei einer Herzfrequenz von  $\pm 130-150$  S/min - sollte für die muskuläre Vorbereitung optimal sein (8.4.3), bedarf jedoch für Vollblüter weiterer Untersuchungen.

### **8.5.2 Intervallmethode**

Die Diskussion zum Effizienzvergleich Intervall- und Dauerperiode wird vorerst separat mit trainingstheoretischen Darstellungen zu beiden überprüften Ausdauerverfahren und Referenzen zur vorliegenden Studie (Erfahrungswerte, Trainingsempfehlungen) eingeleitet.

Im Zentrum des zweiten Teils der Diskussion (8.5.4) steht der Mittelwertvergleich der vor und nach dem Ausdauermethodentraining erhobenen Leistungsindikatoren (Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit) unter Einbeziehung der Kap. 7.1, 7.2.

Das Grundanliegen dieser Studie bestand in der Suche nach effizienten Ausdauerverfahren mit trainingstauglicher Praktikabilität für Trainer und involviertes Personal. Die im Humansport wissenschaftlich nachgewiesenen Effekte des Intervalltrainings lassen diese Trainingsform für die im Galoppsport erforderliche Entwicklung von Schnelligkeits- und Kraftausdauer mit anaerober Energiebereitstellung als optimal geeignet erscheinen.

International existiert jedoch zur Analyse und Anwendung der Intervallmethode im Rennpferdetraining, wie LINDNER et al. noch 2006 (S. 88) feststellen, nur „[...] limited published work on the effect of this type of exercise using intensive short intervals in the field to condition horses for racing.“

Die Konzeption eines Intervalltrainings setzt bei Trainern detaillierteres sportmedizinisches und trainingswissenschaftliches Basiswissen voraus als der Entwurf bzw. die Realisierung eines Dauermethodetrainings. Insbesondere für die Intervallmethode gilt: „Training [...] needs to be designed to incorporate the application of a stress to the horse and of equal importance to allow sufficient recovery time for overcompensation and adaptation to occur“ (WILSHER et al., 2006, S. 78). Die dafür notwendige optimale Selektion von Trainingsinhalten „[...] is always a difficult decision for a trainer as there are no absolute measures of fitness“ (MARLIN et al., 2002, S.199).

Der unbekannte Initial-Konditionsstatus der teilnehmenden Probanden führte im Vorfeld dieser Untersuchung zu vorübergehender Unsicherheit bei der Festsetzung der Belastungsnormative. Nach Befragung der Besitzertrainer zu deren praxisüblichen Trainingsabläufen konnte jedoch von einem relativ homogenen Leistungszustand aufgrund quasi identischer Trainingsinhalte ausgegangen werden. Diese Tatsache führte zur Wahl derjenigen Belastungsparameter (6.5.2), die sich an bisher probaten Belastungsintensitäten in der Fachliteratur orientieren und überlastende gesundheitsschädigende Effekte vermeiden, indem sie die Anforderungsprofile der Galopprennen berücksichtigen und nicht über- bzw. partiell auch geringfügig unterschreiten.

Über die Wirkung hochintensiver kurzzeitiger Trainingsbelastung - als Element des Intervalltrainings - besteht in human- und tiermedizinischen Publikationen überwiegend Konsens. HOTTENROTT et al. (2010) weisen nach, dass im Humansport Training mit höheren anaeroben Anteilen meist zu einer schnelleren Leistungsentwicklung führt und die Entwicklung der aeroben Leistungsgrundlagen bei eingestreuten Intensitätserhöhungen nicht beeinträchtigt wird. HINCHCLIFF et al. (2002, S. 14) betonen, eine Zunahme aerober Kapazität sei nur durch regelmäßige „chronic repetitive high intensity exercises“ möglich.

HIRAGA et al. (1997, S. 79) bestätigen: „Higher intensity training is required to substantially improve cardiorespiratory function in [...] Thoroughbred horses“ und LACOMBE, HINCHCLIFF, GEOR und LAUDERDALE (1999) erkennen eine Leistungsbeeinträchtigung bei reduzierter anaerober Kapazität, womit sie die Bedeutung dieser für ein Hochleistungspferd notwendigen Energiequelle unterstreichen.

Reizwirksame Trainingsinterventionen zur Ausschöpfung und Erhöhung des aktuellen Leistungszustands - „The key factors in this are the intensity, duration, frequency of galopps and recovery period“ (WILSHER et al., 2006, S. 80) - und deren optimale Dosierung müssen langfristig in den Kompetenz- und Verantwortungsbereich interessierter Trainer fallen.

RIVERO (2007, S. 331) warnt jedoch: „Overload training, with exercises of high-intensity (>100% of  $VO_{2max}$ ) prolonged beyond a basic and specific training of about 16 weeks should be avoided in athletic horses to reduce the risk of overtraining, a syndrome recognized as a major causes of poor performance.“ BRUIN et al. (1994) ergänzen, dass eine Erhöhung der Intensität der zwischen intensivem Training liegenden regenerativen Einheiten einen Überlastungszustand induzieren kann. Diese Erkenntnis würde in der vorliegenden Studie nicht gegen eine weitere - als zusätzliche ausdaueroptimierende Maßnahme zum Intervalltraining - pro Woche gezielt einzusetzende aerobe Belastungseinheit sprechen, deren Intensität unter Berücksichtigung der Intervallbelastungsnormative festgelegt werden müsste. Zur Prävention vorzeitiger Ermüdung oder eines Übertrainings und daraus resultierendem Leistungsabfall ist ein singulärer Maximalsprint als einziger täglicher Trainingsinhalt zu vermeiden. Auch Weltklassesprinter führen neben weiteren Reizsetzungen nur ein bis zweimal pro Woche Maximalsprints durch (SCHURR, 2006); Rennpferdetrainer dagegen kennen in der Regel nur *eine* Maximalleistung *pro Woche* ohne weitere differenzierte Reizinterventionen.

LINDNER et al. (2006) wählen in ihrer 6wöchigen Pferdestudie Intervalle von 2x100 m (submaximale Geschwindigkeit, 12-14 m/s, identisch mit den Stufentestergebnissen auf 200 S/min) (Tab. 14 c) bei einer Pausenlänge von 10 min im Schritt:

- Kollektiv 1, einmal 2x100 m Intervalle pro Woche,
- Kollektiv 2, zweimal 2x100 m Intervalle pro Woche,
- Kollektiv 3, dreimal 2x100 m Intervalle pro Woche

mit dem Ergebnis leistungsgünstigster Laktat- und  $NH_3$ -Adaptationen in Kollektiv 2.

Der dargestellte Belastungsumfang erscheint für alle 3 Stichproben sehr gering, denn eine aerobe Kapazitätsverbesserung wird nur bei genügend starker Belastung der Pferde im anaeroben Bereich erfüllt (VON ENGELHARDT, 2010). Die Belastungsintensität von 46,8 km/h (13 m/s) (LINDNER et al., 2006) ist zwar höher als die im Ausgangstest der Intervallmethodestichprobe ermittelte Geschwindigkeit von MW 44,7 km/h bei 200 S/min (Tab. 22 c), jedoch liegt der Belastungsumfang mit  $\pm 2300m$  deutlich höher.

Vergleicht man das Anforderungsprofil der Intervallmethode auf der niedrigsten Belastungsstufe (3x400 m, zweimal pro Woche, mit 1-3minütiger lohnender Pause), ergeben

sich noch individuelle Trainingsgeschwindigkeiten von MW 42 km/h → MW 45 km/h trotz größeren Belastungsumfangs gegenüber LINDNER et al. (2006). 10minütige Pausen garantieren bei LINDNER et al. (2006) quasi vollständige Erholung nach der von ihm gewählten Belastungsintensität im Gegensatz zur lohnenden Pause der vorliegenden Untersuchung. LINDNER et al. (2006, S. 91) schlussfolgern aus der Datenanalyse: „There seems to be evidence that with the type of exercise examined the fitness of racing horses can be maintained and eventually improved.“ Angesichts der höheren Belastungsparameter im Intervalltraining dieser Studie - mit tendenzieller und im Leistungsindikator Geschwindigkeit statistisch signifikanter Ausdauerleistungsverbesserung (Tab. 22 c) - kann der von LINDNER et al. (2006) gewählte niedrigere Belastungsumfang maximal einer Aufrechterhaltung des konditionellen Status, kaum aber einer Optimierung desselben dienen.

Aufgrund von EATON, EVANS, HODGSON und ROSEs (1995, S. 1565) Nachweis, „that even for sprint races, the aerobic energy system contributes as much as 70-80 percent of the total energy“, empfiehlt sich für das Wettkampftraining neben dem Erwerb von Schnelligkeitsausdauer punktuell eine aerobe Kapazitätsverbesserung durch Belastung an der Dauerleistungsgrenze, die der Stufentest im 185 S/min-Bereich ermittelt.

Ein langer Zielgeradensprint (400-600 m) verlangt Schnelligkeitsausdauer und Reserven für Maximalgeschwindigkeit, für deren Erreichen die Intervallumfänge (400-800 m) geeignet sind. Obwohl die intensive Intervallmethode das Anforderungsprofil eines Wettkampfes bzgl. Intensität (>200 S/min) und Umfang (3x800 m = Länge eines Steherrennens) optimal simulieren kann, findet sie im Rennsporttraining nur ansatzweise Anwendung. Die Nebenstimuli dieser Methode für Sehnen, Bänder und Gelenke, die zu einer deutlichen Kräftigung der gewichtsaufnehmenden Hinterhand führen (GALLOUX, 2002), wirken sich nicht zuletzt auch als Verletzungsprophylaxe positiv aus.

Der Parameter Geschwindigkeit dokumentiert einerseits für keinen Probanden im Maximalbelastungsumfang (3x800 m) eine Bestleistung im ersten Intervall und andererseits keinen erschöpfungsinduzierten Leistungseinbruch in den folgenden Intervallen (Tab. 29). Die Trainingsprotokolle erfassen intraindividuelle Geschwindigkeitsdifferenzen - unsystematisch auftretend - von nur  $\pm 2$  km/h innerhalb der 3 Intervalle.

Zur Vermeidung einer vegetativen Fehlsteuerung, die durch häufige ausgeprägt anaerobe Energiebereitstellung mit relativ starker Ausschüttung der Hormone Noradrenalin und besonders Adrenalin charakterisiert ist (DE MARÉES, 2002), wählte die Studie nur 3 Intervalle, da der Konzentrationsanstieg dieser Starthormone bei zunehmender Belastung auch beim Pferd stressbedingte Irritationen und Nervosität verursacht.

In aktuell geführten Diskussionen zur Wirkung aktiver oder passiver interserieller Pausengestaltung zwecks Förderung eines schnelleren Laktatabbaus tritt der neu entdeckte Aspekt möglicher leistungsbegünstigender Effekte der Laktatakkumulation auf. Zunehmend existieren Nachweise, dass Laktat dem Körper kurz- (oxidativer Energiestoffwechsel) sowie langfristig zu besserer Toleranz starker Reizsetzungen verhilft. „Bei intensiven Belastungen akkumulierendes Laktat wird nicht mehr als muskelemüdender Faktor, sondern als Energiereservoir [...] gesehen“ (HÄGELE et al., 2009, S. 10).

Verschiedene Studien im Humansport belegen bei wiederholten hochintensiven Intervallbelastungen mit aktiver Pausengestaltung positive Auswirkungen auf den Leistungszustand (FAUDE, 2007). Intervalltraining bei mittlerer bis submaximaler Belastungsintensität verzichtet in der Regel, wie auch die vorliegende Studie, auf aktive zugunsten unvollständiger Pausen. Das Absinken der Herzfrequenz auf 120-130 S/min in der lohnenden Pause minimierte die Gefahr einer Überlastung. Die herzfrequenzdeterminierte Erholungsphase sollte daher bei empfohlenem höheren Belastungsumfang (3x900 m) beibehalten werden.

Im Falle einer Reorganisation der Trainingsprozesse müssten sich Trainer speziell bei der Wahl des intensiven Intervalltrainings mit den negativen Phänomenen eines Übertrainings, seinen Symptomen und Erscheinungsformen vorab gründlich auseinandersetzen. „As with any athletic activity (human, canine or equine) there will always be some level of risk associated with extending the limits of physical performance and achievement“ (PARKIN, 2004, S. 75). „Das Übertrainingssyndrom (beim Menschen) („overtraining syndrom“, „staleness“) ist charakterisiert durch einen Abfall der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit trotz weitergeführten oder sogar intensiviertem Training mit teilweise ausgeprägten Befindlichkeitsstörungen, der auch nach einer verlängerten Regenerationsphase von willkürlich festgelegten 2 bis 3 Wochen noch nachweisbar ist“ (URHAUSEN und KINDERMANN, 2002, S. 121). „Daher sind bei der Gestaltung einzelner Trainingseinheiten die Regenerationszeiten von entscheidender Bedeutung“ (SCHURR, 2006, S. 66).

Die Ermüdungen können beim Menschen laut STEINHÖFER (2003) physischer, mentaler, sensorischer, motorischer und emotionaler Natur sein. WEINECK (2010) nennt als Übertrainingsindikatoren Tremor, verzögerte Erholung, leicht erhöhte Körpertemperatur, Ruhepulsbeschleunigung, Erregung, Schlafstörungen und uncharakteristischen Blutdruck. Einflüsse des Übertrainings bei Pferden auf das psycho-physische System „[...] include chronic fatigue, increased heart rates and blood lactate concentrations during standardized

sub-maximal exercise protocols, unwillingness to train, poor appetite, weight loss and gastrointestinal and/or respiratory problems” (RIVERO, 2007, S. 330).

ELLENDORFF (2011) fügt weitere charakteristische Symptome hinzu: Koordinationsschwäche, Widerstand gegen Anforderungen, Lethargie, Nervosität, verzögerte Erholung der Herzfrequenz nach Belastung und übermäßiges Schwitzen. Laktatakkumulation sowie die bis zu 41,4° C ansteigende Muskeltemperatur scheinen darüber hinaus für einsetzende Ermüdung verantwortlich zu sein (SCHUBACK, ESSÉN-GUSTAVSSON und PERSSON, 1999). VON ENGELHARDT (2005) bestätigt die leistungsmindernde Hyperthermie. Der Überlastungs-/Erschöpfungszustand kann zu zentralnervösen Störungen führen (MILLER und LAWRENCE, 1986), die sich in unkoordinierter Interaktion der Gliedmaßen und untypisch kräftigen Kopfbewegungen, wie sie nach Rennen häufig zu beobachten sind, manifestieren. Durch Übertraining verursachte Unlust an der Arbeit macht sich bei Pferden häufig auch durch ein Wegdrehen von oder Scheuen vor der Trainingsbahn bzw. Trainingsstätte bemerkbar.

Eine intendierte zeitlich limitierte Überlastung mit dem Ziel „Leistungszuwachs“ diskutieren Humansport- und Veterinärwissenschaftler gleichermaßen positiv. Dieser Prozess darf jedoch nicht fälschlicherweise mit Übertraining gleichgesetzt werden.

„Die Frühphase der Entwicklung eines Übertrainings, eines Überlastungszustands, wird als „Overreaching“ bezeichnet - es wird im Rahmen eines Blocktrainings beim Menschen bisweilen gezielt angesteuert - und stellt eine Art Kurzzeit-Übertraining dar“ (WEINECK, 2010, S. 969). Leistungstraining des Sportpferds beinhaltet immer die Wiederholung von Belastungen und gezielte Überlastung zur Verbesserung von konditioneller, koordinativer und psychischer Leistungsfähigkeit und Fitness (ELLENDORFF, 2011). Bei einem vergleichbaren Trainingszustand können beim Menschen allerdings gleiche Reizkonfigurationen in einem Fall zur Superkompensation, im anderen Fall zum Übertraining führen (HOHMANN et al., 2006).

Häufigste Ursachen für einen Überlastungszustand beim Athleten sind über einen längeren Zeitraum wiederholt absolvierte belastungsintensive Trainingseinheiten, insbesondere im anaerob-laktaziden oder hochintensiven Ausdauerbereich und innerhalb kurzer Zeit stark angestiegene, Trainingsumfänge oder häufige Wettkämpfe (URHAUSEN et al., 2002).

Eine leistungsmindernde Überdosierung kann aufgrund unprofessioneller Kenntnisse primär im Intervalltraining bei falsch gewählten hochfrequenten Belastungsintensitäten auftreten und hat für ein „sprachloses“ Hochleistungspferd fatale Konsequenzen, da Missempfindungen nach unvollständiger Regeneration oder „Motivationsschwund“ als Folge monotoner

Trainingsbelastung nicht kommuniziert werden können. „The physiological variables [...] may help in the detection of acute overtraining, they include an increased heart rate for the same submaximal velocity, higher submaximal and maximal postexercise blood lactate concentrations, decreased bodyweight and a blunted postexercise plasma cortisol response” (HAMLIN et al., 2002, S. 388). Fallbeispiel ID11 bestätigt dies nicht. Trotz höherer Blutlaktatkonzentration nach Ausdauertraining (Eingangstest: 15 mmol/l, 52,3 km/h; Ausgangstest: 19 mmol/l, 53,9 km/h) (Tab. 27) indiziert dieser Wert keine Überlastung, denn das Pferd zählte nicht nur während der Testphase, sondern auch in der nachfolgenden Rennsaison 2010 zu den leistungsstärksten Probanden des Gesamtkollektivs.

In den Grenzbereichen des Übertrainierens und auch der Unterforderung muss mit der Priorität der Gesunderhaltung des Pferdes weiter geforscht werden, da individuelle physiologische Reaktionen und psychische Dispositionen auch beim Pferd die Schwelle zum Übertrainingssyndrom verschieben.

Die von mehreren Autoren formulierte Forderung nach „High-Intensity-Exercises“ wurde im Belastungsprofil der Intervallmethode aufgrund eines Verantwortungsbewusstseins gegenüber Pferd und Besitzern nicht in vollem Umfang erfüllt.

Rückblickend kann auf allen Intervallmethode-Stufen der Belastungsumfang um ca. 100 m erhöht werden. Zum einen scheint die Initialbelastung der Eingangsserie 3x400 m (1200 m + Pausen) bei >200 S/min selbst für einen Sprinter (1000 m - 1400 m) als reizwirksame Intensität zu gering, zum anderen würde ein 3x900 m Intervallhöchstumfang, bei >200 S/min und lohnenden Pausen, die Wettkampfdistanz eines Stehers (2200 m - 2400 m) (Abb. 8) im Sinne eines „Kurzzeit-Übertrainings“ oder „Overreachings“ leicht übertreffen und den aktuellen Belastungsumfang (1600 m ±500 m) in deutschen Rennställen bei gleichzeitiger Intensitätserhöhung (>200 S/min) im Hinblick auf Ausdaueroptimierung deutlich verlängern (8.5).

