

Aus dem Institut für Tierzucht Mariensee
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL)

**Leistungsmonitoring von Hochleistungsvielseitigkeitspferden
im Wettkampf und Training:
Untersuchungen zur Herzfrequenz**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung des Grades
eines Doktors der Veterinärmedizin

(Dr. med. vet.)

durch die Tierärztliche Hochschule Hannover

Vorgelegt von
Sascha Harbig
aus Unna

Hannover 2006

Wissenschaftliche Betreuung: Prof. Dr. F. Ellendorff

1. Gutachter: Prof. Dr. F. Ellendorff

2. Gutachter: Prof. Dr. P. Stadler

Tag der mündlichen Prüfung: 01.06.2006

In Zusammenarbeit mit der Deutschen Reiterlichen Vereinigung e.V. (FN), Warendorf
und dem Olympiastützpunkt Westfalen (OSP), Warendorf.

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	9
2	Literatur.....	11
2.1.1	Entstehung der Vielseitigkeit bis 1912	11
2.1.2	Vielseitigkeitsprüfungen: Anforderungen und Bewertung (2003).....	12
2.2	Grundzüge der Leistungsphysiologie: Herz und Herzfrequenz	13
2.2.1	Herzfrequenz während Belastung.....	14
2.2.2	Herzfrequenz nach Belastung.....	16
2.2.3	Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz	17
2.3	Herzfrequenzwerte in Prüfungen und Training von Vielseitigkeitspferden.....	19
2.3.1	Herzfrequenzwerte in Prüfungen	20
2.3.2	Herzfrequenzwerte im Training.....	24
2.4	Möglichkeiten der Leistungsbeurteilung im Feld von Vielseitigkeitspferden im Hinblick auf den Belastungsparameter Herzfrequenz	25
2.5	Herzfrequenzen unter pathologischen Veränderungen bei Vielseitigkeitspferden.....	28
2.6	Schlussfolgerungen aus der Literaturübersicht	31
3	Eigene Untersuchungen	33
3.1	Zielsetzung	33
3.2	Material und Methode.....	33
3.2.1	Pferde	33
3.2.1.1	Anzahl	33
3.2.1.2	Alter, Geschlecht und Abstammung	34
3.2.1.3	Haltung und Fütterung.....	34
3.2.2	Reiter / Reiterinnen.....	35
3.2.3	Untersuchungsparameter	35
3.2.3.1	Herzfrequenz	35
3.2.3.2	Definitionen.....	36

3.2.3.3	Zeitpunkte der Aufzeichnung der Herzfrequenz	36
3.2.4	Prüfungen und Herzfrequenzmessungen	36
3.2.5	Training und Herzfrequenzmessung	41
3.2.6	Trainingspläne und Trainingsdokumentation	41
3.2.7	Stufenbelastungstest	41
3.2.8	Statistische Auswertung.....	42
3.3	Ergebnisse	43
3.3.1	Individuelle Herzfrequenzverläufe.....	43
3.3.2	Herzfrequenzen über alle Prüfungen	47
3.3.3	Herzfrequenzen in den einzelnen Prüfungen.....	49
3.3.3.1	Herzfrequenzen: 30 Sekunden vor den Geländestrecken	51
3.3.3.2	Herzfrequenzen während der Geländestrecken	52
3.3.3.3	Herzfrequenzen 30 Sekunden nach den Geländestrecken	54
3.3.4	Herzfrequenz in Prüfungen unterschiedlicher Schwierigkeitsklassen.....	56
3.3.5	Mittlere Herzfrequenz in 4 gleichlangen Abschnitten der Geländestrecke der verschiedenen Schwierigkeitsklassen	62
3.3.6	Einfluss der gerittenen Geschwindigkeit auf die Herzfrequenz	64
3.3.7	Einfluss von Alter und Geschlecht auf die Herzfrequenz	68
3.3.8	Herzfrequenzen im Training.....	75
3.3.9	Vergleich der mittleren Herzfrequenzen in Prüfung und Training	76
3.3.10	Vergleiche von Einzelherzfrequenzen in Prüfung und Training	78
4	Diskussion	84
5	Schlussfolgerungen	96
6	Zusammenfassung	99
7	Summary	102
8	Literaturverzeichnis.....	105
9	Abbildungsverzeichnis	121
10	Tabellenverzeichnis	123
11	Anhang	126