### 8.5.3 Dauermethode

Differenzierte Definitionen zur Zielsetzung und zum Anwendungsspektrum der Dauermethode sind in der humansportlichen Fachliteratur zahlreich publiziert (3.2.1, 4.4). Mangels rennsportorientierter Dauermethodekonzepte stützt sich die veterinärmedizinische Literatur nahezu ausschließlich auf Querverweise zu sportwissenschaftlichen Publikationen.

◆ Die variable Dauermethode für Humansportler ist nach SCHURR (2006) durch ein mittleres Tempo (aerob - anaerober Schwellenbereich) bei einer Herzfrequenz von 170 S/min über 25-35 min charakterisiert. Während die vorliegende Untersuchung eine identische - für

Pferde ebenfalls im aeroben Ausdauerbereich liegende - Herzfrequenz wählt, liegt die *Belastungsdauer*, das Anforderungsprofil von Renndistanzen berücksichtigend, unterhalb der Empfehlungen einiger Sportwissenschaftler. STEINHÖFER (2003) gibt für Leichtathleten ein Langzeitausdauertraining von 10 Minuten → mehrere Stunden und für Mittelzeitausdauer 2 → 10 Minuten an.

Die trainingstheoretischen Überlegungen zum Ausdauertraining von MARLIN et al. (2002, S. 200): „Regardless of the discipline for which the horse is being prepared, no horse needs to do more than 2 hours' LSD (long slow distance) per day, although many horses, such as riding school horses, would be perfectly capable of more than this,“ offenbaren die Diskrepanz zur Trainingspraxis deutscher Rennställe mit einer Gesamtdauer von maximal 1 Stunde (3.1, 8.5, Abb. 16) mit dem Kernstück “Conditioning-Phase” ( $\pm 3$  min), das einer extrem reduzierten „Dauermethode“ entspricht und bei dieser Belastungsdauer mit mittlerer Belastungsintensität nicht die für ein Rennen erforderliche anaerobe Kapazität verbessert. „Running at speeds achieved during races, horses obtain approximately 30% of their immediate energy needs from anaerobic metabolism” (EATON et al., 1995, S. 1564).

Da Vollblut-Rennpferde, nicht 3-Day-Eventer, Untersuchungsgegenstand waren, orientierte sich die Studie an den Laufzeiten der Renndistanzen von Mittelklassestehern (2400 m,  $\pm 2:55$  min), folglich an einer Mittelzeitausdauer, die für einen intendierten Ausdauerleistungszuwachs verlängert wurden:

$\pm 7$  min (3500 m),  $\pm 8$  min (4500 m),  $\pm 9$  min (5500 m).

◆ DAHL et al. (2006, S. 104) schlagen im Ausdauertraining einen *Belastungsumfang* für Warmblüter von 2x2500 m oder 3000 m „at medium speed ending with 500 m at maximal speed“ vor. Der erstgenannte Belastungsumfang von 5000 m - jedoch ohne Präzisierung der Parameter Herzfrequenz oder Geschwindigkeit - nähert sich dem Höchstbelastungsumfang dieser Studie und damit ebenfalls einer Mittelzeitausdauer von  $\pm 9$  min.

Die progressive Erhöhung des Belastungsumfangs (3500 m → 4500 m) entspricht einer 28%igen Steigerung. Die Gesamterhöhung (3500 m → 5500 m) liegt bei 57% und resultiert in einer 200%igen Verlängerung der Belastungsdauer.

◆ Angaben über die *Belastungsintensität* bei Pferden an der aerob-anaeroben Schwelle als optimaler Trainingsbereich für aeroben Kapazitätswachstum divergieren in der Fachliteratur (8.2.3). AMORY, ART, LINDEN, DESMECHT, BUCHET und LEKEUX (1993) setzen für aerobes Galopptraining Herzfrequenzen von 150-170 S/min an, die mit einer Geschwindigkeit von etwa 522-642 m/min ( $\pm 34$  km/h bei 580 m/min) korrespondieren, während anaerobe Kapazitätserhöhung bei Herzfrequenzen von über 190 S/min und einer Geschwindigkeit

>642 m/min (38 km/h) erreicht werden soll. Während IVERS (1983) und SPRINGORUM (1986) ebenfalls eine Herzfrequenz von 150-170 S/min angeben, empfiehlt VON ENGELHARDT (2005) Training im aeroben Bereich bei 160-180 S/min, der im vorliegenden Stufentest auf 185 S/min von = 9 (aus = 15) *vor* und von = 4 (aus = 11) *nach* Ausdauertraining verlassen wird. KORTE (2006) postuliert für Warmblüter ein aerobes Basistraining bei 170-190 S/min mit späterer Integration von Belastungen an der anaeroben Schwelle bei Herzfrequenzen von 190-200 S/min (Sprinttraining). GALLOUX weist 1996 die anaerobe Energiebereitstellung bei 200 S/min nach. Die vorliegende Studie ermittelt je nach Trainingszustand (Eingangs-/Ausgangstest) im Gesamtkollektiv Geschwindigkeiten von MW 35 km/h bzw. MW 39 km/h an der anaeroben Schwelle (185 S/min) (Tab. 14 a, c).

Das Belastungsprofil der Dauerperiode liegt mit 170 S/min nachweislich und vorherrschende Auffassungen veterinärmedizinischer Publikationen bestätigend im aeroben Energiegewinnungsbereich (2-4 mmol/l) (Tab. 14 a) und folgt damit der sportwissenschaftlichen Empfehlung, Grundlagenausdauer im Laktat-Steady-State zu trainieren.

„Duration of the exercise should be increased gradually by c. 10% per week over the first ten weeks. Exercises of long duration at low intensities are more effective in inducing an improvement of aerobic capacity than short exercises of high intensities“ (ROGERS et al., 2007, S. 4). HIRAGA et al. (1995, S. 6) deuten dagegen an, dass in „the case of low intensity cantering of 8-week training“ Veränderungen des Belastungsumfangs die aerobe Kapazität nicht signifikant optimieren. HENNINGS (2001, S. 114) bestätigt: „Die Verlängerung der Dauer einer Belastung bei gleicher Intensität bewirkt keine Verbesserung der kardiovaskulären Fitness.“

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie nach 6wöchigem Dauermethodetraining bei Intensitätskonstanz (Herzfrequenz) und steigendem Belastungsumfang widersprechen diesen Aussagen und weisen im Ausgangstest via Laktatreduktion im intrakollektiven Dauermethodevergleich tendenziell eine Leistungszustandsverbesserung nach (L200, MW 14,02 mmol/l → 12,84 mmol/l) (Tab. 23 a), darüber hinaus statistisch signifikante Geschwindigkeitsentwicklungen der Stufen 170 S/min und 185 S/min (Tab. 23 c) und signifikante Hämoglobinkonzentrationsveränderungen im Interkollektivvergleich: Hb155 → Hb185 (Tab. 20 b).

Eine Intensitätserhöhung zur anaeroben Schwelle bzw. Dauerleistungsgrenze hin ( $\pm 180$  S/min) könnte unter Beibehaltung der Belastungsumfangsstufen zu einer weiteren Optimierung aerober Kapazität führen. Die Identifizierung des optimalen Belastungsumfangs

zur Ausdauerleistungsverbesserung kann ebenso wie im Intervalltraining auf der Basis vorliegender Ergebnisse ansetzen.

Entscheidet sich ein Trainer für die Dauerperiode, sollte trotz bereits ermittelter Laktatreduktionstendenzen bzw. signifikanter Verbesserung der Leistungsindikatoren Hämoglobin und Geschwindigkeit der Trainingsalltag wettkampfnah zusätzliche intensitätsstärkere der Rennbelastung adäquate Segmente (1-2 Maximalsprinttage) implizieren.

#### **8.5.4 Intervallmethode und Dauerperiode im Vergleich**

Seit längerer Zeit herrscht unter Humantrainingsexperten der Streit, ob zeitlich aufwändiges Volumentraining, hochintensives Training (HIT) oder hochintensives Intervalltraining (HIIT) leistungswirksamer ist (HOHMANN et al., 2006). Die vorliegende Überprüfung der Leistungseffizienz zweier Ausdauerperioden liefert für den Galoppsport einen weiteren Beitrag in der Diskussion: Aerobes Dauer- vs. anaerobes Intervallmethodentraining und deren Ausdaueroptimierung.

Der Gesamt-, Inter- und Intra-Kollektivvergleich (6.1, 6.2) subsumiert im Folgenden 3 Aspekte:

- Diskussion der objektiv gewonnenen Parameter (a) Laktat, (b) Hämoglobin, (c) Geschwindigkeit, (d) Herzfrequenz
- Praktikabilität der Ausdauerperioden
- Subjektive Evaluierung der Ausdauerperioden durch Reiter.

Der Interkollektivvergleich der 3 im Eingangstest erhobenen Parameter (Laktat, Hämoglobin, Geschwindigkeit) hat - trotz nachgewiesener Signifikanzen in LRuhe, HbRuhe, Hb200 Geschwindigkeit 155 und 200 (Tab. 20 a, b, c) - keine Aussagekraft, da die Pferde sich zu Studienbeginn auf einem nicht objektivierbaren individuellen - aber aufgrund der recherchierten vergleichbaren Vorbildung - mutmaßlich ähnlichen Fitnessniveau befanden und leistungsunabhängig den Stichproben ad hoc zugeteilt wurden. Ausschließlich der Datenvergleich von Eingangs- zu Ausgangstest lässt Rückschlüsse auf den erworbenen Ausdauerleistungszustand und die jeweilige Methodeneffizienz zu.

Untrainierte oder unsachgemäß trainierte Humansportler zeigen, wie auch die Pferde der vorliegenden Studie, nach zielorientiertem Ausdauertraining rasch identifizierbare Adaptationen, die sich bei Hochleistungs(pferde)sportlern bekanntermaßen nur noch kleinschrittig vollziehen. Die Untersuchung dokumentiert im interindividuellen Vergleich quantitativ divergierende Ausdauerleistungsverbesserungen mit der Schlussfolgerung, dass

die Intensität der geforderten Belastungsreize für jeden Probanden messbare Reaktionen verursachte, und erweist sich damit forschungskonform mit OHMURA et al. (2002b, S. 635), die selbst bei belastungsschwachen Trainingssegmenten einen Effekt „on cardiopulmonary function in the early stages of training“ nachweisen. Die veterinärmedizinische Literatur bestätigt kurze Zeiträume von 8-10 Tagen für einen quantifizierbaren Leistungszuwachs (GEOR et al., 1999).

„Je besser der Trainingszustand (Leistungsfähigkeit) ist, desto geringer ist der Herzfrequenz-Anstieg bei einer Geschwindigkeitserhöhung oder Leistungszunahme“ (HOTTENROTT et al., 2010, S. 169). VON ENGELHARDT (2005) bestätigt dies für Sportpferde. „An improvement in the fitness of a horse is associated with reduction in HR at a specific velocity“ (SZARSKA et al., 2004, S. 215). „Aufgrund der Ökonomisierung der Herzarbeit - es dominiert die Volumen- gegenüber der Frequenzarbeit - sinkt auch beim Menschen die Herzfrequenz ab und erhöht damit die Arbeitseffizienz“ (WEINECK, 2010, S. 259).

Da das Studienziel primär nicht die Erfassung und Analyse der Herzfrequenzadaptation war, sondern der Puls in beiden Ausdauermethoden als Konstante fungierte, weisen im Folgenden die Parameter Laktatadaptation bzw. -reduktion in Verbindung mit dem Geschwindigkeits- und Hämoglobinverhalten die verbesserte Ausdauerleistungsfähigkeit nach.

Die in beiden Ausdauermethoden tendenzielle, bzgl. der Parameter Geschwindigkeit und Hämoglobin jedoch statistisch signifikante, Leistungsentwicklung liegt in der vorsichtigen Dosierung der Belastungsintensität begründet (8.5.2). Veränderungsmöglichkeiten der Anforderungsprofile wurden bereits erwähnt (8.5.2, 8.5.3).

Verlässt man die Ebene der in 8.2 - 8.4 geführten individuellen Ergebnisinterpretation, ergeben sich in einer methodenvergleichenden und intrakollektiven Reaktionsanalyse der Leistungsindikatoren und zu den in Kap. 5 formulierten Fragen und Hypothesen folgende Erkenntnisse.

### *Diskussion der Parameter*

#### (a) Laktat

Der Interkollektivvergleich des Laktatverhaltens als Indikator für Trainingseffizienz bzw. Ausdauerleistungszuwachs ermittelt eine statistisch signifikante Differenz der Ruhelaktate im Eingangstest vor Ausdauertraining (Tab. 20 a). Die Mittelwertsdifferenz der Ruhelaktatwerte (Tab. 20 a) beider Ausdauermethoden (Intervallmethode: Eingangstest MW 0,93 mmol/l →

Ausgangstest MW 0,77 mmol/l, Dauermethode: Eingangstest MW 0,71 mmol/l → Ausgangstest 0,64 mmol/l) erfasst im Eingangstest den aktuellen Basislaktatwert der ad hoc-Stichproben und zeigt einen 0,2 mmol/l-Unterschied im Vor-Ausdauertrainingszustand, der aus o. a. Gründen nicht interpretationsrelevant ist (8.2.1). Der im Ausgangstest persistierende signifikante Unterschied ist eine logische Konsequenz, da Ruhelaktat laut extensiver veterinärwissenschaftlicher Forschungen „trainingsresistent“ ist (Tab. 20 a).

Der *interkollektive* Laktatvergleich der belastungsschwächeren Stufen L155 und L170 unterliegt im Eingangs-/Ausgangstest in beiden Stichproben unsystematischen Veränderungen, die auf diesen Intensitätsstufen für die Bewertung der Trainingseffizienz relativ unbedeutend sind. Beide Kollektive akkumulieren im Ausgangstest in L155 mehr Laktat (Intervallmethode: MW 1,96 mmol/l → MW 2,61 mmol/l, Dauermethode: MW 2,35 mmol/l → 3,35 mmol/l) (Tab. 20 a), jedoch bei höheren Geschwindigkeiten (Intervallmethode: MW 21,4 km/h → MW 25,1 km/h, Dauermethode: MW 23,2 km/h → MW 24,2 km/h) (Tab. 20 c).

Auf Stufe 170 S/min - identisch mit dem Belastungsprofil der Dauermethode - erfährt nur das Dauermethodekollektiv einen Laktatrückgang (Eingangstest MW 2,86 mmol/l → Ausgangstest MW 2,06 mmol/l) bei zunehmender Geschwindigkeit (Dauermethode: +3 km/h, Intervallmethode: +6 km/h) (Tab. 20 c).

Der Vergleich der Eingangs- und Ausgangslaktatwerte ermittelt für beide Methoden in den belastungsstärkeren Stufen (L185, L200) Laktatreduktionen, in der *Intervallmethode* von MW 4,93 mmol/l auf MW 4,41 mmol/l (L185) und eine deutlichere von MW 14,42 mmol/l auf MW 10,61 mmol/l (L200) gegenüber der *Dauermethode* mit MW 4,52 mmol/l auf MW 3,51 mmol/l (L185) und MW 15,91 mmol/l auf MW 12,84 mmol/l (L200) (Tab. 20 a), so dass - zwar ohne Signifikanznachweis - die Fragen 4 und 5 (Kap. 5), ändert sich das Laktatverhalten nach Anwendung einer der beiden Methoden, für beide Ausdauerverfahren anhand der Reduktionstendenzen auf den belastungsintensiveren Stufen positiv beantwortet werden. Gleiches gilt für Frage 1 und 2 „Verändern Intervall- und Dauermethode die Ausdauerleistungsfähigkeit.“

Darüber hinaus lässt sich eine Tendenz zu einem in größerem Maße verbesserten Ausdauerleistungszustand nach dem Intervallmethodetraining aufgrund der um 1 Mol höheren Laktatreduktion feststellen (Frage 3): Intervallmethode L200 -4 mmol/l, Dauermethode L200 -3 mmol/l.

Der Interkollektivvergleich erfasst in L200 die Entwicklung des Leistungszuwachses unter Einbeziehung der Interdependenz zweier Belastungsfaktoren eindeutiger (Tab. 20 a, 20 c):

	Eingangstest (200 S/min) MW		Ausgangstest (200 S/min) MW	
<b>Intervallmethode</b>	14,42 mmol/l	43,2 km/h	10,61 mmol/l	44,7 km/h
<b>Dauermethode</b>	15,91 mmol/l	48,5 km/h	12,84 mmol/l	49,5 km/h

Aufgrund dieser Daten wird  $H_{03}$  - Dauer- und Intervallmethodetraining unterscheiden sich in Bezug auf eine verbesserte Ausdauerleistungsfähigkeit nicht „signifikant“ voneinander - zunächst anhand des Indikators Laktatverhalten verifiziert. Zur Gewinnung aussagekräftiger Ergebnisse im Hinblick auf die Methodeneffizienz muss dieser Befund allerdings in Abhängigkeit weiterer analytischer Parameter - hier Geschwindigkeit - interpretiert werden (Tab. 22 c, Tab. 23 c).  $H_{03}$  wird daher falsifiziert, da die *intra*kollektive Analyse der Laufgeschwindigkeitsdaten 4 statistisch signifikante Leistungsveränderungen bei 2 Laktatreduktionen auf L185 und L200 (Intervallmethode) gegenüber 2 Leistungssteigerungen bei 3 Laktatreduktionen in L155, L185 und L200 (Dauermethode) ermittelt und damit auch die Überlegenheit der Intervallmethode dokumentiert.

Differenziert man die intrakollektiven Laktatreaktionen nach Intervall- und Dauermethodetraining, werden  $H_{04}$  und  $H_{05}$  - die Laktatkonzentration verändert sich nach keiner Ausdauerperiode signifikant - insofern verifiziert als die Laktatantwort auf keiner Stufe statistisch signifikante Entwicklungen, trotz reduktiver Tendenzen, insbesondere auf L200 (Intervallmethode: MW 13,99 mmol/l → MW 10,61 mmol/l, Dauerperiode: MW 14,02 mmol/l → MW 12,84 mmol/l), nachweist (Tab. 22 a, 23 a).

Anschlussstudien an größeren Stichproben mit bereits dargestellter Belastungsparametermodifikation (8.5.2, 8.5.3) könnten einen signifikant höheren Laktatabbau in einer der beiden Methoden - im Sinne einer Falsifizierung der Hypothesen  $H_{04}$  und  $H_{05}$  (Kap. 5) - erfassen.

Die Mittelwerte der Stufentestergebnisse des *Gesamtkollektivs* erfassen eine tendenziell ähnliche biochemische Adaptation in L200 (Tab. 14 a).

Interindividuelle Vergleiche ermitteln auffallendere Laktatreaktionen. Die höchsten Rückgangsdifferenzen zeigen folgende Probanden (Tab. 27):

<b>L200 Eingangs-/Ausgangstest</b>		
<b>ID5</b>	<b>Intervallmethode</b>	15,4 mmol/l → 6,60 mmol/l 44,7 km/h → 47,8 km/h
<b>ID9</b>	<b>Dauermethode</b>	15,2 mmol/l → 9,39 mmol/l 45,3 km/h → 44,1 km/h

Für ID5 erweist sich das Intervalltraining in Anbetracht der Geschwindigkeitszunahme offenbar als besonders effizient.