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
bpm	beats per minute = Schläge pro Minute
bzw.	beziehungsweise
CCI*, **, ***	Concours Complet International
CIC**, ***	Concours International Court
DOKR	Deutsches Olympiade-Komitee für Reiterei
FAL	Institut für Tierzucht Mariensee der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft
FEI	Fédération Équestre Internationale
FN	Fédération Nationale (Deutsche Reiterliche Vereinigung)
l	Liter
l/min	Liter pro Minute
kg	Kilogramm
m/s	Meter pro Sekunde
m/min	Meter pro Minute
ml	Milliliter
mmol/l	Milimol pro Liter
N	Anzahl der Pferde
n	Anzahl der Einzelherzfrequenzen
n.a.	nicht auswertbar
n.s.	nicht signifikant
OSP	Olympiastützpunkt Westfalen Warendorf
R	Korrelationskoeffizient
s	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
v	Geschwindigkeit
VL	L-Vielseitigkeit
während	während der Geländestrecke
30sec vor	die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke
30sec nach	die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke

1 Einleitung

Die Vielseitigkeit ist der Mehrkampf der Reitsportdisziplinen. Sie geht aus der Militärreiterei hervor, weshalb diese Disziplin zu früherer Zeit auch als Military bezeichnet wurde. Sie ist neben dem Dressur- und Springreiten seit 1912 dritte olympische Reitsportdisziplin.

Die Vielseitigkeit setzt sich aus der Leistung in drei Teilprüfungen Dressur, Gelände und Springen zusammen. Die Komplexibilität dieser drei Teilprüfungen stellt, gerade im internationalen Hochleistungssport, sehr hohe psychische und physische Ansprüche an den Athleten Pferd. Diesen Ansprüchen gerecht zu werden, ist es die Aufgabe des Reiters bzw. des Trainers ihre Pferde leistungsgerecht und schonend unter tierschützerischen Aspekten optimal auf die gestellten Aufgaben vorzubereiten. Es wird verlangt das Individuum Pferd so gezielt auf Wettkämpfe bzw. Saisonhöhepunkte hinzuführen.

Die Trainingsplanung liegt im Vielseitigkeitssport häufig nur im Ermessen der Reiter und Trainer und ist auf Erfahrungswerte oder Wettkampferfolge aufgebaut (ROSE et al. 1990, Stull 1992). Detaillierte, wissenschaftlich ausgearbeitete Trainingskonzepte bzw. Trainingsplanung und Untersuchungen über den Ausdauerleistungsbereich, wie sie im Humansport schon seit Jahrzehnten bekannt sind, fehlen für den Bereich Vielseitigkeit weitgehend.

Die Vielseitigkeit ist in den Jahren immer wieder durch schwere Unfälle von Pferd und Reiter während der Geländeprüfungen in die Kritik geraten. Diese Unfälle geschehen durch unangemessenen Hindernisaufbau und Streckenführung, die selbst gut vorbereiteten Pferden Probleme bereiten, aber häufig auch aufgrund von überforderten, ermüdeten und dadurch unkonzentrierten Pferden.

Der Ruf nach verbesserten Methoden und Verfahren, die Trainings- und Wettkampfbelastung objektivieren könnten und für eine gezielte und schonende Vorbereitung des Hochleistungssportlers Pferd auf Wettkämpfe bzw. Saisonhöhepunkte geeignet sind, wird immer deutlicher. Voraussetzung dafür sind

einmal ein tieferes als bislang verfügbares Verständnis der Leistungsphysiologie des Pferdes, zum anderen eine verlässliche Datengrundlage physiologischer Reaktionen des Organismus auf Trainings- und Wettkampfbelastung. Ein Ziel der vorliegenden Arbeit lag bei der Erweiterung der Datengrundlage. Dazu sollten von Hochleistungspferden der Disziplin Vielseitigkeit die Herzfrequenz in Prüfungen der Saison 2003 und im Training erfasst, geprüft und verglichen werden. Diese Daten sollen auch dazu dienen den Leistungszustand der Pferde zu beurteilen und Anleitungen zur Vorbereitung und Trainingssteuerung zu entwickeln.

Insgesamt wurden bei Pferden des Vielseitigkeitskaders des DOKR während ihrer Vorbereitung auf die Europameisterschaft der Saison 2003 im Training und Wettkampf die Belastungsparameter Laktat (JAEK 2004) und Herzfrequenz erfasst. Im Vordergrund der vorliegenden Arbeit stand der Belastungsparameter Herzfrequenz, der sich in vorherigen Arbeiten als geeignet erwiesen hatte (OKONEK 1998, MELFEN-JESSEN 1999, SCHÄFER 2000, LEWING 2001, HENNINGS 2001, LANGHORST 2003, DAHLKAMP 2003, MICHEL 2004).