Die geringste Laktatreduktion bzw. sogar Laktatakkumulation in L200 zeigen ID2 - jedoch bei höchstem Geschwindigkeitszuwachs (+6 km/h) im Gesamtkollektiv - und ID11 (Tab. 27):

<b>L200 Eingangs-/Ausgangstest</b>		
<b>ID2</b>	<b>Intervallmethode</b>	8,36 mmol/l → 6,05 mmol/l 40,1 km/h → 46,0 km/h
<b>ID11</b>	<b>Dauermethode</b>	15,1 mmol/l → 19,9 mmol/l 52,3 km/h → 54,0 km/h

Die an ID5, ID9, ID2 und ID11 festgestellten minimalen resp. maximalen Laktatveränderungen lassen sich mit den bereits zitierten individuellen physiologischen Reaktionen oder einer genetischen Bevorzugung der Probanden erklären, da in der Protokollierung der Trainingsgeschwindigkeit keine Auffälligkeiten im Sinne einer „Leistungsexplosion“ als Trainingseffekt erkennbar waren.

Hohe Standardabweichungen im Intra-kollektivvergleich der Intervallmethode bestätigen die tierindividuellen Adaptationen an Belastung (L200: Eingangstest SD 6,29 mmol/l, Ausgangstest SD 5,71 mmol/l), die in der Dauermethode weniger ausgeprägt sind (L200: Eingangstest SD 1,91 mmol/l, Ausgangstest SD 4,2 mmol/l) (Tab. 22 a, 23 a).

Im *interkollektiven Mittelwertsdifferenzenvergleich* der Laktatkonzentrationen (Tab. 21 a) ergeben sich auf keiner Belastungsstufe statistisch signifikante Unterschiede, die eine der beiden Ausdauermethoden als die effizientere ermitteln könnten. Jedoch veranschaulichen die Säulendiagramme (Abb. 13) die reduktiven Tendenzen des Laktats, insbesondere nach Intervalltraining (L185: MW -0,5 mmol/l und L200: MW -4,89 mmol/l für die Intervallmethode und in L170: MW -0,8 mmol/l, L185: MW -0,91 mmol/l und L200: MW -1,18 mmol/l für die Dauermethode).

**H<sub>06</sub>** (Kap. 5) wird dahingehend verifiziert, dass die Laktatreaktion - als alleiniger Leistungsindikator - für keine Ausdauermethode einen signifikant höheren Leistungsfortschritt ermitteln kann. Die Einbeziehung weiterer Leistungsindikatoren wie Geschwindigkeit (Tab. 22 c, 23 c und 27) und Erholungsherzfrequenz (Tab. 15, 16) ist daher zur Gewinnung valider Aussagen bzgl. des Ausdauerleistungszuwachses unabdingbar (8.5.4 c).

#### (b) Hämoglobin

Da die Hämoglobinentwicklung quasi als „Nebenprodukt“ bei der Blutentnahme mit erfasst wurde, dient sie in der folgenden Datenanalyse zur Unterstützung der Leistungsinterpretation. Hämoglobin gilt in der Veterinärfachliteratur als Leistungsindikator zur präzisen Identifikation eines klein- oder großschrittigen Leistungszuwachses generell als aussageschwach.

Abb. 11 veranschaulicht die Veränderung des Hämoglobins auf bereits gering dosierte Belastungen (Hb155) in der *Intervallmethode* (Tab. 20 b):

Eingangstest, Ruhehämoglobin : MW 12,41 g/dl

Hb155 : MW 17,43 g/dl

Ausgangstest, Ruhehämoglobin: MW 11,53 g/dl

Hb155 : MW 15,03 g/dl

und vergleichbare Entwicklungen in der *Dauermethode* (Abb. 11):

Eingangstest, Ruhehämoglobin : MW 13,40 g/dl

Hb155 : MW 16,63 g/dl

Ausgangstest, Ruhehämoglobin: MW 13,18 g/dl

Hb155 : MW 17,82 g/dl (Tab. 20 b).

Während die Hämoglobinkonzentrationen beider unspezifisch trainierter Kollektive im Eingangstest bei Belastungsbeginn (Hb155) divergierend reagieren (Ruhehämoglobin-MW +5 g/dl Intervallmethode, Ruhehämoglobin-MW +3 g/dl Dauermethode), kann im Ausgangstest eine für beide Methoden identische Hämoglobinreaktion (Ruhehämoglobin-MW +4 g/dl) festgestellt werden.

Weitere stufenweise Anstiege der Hämoglobinkurve bis zu den Maximalmittelwerten beider Kollektive in Hb200 werden im Eingangs- und Ausgangstest (Intervallmethode MW 18,68 g/dl, Dauermethode MW 18,88 g/dl) erfasst (Abb. 11).

Tab. 20 b (*Interkollektivvergleich*) dokumentiert mehrfach signifikante Mittelwertsunterschiede zugunsten der Dauerperiode. Die Intensitätsstufen Hb155 → Hb185 verzeichnen signifikant höhere Hämoglobinkonzentrationen (+1-2 g/dl). Abb. 11 lässt für die Intervallmethode auf den selben Stufen (Hb155 → Hb185) 3 Hämoglobinreduktionen im Ausgangstest erkennen. Frage 4 und 5 (Kap. 5) können somit positiv beantwortet werden: Intervall- und Dauerperiodetraining verändern das Hämoglobinverhalten.  $H_{06}$  - Hämoglobinverhalten unterscheidet sich nach Intervall- und Dauerperiodetraining nicht signifikant - wird im interkollektiven Vergleich auf 3 Belastungsstufen (Hb155 → Hb185) falsifiziert, d. h., die Hämoglobinkonzentration hat als Dauerperiodeeffekt in höherem Maße zugenommen.

Darüber hinaus impliziert dieser Befund konsequenterweise eine Falsifizierung der Hypothesen  $H_{04}$  und  $H_{05}$  in Bezug auf die Hämoglobinreaktion (Kap. 5).

Die Höchstbelastungsstufe Hb200 ermittelt in der Hämoglobinreaktion keinen signifikanten Unterschied zwischen den Trainingsmethoden (Tab. 20 b). Sie zeigt zu den im Eingangstest gemessenen individuellen *Höchstgeschwindigkeiten* von 51-52 km/h (Tab. 27) korrespondierende *Maximalhämoglobingehalte* von 20 g/dl und 20,1 g/dl (ID11 und ID12). Auch der Ausgangstest ermittelt für beide Fallbeispiele die Gesamtkollektivhöchstleistung mit jeweils 54 km/h, jedoch bei 18,3 g/dl (ID11) und 19,1 g/dl (ID12). Da analog zu Humansportlern die körpereigenen physiologischen Abläufe des Pferdes die Transportfähigkeit des Blutes im Sinne einer Viskositätsvermeidung regulieren (ELLENDORFF, 2011), ist die Hämoglobinreaktion im submaximalen-maximalen Leistungsbereich limitiert und weitere Leistungsfortschritte werden via Hämoglobinmessung nicht erkennbar (Tab. 20 b, 23 b, Stagnation der Dauerperiode auf L185, L200).

Daher waren die Fragen, inwieweit Hämoglobinkonzentrations- und Belastungsintensitätskurve korrelieren (8.3.3) und nach dem Eintrittszeitpunkt einer Stagnation der Interdependenzen, kein Forschungsziel der vorliegenden Studie.

Die *intra*kollektiven Ergebnisanalysen der Ein- und Ausgangshämoglobinwerte (Tab. 22 b, 23 b) erfassen in beiden Ausdauerperioden, ausgenommen Stufe Hb170 im Dauerperiodekollektiv, die dem Trainingsprofil entspricht, keine signifikanten Unterschiede. Der *Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen* (Tab. 21 b, Abb. 14) ermittelt 2 Signifikanzen auf den Belastungsstufen Hb155 und Hb170 zugunsten der Dauerperiode.

Da das Hämoglobinverhalten ausschließlich das Eintreten einer Initialbelastung eindeutig dokumentiert (Abb. 11) und lediglich *nach* Ausdauertraining systematisch korreliert, eignet es

sich auch in der vorliegenden Studie nur als Indikator zunehmender Belastung, jedoch nicht zur Präzisierung des Leistungszuwachses (Tab. 20 b).

(c) Geschwindigkeit

Die Rangfolge der in den Stufentests (200 S/min) erzielten Geschwindigkeiten (Tab. 27) dokumentiert individuelle Leistungsentwicklungen der Forschungspferde, auf die bereits vorher und in der sich anschließenden Mittelwertdiskussion der Stichprobenvergleiche Bezug genommen wird:

Tab. 27: Entwicklung Geschwindigkeit und Laktat, 200 S/min, D=Dauermethode I=Intervallmethode.

	<b>Methode</b>	<b>Eingangs-/Ausgangstest Stufe 200 S/min</b>		<b>Eingangs-/Ausgangstest Stufe 200 S/min</b>	
<b>ID11</b>	<b>D</b>	52,3 km/h	54,0 km/h	15,10 mmol/l	19,90 mmol/l
<b>ID12</b>	<b>D</b>	51,1 km/h	54,0 km/h	13,70 mmol/l	10,03 mmol/l
<b>ID3</b>	<b>I</b>	48,1 km/h	48,4 km/h	22,40 mmol/l	15,20 mmol/l
<b>ID13</b>	<b>D</b>	48,0 km/h	45,9 km/h	15,40 mmol/l	13,00 mmol/l
<b>ID10</b>	<b>D</b>	46,3 km/h	49,8 km/h	10,80 mmol/l	11,90 mmol/l
<b>ID9</b>	<b>D</b>	45,3 km/h	44,1 km/h	15,20 mmol/l	9,39 mmol/l
<b>ID6</b>	<b>I</b>	45,3 km/h	47,7 km/h	19,30 mmol/l	15,40 mmol/l
<b>ID5</b>	<b>I</b>	44,7 km/h	47,8 km/h	15,40 mmol/l	6,60 mmol/l
<b>ID1</b>	<b>I</b>	43,1 km/h	41,9 km/h	12,40 mmol/l	16,60 mmol/l
<b>ID2</b>	<b>I</b>	40,1 km/h	46,0 km/h	8,36 mmol/l	6,05 mmol/l
<b>ID4</b>	<b>I</b>	35,2 km/h	36,7 km/h	6,06 mmol/l	3,80 mmol/l

Vergleicht man die Parameter Geschwindigkeit und Laktat im Eingangs- und Ausgangstest (Stufe 200 S/min), ergibt sich für 6 Probanden ein individueller Leistungszuwachs (Range: ID3 0,3 km/h → ID2 5,9 km/h) bei gleichzeitiger Laktatreduktion. Das Spektrum des korrespondierenden Laktatrückgangs reicht von -2,31 mmol/l (ID2) → -8,8 mmol/l (ID5).

- ID1 (Kehlkopfanomalie) „verschlechtert“ sich in beiden Parametern, ein mögliches Anzeichen „krankheitsbedingten“ Übertrainings (6.7.2),
- ID9 akkumuliert deutlich weniger Laktat (15,2 mmol/l → 9,39 mmol/l) bei geringerer Geschwindigkeit (-1,2 km/h),
- ID10 weist leicht erhöhte Laktatwerte bei besserer Laufleistung (3 km/h) nach,

- ID11 zeigt stärker erhöhte Laktatwerte bei angestiegener Geschwindigkeit (2 km/h),
- ID13 läuft 2 km/h langsamer bei 2 mmol/l Laktatreduktion.

Differenziert man Tab. 27 nach Kollektivzugehörigkeit, reduziert sich die Laktatkonzentration in 200 S/min (Range:  $\pm 2$  mmol/l  $\rightarrow$   $\pm 9$  mmol/l) bei 5 Probanden der Intervallmethode bei Geschwindigkeitskonstanz bzw. -zuwachs (1  $\rightarrow$  6 km/h). Im Dauermethodekollektiv werden für 3 Probanden Laktatabbau in L200 (Range:  $\pm 2$  mmol/l  $\rightarrow$   $\pm 6$  mmol/l) bei nur einer Geschwindigkeitszunahme ermittelt.  $H_{03}$  - Intervall- und Dauermethode unterscheiden sich in ihrer Leistungswirksamkeit nicht signifikant - scheint auch ohne Signifikanznachweis durch Tendenzen im interindividuellen Laktat- und Geschwindigkeitsvergleich falsifizierbar zu sein. Verlässt man die Ebene der individuellen Parameteranalyse und betrachtet die *intra*kollektive Geschwindigkeitsentwicklung beider Stichproben, ergeben sich im Gegensatz zu den bereits diskutierten Leistungsindikatoren Laktat und Hämoglobin aussagekräftige bzw. statistisch signifikante Nachweise des Leistungszuwachses.

Die folgenden intrakollektiven Daten präzisieren den unterschiedlichen Ausprägungsgrad des Leistungszuwachses beider Methoden:

Leistungszuwachs (km/h)	Eingangs- zu Ausgangstest 155 S/min	Eingangs- zu Ausgangstest 170 S/min	Eingangs- zu Ausgangstest 185 S/min	Eingangs- zu Ausgangstest 200 S/min
<b>Intervallmethode</b>	MW 4 km/h	MW 3 km/h	MW 6 km/h	MW 2 km/h
<b>Dauermethode</b>	MW 1 km/h	MW 5 km/h	MW 2 km/h	MW 1 km/h

Die Intervallmethode (Tab. 22 c) dokumentiert auf jeder Ausgangsstufe signifikant höhere Geschwindigkeiten und signalisiert damit Trainingseffizienz. Tab. 22 c falsifiziert  $H_{05}$  - Intervalltraining verändert das Geschwindigkeitsverhalten nicht signifikant - auf allen 4 Intensitätsstufen.

Ein ähnlich kontinuierlicher Leistungsanstieg wird im Dauermethodekollektiv beobachtet, in dem der Höchstzuwachs mit 5 km/h in der mittleren Belastungsstufe 170 S/min liegt (Tab. 23 c).

Die Geschwindigkeitszunahme ermittelt jedoch nur auf 2 Herzfrequenzstufen signifikante Unterschiede (170 S/min: MW 27,6 km/h  $\rightarrow$  MW 32,1 km/h, 185 S/min: MW 37,2 km/h  $\rightarrow$  MW 39,1 km/h). Daher kann  $H_{04}$  (Kap. 5) bezüglich des Laufgeschwindigkeitsverhaltens nach Dauermethodetraining verworfen werden. Stufe 155 S/min und 200 S/min identifizieren darüber hinaus Entwicklungstendenzen. Beide Stufen legen im Mittel 1 km/h zu.  $H_{06}$  - kein

Unterschied im Parameter Geschwindigkeit nach Intervall- und Dauermethodetraining - wird falsifiziert.

Der *Interkollektivvergleich* (Tab. 20 c) zeigt in 2 Eingangsteststufen signifikante Unterschiede der Geschwindigkeitsmittelwerte (Stufe 155 S/min: Intervallmethode MW 21,4 km/h vs. Dauermethode MW 23,2 km/h, Stufe 200 S/min: Intervallmethode MW 43,2 km/h vs. Dauermethode MW 48,5 km/h). Da es sich um die Daten des Eingangstests einer ad hoc-Stichprobe - auf der Basis des Leistungszustands vor Studienbeginn - handelt, sind diese Signifikanzen statistische Größen ohne Interpretationsbedarf.

Auffallend ist die Tatsache, dass die eingangs protokollierte Mittelwertsdifferenz von 5 km/h (200 S/min) nach Ausdauertraining bestehen bleibt (Tab. 20 c):

Stufe 200 S/min	Eingangstest	Ausgangstest
Intervallmethode	MW 43,2 km/h	MW 48,5 km/h
Dauermethode	MW 44,7 km/h	MW 49,5 km/h

Der *Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen* (Tab. 21 c) ermittelt nach 6wöchigem Ausdauertraining signifikante Unterschiede in Stufe 155 S/min und 185 S/min zugunsten der Intervallmethode, die das Säulendiagramm (Abb. 15) veranschaulicht (MW +3,7 km/h (Intervallmethode), MW +1,1 km/h (Dauermethode) auf 155 S/min.

Der intrakollektive Intervallmethodevergleich der Stufe 155 S/min erfasst den quantitativen Leistungszuwachs prägnanter: Eingangstest: MW 21,4 km/h → Ausgangstest: MW 25,1 km/h (Tab. 22 c) gegenüber der Trainingsvariante Dauermethode (Eingangstest: MW 23,0 km/h → Ausgangstest: MW 24,2 km/h) (Tab. 23 c).

Auch Stufe 185 S/min mit signifikanter Mittelwertsdifferenz (Intervallmethode: MW +6,2 km/h, Dauermethode: MW +1,9 km/h) und korrespondierenden intrakollektiven Geschwindigkeiten von MW 33,2 km/h → MW 39,4 km/h (Intervallmethode) (Tab. 22 c) vs. MW 37,2 km/h → MW 39,1 km/h (Dauermethode) (Tab. 23 c) beantwortet Frage 3 (Kap. 5) insofern positiv, als der Indikator Geschwindigkeit für die Intervallmethode auf 2 Belastungsstufen die signifikant größere Trainingseffizienz nachweist.  $H_{04}$  und  $H_{05}$  werden bzgl. des Laufgeschwindigkeitsverhaltens falsifiziert.

$H_{03}$  - kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Ausdauermethoden in der Verbesserung der Leistungsfähigkeit (Geschwindigkeit) - wird verworfen (Tab. 21 c).

„Zwischen der Höhe der Herzschlagfrequenz und der Stärke der Belastung, wofür in der Regel die Laufgeschwindigkeit der Tiere herangezogen wird, besteht ein Zusammenhang, der

im submaximalen Geschwindigkeitsbereich linear ist“ (KRZYWANEK, 2006, S. 39). EHRLEIN (1970) ermittelt zur Geschwindigkeit sich linear entwickelnde Herzfrequenzen im unteren bis submaximalen Leistungsbereich von 120-210 S/min - mit einer hierzu korrespondierenden Geschwindigkeit von 3,3-13,3 m/s (THORNTON, 1985). Eine 3,3 m/s-Geschwindigkeit liegt im Bereich mittlerer Trabintensität, während die 13,3 m/s-Geschwindigkeit  $\pm 48$  km/h bei  $\pm 210$  S/min entspricht (Abb. 8).