2 Literatur

2.1.1 Entstehung der Vielseitigkeit bis 1912

Einen geschichtlichen Überblick der Entstehung der Reitsportdisziplin Vielseitigkeit gibt AMMANN (1976). Der frühere Begriff Military weist auf die Herkunft der heutigen Vielseitigkeitsprüfungen hin. Um 1870/71 sind Distanzritte in Mode gekommen. Die Ritte durften ausschließlich von Offizieren absolviert werden. Sie dienten dem Zweck den Soldaten einen sportlichen Anreiz zu geben sich und ihre Pferde für die Aufgaben im Ernstfall zu trainieren. Aus den Distanzritten entwickelten sich die Dauerritte. Im Jahre 1892 starteten österreichisch-ungarische und deutsche Offiziere zu einem 600 km - Dauerritt von Wien nach Berlin. Der Sieger absolvierte die Strecke in 71 Stunden und 26 Minuten. 1899 wurde ein Dauerritt in der Schweiz über 305 km mit Höhenunterschieden von bis zu 600 Höhenmetern veranstaltet. Nach 37 Stunden und 7 Minuten war der Sieger am Ziel. Auch in anderen europäischen Ländern wurden zu dieser Zeit Dauerritte durchgeführt. 1902 wurde ein Ritt von Brüssel nach Ostende ausgetragen. Es wurde eine Strecke von 132 km in 6 Stunden und 54 Minuten absolviert. Von 60 gestarteten Pferden erreichten nur 29 das Ziel. 16 Pferde überlebten diesen Ritt nicht. Auch schon zu dieser Zeit wurde Kritik an diesen Veranstaltungen aus tierschützerischer Sicht geübt.

Die erste Vielseitigkeitsprüfung, die aus Dressur, Springen und einem Dauerritt von 60 km bestand, wurde 1902 im Rahmen des Pariser Concours Central ausgerichtet. Bei dieser Form der Veranstaltung hatte die Dressur die größte Bedeutung. Die Geländeprüfung wurde nur zur Konditionsüberprüfung gewertet. Im weiteren Verlauf der Entwicklung sollte das Springen stärker gewichtet werden. Das Gelände sollte als Konditionsprüfung mit geringer Bedeutung beibehalten werden. 1905 wurde die erste internationale Vielseitigkeit in Brüssel ausgetragen. Die Entwicklung über die Jahre 1908 - 1911 ging dahin das man auf die Dressuraufgabe verzichtete und die Prüfung nur aus Springen und Gelände bestand. 1912 wurde die erste olympische Military ausgerichtet (AMMANN 1976).

Die weitere Entwicklung der Vielseitigkeit bis heute ist in der Arbeit von JAEK (2004) beschrieben.

2.1.2 Vielseitigkeitsprüfungen: Anforderungen und Bewertung (2003)

Im folgenden Kapitel werden Anforderungen und Ablauf von Vielseitigkeitsprüfungen dargestellt und für die Disziplin spezielle Begriffsdefinitionen gegeben.

Lange Prüfung (Three - Day - Event):

Das Regelwerk der Fédération Équestre Internationale (FEI) bezeichnet diese Prüfung als Concours Complet International (CCI). Die Prüfung besteht aus der Dressur die am ersten Tag ausgetragen wird. Am zweiten Tag folgt die Geländeprüfung die aus folgenden Abschnitten besteht:

Phase A: 1. Wegestrecke

Phase B: Rennbahn

Phase C: 2. Wegestrecke

Phase D: Querfeldeinstrecke mit Hindernissen

Am dritten und letzten Tag folgt die Springprüfung.

(FÉDÉRATION ÉQUESTRE INTERNATIONALE 2003)

Mehrere Veterinärinspektionen sollen die Fitness und Verfassung der Pferde feststellen um das Wohlbefinden der Pferde sicherzustellen. Vor der ersten Prüfung müssen sich die Pferde in der ersten Verfassungsprüfung zeigen. Diese Prüfung wird von der „Ground Jury“ und dem zuständigen FEI - Tierarzt durchgeführt. Die Pferde werden von ihren Reitern auf hartem, ebenem Boden im Schritt gezeigt und vorgetrabt. Nur Pferde mit nicht von der Norm abweichendem Gangbild werden zum CCI zugelassen. Am Geländetag zwischen den Phasen C und D wird in der vorgeschriebenen Zwangspause vom zuständigen FEI - Tierarzt ein Gesundheitscheck der Pferde durchgeführt. Am morgen des letzten Tages wird die zweite Verfassungsprüfung durchgeführt. Hier werden die Pferde gleich der ersten Verfassungsprüfung im Schritt und Trabe gemustert.