Betrachtet man die Leistungsentwicklung des *Gesamtkollektivs* (Tab. 14 c),

	<b>155 S/min</b>	<b>170 S/min</b>	<b>185 S/min</b>	<b>200 S/min</b>
<b>Eingangstest</b>	MW 22,4 km/h	MW 28,3 km/h	MW 35,3 km/h	MW 46 km/h
<b>Ausgangstest</b>	MW 24,6 km/h	MW 32,2 km/h	MW 39,3 km/h	MW 46,9 km/h

manifestiert sich die Korrelation der beiden Leistungsindikatoren anhand ähnlicher Leistungsabstände (Eingangstest:  $\pm 6$  km/h,  $\pm 7$  km/h,  $\pm 11$  km/h, Ausgangstest:  $\pm 8$  km/h,  $\pm 7$  km/h,  $\pm 7$  km/h) bei systematischer Intensitätssteigerung.

Die im Anschluss dargestellten Trainingsdaten beider Ausdauermethoden (Tab. 28, 29) dokumentieren einen zusätzlichen Nachweis verbesserter Leistungsfähigkeit und bestätigen in Verbindung mit der statistisch signifikanten Geschwindigkeitszunahme die Verwerfung der Hypothesen  $H_{01}$  und  $H_{02}$ .

Tab. 28 erfasst anhand 3er Fallbeispiele der *Dauer Methode* das Geschwindigkeitsverhalten bei konstanter Herzfrequenz (170 S/min) und zunehmendem Belastungsumfang:

Tab. 28: Geschwindigkeit (km/h) bei 170 S/min Dauer Methode.

	<b>1. / 2. Woche 3500 m km/h</b>	<b>3. / 4. Woche 4500 m km/h</b>	<b>5. / 6. Woche 5500 m km/h</b>
<b>ID9</b>	MW 27,2/31,4	MW 31,1/31,0	MW 30,4/32,3
<b>ID10</b>	MW 34,9/37,0	MW 36,4/35,6	MW 37,4/37,9
<b>ID11</b>	MW 29,9/29,0	MW 27,5/28,5	MW 31,1/29,3

$H_{01}$  kann zwar auf der Basis der individuellen Trainingsdaten nicht falsifiziert werden, konstante bzw. Maximalgeschwindigkeiten (ID9: 27,2  $\rightarrow$  32,3 km/h, ID10: 34,9  $\rightarrow$  37,9 km/h, ID11: 29,9  $\rightarrow$  31,1 km/h) in der Höchstbelastungsstufe indizieren jedoch in der intraindividuellen Analyse - auch ohne Laktatquerverweise - Ausdauerleistungszuwachs. In der 5. und 6. Woche (5500 m) trat bei keinem - auch nicht angeführten - Pferd ein

Leistungseinbruch auf, ein Nachweis für eine nicht überlastende Ausdauertrainingssteuerung bei 170 S/min.

Im Gesamtdauermethodekollektiv lag die Trainingsgeschwindigkeit bei MW 28,9 km/h in den beiden ersten Testwochen (3500 m), in Woche 3 und 4 (4500 m) bei MW 31,8 km/h, in Woche 5 und 6 (5500 m) bei MW 32,1 km/h und dokumentiert mit ihrem leichten Anstieg Leistungsfortschritte trotz 175%iger bzw. 223%iger Erhöhung des Belastungsumfangs und Verdreifachung der Belastungsdauer gegenüber aktuell praktizierten Trainingsabläufe in deutschen Rennställen:

±7 min (3500 m) → MW 481 m/min -170 S/min,

±8 min (4500 m) → MW 530 m/min -170 S/min,

±9 min (5500 m) → MW 545 m/min -170 S/min.

Betrachtet man die Trainingsprotokolle der *Intervallmethode*, lassen sich ebenfalls anhand des Geschwindigkeitsverhaltens konditionelle Fortschritte nachweisen. Die Verteilung der individuellen Bestleistungen auf die 3 Intervalle zeigte zwar im Höchstbelastungsumfang (3x800 m) eine Verdichtung im 2. Intervall, jedoch protokollierte das 3. Intervall der 800 m-Serien bei keinem Probanden, wie im Vorfeld von Besitzertrainern vermutet, einen eklatanten Geschwindigkeitsverlust als Indikator für Überlastung: Mittelwerte des Gesamtkollektivs (3x800 m) - 1. Intervall MW 45,5 km/h, 2. Intervall MW 45,7 km/h, 3. Intervall MW 45,1 km/h (Tab. 29):

Tab. 29: Verteilung der individuellen Höchstgeschwindigkeiten im Intervalltraining.

	<b>1. Intervall</b>	<b>2. Intervall</b>	<b>3. Intervall</b>
<b>3x400 m</b>	2	6	12
<b>3x600 m</b>	-	8	6
<b>3x800 m</b>	-	14	6

Obwohl die Geschwindigkeiten (MW) innerhalb der Intervallumfänge (400 → 800 m) interindividuell stärker variieren (5 km/h in 3x400 m, 17 km/h in 3x600 m, 11 km/h in 3x800 m),

Tab. 30: Geschwindigkeit (km/h) bei &gt;200 S/min Intervallmethode.

<b>1. und 2. Woche 3x400 m (MW)</b>	<b>3. und 4. Woche 3x600 m (MW)</b>	<b>5. und 6. Woche 3x800 m (MW)</b>
Range: 42,5-47,0 km/h	Range: 40,2-57,3 km/h	Range: 39,5*-50,4 km/h (43,9 km/h)

\*Die Geschwindigkeit von MW 39,5 km/h im 800 m-Intervall erklärt sich durch schwierige Bodenverhältnisse nach ausgiebigen Regenfällen. Der wetterunabhängige niedrigste Wert lag bei MW 43,9 km/h.

lag die individuelle Streubreite der Geschwindigkeit in den einzelnen Intervalltrainingseinheiten mit maximal 4 km/h (3x400 m), maximal 12 km/h (3x600 m) (Tab. 18) sowie maximal 5 km/h (3x800 m) niedriger.

Weder die Trainingsdaten der Dauermethode bei mittlerer Belastungsintensität (170 S/min) und zunehmendem Belastungsumfang (Fallbeispiele, Tab. 28) noch die der Intervallmethode mit submaximaler Belastung (>200 S/min) ermitteln eine erschöpfungsinduzierte Geschwindigkeitsreduktion (Tab. 22 c).

#### (d) Herzfrequenz

Die Herzfrequenz fungierte in der vorliegenden Studie in den leistungsanalytischen und trainingsmethodischen Verfahren als fixer Indikator der Belastungsintensität und wurde in ihrer Interdependenz zu Laktat und Geschwindigkeit mehrfach zur Leistungsinterpretation herangezogen (8.2.2, 8.2.3, 8.4.4, 8.4.5), so dass abschließend nur die Erholungsherzfrequenz 3 Minuten nach Belastungsende - eine zusätzliche informative „Dreingabe“ des Laufcomputers - als weiterer, statistisch nicht verifizierter, Nachweis für tendenzielle Leistungsoptimierung resp. Trainingseffizienz dient (Tab. 15, 16):

<b>Erholungsherzfrequenz 3 min nach Belastungsende (200 S/min)</b>	<b>Eingangstest</b>	<b>Ausgangstest</b>
<b>Intervallmethode</b>	MW 122 S/min	MW 113 S/min
<b>Dauermethode</b>	MW 125 S/min	MW 117 S/min

Nach in beiden Stichproben vergleichbaren Eingangsherzfrequenzen stellt sich eine nahezu identische Mittelwertsdifferenz der Erholungsfrequenzen im Ausgangstest nach Stufe 200 S/min ein. Bei allen gesunden Probanden wird eine Tendenz zur schnelleren Erholung erfasst. ID1 (Kehlkopfanomalie) zeigt höhere Ausgangswerte (Eingangstest 94 S/min → Ausgangstest

103 S/min), ID10 einen Minimalrückgang von -3 S/min, ID2 dagegen die Maximaldifferenz von -26 S/min (Tab. 15, 16).

Berücksichtigt man die wechselseitige Beeinflussung der Belastungsparameter, müsste ID2 (Intervallmethode) als Pferd mit dem Nachweis größter Trainingseffizienz gelten:

Laktatreduktion -2mmol/l (Tab. 27), Erholungsherzfrequenzdifferenz -26 S/min (Maximalreduktion) (Tab. 15), Geschwindigkeitszuwachs +6 km/h (Maximalzuwachs, Tab. 27).

Während OKONEK (1998) Untersuchungen zitiert, in denen nach längeren submaximalen Belastungen ein Ansteigen der Herzfrequenz - vermutlich aufgrund eintretender Ermüdungserscheinungen - dokumentiert wird, kann die vorliegende Studie dieses Phänomen anhand der gemessenen Erholungsfrequenzen trotz hohen Umfangs des allerdings aeroben Belastungsprofils der Dauerperiode nicht bestätigen.

#### *Praktikabilität der Ausdauerperioden*

Da beide Ausdauerperioden signifikante Leistungsfortschritte in unterschiedlicher Ausprägung nachweisen, empfiehlt es sich, Zusatzaspekte als Entscheidungskriterien für die Präferenz einer Methode heranzuziehen. Hierbei hat im Galoppesport das Trainingsziel „Erwerb von Schnelligkeitsausdauer und Kraft“ und damit das primär diese Leistungskomponenten fördernde Intervalltraining Priorität. Dennoch scheint die Frage nach der Praktikabilität beider Modelle in der täglichen Trainingsrealität von ähnlicher Relevanz.

„*Interval training takes time*“ (PFM). Die praktische Umsetzung dieser Methode ist zeitaufwändig. Der nachteilige organisatorische Aspekt liegt in der häufig notwendigen alleinigen Nutzung und damit einhergehenden Blockierung der Trainingsbahn für die individuelle Gestaltung des Intervallumfangs und vollständiger oder „lohnender Pausen“.

Für die Wahl des *Dauerperiodentrainings* sprechen der problemlose Anwendungsmodus, die einfache Datenerhebung und -interpretation, die sichere Regulation von Geschwindigkeitsverlust oder -zunahme (GPS), die kontinuierliche Genauigkeit in der Ausübung und die daraus resultierende Vermeidung maximaler Belastung/Ausbelastung oder Unterforderung. Bildet jedoch ein, wie in der vorliegenden Studie im Dauerperiodentraining geforderter, vergleichsweise zeitintensiver „großer“ Belastungsumfang (5500 m, ±9 min) das zentrale Trainingssegment, erhöht sich zwangsläufig der personelle Aufwand und die in nationalen Ställen überwiegend üblichen morgendlichen Trainingszeiten würden sich bis in den Nachmittag verlängern.

Die maximale Kernbelastungsphase der Höchstbelastungsstufen betrug: Intervallmethode  $\pm 7$  Minuten, Dauermethode  $\pm 9$  Minuten. Multipliziert man die  $\pm 6$  „Zusatzminuten“, aktuell übliche Intensivbelastungsdauer  $\pm 3$  min, mit der Anzahl der zu trainierenden Pferde (20, 30, 40 ...), ergibt sich eine tägliche Personalmehrbelastung von 2, 3 oder 4 ... Stunden. In deutschen Rennställen stehen bis zu 100 Pferde.

Darüber hinaus würden zusätzliche Tierindividuum und avisierte Rennlängen berücksichtigende Individualisierungsmaßnahmen den Trainingsprozess für beide Ausdauermethoden verlängern, denn „The training of race horses must be highly individualized, not one ‘instruction manual’ will work for all” (PFM).

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass kleinere Ställe mit hoher Wahrscheinlichkeit bessere Chancen zur Realisierung einer der in der vorliegenden Studie überprüften Ausdauermethoden haben.

#### *Subjektive Evaluierung der Ausdauermethoden durch Reiter*

ID8, ID9 und ID11 - so die subjektive Wahrnehmung der Reiter - ließen sich im herzfrequenzgesteuerten Dauermethodetraining problemlos reiten. Häufig trainingsübliches Antreiben oder Zurückhalten der Pferde traten nicht auf. Die Probanden „gingen nicht unkontrolliert, das Tempo selbstbestimmend, in die Hand“ (Zitat eines Reiters). ID8 vor Studienbeginn als hektisch, heftig vorwärtsdrängend beschrieben, adaptierte rasch das Anforderungsprofil von 170 S/min.

Bleibt zu vermuten, dass eine dem Bewegungsdrang adäquate Herzfrequenz mit korrespondierendem Belastungsumfang ein Pferd im Sinne der Arbeitsakzeptanz generell positiv beeinflusst. Die gewählte Belastungsintensität entsprach offensichtlich dem „Wohlbefinden“ der Vollblüter.

Im Intervalltraining bemerkten die Reiter bereits nach 2 Wochen einen qualitativen Unterschied bei der Handhabung und „Mitarbeit“ des Pferdes und beurteilten unabhängig voneinander und *uni sono* das jeweils zweite Intervall als optimal durchführbar.

Vergleicht man abschließend die Zielsetzungen beider Ausdauermethoden (Intervallmethode: Optimierung der Schnelligkeits- und Kraftausdauer sowie der aeroben und anaeroben Kapazität vs. Dauermethode: Optimierung der Grundlagenausdauer sowie aerober Kapazität), wird deutlich, dass nur eine Kombination beider Methoden optimal leistungswirksam sein kann, wobei für Galopper mit einer Rennlänge  $>2000$  m die Trainingsanteile der Dauermethode mit empfohlener und in 8.5.3 begründeter höherer Herzfrequenz (180 S/min)

bei gleichem Belastungsumfang überwiegen sollten. ROGERS et al. (2007, S. 3) vertreten die Ansicht, dass Vollblut-Galopper im Rennen bis zu 70% aerobem Metabolismus unterliegen und postulieren eine noch zu findende definierte Trainingsbelastungsintensität „to optimize the equilibrium between the triple S: Stamina, strength and speed.“

Obwohl beide Ausdauermethoden Leistungseffizienz bestätigten, empfiehlt es sich dennoch, der Intervallmethode - trotz o. a. trainingstechnischer Nachteile - aus folgenden Gründen Priorität zukommen zu lassen:

- trainingsmethodenimmanente Sprintintervalle simulieren sportartspezifische Höchstbelastung,
- Trainingsgeschwindigkeit korrespondiert mit wettkampfählicher Belastungsintensität ( $\pm 50$  km/h Intervallmethode vs.  $\pm 30$  km/h Dauerperiode) (Tab. 28, 30),
- Belastungsreize an der anaeroben Schwelle ( $>185$  S/min) verbessern die aerobe Kapazität,
- hohe kürzere Mehrfachbelastungsintensitäten stärken die gewichtstragende Hinterhandmuskulatur.

Orientiert man sich darüber hinaus an humansportwissenschaftlichen Forschungserkenntnissen „Conditioning by performance of high intensity exercise results in increases in both  $VO_{2max}$  and anaerobic capacity“ (TABATA, NISHIMURA, KOUZAKI, HIRAI, OGITA, MIYACHI und YAMAMOTO, 1996) -, sollte das Rennpferdetraining, speziell in der Wettkampfsaison, primär Intervalltraining mit zusätzlichen Dauerperiodeanteilen/-tagen favorisieren.

Für den Veterinärmediziner und/oder Sportwissenschaftler besteht daher weiterhin die Herausforderung, leistungsoptimierende Belastungsnormative für das Intervalltraining, wie beispielsweise den Teilleistungsaspekt „The effect of increasing the number of runs in one exercise session has to be investigated“ (LINDNER et al., 2006, S. 91), präzise zu identifizieren.

#### **8.5.5 Abwärmen und Regeneration**

Der Integration kürzerfristiger Abwärm- und längerfristiger Regenerationsphasen - als gesundheitsschonende und leistungskonservierende Trainingsintervention - in Trainingsprozesse wird in ihrer elementaren Funktion zur Realisierung von Adaptationsvorgängen oft nicht genügend Aufmerksamkeit geschenkt. Die Komplexität der Wiederherstellung sportlicher Leistungsfähigkeit nach körperlicher Ermüdung wurde lange

Zeit unterschätzt. „Die Regenerationsphase nach sportlichen Belastungen stellt einen zentralen Aspekt der Trainingstheorie dar“ (FAUDE, 2007, S. 37).

Unter Abwärmen versteht man beim Menschen alle Maßnahmen, die den Organismus nach Belastung, Anspannung und Leistung wieder in den Zustand der Entlastung, Entspannung und Ruhe versetzen und auf diese Weise einen wichtigen Beitrag zur psycho-physischen Regeneration des Sportlers leisten. „Das Abwärmen hat (beim Menschen) das Ziel, die regenerativen Stoffwechselfvorgänge in Gang zu bringen und bei noch leicht erhöhter Temperatur die sauren Stoffwechselprodukte (z. B. Laktat) aus der Arbeitsmuskulatur zu eliminieren und zu entsorgen (z. B. über das Herz oder die Leber)“ (WEINECK, 2010, S. 951). Die beschleunigte Beseitigung von Stoffwechselschlacken und die damit eingeleiteten Regenerationsprozesse werden laut SCHURR (2006) bereits durch ein 10-20minütiges Abwärmen hervorgerufen.

„Ermüdung ist ein multifaktorieller Prozess, der sich auf verschiedenen organischen Ebenen abspielt und viele physiologische Regulationsmechanismen beansprucht“ (FAUDE, 2007, S. 120). Er fordert daher eine adäquate Zeiteinheit zur Auffüllung entsprechender Energiereservoirs. Dies gilt in eingeschränktem Maße sowohl für Abwärmphasen nach singulären Trainingsbelastungen als auch für Regenerationsmaßnahmen nach 2-3maligem, wie in der Studie praktiziertem, Intensivtraining pro Woche. „The recovery time should be long enough to allow repair and remodelling of muscle cells to occur; but not so long that reverting to the previous muscle cellular state could begin“ (WILSHER et al., 2006, S. 80). Die Regenerationsphasen müssen zur Vermeidung physischer Dysbalancen oder einer Erholungsretardation frei von intensiven Belastungssegmenten sein. Dabei benötigen unterschiedliche Trainingsinhalte differenziertere Regenerationszeiten. Leichte Galopparbeit verlangt keine ausgedehnte Trockenführ-/ Abwärmphase. Dennoch ist es „[...] probably preferable for equine athletes to spend up to an hour on a horsewalker if the alternative would be to spend 1 hour in the stable“ (MARLIN et al., 2002, S. 201).

In der aktuellen Trainingspraxis terminieren nicht Erholungsherzfrequenzen, sondern Beobachtungen des Personals die Dauer der Abwärmphase. Schwitzt das Pferd nicht mehr eklatant, wird sie beendet und damit o. a. Stoffwechselfvorgänge möglicherweise verlangsamt oder sogar verhindert.

Die vorliegende Untersuchung protokollierte - unabhängig von der vorangegangenen Ausdaueremethode - eine >20minütige Abwärmphase im Schritt mit einer Intensität von 6-7 km/h, die mit ihrer Dauer den Belastungsprofilen (Daueremethode: mittlere Intensität, Intervallmethode: submaximale Intensität) angemessen war. Den Besitzertrainern wurde

jedoch für eine zukünftige Trainingsplanung aus den in Kap. 8.2.5 genannten Gründen eine belastungsmoderate motorisch variierende Cool-Down-Phase unter Einbeziehung aller Gangarten empfohlen.