Kurzprüfungen (One Day Event):

Im offiziellen Regelwerk der FEI wird diese Prüfungsform als CIC (Concours International Court) bezeichnet. Die CIC - Prüfung beinhaltet wie die CCI - Prüfung die drei Teilprüfungen Dressur, Querfeldeinstrecke und Parcourspringen. Vor der

Querfeldeinstrecke ist eine Wegestrecke zu absolvieren. Die Veranstaltung kann an einem oder bis zu drei Tagen ausgerichtet werden.

(FÉDÉRATION ÉQUESTRE INTERNATIONALE 2003)

Auch hier können Verfassungsprüfungen durchgeführt werden. Diese können vor der Dressurprüfung oder nach der Geländestrecke abgehalten werden.

Die Anforderungen sind in den Klassen verschieden. International werden die Prüfungen als CIC oder CCI ausgeschrieben und nach * -, ** -, *** - unterteilt. Prüfungen auf CCI**** - Niveau haben Championscharakter. Auf diesem Niveau werden Welt- und Europameisterschaften und Olympische - Spiele entschieden. National werden Vielseitigkeitsprüfungen mit den Bezeichnungen L (leicht), M (mittel) oder S (schwer) bezeichnet. Diese Klassifizierung unterscheidet sich nach Streckenlänge, Höhe und Breite der Hindernisse und vorgegebener Richtgeschwindigkeit. Eine detaillierte Beschreibung der Anforderungen ist den Tabellen A.1 - A.3 im Anhang zu entnehmen.

2.2 Grundzüge der Leistungsphysiologie: Herz und Herzfrequenz

In der folgenden Literaturübersicht sollen zunächst leistungsphysiologische Grunddaten des Pferdeherzens mit Hinblick auf die Herzfrequenz dargestellt werden.

Das Gewicht des Pferdeherzens variiert zwischen 0,7 - 1,1 % des Körpergewichtes (WEBB u. WEAVER 1979). Vollblüter weisen größere Herzgewichte im Vergleich zu anderen Pferderassen auf (KLINE u. FOREMAN 1991). Es wurden Herzgewichte bei erfolgreichen Galopprennpferden von bis zu 8,2 kg (Sham, geboren 1970) bestimmt bzw. 10kg (Secretariat, geboren 1970) geschätzt (POOLE u. ERICKSON 2004). Vom Herz wird unter Belastung ein deutlich höheres Herzminutenvolumen (l/min) verlangt. Das Herzminutenvolumen kann auf das 8 - 9 -fache des Ruhezustandes erhöht werden (THOMAS u. FREGIN 1981). Nach MARLIN u. NANKERVIS (2002) kann das Herzminutenvolumen des Pferdes von 25 l/min im Ruhezustand bis zu 300 l/min unter Belastung gesteigert werden, dies entspricht einer Steigerung des Herzminutenvolumens (l/min) um das 12 fache. Das maximale Herzminutenvolumen

entspricht 0,7 l/min pro Kilogramm Körpergewicht (MARLIN u. NANKERVIS 2002). Die Erhöhung des Herzminutenvolumens wird durch zwei Faktoren erreicht, die Steigerung der Herzfrequenz (Schläge/min, bpm) und die Vergrößerung des Schlagvolumens (ml/Herzschlag) (MARLIN u. NANKERVIS 2002). Das Schlagvolumen des Pferdeherzens kann von 1,9 ml pro kg Körpergewicht durch Belastung je nach Autor auf bis zu 2,7 ml pro kg Körpergewicht (THOMAS u. FREGIN 1981) oder 3,7 ml pro kg Körpergewicht (EVANS u. ROSE 1988) erhöht werden. Im Ruhezustand entspricht das Schlagvolumen bei einem 500 kg schweren Pferd 950 ml pro Herzschlag, unter Belastung 1650 ml pro Herzschlag (EVANS u. ROSE 1988).

Eine größere Bedeutung für die Erhöhung des Herzminutenvolumens hat die Erhöhung der Herzfrequenz. In maximalen Herzfrequenzbereichen wird das Schlagvolumen der limitierende Faktor für die Erhöhung des Herzminutenvolumens. Die physiologische Ruheherzfrequenz des Pferdes beträgt 28 - 40 bpm (PHYSICK - SHEARD 1985, MARLIN u. NANKERVIS 2002). Die Herzfrequenz unter maximaler Belastung liegt bei 210 - 250 bpm (SNOW 1990, LINDHOLM u. SALTIN 1974, EVANS 1985). Die Herzfrequenz von 30 - 40 bpm wird durch das parasympathische System gesteuert. Bei Anstiegen von über 120 bpm bis zu Maximalwerten von 210 - 240 bpm wird die Steuerung vom sympathischen System und durch Catecholaminausschüttung übernommen (McKEEVER u. HINCHCLIFF 1995).

In anderen Kapiteln werden Literaturangaben zur Herzfrequenz des Pferdes während und nach Belastung und Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz zusammengefasst. Aufbauend auf diesen Grundlagen werden Literaturangaben der Herzfrequenz von Pferden im Hochleistungssport der Disziplin Vielseitigkeit zusammengefasst.

2.2.1 Herzfrequenz während Belastung

Die Herzfrequenz reagiert auf Belastung durch Erhöhung (EHRLEIN et al. 1973, PERSSON 1967). Während einer Belastung besteht ein erhöhter Sauerstoffbedarf in den Muskelzellen. Das Herz stellt sich darauf mit einer Erhöhung des Schlagvolumens und mit Erhöhung der Herzfrequenz ein (SILBERNAGEL u.

DESPOPOULOS 1991). Die Belastungsintensität bei Bewegung ist durch die Erhöhung des Energiestoffwechsels gekennzeichnet. Die Herzfrequenz kann ein Indikator der Erhöhung des Energiestoffwechsels sein (COUROUCE 1998, SERRANO et al. 2002).

Um den Leistungszustand von Pferden zu objektivieren wurde der Belastungsparameter Herzfrequenz als Kriterium herangezogen (EHRLEIN et al. 1973). EVANS (1994) sieht in der Herzfrequenz ein Kriterium der Beurteilung der Ausdauer und des Vergleichs von Leistungszuständen einzelner Pferde. Bei standardisierten Tests wird die Geschwindigkeit zu einem bestimmten Herzfrequenzniveau (V150, V200) als Beurteilungskriterium für Leistungszustände genutzt.

Bei extremer Belastung werden Herzfrequenzen von 240 und mehr Schlägen pro Minute erreicht (MARSLAND 1968, ASHEIM et al. 1970, EHRLEIN et al. 1970, KRZYWANEK et. al 1970). Die maximale Herzfrequenz ist allerdings durch Training nicht zu verändern (EVANS 1985, ART u. LEKEUX 1993).

Die Herzfrequenz reagiert in Sekunden auf die Belastung. Bei maximaler Belastung kann die maximale Herzfrequenz nach 22 Sekunden erreicht werden (KRZYWANEK et al. 1970). In 20 - 30 Sekunden nach dem Start kann ein Pferd seine maximale Herzfrequenz erreichen (MARLIN u. NANKERVIS 2002). Bei submaximaler Belastung kommt es zu einem „Überschießen“ der Herzfrequenz, das sich nach 30 - 45 Sekunden bei gleichen Anforderungen auf einen Plateauwert einpendelt (LINDHOLM u. SALTIN 1974). PERSSON (1967) versucht dieses Phänomen in der Besonderheit der Speichermilz des Pferdes zu erklären. Die Entspeicherung der Erythrozyten aus der Milz findet verzögert statt, deshalb wird mit Hilfe der Herzfrequenz versucht das Sauerstoffdefizit zu kompensieren. Bei einer Herzfrequenz von 150 Schlägen pro Minute soll die Belastung über einen langen Zeitraum aufrechterhalten werden können (PERSSON 1967). In der gleichen Studie wurde bei konstanter Geschwindigkeit während andauernder Belastung ein Anstieg der Herzfrequenz beobachtet (PERSSON 1967). Die Belastungsintensität kann durch die Laufgeschwindigkeit standardisiert werden (STRAUB et al. 1984).

Die Herzfrequenz des Pferdes zeigt in bestimmten Bereichen eine Abhängigkeit zur gelaufenen Geschwindigkeit. Bei Belastungen im Bereich der Herzfrequenz bis zu 210 Schlägen pro Minute besteht ein linearer Zusammenhang zwischen Herzfrequenz und Geschwindigkeit (WILSON et al. 1983, LINDHOLM u. SALTIN 1974). Bei maximaler Belastung geht die Linearität verloren (WILSON et al. 1983, LINDHOLM u. SALTIN 1974). MARLIN u. NANKERVIS (2002) sehen ab einer Herzfrequenz von 200 Schlägen pro Minute keine weitere Abhängigkeit der Herzfrequenz zur geleisteten Arbeit (Geschwindigkeit). Ein weiterer Zusammenhang der Herzfrequenz wurde mit der Blutlaktatkonzentration und der Belastungsintensität gesehen (ASHEIM et al. 1970, FREGIN u. THOMAS 1983).