## 8.6 Rennaufzeichnung Leistungsklasse: Ausgleich IV

Anhand der Rennaufzeichnung von ID3 (Abb. 8) lässt sich abschließend die wettkampforientierte Wahl der Parameter im Intervalltraining anschaulich begründen. Das Rennprofil dokumentiert die Belastungsparameter, die in Belastungsumfang (2400 m) und -intensität ( $>200$  S/min) mit den Anforderungen des Intervalltrainings (3x800 m,  $>200$  S/min) korrespondieren (Individualhöchstgeschwindigkeit im Training: 56,8 km/h bei 3x800 m - ID5; Höchstgeschwindigkeit im Rennen: 56 km/h, 215 S/min - ID3).

Im Anschluss folgt die Interpretation einzelner Rennabschnitte.

◆ Die „*Aufwärmphase*“ vor dem Rennen bestand aus 20minütigem Schrittgehen zum und im Führing. Die erhöhte *Schrittherzfrequenz* im Führing (110-192 S/min) zeigt die Nervosität des Vollblüters (endogene Störvariable) während der Präsentation vor Publikum. Ohne Herzfrequenzkontrolle manifestiert sich das Ausmaß der psychischen Stresssituation nur gelegentlich in Verhaltensreaktionen. Die „*Horsemanship*“ der Trainer diagnostiziert in der Regel zwar eine Sensibilität des Vollblüters, die objektivierende Pulsmessung kann dies jedoch fundierter.

◆ Ein 32-Sekunden *Aufgalopp* zur Startmaschine (Herzfrequenz-Range: 149-196 S/min) folgt der Schrittphase.

Die Studie von MUKAI, TAKAHASHI, ETO, OHMURA, TSUBONE und HIRAGA (2007) misst Aufgaloppwerte von MW  $194.0 \pm 2.0$  S/min und eine maximale Herzfrequenz im Rennen (1200 m) von MW  $213.6 \pm 1.7$  S/min. ID3s maximale Herzfrequenz beim Aufgalopp erreichte 196 S/min und im Rennverlauf 215 S/min. Beim Betreten der Startmaschine stieg der Puls auf 168 S/min und sank während der Warte-/Stehphase (1:13 min) auf 93 S/min.

◆ *Aufgalopp* und *Startphase* zeigen den korrelierenden Zusammenhang von Herzfrequenz und Geschwindigkeit.

◆ KRZYWANEEKs (2006, S. 39) Aussage: „Bei maximaler Geschwindigkeit gilt die Linearität nicht mehr, es kommt trotz weiter zunehmender Laufgeschwindigkeit nur noch zu geringfügiger Erhöhung der Herzschlagfrequenz,“ wird von der sich anschließenden Herzfrequenzleistungskurve bestätigt. Im *Rennverlauf* variiert die Herzfrequenz in Abhängigkeit von der Laufgeschwindigkeit zwischen 170 S/min  $\rightarrow$  HFmax 215 S/min. Die Anfangsbeschleunigung auf 56 km/h bei einer Herzfrequenz von 214 S/min wurde zum

Schluss auf der Zielgeraden nicht mehr erreicht. Die maximale Endspurtgeschwindigkeit lag bei 51 km/h (190-200 S/min).

◆ „Nach dem Zieldurchgang beginnt die Frequenz sofort abzufallen“ (KRZYWANEK, 2006, S. 39). „Nach Ende der körperlichen Arbeit nimmt die Herzschlagfrequenz in den ersten 30-60 Sekunden zunächst sehr schnell und dann zunehmend langsamer ab“ (VON ENGELHARDT, 2005, S. 716). ID3 erreichte nach 90 s *Erholungswerte* von 130 S/min.

SZARSKA et al. (2004) protokollieren ein 2minütiges weiteres ermüdungsbedingtes Ansteigen der Herzfrequenz. „Sometimes, a high post-race HR value may suggest the overloading of the horse,“ eine Beobachtung, die die Rennaufzeichnung nicht bestätigt.

Geschwindigkeits- bzw. Herzfrequenzverlaufskurven vor oder während eines Rennens zur möglichen Einforderung längerer Aufwärmphasen oder Studien zur Leistungsinterpretation maximaler Herzfrequenzen und Geschwindigkeiten im Wettkampf sind aktuell nur in geringem Umfang publiziert, obwohl Wettkampfleistungen auch aufgrund leistungsrelevanter taktischer Maßnahmen (Tempiwechsel), Bahnstrukturen (Kurvenradius), Erfahrungheit des Jockeys und anschließender trainingsstrategischer Maßnahmen einer differenzierteren Analyse bedürften.

## 9 Zusammenfassung

Weltweit ist der Galoppsport ein kapitalintensiver Wirtschaftszweig, der kontinuierlich Zuchtbemühungen für optimal erfolgreiche Nachkommenschaft in den Mittelpunkt all seiner Anstrengungen stellt. Dabei fällt auf, dass ähnlich intensive Bemühungen im trainingsmethodologischen und -analytischen Bereich im Hinblick auf Leistungsoptimierung der Vollblut-Rennpferde fast vollständig fehlen.

Die Motivation zur vorliegenden Studie lag einerseits in der langjährigen Beobachtung „stabiler“ konventioneller Trainingsstrukturen in deutschen und internationalen Rennställen sowie andererseits in der Dokumentaranalyse weltweit hochklassiger renommierter Rennen, deren Ergebnisse seit mehr als 90 Jahren keinen Leistungsfortschritt, sondern Geschwindigkeitsstagnation verzeichnen.

Nach Durchsicht der facettenreichen internationalen veterinärmedizinischen Fachliteratur, überwiegend gekennzeichnet durch die Erfassung morphologischer, physiologischer sowie neurologischer Mikrophänomene, fiel besonders der Mangel an Studien mit trainingspraktischer Relevanz für Englische Vollblüter auf.

Mit der Überprüfung der Leistungseffizienz zweier klassischer, im Humansport etablierter Ausdauermethoden (Intervall-/Dauer Methode) sollte professionellen Rennbetrieben eine Möglichkeit aufgezeigt werden, den generell intensitätsschwachen Belastungsphasen bzw. dem „Bewegungsmangel“ im aktuell undifferenzierten Trainingsverlauf mit vergleichsweise einfachen Trainingsinterventionen entgegenzuwirken.

Der Transfer der beiden Ausdauermethoden mit den übergeordneten Zielen „Optimierung der leistungsrelevanten Fähigkeiten Schnelligkeits- und Kraftausdauer“ (Intervallmethode) und „Optimierung der Grundlagenausdauer zur Erhöhung der Ermüdungsresistenz“ (Dauer Methode) auf den Rennsport ist aufgrund der in der Forschung nachgewiesenen konformen Belastungsreaktionen der Pferde gestattet.

Unter dem Aspekt der Trainingspraktikabilität und potentiell höheren Leistungswirksamkeit einer der untersuchten herzfrequenzgesteuerten Ausdauertrainingsmethoden wurde die übergeordnete Arbeitshypothese „Intervall- und Dauer Methode unterscheiden sich nicht signifikant bzgl. einer Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit bei Englischen Vollblütern“ formuliert.

Die Leistungsindikatoren Blutlaktat-/Hämoglobinkonzentration und Laufgeschwindigkeit - seit Jahrzehnten probate zuverlässige leistungsanalytische Parameter in der human- und

veterinärwissenschaftlichen Forschung - erfassten quantitativ die Konditionsentwicklung und erwiesen sich als für Feldstudien gut geeignet.

Für die Veränderungen der Ausdauerleistungsfähigkeit nachweisenden physiologischen Variablen und die Geschwindigkeit galt folgende Hypothese: „Laktat-/Hämoglobinkonzentrationen und Laufgeschwindigkeitsverhalten von Englischen Vollblütern unterscheiden sich nach einem Intervall- und Dauermethodetraining nicht signifikant.“

Die Studie untersuchte ein alters- und geschlechtsheterogenes Kollektiv von 15 bereits in unspezifischem konventionellem Training stehenden Englischen Vollblütern aus nationalen Besitzertrainer-Rennställen mit Sandrennbahnen (>600 m) und erstreckte sich über einen nicht parallel verlaufenden 6wöchigen Untersuchungszeitraum.

Ein 4-Stufenfeldtest mit 3minütiger Stufendauer und ansteigender Herzfrequenz (155 S/min, 170 S/min, 185 S/min, 200 S/min) ermittelte in einem Eingangs- und Ausgangstest Laktat- und Hämoglobinreaktionen via Diaglobal Lactat-Photometer LAC 142 innerhalb 30 s nach jeweiligem Stufenende. Für das Herzfrequenz-Monitoring mit simultaner Geschwindigkeitsprotokollierung (GPS) wurde sowohl im Stufentest als auch im Ausdauermethodentraining das Messgerät Polar-Pulsuhr Equine RS800G3 verwendet.

Das Anforderungsprofil der Intervallmethode orientierte sich mit einer Belastungsintensität von >200 S/min (anaerobe Kapazitätsoptimierung) an Herzfrequenzen eines Mittelklassepferds in Rennen und im Maximalumfang an den Renndistanzen der Steher ( $\pm 2400$  m) zur Simulation wettkampfnaher Belastungsreize (1./2. Woche 3x400 m, 3./4. Woche 3x600 m, 5./6. Woche 3x800 m).

Die Dauermethode verlangte gemäß ihrer Zielsetzung (aerobe Kapazitätsoptimierung) die Intensität von 170 S/min bei ebenfalls progressiver Erhöhung des Belastungsumfangs (1./2. Woche 3500 m, 3./4. Woche 4500 m, 5./6. Woche 5500 m).

Für die Datenverarbeitung und statistische Auswertung kamen die Programme Software 17.7 SPSS®Version und Microsoft Office Excel® 2008 zur Anwendung.

Zur weiteren statistischen Bearbeitung überprüfte der Kolmogorov-Smirnov-Test die Daten des Gesamtkollektivs auf Normalverteilung. Aufgrund des geringen Stichprobenumfangs wurde das untere Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  auf  $p < 0,10$  angehoben, um auch jene Untersuchungsergebnisse kommentieren zu können, die nur tendenzielle Mittelwertsunterschiede aufwiesen.

Interkollektive Mittelwertsunterschiede berechneten sowohl der t-Test als auch der U-Test von Mann-Whitney, die Unterschiede zwischen unabhängigen Stichproben erfassen. T-Test und Wilcoxon-Test ermittelten die intrakollektiven Mittelwertsdifferenzen.

Im *Interkollektivvergleich* ergaben sich nur signifikante Unterschiede im Ruhelaktatverhalten des Eingangs- ( $t = 2,143$ ;  $p < 0,10$  und  $z = -2,029$ ;  $p < 0,05$ ) und Ausgangstests ( $t = 2,395$ ,  $p < 0,10$  und  $z = -1,764$ ;  $p < 0,10$ ), die aufgrund wissenschaftlich nachgewiesener Laktatreaktionsresistenz auf Belastung keiner Interpretation bedürfen. Die Variable Hämoglobin zeigte nach Studienende signifikante Mittelwertsunterschiede auf den Belastungsstufen Hb155, Hb170 und Hb185 zugunsten der Dauer- und Intervallmethode. Der Leistungsindikator Geschwindigkeit ermittelte im interkollektiven Ausgangstestvergleich keine Signifikanzen, jedoch Zuwachstendenzen auf allen Intensitätsstufen (Maximalverbesserung Dauer- und Intervallmethode: 170 S/min, +5 km/h, Maximalverbesserung Intervallmethode: 185 S/min, +6 km/h).

Der *Intrakollektivvergleich* der „Intervallmethode“ wies im Laktatverhalten Reduktionstendenzen - keine Signifikanzen - auf den höchsten Belastungsstufen (185 S/min, 200 S/min) nach. In der Hämoglobinreaktion stellten sich keine signifikanten Veränderungen, dagegen Abnahmetendenzen auf folgenden Teststufen HbRuhe, Hb150, Hb170, Hb180 ein. Für den Parameter Geschwindigkeit wurde auf allen 4 Intensitätsstufen ein signifikanter Leistungszuwachs protokolliert: 155 S/min, 4 km/h; 170 S/min, 3 km/h; 185 S/min, 6 km/h; 200 S/min, 2 km/h.

Der *Intrakollektivvergleich* der „Dauer- und Intervallmethode“ erfasste in der Laktatreaktion keine Signifikanzen, sondern tendenzielle Laktatrückgänge auf den Belastungsstufen L170 → L200. Eine signifikante Erhöhung der Hämoglobinkonzentration trat in Stufe Hb170 auf. Die Geschwindigkeit stieg auf allen Stufen, signifikant jedoch nur auf 170 S/min und 185 S/min (5 km/h resp. 2 km/h).

Der *Interkollektivvergleich* der Mittelwertsdifferenzen bzgl. der Laktatkonzentration ermittelte in L185 und L200 eine Tendenz zur höheren Laktatreduktion zugunsten der Intervallmethode. Das Hämoglobinverhalten zeigte signifikante Entwicklungen zugunsten der Dauer- und Intervallmethode in Hb155 und Hb170. In der Geschwindigkeitszunahme erwies sich die Intervallmethode mit 2 signifikanten Mittelwertsdifferenzen (155 S/min, 185 S/min) und tendenzieller

Leistungszunahme (170 S/min, 200 S/min) gegenüber der Dauerperiode mit ebenfalls messbarer - jedoch nicht signifikanter - Leistungsoptimierung überlegen.

Die für beide Ausdauerperioden konzipierten Anforderungsprofile zur Verbesserung des Ausdauerleistungszustandes wurden als leistungswirksam identifiziert.

Berücksichtigt man die Interdependenzen der physiologischen Variablen - tendenzielle Laktatreduktion bei signifikantem Hämoglobinanstieg und signifikant zunehmender Geschwindigkeit -, indizieren beide Trainingsvarianten quantitativ divergierenden Leistungszuwachs und falsifizieren punktuell und methodenabhängig die eingangs formulierten Hypothesen.

Den höheren Ausdauerleistungszuwachs erzielte jedoch die Schnelligkeitsausdauer fördernde Intervallperiode, daher sollte ihr im Galoppsport unter Effizienzgesichtspunkten in Verbindung mit einer zusätzlichen Trainingseinheit zur Stabilisierung der Grundlagenausdauer Priorität gegeben werden.

Die Datenlage der in der vorliegenden Studie zum Effizienznachweis von konkurrierenden Ausdauertrainingsperioden erfassten Leistungsindikatoren könnte Ausgangsbasis für prospektive Studien mit den Zielen „Optimierung von Schnelligkeits- und Kraftausdauer“ und „Trainingssteuerung an der anaeroben Kapazitätsschwelle zur Erhöhung der Ausdauerleistung“ sein, wobei diese mit einem hohen Grad an Wahrscheinlichkeit in der Intervallperiode über eine systematische Erhöhung des Belastungsumfanges und in der Dauerperiode nur über eine Intensitätssteigerung erreicht werden können.

## 10 Abkürzungsverzeichnis

ADP	= Adenosindiphosphat
bpm	= beats per minute
bzgl.	= bezüglich
bzw.	= beziehungsweise
C	= Celsius
c.	= circa (English)
ca.	= circa
CP	= Creatinphosphat
Crp	= Creatinphosphat
D	= Dauermethode
EKG	= Elektrokardiogramm
etc.	= et cetera
evtl.	= eventuell
g	= Gramm
GAG	= Generalausgleichsgewicht
g/dl	= Gramm pro Deziliter
Hb	= Hämoglobin
Hb155	= Hämoglobin bei Herzfrequenz 155 S/min
Hb170	= Hämoglobin bei Herzfrequenz 170 S/min
Hb185	= Hämoglobin bei Herzfrequenz 185 S/min
Hb200	= Hämoglobin bei Herzfrequenz 200 S/min
HF	= Herzfrequenz
HR	= Ruheherzfrequenz
I	= Intervallmethode
ID	= Identifikationsnummer
i. d. R.	= in der Regel
i. e.	= id est, das heißt
kg	= Kilogramm
km	= Kilometer
km/h	= Kilometer pro Stunde
KP	= Kreatinphosphat
L155	= Laktat bei Herzfrequenz 155 S/min
L170	= Laktat bei Herzfrequenz 170 S/min
L185	= Laktat bei Herzfrequenz 185 S/min
L200	= Laktat bei Herzfrequenz 200 S/min
LOD	= Laktatoxidase
LR	= Ruhelaktat
lt.	= laut
m	= Meter
max	= maximal (e)
Max	= Maximum
MCIII	= kräftiger Mittelhandknochen
min	= Minuten
Min	= Minimum
mg/dl	= Milligramm pro Deziliter
mg/l	= Milligramm pro Liter
ml	= Milliliter
mmol/l	= Millimol pro Liter

---

m/s	= Meter pro Sekunde
MW	= Mittelwert
n	= Stichprobengröße, Anzahl der Probanden
nm	= Nanometer
o. a.	= oben angeführt
p	= Signifikanzniveau
PAP	= Prozess Aerosol Photometer
resp.	= respektive
ph-Wert	= Maß für sauren oder basischen Charakter einer wässrigen Lösung
s	= Sekunde
s.	= siehe
S	= Stute
SD	= Standardabweichung
SE	= Standardfehler des Mittelwerts
SET	= Standardized Exercise Test (Stufentest)
S/min	= Herzschlag pro Minute
s. S.	= siehe Seite
ST	= slow twitch
s. u.	= siehe unten
u. a.	= unter anderem
u. dgl.	= und dergleichen
UK	= United Kingdom
µl	= Mikroliter
usw.	= und so weiter
u. U.	= unter Umständen
v, V	= Geschwindigkeit
vs.	= versus
v <sub>2</sub>	= Geschwindigkeit bei Laktatgehalt von 2 mmol/l
v <sub>4</sub>	= Geschwindigkeit bei Laktatgehalt von 4 mmol/l
V <sub>O<sub>2</sub></sub>	= Sauerstoffaufnahme
V <sub>140</sub>	= Geschwindigkeit bei Herzfrequenz von 140 S/min
V <sub>150</sub>	= Geschwindigkeit bei Herzfrequenz von 150 S/min
V <sub>200</sub>	= Geschwindigkeit bei Herzfrequenz von 200 S/min
W	= Wallach
x↑	= Entnahme zum Zeitpunkt x
z. B.	= zum Beispiel
±	= Plusminus
→	= von bis
<	= kleiner als
>	= größer als

## 11 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die 10 schnellsten Zeiten (min) im Deutschen Derby über 2400 m .....	5
Abb. 2: Entwicklung der 100 m - Weltrekorde (s) Männer .....	5
Abb. 3: Stellung der Trainingsplanung in der Trainingssteuerung nach HOHMANN, 1994 (aus HOTTENROTT et al., 2010, S. 178) .....	35
Abb. 4: Zeitlicher Verlauf verschiedener Anpassungsmechanismen beim Ausdauertraining (NEUMANN, PFÜTZNER und HOTTENROTT, 1993, S. 75) .....	42
Abb. 5: Altersverteilung der Gesamtstichprobe (n = 15) .....	61
Abb. 6: Herzfrequenz (S/min), Geschwindigkeit (km/h), 3x600 m ID5 .....	72
Abb. 7: Herzfrequenz (S/min), Geschwindigkeit (km/h), 3500 m ID9 .....	73
Abb. 8: Herzfrequenz (S/min), Geschwindigkeit (km/h), 2400 m (Ausgleich IV) ID3	74
Abb. 9: Geschwindigkeit (km/h), 1600 m (Ausgleich IV) ID5 .....	75
Abb. 10: Interkollektivvergleich der Mittelwerte Laktat (mmol/l) Intervall- und Dauermethode in Abhängigkeit der Belastungsstufen .....	78
Abb. 11: Interkollektivvergleich der Mittelwerte Hämoglobin (d/gl) Intervall- und Dauermethode in Abhängigkeit der Belastungsstufen .....	79
Abb. 12: Interkollektivvergleich der Mittelwerte Geschwindigkeit (km/h) Intervall- und Dauermethode in Abhängigkeit der Belastungsstufen.....	79
Abb. 13: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Laktat (mmol/l) in Abhängigkeit der Belastungsstufen .....	82
Abb. 14: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Hämoglobin (g/dl) in Abhängigkeit der Belastungsstufen .....	82
Abb. 15: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Geschwindigkeit (km/h) in Abhängigkeit der Belastungsstufen.....	83
Abb. 16: Durchschnittliche tägliche Distanz der Galoppphasen bei zweijährigen und älteren Pferden von Trainer A (links) und B (rechts) aus Köln (nach LINDNER et al., 1992a, S. 177) .....	135
Foto: ID5 Ausgleich IV-Rennen mit Polar Equine RS800G3 .....	63

## 12 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Leistungsentwicklung im internationalen Pferderennsport (min) .....	6
Tab. 2 a: Dissertationen an deutschen veterinärmedizinischen Universitäten (1999-2009), Thema „Leistungsdiagnostische Tests am Sportpferd“ .....	19
Tab. 2 b: Dissertationen an deutschen veterinärmedizinischen Universitäten (1999-2009), Thema „Leistungsdiagnostische Tests am Sportpferd“ .....	20
Tab. 3: Veränderung der Herzfrequenz von Sportpferden durch Training (1982-2000) (aus HENNINGS, 2001, S. 15) .....	25
Tab. 4: Veränderung der Herzfrequenz von Sportpferden durch Training (1982-2000) (aus HENNINGS, 2001, S. 16) .....	25
Tab. 5: Vor (+) - und Nachteile (-) der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung (STEINHÖFER, 2003, S. 211) .....	50
Tab. 6: Geschlechtsverteilung - Ausdauermethoden .....	61
Tab. 7: Ausfallrate .....	62
Tab. 8: Methoden der Trainings-/Leistungsanalyse .....	62
Tab. 9: Aufbau des Stufentests und Zeitpunkte der Blutprobenentnahme .....	65
Tab. 10: Trainingsprogramm der Ausdauermethoden .....	66
Tab. 11: Parameter der Ausdauermethoden .....	66
Tab. 12: Profil des Dauermethodetrainings .....	67
Tab. 13: Profil des Intervallmethodetrainings .....	67
Tab. 14 a: Gesamtkollektiv Laktat (mmol/l) .....	69
Tab. 14 b: Gesamtkollektiv Hämoglobin (g/dl) .....	69
Tab. 14 c: Gesamtkollektiv Geschwindigkeit (km/h) .....	70
Tab. 15: Erholungsherzfrequenz Eingangs-/Ausgangstest Intervallmethode (S/min) ..	70
Tab. 16: Erholungsherzfrequenz Eingangs-/Ausgangstest Dauermethode (S/min) .....	71
Tab. 17: Herzfrequenz (S/min) 4 Trainingseinheiten 3x600 m ID5 .....	72
Tab. 18: Geschwindigkeit (km/h) 4 Trainingseinheiten 3x600 m ID5 .....	72
Tab. 19: Herzfrequenz (S/min), Geschwindigkeit (km/h) 4 Trainingseinheiten 3500 m ID9 .....	73
Tab. 20 a: Interkollektivvergleich Laktat (mmol/l) .....	76
Tab. 20 b: Interkollektivvergleich Hämoglobin (g/dl) .....	77
Tab. 20 c: Interkollektivvergleich Geschwindigkeit (km/h) .....	77

---

Tab. 21 a: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Eingangs-/ Ausgangstest Laktat (mmol/l) .....	80
Tab. 21 b: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Eingangs-/ Ausgangstest Hämoglobin (g/dl) .....	80
Tab. 21 c: Interkollektivvergleich der Mittelwertsdifferenzen Eingangs-/ Ausgangstest Geschwindigkeit (km/h) .....	81
Tab. 22 a: Intrakollektivvergleich Intervallmethode Laktat (mmol/l) .....	84
Tab. 22 b: Intrakollektivvergleich Intervallmethode Hämoglobin (g/dl) .....	84
Tab. 22 c: Intrakollektivvergleich Intervallmethode Geschwindigkeit (km/h) .....	84
Tab. 23 a: Intrakollektivvergleich Dauermethode Laktat (mmol/l) .....	85
Tab. 23 b: Intrakollektivvergleich Dauermethode Hämoglobin (g/dl) .....	86
Tab. 23 c: Intrakollektivvergleich Dauermethode Geschwindigkeit (km/h) .....	86
Tab. 24: Laktatverhalten bei vergleichbarer Belastungsintensität (km/h), Eingangstest (L155) .....	104
Tab. 25: <i>Niedrigste</i> und <i>höchste</i> Laktatwerte L185 im Eingangstest und deren Veränderungen in L200 und im Ausgangstest .....	110
Tab. 26: Trainingsprogramm eines japanischen Rennstalls für 2jährige Vollblüter (nach OHMURA et al., 2002b, S. 634) .....	135
Tab. 27: Entwicklung Geschwindigkeit und Laktat, 200 S/min, D=Dauermethode I=Intervallmethode .....	154
Tab. 28: Geschwindigkeit (km/h) bei 170 S/min Dauermethode .....	157
Tab. 29: Verteilung der individuellen Höchstgeschwindigkeiten im Intervalltraining ..	158
Tab. 30: Geschwindigkeit (km/h) bei >200 S/min Intervallmethode .....	159

### 13 Literaturverzeichnis

- AHONEN, J., LAHTINEN, T., SANDSTRÖM, M. und POGLIANI, G. (2008): *Sportmedizin und Trainingslehre* (2. Auflage). Stuttgart: Schattauer
- AMORY, H., ART, T., LINDEN, A., DESMECHT, D., BUCHET, M. und LEKEUX, P. (1993): Physiological response to the cross-country phase in eventing horses. *Journal of Equine Vet. Sc.*, 13, 646-650
- ANDERSON, T. M., McILWRAITH, C. W. und DOUAY, P. (2003): The role of Conformation in musculoskeletal problems in the racing Thoroughbred. *Equine Veterinary Journal*, 36 (7), 571-575
- APPEL, H.-J. und STANG-VOSS, C. (2008): *Funktionelle Anatomie - Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung* (4., vollständig überarbeitete Auflage). Heidelberg: Springer
- BALDARI, C., VIDEIRA, M., MADEIRA, F., SERGIO, J. und GUIDETTI, L. (2004): Lactate removal during active recovery related to the individual anaerobic and ventilatory thresholds in soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, 93, 224-230
- BALZARANI, A. (2010): Gentest für Rennpferde. *Spiegel*, 10, 126
- BARREY, E., GALLOUX, P., VALETTE, J. P. und AUVINET, B. (1993): Comparison of heart rate, blood lactate and stride length and frequency during incremental exercise tests in overground vs. treadmill conditions. *The Equine Athlete*, 6, 14-17
- BAYLY, W. M., GABEL, A. A. und BARR, S. A. (1983): Cardiovascular effects of submaximal aerobic training on a treadmill in Standardbred horses, using a standardized exercise test. *Am. Journal Vet. Res.*, 44, 544-553
- BAYLY, W. M. (1985): Training Programs, Vet. Clin. North Am., *Equine Pract.*, 1, 597-610
- BAYLY, W. M., GRANT, B. D. und PEARSON, R. C. (1987): Lactate concentrations in Thoroughbred horses following maximal exercise under field conditions. In Gillespie, J. R. und Robinson, N. E. (Eds.): *Equine Exercise Physiology 2*. 426-437. ICEEP Publications, Davis, California (USA)
- BORTZ, J. (1989): *Statistik* (3. Auflage). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag
- BÖS, K., HÄNSEL, F. und SCHOTT, N. (2004): *Empirische Untersuchungen in der Sportwissenschaft*. Hamburg: Czwalina
- BREDOW, A. VON (2005): Vielseitigkeitsreiten - Ausbildung und Training. In Thein, P. (Hrsg.): *Handbuch Pferd - Zucht, Haltung, Ausbildung, Sport, Medizin und Recht*, 596-629. München: BLV

- BRUIN, G., KUIPERS, H., KEIZER, H. A. und VUSSE, G. J. VAN DER (1994): Adaptation and overtraining in horses subjected to increasing training loads. *European Journal of Appl. Physiol.*, 76, 1908-1913
- BURNLEY, M. und JONES, A. M. (2005): Effekte des „Aufwärmens“ auf die Energiebereitstellung und Leistungsfähigkeit bei Pferd und Mensch - eine vergleichende Übersicht. *Pferdeheilkunde (2006)*, 22 (3), 377
- CARL, K. (2003): Training. In Röthig, P., Becker, H., Carl, K., Kayser, D. und Prohl, R. (Hrsg.): *Sportwissenschaftliches Lexikon*. (7., völlig neu bearbeitete Auflage). Schorndorf: Hofmann
- CLAYTON, H. M. (1991): *Conditioning Sport Horses, Eventing*. Sport Horse Publications, University of Saskatchewan 1, 181-200
- COUROUCÉ, A., GEFFROY, O., BARREY, E., AUVINET, B. und ROSE, R. J. (1999): Comparison of exercise tests in French trotters under training track, racetrack and treadmill conditions. *Equine Veterinary Journal, Supplement*, 30, 528-532
- DAHL, S., CORTEL, C. und LELEU, C. (2006): Optimal active recovery intensity in Standardbreds after submaximal work. *Equine Veterinary Journal, Supplement* 36, 102-105
- DAHLKAMP, M. (2003): *Vergleich zweier Trainingsmethoden für 6-jährige Vielseitigkeitspferde unter besonderer Berücksichtigung von Bergtraining*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- DAVIE, A. J. (2006): A scientific approach to the training of Thoroughbred horses. In Lindner, A. (Ed.): *Management of lameness causes in sport horses. Conference on Equine Sports Medicine and Science 2006*. 69-83. Dortmund: Lensing Druck
- DIEMER, A. (1964): *Was heißt Wissenschaft?* Verlag: A. Hein
- DIETZ, O. und HUSKAMP, B. (2006): *Handbuch Pferdepraxis* (3., völlig neu bearbeitete Auflage). Stuttgart: Enke
- DIREKTORIUM FÜR VOLLBLUTZUCHT UND RENNEN e.V. Köln (2007): Rennordnung vom 1. März 1960 in der Neufassung vom 1. Januar 1991 mit Änderungen bis Dezember 2007. Köln: wak
- DOBBERSTEIN, K. (2004): *Intervalltraining und Einfluss verschiedener Steigungsabfolgen bei Vielseitigkeitspferden*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- EATON, M. D., EVANS, D. L., HODGSON, D. R. und ROSE, R. J. (1995): Maximal accumulated oxygen deficit in Thoroughbred horses. *Journal of Applied Physiology*, 78, 1564-1568

- EHRET, G. (2003): *Optisches Mikromesssystem zur Bestimmung der lokalen Blutsauerstoffsättigung und der relativen Hämoglobinkonzentration*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover. Aachen: Shaker
- EHRLEIN, H. J. (1970): *Untersuchung über die Herzschlagfrequenz als Maß für die Leistungsfähigkeit von Pferden*. Habilitationsschrift, Physiologisches Institut, Tierärztliche Hochschule Hannover
- EHRLEIN, H. J., HÖRNICKE, H., ENGELHARDT, W. VON und TOLKMITT, G. (1973): Die Herzschlagfrequenz während standardisierter Belastung als Maß für die Leistungsfähigkeit von Pferden. *Zbl. Vet. Med. A*, 20, 188-208
- ELLENDORFF, F. (2011): *Leistungsstraining für das Pferd*. Biologie und Trainingsprinzipien. Hannover: Schlütersche
- ENGELHARDT, W. VON (1973): Lactat, Pyruvat, Glucose und Wasserstoffionen im venösen Blut bei Reitpferden in unterschiedlichem Trainingszustand. *Zentralblatt für Veterinärmedizin*, 20, 173-187
- ENGELHARDT, W. VON (2005): Leistungsphysiologie des Sportpferdes. In Thein, P. (Hrsg.): *Handbuch Pferd: Zucht, Haltung, Ausbildung, Sport, Medizin und Recht*, 711-727. München: BLV
- ENGELHARDT, W. VON (2010): Arbeitsphysiologie unter Berücksichtigung des Pferdeleistungssports. In Engelhardt, W. von (Hrsg.): *Physiologie der Haustiere* (3., vollständig überarbeitete Auflage), 494-507. Stuttgart: Enke
- ERCK, E. VAN, JAKESOVA, V., LEKEUX, P. und ART, T. (2006): Field Evaluation of Poor Performance in Standardbred Trotters. *Pferdeheilkunde*, 22 (5), 625-631
- ERICKSON, H. H., SEXTON, W. L., ERICKSON, B. K. und COFFMAN, J. R. (1987): Cardiopulmonary and metabolic responses to exercise and detraining in the Quarter horse. *Equine Exercise Physiology*, 2, 41-50. ICEEP Publications, Davis, California (USA)
- EVANS, D. L. und ROSE, R. J. (1988): *Cardiovascular and respiratory responses to submaximal exercise training in the Thoroughbred horse*. *Pflugers Archiv* 411, 316-321
- EVANS, D. L. (1994): Training Thoroughbred racehorses. In Hodgson, D. R. und Rose, R. J. (Eds.): *The Athletic Horse*. 393-398. Philadelphia: W. B. Saunders Company
- FAUDE, O. (2007): *Regeneration im leistungssportlichen Training*. Saarbrücken: Dr. Müller
- FAULSTICH, P. und LANGE, G. (1989): *Über Trainingsgrundlagen und angewandte sportmedizinische Trainingsmethoden bei Rennpferden*. Hrsg. Direktorium für Vollblutzucht und Rennen e.V. Köln

- FIRTH, E. C., ROGERS, C. W., DOUBE, M. und JOPSON, N. B. (2005): Muscoskeletal responses of 2-year-old Thoroughbred horses to early training. 6. Bone parameters in third metacarpal and third metatarsal bones. *N. Z. Vet. Journal*, 53, 101-112
- FOREMAN, J. H. und FERLAZZO, A. (1996): Physiological responses to stress in the horse. *Pferdeheilkunde*, 12 (4), 401-404
- FREEMAN, D. W., TOPLIFF, D. R. und COLLIER, M. A. (2009): *Monitoring Fitness of Horses by Heart Rate*. Oklahoma State University
- FRY, A. und KRAEMER, W. (1997): Resistance Exercise Overtraining and Overreaching. Neuroendocrine Responses. *Sports Medicine*, 23 (2), 106-129
- GALLOUX, P. (1996): *Concours complet d'Equitation*. Paris: Vigot Maloine
- GALLOUX, P. (2002): Development of the training method in three-day-event horses. In Lindner, A. (Hrsg.): *The Elite Dressage & Three-Day-Event Horse*, 55-60. Dortmund: Lensing Druck
- GASSMANN, M. und LUTZ, T. A. (2010): Blut. In Engelhardt, W. von und Breves, G. (Hrsg.): *Physiologie der Haustiere* (3., völlig neu bearbeitete Auflage). Stuttgart: Enke
- GEOR, R. J., McCUTCHEON, L. J. und SHEN, H. (1999): Muscular and metabolic responses to moderate-intensity short-term training. *Equine Veterinary Journal, Supplement 30*, 311-317
- GOLLNICK, P. D., BAYLY, W. M. und HODGSON, D. R. (1986): Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle and blood. *Med. Sci. Sports Exercise* 18, 334-339
- GOTTLIEB-VEDI, M., PERSSON, S. G. B., ERICKSON, H. und KORBUTIAK, E. (1995): Cardiovascular, respiratory and metabolic effects of intervall training at V<sub>La4</sub>. *Journal of Veterinary Medicine*, 42, 165-175
- GOTTLIEB, M. und LINDHOLM, A. (1997): Comparison of Standardbred trotters exercising on treadmill and race track with identical draught resistances. *Veterinary Record*, 140, 525-528
- GROß, G. (2010): Atmung. In Engelhardt, W. von und Breves, G. (Hrsg.): *Physiologie der Haustiere* (3., völlig neu bearbeitete Auflage), 217-247. Stuttgart: Enke
- GROSSER, M., STARISCHKA, S. und ZIMMERMANN, E. (2008): *Das neue Konditionstraining*. München: BLV
- GYSIN, J., ISLER, R. und STRAUB, R. (1987): Beurteilung und Festlegung der Trainingsintensität bei Sportpferden mittels Pulsfrequenzaufzeichnung und Plasmalaktatbestimmungen. *Pferdeheilkunde*, (3), 193-200
- HÄGELE, M., ZINNER, C., WAHL, P., SPERLICH, B. und MESTER, J. (2009): Aktiv oder passiv - der Effekt unterschiedlicher Erholungsprotokolle nach hochintensivem Intervall - Training (HIT). *Leistungssport*, 39 (6), 10-15