Die Energiebereitstellung in Form der Bildung von ATP ist auf aerobem und anaerobem Weg möglich (McMIKEN 1983). Der Grenzbereich zwischen aerob und anaerober Energiebereitstellung wird in der Literatur als „Einsetzen der Blutlaktatakkumulation“ (OBLA, Onset of Blood Lactate Accumulation) (PERSSON 1983, CIKRYTOVA et al. 1991, COUROUCE 1999) oder als Dauerleistungsgrenze (v. ENGELHARDT et al. 1973, PERSSON u. ULLBERG 1974, STRAUB et al. 1984) bezeichnet. Dieser Bereich kann anhand der Herzfrequenz bestimmt werden. Bei CIKRYTOVA et al. (1991) wurde der Bereich für Vollblüter bei 170 bpm bestimmt. Bei Trabern stellte PERSSON (1969) das Einsetzen der Blutlaktatakkumulation bei 160 bpm fest. Bei Warmblütern definierte v. ENGELHARDT (1973) die Dauerleistungsgrenze bei 160 bpm. OKONEK (1998) beschreibt bei Warmblütern diesen Bereich ebenfalls ab einer Herzfrequenz von 160 bpm.

2.2.2 Herzfrequenz nach Belastung

Zum Ende der Belastung kommt es in den ersten 30 Sekunden zu einem schnellen Abfall der Herzfrequenz. Danach ist der Abfall geringer. Nach 20 - 60 Minuten wird der Ausgangswert vor Beginn der Belastung wieder erreicht (PERSSON u. LYDIN 1973, PHYSICK - SHEARD 1985, PERSSON 1967). PHYSICK - SHEARD (1985) gibt für Belastungen im submaximalen Bereich 20 - 30 Minuten als Erholungszeit für die Herzfrequenz bis zum Ruhewert an. Bei maximaler Belastung erholt sich die Herzfrequenz frühestens nach 60 Minuten in Ruhewertbereiche. Das Erreichen des

Ruhewertes der Herzfrequenz ist abhängig von der Belastungsintensität und dem Trainingszustand der Pferde (PERSSON 1967, EHRLEIN et al. 1970). Eine verkürzte Erholungszeit und damit schnelleres Erreichen des Ruhewertes kann im Vergleich von trainierten zu untrainierten Pferden beobachtet werden (ART u. LEKEUX 1993). Nach STRAUB et al. (1984) ist zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit nur die Herzfrequenz unter standardisierter Belastung geeignet. Die Aussagekraft der Herzfrequenz direkt nach einer Belastung ist durch verschiedenen Umwelteinflüsse und Charaktere der Pferde vorsichtig zu interpretieren.

2.2.3 Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz

Der Organismus unterliegt vielfältigen äußeren und inneren Einflüssen. Das folgende Kapitel zeigt Literaturangaben über Faktoren, die die Herzfrequenz direkt oder indirekt beeinflussen können. Ein wichtiger Grundsatz der Beurteilung der Herzfrequenz stellt die stark individuelle Abhängigkeit der Herzfrequenz des einzelnen Pferdes von derartigen Einflüssen dar (EVANS 1994, KRYZWANEK 1999).

Das Alter des Pferdes nimmt Einfluss auf die Herzfrequenz: Jüngere Pferde erreichen höhere Herzfrequenzen als ältere Pferde (Rose et al. 1990, McKEEVER u. MALINOWSKI 1997). MARLIN u. NANKERVIS (2002) beschreiben ebenfalls niedrigere maximale Herzfrequenzen bei älteren Pferden (2 - 3 Jahre: 240 - 250 bpm, 8 - 10 Jahre: 220 - 230 bpm, 15 Jahre und älter: 190 - 210 bpm). Eine andere Studie sieht eine Abhängigkeit der Herzfrequenz zum Alter bis zur Beendigung des Wachstums (5. Lebensjahr) (PERSSON u. ULLBERG 1974). Eine Studie von BETROS et al. (2002) untersuchte Herzfrequenzen unter Belastung zwischen den 6. und dem 27. Lebensjahr. Hier wurden signifikante Unterschiede in der maximalen Herzfrequenz zwischen den im Durchschnitt 15 jährigen Pferden und den im Durchschnitt 27 jährigen Pferden festgestellt, ältere Pferde haben niedrigere Werte.