- HAHN, A. (2008): *Möglichkeiten der Selektion innerhalb der deutschen Population des Englischen Vollblüters vor dem Hintergrund kürzer werdender Renndistanzen*. Göttingen: Cuvillier Verlag
- HAMLIN, M. J., SHEARMAN, J. P. und HOPKINS, W. G. (2002): Changes in physiological parameters in overtrained Standardbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 34 (4), 383-388
- HARBIG, S. (2006): *Leistungsmonitoring von Hochleistungsvielseitigkeitspferden im Wettkampf und Training: Untersuchungen zur Herzfrequenz*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- HARKINS, J. D., KAMERLING, S. G., BAGWELL, C. A. und KARNS, P. A. (1990): A comparative study of interval and conventional training in Thoroughbred racehorses, *Equine Veterinary Journal, Supplement 9*, 14-19
- HARKINS, J. D. und KAMERLING, S. G. (1991): Assessment of treadmill interval training on Fitness. *Journal of Equine Vet. Science*, 11 (4), 237-242
- HARKINS, J. D., BEADLE, R. E. und KAMERLING, S. G. (1993): The correlation of running ability and physiological variables in Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal*, 25 (1), 53-60
- HARMEYER, J. (2010): Herz. In Engelhardt, W. von und Breves, G. (Hrsg.): *Physiologie der Haustiere* (3., völlig neu bearbeitete Auflage), 217-247. Stuttgart: Enke
- HARRIS, R. C. und SNOW, D. H. (1992): Plasma potassium and lactate concentrations in Thoroughbred horses during exercise of varying intensity. *Equine Veterinary Journal*, 20, 109-113
- HEBENBROCK, M. (2005): *GPS-gestütztes Monitoring von Hochleistungsvielseitigkeitspferden in Wettkampf und Training*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- HECK, H. und SCHULZ, H. (2002): Methoden der anaeroben Leistungsdiagnostik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53 (8), 202-212
- HEDDERICH, N. (2006): *Sportmedizinische Leistungsdiagnostik von Rennpferden - Laktattests und Herzfrequenzkontrollen im Training*. Unveröffentlichte Magisterarbeit, Fachbereich Psychologie und Sportwissenschaft, Goethe - Universität Frankfurt am Main
- HEINRICH, H. CH. und LANGOSCH, I. (1974): *Statistik - Ein Kursus für Pädagogen*. Braunschweig: Georg Westermann Verlag
- HELLMOLD, A. (2009): *Herzfrequenz und Laktat von Warmblutpferden in der Anreitphase und zu Beginn der Ausbildung*. Dissertation, Institut für Tierschutz und Tierverhalten (Heim-, Labortiere und Pferde), Tierärztliche Hochschule Hannover

- HENNINGS, A. (2001): *Herzfrequenzgesteuertes Laufbandtraining von 4-jährigen Warmblutpferden: Leistungsfortschritte und physiologische Indikatoren*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- HEPPES, C. (2003): *Blutglukose-, Insulin- und Glukagonkonzentration bei Vielseitigkeitspferden unter Belastung*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- HERNANDEZ, J. A., SCOLLAY, M. C., HAWKINS, D. L., CORDA, J. A. und KRUEGER, T. M. (2005): Bewertung von Hufbeschlägen und Hochleistungstraining als mögliche Risikofaktoren für schwere Verletzungen des Bewegungsapparates bei Vollblut-Rennpferden. *ESpoM Aachen 2006, Pferdeheilkunde, 22 (3)*, 395-396
- HILGERS, S. (2005): *Longitudinalverlauf gesundheitlicher insbesondere radiologischer Befunde im Verlauf mehrjähriger definierter Trainingsprogramme von Vielseitigkeitspferden*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- HINCHCLIFF, K. W., LAUDERDALE, M. A., DUTSON, J., GEOR, R. J., LACOMBE, V. A. und TAYLOR, L. E. (2002): High intensity exercise conditioning increases accumulated oxygen deficit of horses. *Equine Veterinary Journal, 34 (1)*, 9-16
- HIRAGA, A., KAI, M., KUBO, K. und ERICKSON, B. K. (1995): The Effect of Long Slow Distance Training on Aerobic Work Capacity in Young Thoroughbred Horses. *Journal of Equine Science, 6 (1)*, 1-6
- HIRAGA, A., KAI, M., KUBO, K. und SUGANO, S. (1997): The Effect of Training Intensity on Cardiopulmonary Function in 2-Year-Old Thoroughbred Horses. *Journal of Equine Science, 8 (3)*, 75-80
- HODGSON, D. R. und ROSE, R. J. (1994): Training Regimens: Physiological adaptations to Training. *The Athletic Horse*. Philadelphia: W. B. Saunders Company
- HOHMANN, A. (1994): *Grundlagen der Trainingssteuerung im Sportspiel*. Hamburg: Czwalina
- HOHMANN, A., LAMES, M. und LETZELTER, M. (2006): *Einführung in die Trainingswissenschaft* (4., überarbeitete und erweiterte Auflage). Wiebelsheim: Limpert
- HOLLMANN, W. und HETTINGER, T. (2000): *Sportmedizin: Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. (4., neu bearbeitete Auflage). Stuttgart, New York: Schattauer
- HOLLMANN, W., STRÜDER, H.-K., PREDEL, H.-K. und TAGARAKIS, W. M. (2006): *Spiroergometrie*. Stuttgart, New York: Schattauer
- HOTTENROTT, K. (1993): Wie man die Marathon-Herzfrequenz bestimmt. *Laufmagazin Spiridon, 9*, 42-43

- HOTTENROTT, K. und NEUMANN, G. (2010): *Methodik des Ausdauertrainings*. Band 165, Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport (2., überarbeitete Auflage). Schorndorf: Hofmann
- HOVEN, R. VAN DEN (2006): Equine exercise physiology - Transforming laboratory studies into practical concepts. *Pferdeheilkunde*, 22 (5), 624-625
- HUGHES, K. J. und HODGSON, D. R. (2006): Einseitige Ataxie und Kopfschiefhaltung bei einem 7-jährigen Vollbluthengst. *Australian Vet.*, 84, 136-142
- HUSKAMP, B., DÄMMRICH, K., ERBSLÖH, J. und JEFFCOTT, L. B. (1996): *Skelettreife und Trainingsbeginn bei Vollblutpferden unter besonderer Berücksichtigung des Tierschutzgesetzes*. Direktorium für Vollblutzucht und Rennen e.V. Köln. München: wak
- ISLER, R., STRAUB, R., APPENZELLER, T. und GYSIN, J. (1982): Beurteilung der aktuellen Leistungsfähigkeit zur Festlegung der optimalen Belastungsintensität für Intervalltraining bei Warmblutpferden. *Schweizer Archiv Tierheilkunde*, 123, 603-612
- IVERS, T. (1983): *The Fit Racehorse*. *Esprit Racing Team*. Cincinnati/Ohio
- JAEK, F. (2004): *Leistungsmonitoring von Hochleistungsvielseitigkeitspferden im Wettkampf und Training: Untersuchung zum Blutlaktat*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- JANSSEN, P. G. J. M. (2003): *Ausdauertraining* (3., überarbeitete und erweiterte Auflage). Balingen: Spitta
- JANSSON, A. (2005): Feldstudie über Aufwärmmethoden bei Vollblütern und Trabrennpferden. *Pferdeheilkunde Kompendium*, 22 (4), 491
- KAMIYA, K., OHMURA, H., ETO, D., MUKAI, K., USHIYA, S., HIRAGA, A. und YOKOTA, S. (2003): Heart Size and Heart Rate Variability of the Top Earning Racehorse in Japan, T. M. Opera O. *Journal of Equine Science*, 14 (3), 97-100
- KARAGIANNIS, M. H., RENIKER, A. N., KERL, M. E. und MANN, F. A. (2006): Die Laktatmessung als Indikator für die Gewebedurchblutung. *Pferdeheilkunde Kompendium*, 5, 724-726
- KAYSER, D. (2003): Ausdauer, Intervallmethode, Dauermethode. In Röthig, P., Becker, H., Carl K., Kayser, D. und Prohl, R. (Hrsg.): *Sportwissenschaftliches Lexikon*. (7., völlig neu bearbeitete Auflage). Schorndorf: Hofmann
- KEENAN, D. M. (1979): Changes of blood metabolites in horses after racing, with particular reference to uric acid. *Australian Vet. Journal*, 55, 54-57
- KESSEL, T. (1998): *Mittel- und Langstreckenlauf*. Sportwissenschaft, Band 2. Münster: Lit

- KEUL, J., SIMON, G., BERG, A., DICKHUTH, H.-H., GOERTTLER, I. und KÜBEL, R. (1979): Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Deutsche Zeitung für Sportmedizin*, 8, 212-218
- KIENZLE, E., SITTIG, B., FRIES-JUNG, R. und LEHMACHER, W. (1996): Statistische Analyse der Häufigkeit von Spontanfrakturen bei Rennpferden. *Pferdeheilkunde*, 12 (3), 347-350
- KINGSTON, J. K., SOPPET, G. M., ROGERS, C. W. und FIRTH, E. C. (2006): Use of a global positioning and heart rate monitoring system to assess training load in a group of Thoroughbred racehorses. *Equine Veterinary Journal, Supplement 36*, 106-109
- KLAUSMANN, H. (2006): *Vision Ausdauer - Ganzheitliches Ausdauerprogramm zur Steigerung von Fitness und Leistung*. Sportwissenschaft, Band 5. Münster: Lit
- KORTE, M. (2006): *Leistungsbewertung bei Pferden mit definierten Trainingsprogrammen und bei Pferden mit nicht überwachtem Training*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- KRAFT, W. und DÜRR, K. (1995): *Klinische Labordiagnostik in der Tiermedizin* (3. Auflage). Stuttgart, New York: Schattauer
- KRONFELD, D. S., CUSTALOW, P. L., FERRANTE, P. L., TAYLOR, L. E., MOLL, H. D., MEACHAM, T. N. und TIEGS, W. (2000): Determination of the lactate breakpoint during incremental exercise in horses adapted to dietary corn oil. *Am. Journal Vet. Res.*, 61(2), 144-151
- KRUG, J. (2009): Prognosen der Wettkampfleistung. *Leistungssport*, 39 (2), 5-10
- KRZYWANEK, H. und WITTKE, G. (1970): Parameter des Energiestoffwechsels und des Sauerstofftransports bei Vollblutrennpferden in Perioden unterschiedlicher Trainingsintensität\*\*\*. *Int. Zeitschrift für angewandte Physiologie*, 28, 228-238
- KRZYWANEK, H. (1974): Lactic acid concentration and pH values in trotters after racing. *J. S. Afr. Vet. Ass.*, 45, 355-360
- KRZYWANEK, H. (2006): Leistungsphysiologie. In Dietz, O. und Huskamp, B. (Hrsg.): *Handbuch Pferdepraxis*, 34-59, (3., völlig neu bearbeitete Auflage). Stuttgart: Enke
- LACOMBE, V. A., HINCHCLIFF, K.W, GEOR, R. J. und LAUDERDALE, M. A. (1999): Exercise that induces substantial muscle glycogen depletion impairs subsequent anaerobic capacity. *Equine Veterinary Journal*, 31, 30, 293-297
- LAM, K. H., PARKIN, T. D. H., RIGGS, C. M. und MORGAN, K. L. (2007): Deskriptive Untersuchung zum frühzeitigen Ausscheiden von Vollblutrennpferden aus dem Rennsport wegen Sehnenerkrankungen im Hong Kong Jockey Club (1992-2004). *Pferdeheilkunde Compendium*, 23 (4), 23

- LANGHORST, C. (2003): *Wegestreckengestaltung und Erholungsfähigkeit von Reitpferden im Vielseitigkeitssport*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- LETZELTER, M. und LETZELTER, S. (2006): *Der Sprint. Eine Bewegungs- und Trainingslehre*. Mainzer Studien zur Sportwissenschaft, Band 21. Niedernhausen: Schors
- LEWING, C. (2001): *Ausdauertraining von Sportpferden bei unterschiedlicher Belastungsintensität und -dauer*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- LINDNER, A., WITTKKE, P. VON, DINGERKUS, A., TEMME, M. und SOMMER, H. (1991): Vorkommen, Häufigkeit und Bedeutung von Trainingsausfällen bei Galopprennpferden. *Pferdeheilkunde*, 7 (5), 275-283
- LINDNER, A., WITTKKE, P. VON, SCHMALD, M., KUSSEROW, J. und SOMMER, H. (1992): Maximal lactate concentrations in horses after exercise of different duration and intensity. *Journal Equine Veterinary Science* 12, 36 - 39
- LINDNER, A., WITTKKE, P. VON und BAUER, S. (1992a): Training und Trainingsinhalte bei Galopprennpferden. *Pferdeheilkunde*, 8 (3), 175-180
- LINDNER, A., WITTKKE, P. VON und ESSER, L. (1992b): Umfang und Intensität des Wettkampftrainings sowie praxisübliche Begriffe zur Bezeichnung von Trainingsinhalten. *Pferdeheilkunde*, 8 (2), 311-320
- LINDNER, A. (1997): *Laktat und Leistung*. Dortmund: Lensing Druck
- LINDNER, A. (2001): Leistungsdiagnostik beim Pferd: Was ist anwendbar? *Pferdeheilkunde*, 17, 414-416
- LINDNER, A., SOBOTTA, M. und SASSE, H. H. L. (2001): Genauigkeit der Steuerung der Laktatkonzentration im Blut von Pferden nach Belastung mit Geschwindigkeiten, die durch Ergebnisse eines Belastungstests vorgegeben waren. Teil 2: Beziehungen zwischen Herzfrequenz während Belastung und Laktatkonzentration im Blut nach Belastung. *Pferdeheilkunde*, 17 (3), 241-246
- LINDNER, A., SIGNORINI, R., BRERO, L., ARN, E., MANCINI, R. und ENRIQUE, A. (2006): Effect of conditioning horses with short intervals at high speed on biochemical variables in blood. *Equine Veterinary Journal, Supplement* 36, 88-92
- LINDNER, A., BRERO, L. und SIGNORINI, R. (2010): *Wirkung der Steigerung der Anzahl von Intervall-Belastungen über 100 m bei maximaler Geschwindigkeit*. Agpferd Arbeitsgruppe Pferd, Jülich, Deutschland
- LOVELL, D. K. und ROSE, R. J. (1995): Effects of post exercise activity on recovery from maximal exercise. *Equine Veterinary Journal, Supplement* 18, 188-190
- MARÉES, H. DE (2002): *Sportphysiologie* (9., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Köln: Sport und Buch Strauß

- MARLIN, D. J., HARRIS, R. C., HARMAN, J. C. und SNOW, D. H. (1987): Influence of post-exercise activity on rates of muscle and blood lactate disappearance in the Thoroughbred horse. In Gillespie, J. R. and Robinson, N. E. (Eds.): *Equine Exercise Physiology 2*. 321-331. ICEEP Publications, Davis, California (USA)
- MARLIN, D. J., HARRIS, R. C. und SNOW, D. H. (1991): Rates of Blood Lactate Disappearance Following Exercise of Different Intensities. In Persson, S. G. B., Lindholm, A. and Jeffcott, L. B. (Eds.): *Equine Exercise Physiology 3*. 188-195. ICEEP Publications, Davis, California (USA)
- MARLIN, D. J. und NANKERVIS, K. (2002): *Equine Exercise Physiology*. Oxford: Blackwell Science
- MELFSEN-JESSEN, J. (1999): *Physiologische Indikatoren unter standardisiertem Laufbandtraining und Belastung bei Sportpferden*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- MICHEL, G. (2004): *Veränderung der Herzfrequenz unter definierter Steigungsbelastung auf dem Laufband und während des Intervalltrainings von Vielseitigkeitspferden*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover
- MILLER, P. A. und LAWRENCE, L. M. (1986): Feeding status affect glucose metabolism in exercising horses. *European Journal of Applied Physiology*, 57
- MILLER, P. A. und LAWRENCE, L. M. (1987): The effect of submaximal treadmill training on heart rate, lactate and ammoniac in Quarter horses. *Equine Exercise Physiology*, 2, 476-484, ICEEP Publications, Davis, California (USA)
- MUKAI, K., TAKAHASHI, T., ETO, D., OHMURA, H., TSUBONE, H. und HIRAGA, A. (2007): Heart Rates and Blood Lactate Response in Thoroughbred Horses during a Race. *Journal Equine Science*, 18 (4), 153-160
- NEUMANN, G., PFÜTZNER, A. und HOTTENROTT, K. (1993): *Alles unter Kontrolle - Ausdauertraining*. Aachen: Meyer & Meyer
- NEUMANN, G., PFÜTZNER, A. und BERBALK, A. (2007): *Optimiertes Ausdauertraining* (5., überarbeitete Auflage). Aachen: Meyer & Meyer
- NEVILLE, R. (2002): Energetics of exercise. In Marlin, D. J. und Nankervis, K. (Eds.): *Equine Exercise Physiology*. 7-20. Oxford: Blackwell Science
- NIELSEN, B. D., HINEY, K. M., HOEKSTRA, K. E., BELL, R. A. und POTTER, G. D. (2004): Nutritional and husbandry management of racehorses. In Lindner, A. (Hrsg.): *The Elite Race and Endurance Horse - Conference on Equine Sports Medicine and Science 2004*. 66-74. Dortmund: Lensing Druck

- NUNAMAKER, D. M. (2002): Relationships of exercise regimen and racetrack surface to modelling / remodelling of the third metacarpal bone in two year-old Thoroughbred racehorses. In *Veterinary and Comparative Orthopaedics and Traumatology*. Stuttgart: Schattauer
- OHMURA, H., HIRAGA, A., AIDA, H., KUWAHARA, M. und TSUBONE, T. H. (2002a): Effects of initial handling and training on autonomic nervous function in young Thoroughbreds. *American Journal of Veterinary Research*, 63 (11), 1488-1491
- OHMURA, H., HIRAGA, A., MATSUI, A., AIDA, H., INOUE, Y., SAKAMOTO, K., TOMITA, M. und ASAI, Y. (2002b): Changes in running velocity at heart rate 200beats/min ( $V_{200}$ ) in young Thoroughbred horses undergoing conventional endurance training. *Equine Veterinary Journal*, 34 (6), 634-635
- OKONEK, S. (1998): *Biochemische und biophysikalische Reaktionen trainierter und nicht trainierter Pferde auf standardisierte Belastungen von unterschiedlicher Intensität*. Dissertation, Institut für Tierzucht und Tierverhalten Mariensee, Tierärztliche Hochschule Hannover
- OVERESCH, B. und WUMKES, C. (1999): *Buschreiten*. Stuttgart: Kosmos
- PARKIN, T. D. H. (2004): Risk factors of racing horses. In Lindner, A. (Hrsg.): *The Elite Race and Endurance Horse - Conference on Equine Sports Medicine and Science 2004*. 75-85. Dortmund: Lensing Druck
- PARKIN, T. D. H., CLEGG, P. D., FRENCH, N. P., PROUDMAN, C. J., RIGGS, C. M., SINGER, E. R., WEBBON, P. M. und MORGAN, K. L. (2004): Horse level risk factors for fatal distal limb fracture in racing Thoroughbreds in the UK. *Equine Veterinary Journal*, 36, 513-519
- PERSSON, S. G. B. und LYDIN, G. L. (1973): Circulatory Effects of Splenectomy in the Horse. 3. Effect on pulse-work relationship. *Zbl. Vet. Med., A 20 (7)*, 521-530
- PERSSON, S. G. B. und ULLBERG, L. E. (1974): Blood Volume in Relation to Exercise Tolerance in Trotters. *J. S. Afr. Vet. Assoc.*, 45 (4), 293-299
- PERSSON, S. G. B. (1983): Analysis of fitness and state of training. Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse. In Snow, D. H., Persson, S. G. B. and Rose, R. J. (Eds.): *Equine Exercise Physiology I*. 441-457. Granta Editions, Cambridge
- 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. *Journal of Veterinary Medicine*, 44, 125-132 (1-10)?
- PHYSICK-SHEARD, P. W. (1985): Cardiovascular response to exercise and training in the horse. *Vet. Clin. North America*, 1, 383-417