Ein weiterer Einfluss stellt die Abstammung bzw. die Rasse der Pferde dar (PHYSICK - SHEARD 1985): Vollblüter haben bei gleicher Belastung niedrigere Herzfrequenzwerte als Warmblüter (CIKRYTOVA et al. 1991). Die Geschwindigkeit

bei einer Herzfrequenz von 150 bpm liegt bei Vollblütern höher als bei Halbblütern (STRAUB et al.1984). Vollblüter haben im Vergleich zu Warmblütern signifikant bessere aerobe Kapazität (ROSE et al. 1995), die niedrigere Herzfrequenzen bei Vollblütern erklären könnte.

Exogene Faktoren (Temperatur und Luftfeuchte) nehmen ebenso Einfluß auf die Herzfrequenz (PERSSON 1983, FOREMANN 1996) wie Klimaverhältnisse und die Geläufbeschaffenheiten (SNOW 1990). Die Belastung durch das Gewicht des Reiters erhöht die Herzfrequenz (SLOET VAN OLDRUITENBORGH - OOSTERBAAN et al. 1995). Psychosomatische Faktoren können zu einer Erhöhung der Herzfrequenz noch vor der eigentlichen Belastung führen (ART et al. 1990). Unruhe und Angst werden ebenfalls als Faktoren genannt (PERSSON 1983). Durch Angst und Aufregung können bei stehenden Pferden Herzfrequenzen von bis zu 190 bpm erreicht werden. Vollblüter reagieren stärker mit der Erhöhung der Herzfrequenz durch Angst und Aufregung als Warmblüter. Bei der Beurteilung der Herzfrequenz in submaximalen Bereichen sind diese Faktoren zu berücksichtigen (MARLIN u. NANKERVIS 2002).

Die Fütterung der Pferde nimmt ebenfalls Einfluss auf die Herzfrequenz des Pferdes: Bei einer Supplementierung des Futters mit einem höheren Gehalt an Kohlenhydraten wurden in standardisierten Tests Zunahmen der Herzfrequenz beobachtet (JANSSON et al. 2002). Eine Ursache hierfür ist nicht bekannt. Eine weitere Studie zeigte höhere Herzfrequenzen in Leistungstests bei einer über den Bedarf erhöhten Fütterung von Kohlenhydraten und Fetten (MacLEAY et al. 1999). In der gleichen Untersuchung von (MacLEAY 1999) wurden für Pferde mit einer Krankengeschichte des Kreuzverschlages (Exertional Rhabdomyolysis) bei einer erhöhten Fütterung von Kohlenhydraten ebenfalls signifikant höhere Herzfrequenzen festgestellt.

Eine wichtige Einflussnahme auf die Herzfrequenz im Hinblick auf den Hochleistungssport nehmen Krankheiten: Chronische Krankheiten der Lunge können

Erhöhungen der Herzfrequenz begünstigen (LITTLEJOHN et al. 1977, COUROUCE et al. 1996). Lahmheiten können zu einer Erhöhung der Herzfrequenz unter Belastung führen (COUROUCE et al. 1996).

Die dargestellten Aufzählungen der Literatur der Grundzüge der Herzfrequenz von Sportpferden verschiedener Disziplinen zeigen, dass die Herzfrequenz ein geeignetes Mittel darstellt die Belastung bzw. die Leistungsfähigkeit bei Sportpferden zu objektivieren. Es ist aber auch zu bedenken, dass die Herzfrequenz von verschiedenen individuellen Faktoren (Alter, Rasse, Krankenvorgeschichte, exogene und endogene Faktoren, Geschwindigkeit, Aufregung) abhängig ist.

In der folgenden Vorstellung der Literaturangaben werden Herzfrequenzwerte speziell für Hochleistungspferde der Disziplin Vielseitigkeit zusammengefasst.

2.3 Herzfrequenzwerte in Prüfungen und Training von Vielseitigkeitspferden

Der Vielseitigkeitssport stellt mit seinen drei Teildisziplinen Dressur, Springen und Geländeprüfung hohe konditionelle Anforderungen an den Athleten Pferd (AMORY et al. 1993, MARLIN et al. 1995, WHITE et al. 1995). Gerade die Geländeprüfung mit bis zu vier Phasen (siehe Kapitel 2.1.2, Tab. A.1 – A.3) verlangt eine intensive Vorbereitung. Diese Vorbereitung ist nur möglich, wenn die physischen Anforderungen im Hinblick auf geeigneten Belastungsparametern wie z.B. die Herzfrequenz und das Blutlaktat unter Prüfungsbedingungen erfasst werden und mit ihnen ein spezifisches Training entwickelt wird (LEUKEUX et al. 1991, MUNOZ et al. 1998).