- PHYSICK-SHEARD, P. W., MARLIN, D. J., THORNHILL, R. und SCHROTER, R. C. (2000): Frequency domain analysis of heart rate variability in horses at rest and during exercise. *Equine Veterinary Journal*, 32 (3), 253-262
- PÖSO, A. R., LAMPINEN, K. J. und RÄSÄNEN, L. A. (1995): Distribution of lactate between red blood cells and plasma after exercise. *Equine Veterinary Journal, Supplement 18*, 231-234
- RAINER, J. E., EVANS, D. R., HODGSON, D. R. und ROSE, R. J. (1994): Blood lactate disappearance after maximal exercise in trained and detrained horses. *Res. Vet. Sci.* 57, 325-331
- RIVERO, J.-L. L. (2004): Skeletal muscle adaptation to conditioning: Which type of exercise for what? In Lindner, A. (Hrsg.): *The Elite Race and Endurance Horse - Conference on Equine Sports Medicine and Science 2004*. 85-90. Dortmund: Lensing Druck
- RIVERO, J.-L. L. (2007): A Scientific Background for Skeletal Muscle Conditioning in Equine Practice. *Journal of Veterinary Medicine*, 54, 321-332
- ROGERS, C. W., RIVERO, J.-L. L., VAN BREDA, E., LINDNER, A. und SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M. (2007): Describing workload and scientific information on conditioning horses. *Equine and Comparative Exercise Physiology*, 4 (1), 1-6
- ROSE, R. J., ALLEN, J. R., HODGSON, D. R., STEWART, J. H. und CHAN, W. (1983): Responses to submaximal treadmill exercise and training in the horse: changes in haematology, arterial blood gas and acid base measurements, plasma biochemical values and heart rate. *Veterinary Record*, 113, 612-618
- ROSE, R. J. und EVANS, D. L. (1990): Training horses - art or science? *Equine Veterinary Journal*, 22 (9), 2-4
- ROSE, R. J. und HODGSON, D. R. (1994): Haematology and Biochemistry. In Rose, R. J. und Hodgson, D. R. (Eds.): *The Athletic Horse*. W. B. Saunders company, 63-78
- SAIBENE, F., CORTILI, G., GAVEZZI, P., SALA, A., FAINA, M. und SARDALLA, F. (1985): Maximal anaerobic (lactic) capacity and power of the horse. *Equine Veterinary Journal*, 17, 130-132
- SCHÄFER, B. (2000): *Reaktionen physiologischer Leistungskriterien auf zusätzliches Ausdauertraining während der reiterlichen Ausbildung von Sportpferden*. Warendorf: FN -Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH
- SCHMIDT, W., PROMMER, N., STEINACKER, J. M. und BÖNING, D. (2006): Sinn und Unsinn von hämatologischen Grenzwerten im Ausdauersport - Folgerung aus den Dopingskandalen von Turin 2006. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 57 (2), 54-56
- SCHMIDTBLEICHER, D. (2010): Werden die wissenschaftlichen Erkenntnisse in der Praxis genutzt? Eine Betrachtung am Beispiel des Krafttrainings. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 61 (7), 151-152

- SCHNABEL, G., HARRE, D., KRUG, J. und BORDE, A. (2003): *Trainingswissenschaft* (3., stark überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin: Sportverlag
- SCHUBACK, K., ESSÉN-GUSTAVSSON, B. und PERSSON, S. G. B. (1999): Incremental treadmill exercise until onset of fatigue and its relationship to metabolic response and locomotion pattern. *Equine Veterinary Journal, Supplement 30*, 337-341
- SCHURR, S. (2006): *100 Meter - Funktionelles Sprinttraining*. Norderstedt: Schorndorf
- SCHURR, S. (2007): *Leistungsdiagnostik - Der Laktatleistungstest*. Norderstedt: Schorndorf
- SEXTON, W. L. und ERICKSON, H. H. (1990): Effects of treadmill elevation on heart rate, blood lactate concentration and packed cell volume during graded submaximal exercise in ponies. *Equine Veterinary Journal, Supplement 9*, 57-60
- SHEARMAN, J. P. und HOPKINS, W. G. (1995): Training of Standardbred maiden pacers. *Journal of Equine Veterinary Science, 16* (3), 116-119
- SKARDA, R. T., MUIR, W. W., MILNE, D. W. und GABEL, A. A. (1976): Effects of Training on resting and post exercise ECG in Standardbred horses, using a standardized exercise test. *Am. J. Vet. Res.*, 37, 1485-1488
- SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M. (2004): Equine muscle problems that tie up. ESpoM Aachen 2006, *Pferdeheilkunde, 22*, 633-634
- SNOW, D. H. (1990): Haematological, biochemical and physiological changes in horses and ponies during the cross country stage of driving trial competitions. *Vet. Rec.*, 10, 233-239
- SNOW, D. H. und MACKENZIE, G. (1977): Effect of Training on some Metabolic Changes associated with Submaximal Endurance Exercise in the Horse. *Equine Veterinary Journal, 9* (4), 226-230
- SOBOTTA, M. (1999): *Laktatkonzentration im Blut und Herzfrequenz von Pferden bei laktatgesteuerten Geschwindigkeiten*. Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin, Justus-Liebig-Universität Gießen. Gießen: Köhler
- SOBOTTA, M., LINDNER, A. und SASSE, H. H. L. (2001): Genauigkeit der Steuerung der Laktatkonzentration im Blut von Pferden nach Belastung mit Geschwindigkeiten, die durch Ergebnisse eines Belastungstests vorgegeben waren. Teil 1: Laktatgesteuerte Geschwindigkeit. *Pferdeheilkunde, 17* (1), 42-46
- SPRINGORUM, B. (1986): *Hinweise zum Konditionstraining der Military-Pferde*. Warendorf: FN -Verlag der Deutschen Reiterlichen Vereinigung GmbH
- STAHEL, S. (2004): *Erhebung von Trainingsintensitäten und -umfang bei Trabrennpferden in der Schweiz*. Dissertation, Pferdeklunik der Vetsuisse-Fakultät, Universität Zürich

- STEGMANN, H. und KINDERMANN, W. (1981): Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle bei unterschiedlich Ausdauertrainierten aufgrund des Verhaltens der Laktatkinetik während der Arbeits- und Erholungsphase. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 8, 213-221
- STEINACKER, J. (2003): Hämoglobin. In Röthig, P., Becker, H., Carl, K., Kayser, D. und Prohl, R. (Hrsg.): *Sportwissenschaftliches Lexikon*. (7., völlig neu bearbeitete Auflage). Schorndorf: Hofmann
- STEINACKER, J., WANG, L., LORMES, W., REIBNECKER, S. und LIU, Y. (2002): Strukturanpassung des Skelettmuskels auf Training. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53 (12), 354-360
- STEINHÖFER, D. (2003): *Grundlagen des Athletiktrainings*. Münster: philippka
- STOVER, S. M. (1987): Dorsal metacarpal disease in Thoroughbred horses. Relationship to the development of the third metacarpal bone. Ph. D. Thesis, University of California, Davis (USA)
- STRAUB, R., HOPPLER, H., DETTWILER, M., ISLER, R. und GYSIN, J. (1982): Evaluation of the ability to be trained and actual performance based on muscle studies in horses. *Schweizer Archiv für Tierheilkunde*, 124, 529-548
- SUKALE, M. (2002): *Leidenschaft und Disziplin*. Tübingen: Mohr Siebeck
- SZARSKA, E., BEDZIEJEWSKA, A., MANKOWSKI, D. und KAZMIERCZAK, B. (2004): Comparison of postrace heart rate values in Thoroughbred winning horses and losers. In Lindner, A. (Hrsg.): *The Elite Race and Endurance Horse - Conference on Equine Sports Medicine and Science 2004*. Dortmund: Lensing Druck
- TABATA, I., NISHIMURA, K., KOUZAKI, M., HIRAI, Y., OGITA, F., MIYACHI, M. und YAMAMOTO, K. (1996): Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO<sub>2</sub>max. *Med. Sci. Sports Exercise*, 28, 1327-1330
- TACCHIO, H. M. S., DAVIES, M., MORGANTE, M. und BERNARDINI, D. (2005): Beziehung zwischen Leistungsfähigkeit und Längsbalance der Vorderhufe beim Pferd. *Pferdeheilkunde, ESpoM Aachen 2006*, 22 (3), 393-394
- TETZNER, K. (2008): *Mehrjähriges Konditionstraining von Sportpferden: eine longitudinale Auswertung von Kraft-, Ausdauer- und Schnelligkeitstraining anhand von Laktat, Herzfrequenz und Geschwindigkeitsbeziehungen*. Dissertation, Institut für Nutztiergenetik Mariensee, Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Tierärztliche Hochschule Hannover
- THOMAS, D. P., FREGIN, G. F., GERBER, N. H. und AILES, N. B. (1983): Effects of training on cardiorespiratory function in the horse. *American Journal of Physiology*, 245 (2), 160-165

- THORNTON, J. R., ESSÉN-GUSTAVSSON, B. und LINDHOLM, A. (1983): Effects of training and detraining on oxygen uptake, cardiac output, blood gas tension, pH and lactate concentrations during and after exercise in the horse. In: Snow, D. H., Persson, S. G. B. and Rose, R. J. (Eds.): *Equine Exercise Physiology*, Granta Editions, Cambridge, 470-486
- THORNTON, J. R. (1985): Exercise Testing. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 1, 573-595
- THORPE, C. T., CLEGG, P. D. und BIRCH, H. L. (2010): Eine Übersicht über Verletzungen der Sehnen des Pferdes: Warum weist die oberflächliche Beugesehne das höchste Erkrankungsrisiko auf? *Pferdeheilkunde*, 26 (5), 752-753
- TORTORA, G. J. und DERRICKSON, B. H. (2008): *Anatomie und Physiologie*. Weinheim: Wiley-Blackwell
- UHDE, A. M. (2009): *Trainingsauswirkungen auf Parameter der Herzfrequenz bei Vielseitigkeitspferden im Leistungssport*. Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin, Justus-Liebig-Universität Gießen. Wettenberg: VVB Lauferweiler
- URHAUSEN, A. und KINDERMANN, W. (2002): Übertraining. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53 (4), 121-122
- VERHEYEN, K. L. P. und WOOD, J. L. N. (2004): Descriptive epidemiology of fractures occurring in British Thoroughbred racehorses in training. *Equine Veterinary Journal*, 36 (2), 167-173
- WEINECK, J. (2010): *Optimales Training* (16., durchgesehene Auflage). Balingen: Spitta
- WEISHAUPT, M. (2007): Der Pferdesport zwischen Empirie und Wissenschaft - Kontroverse oder Chance? *Newsletter - Verein Forschung für das Pferd* 18 (1), 1-6
- WILSHER, S., ALLEN, W. R. und WOOD, J. L. N. (2006): Faktoren für den Ausfall von Vollblütern im Training und bei Rennen. *Pferdeheilkunde Kompendium*, 22 (4), 503-504
- WILSON, R. G., ISLER, R. B. und 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*. 487-496. Granta Editions, Cambridge
- WILSON, A. J. und RAMBAUT, A. (2008): *Breeding Racehorses: What Price Good Genes?* University of Edinburgh, Institute of Evolutionary Biology
- WIRTH, K. (2007): *Trainingshäufigkeit beim Hypertrophietraining*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft. Bonn: Sportverlag Strauß
- WITT, S. (2004): *Einfluss von Steigungstraining auf dem Laufband und unterschiedlichem Aufbaustraining auf den Konditionserhalt bei Vielseitigkeitspferden*. Dissertation, Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Tierärztliche Hochschule Hannover

- WITTE, E. (2001): *Herzfrequenzvariabilität beim Pferd in Ruhe und nach Belastung*. Dissertation, Freie Universität Berlin
- WITTKKE, P. VON, LINDNER, A., DEEGEN, E. und SOMMER, H. (1991): Effects of training on blood lactate-running speed relationship in Thoroughbred racehorses. *Journal of Applied Physiology*, 77, 1, 298-302
- WOOD, J. L. N., EASTMENT, J., LAKHANI, K. H., HARKINS, L. und ROGERS, K. (2001): Modelling a retrospective study of death on racecourses. *Proc Soc Vet Epidem Prev Med*, 115-126
- WURM, S. (2004): *Verhalten und körperliche Beanspruchung von Pferden auf dem Laufband im Wasser*. Dissertation, Fachbereich Veterinärmedizin, Justus-Liebig-Universität Gießen
- YAMANO, S., ETO, D., SUGIURA, T., KAI, M., HIRAGA, A., TOKURIKI, M. und MIYATA, H. (2002): Effect of growth and training on muscle adaptation in Thoroughbred horses. *American Journal of Veterinary Research*, 63 (10), 1408-1412
- YOUNG, L. (2002): Cardiovascular responses. In Marlin, D. J. und Nankervis, K. (Eds.): *Equine Exercise Physiology*. 113-126. Oxford: Blackwell Science
- ZINTL, F. und EISENHUT, A. (2004): *Ausdauertraining*. München: BLV

Internetseiten:

- FAIßT, C.-S. (2008): [www.western-journal.de](http://www.western-journal.de)
- GRIFFIN, A. (2010): [www.extension.org/pages/13629/ashley-griffin-university-of-kentucky](http://www.extension.org/pages/13629/ashley-griffin-university-of-kentucky)
- HAUGEN, R. (2009): [www.polar.fi](http://www.polar.fi)
- HILL, E. (2010): [www.sciencedaily.com/releases/2010/02/100202144204.htm](http://www.sciencedaily.com/releases/2010/02/100202144204.htm)
- KOCK, M. DE (2010): [www.mikedekockracing.com](http://www.mikedekockracing.com)
- PFM: [www.pfment.com/article\\_interval\\_training.html](http://www.pfment.com/article_interval_training.html)

## 14 Tabellarischer Lebenslauf

**Nicola Hedderich** 9.07.1980 geboren in Offenbach am Main  
als Tochter von Hans-Joachim Hedderich und  
Monika Hedderich, geb. Rückert

### ■ Schulbildung

07/1987 - 06/1991 Grundschule Lauterborn, Offenbach am Main  
06/1991 - 06/2000 Gymnasium Albert-Schweitzer-Schule, Offenbach am Main  
Allgemeine Hochschulreife

### ■ Studium

10/2001 - 06/2007 Goethe-Universität Frankfurt am Main  
Hauptfach: Sportwissenschaft  
Nebenfach: Sportmedizin  
Nebenfach: Psychologie  
06/2007 Abschluss des Studiums  
Magistra Artium mit „Sehr gut“

### ■ Berufliche Tätigkeiten

11/1995 - 01/2005 Rennstall Dave Richardson, Frankfurt am Main, Arbeitsreiterin  
09/2000 - 12/2000 Kempinski Hotel Gravenbruch, Neu-Isenburg, Restaurant-Hostess,  
Organisation und Durchführung des Roomservice  
04/2001 - 10/2001 Lufthansa, Frankfurt am Main  
07/2005 - 09/2005 FAZ (Flugbegleiterin auf Zeit) Langstrecke  
07/2007 - 12/2007 FAZ (Flugbegleiterin auf Zeit) Langstrecke  
07/2008 - 09/2008 FAZ (Flugbegleiterin auf Zeit) Langstrecke  
05/2009 - 07/2009 FAZ (Flugbegleiterin auf Zeit) Langstrecke  
05/2010 - 07/2010 FAZ (Flugbegleiterin auf Zeit) Langstrecke  
04/2011 - 06/2011 FAZ (Flugbegleiterin auf Zeit) Langstrecke  
2005 - 2012 Aero-Dienst, Nürnberg, Freelancer Flugbegleiterin  
03/2008 Doktorandin im Fachbereich „Psychologie und Sportwissenschaften“ an  
der Goethe-Universität Frankfurt am Main

### ■ Lizenzen und Qualifikationen

10/1999 Amateurrenreiterlizenz, Direktorium für Vollblutzucht und Rennen e.  
V., Köln  
10/2003 - 02/2004 A-Lizenz Trainingsleiterin, Goethe-Universität Frankfurt am Main  
01/2004 - 02/2004 Fachübungsleiterin Rehabilitationssport, Davos  
11/2008 Besitzertrainerlizenz, Direktorium für Vollblutzucht und Rennen  
e. V., Köln

## **15 Eidesstattliche Erklärung**

„Ich erkläre hiermit, dass die vorliegende Dissertation mit dem Titel

### **Wirksamkeit unterschiedlicher Trainingsformen auf die Leistungsfähigkeit von Vollblütern überprüft anhand von Herzfrequenz- und Laktatmessungen**

selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel verwendet wurden. Ich erkläre hiermit gleichermaßen, dass die Stellen der Dissertation, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, durch Angaben der Quellen kenntlich gemacht wurden. Weiterhin erkläre ich, dass ich zuvor keine Promotionsverfahren beantragt habe und dass mir die Promotionsordnung bekannt ist.“

Frankfurt, den 15. März 2012

## Danksagung

Abschließend möchte ich allen Personen, die mir die Durchführung dieser Studie ermöglichten, ganz herzlich danken.

Vielen Dank Herr Professor Dr. Dr. h. c. Schmidtbleicher für die Annahme dieses für Humansportwissenschaftler doch etwas ungewöhnlichen Projekts und herzlichen Dank Herr Professor Dr. med. Dr. phil. Banzer für die Übernahme des zweiten Gutachtens.

Herrn Dr. Baumgärtner danke ich für die Ratschläge bei der statistischen Auswertung.

Ein ganz besonderer Dank geht an alle engagierten Besitzertrainer und Arbeitsreiter für die praktische Umsetzung dieser Untersuchung: Frau Sabrina Schwinn, Herr Matthias Schwinn, Frau Yvonne Jung, Frau Silke Brüggemann sowie Arbeitsreiterin Katja Seiberth. Ihnen verdanke ich aufgrund ihrer offenen Art gegenüber Neuerungen und Veränderungen die tägliche regelmäßige und zuverlässige Trainingsdokumentation.

Veterinärmedizinerin Stefanie Schlomms Mithilfe sicherte den medizinischen Bereich ab.

PolarEquine, Schweiz (RS800G3, Pulsmesser) sowie Diaglobal, Berlin (Lactat-Photometer LAC 142) versorgten mich großzügig mit Test- und Arbeitsmaterialien, herzlichen Dank.

Der größte Dank gilt jedoch meinen Eltern.

Sie haben mich bedingungslos in jeder „Dissertationslage“, besonders während der realisierungs- und materialbedingten Tiefs, aufgebaut und als extern Promovierende auch finanziell unterstützt sowie durch ihr großes Interesse an meinem Projekt mich stets motiviert nicht aufzugeben. Ich danke Euch von ganzem Herzen.