Wissenschaftliche Untersuchungen der vorher genannten Belastungsparameter im Bereich der Vielseitigkeit fehlen vielfach. In der Literaturbetrachtung standen vornehmlich Literaturangaben für Vielseitigkeitsprüfungen auf hohem Niveau zur Verfügung die vor den Olympischen Spielen 1996 in Atlanta, USA beschrieben wurden.

2.3.1 Herzfrequenzwerte in Prüfungen

Eine Übersicht der zur Verfügung stehenden Herzfrequenzwerte von Vielseitigkeitspferden während Prüfungen gibt Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Herzfrequenzwerte von Hochleistungsvielseitigkeitspferden während Prüfungen

Prüfung	Länge Phase D [m]	Anzahl Pferde [N]	HF Phase A	HF Phase B	HF Phase C	HF Phase D	Referenz
Advanced Horse Trial	3990	17	113 ±16,1			167 ±24,0	White et al. 1995
CCI***	6205	7	118 ±11,2	175 ±23,0	135 ±28,1	171 ±19,5	
CCI**	5408	11	124 ±12,9	179 ±24,1	130 ±10,4	176 ±26,6	
CCI*	4212	23	115 ±9,2	181 ±22,9	126 ±7,8	174 ±16,7	
		41	118 ±11,0	179 ±22,7	129 ±13,9	174 ±19,6	
CCI**** Burghley 1993	6840	11				198 ±8,0	Marlin et al. 1995
CCI**** Burghley 1994	6840	17				188 ±11,0	
CCI***		5				195 ±8,0	Serrano et al. 2002
CCI*	5200-6270	4				163,2	Munoz et al. 1998
CCI***	6840-7410	4				170,8	
CCI*	2744	6				170-200	Amory et al. 1993
CCI***	4384	2				170-200	

HF: mittlere Herzfrequenz, bpm: beats per Minute

WHITE et al. (1995) untersuchten die Herzfrequenzen von Vielseitigkeitspferden in einem CCI*** (7 Pferde) und in einem „Advanced Horse Trial“ (17 Pferde). Diese Prüfung entspricht dem Schwierigkeitsgrad und dem Prüfungsablauf einer nationalen L - Vielseitigkeit bzw. einem CIC*. In dieser Untersuchung von WHITE et al. (1995) wurden die Herzfrequenzen beider Prüfungsarten verglichen, um Unterschiede zwischen den verschiedenen Schwierigkeitsklassen und dem unterschiedlichen Prüfungsaufbau darzustellen. Hinsichtlich der durchschnittlichen Herzfrequenzen der Geländestrecken wurde für den CCI*** eine Herzfrequenz von $171 \pm 19,5$ bpm angegeben. Von $167 \pm 24,0$ bpm wurde während der Phase D der CIC* - Prüfung berichtet. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede der durchschnittlichen Herzfrequenzen beider Geländekurse. Ein Anstieg der Herzfrequenz zum Ende der Geländestrecke wurde bei beiden Schwierigkeitsklassen gezeigt. Die Herzfrequenzen befanden sich im submaximalen Bereich, die Maximalwerte der Herzfrequenzaufzeichnungen wurden nicht bestimmt (WHITE et al. 1995).

In einer weiteren Studie untersuchten WHITE et al. (1995) Herzfrequenzen in Prüfungen auf CCI*** - (7 Pferde), CCI** - (11 Pferde) und CCI* - (23 Pferde) Niveau. Die Pferde der CCI*** - Prüfung dieser Studie und der vorangehend beschriebenen Untersuchung von WHITE et al. (1995) waren identisch. Die mittleren Herzfrequenzen der Phasen A und C (Wegestrecken) waren signifikant niedriger als die Herzfrequenzen der Phasen B und D (Rennbahn und Geländestrecke). Keine signifikanten Unterschiede waren zwischen den Herzfrequenzwerten der Phase B und Phase D trotz verschiedener Geschwindigkeiten zu erkennen. Zwischen den verschiedenen Schwierigkeitsklassen (CCI*, CCI**, CCI***) wurden ebenfalls keine signifikanten Unterschiede in allen 4 Phasen gefunden. Der Mittelwert der Herzfrequenzaufzeichnung über alle untersuchten Pferde ($n=41$) der Phase D (Geländestrecke) betrug $174 \pm 19,6$ bpm. In der Prüfung auf CCI*** - Niveau waren mittlere Herzfrequenz der 7 Pferde bei $171 \pm 19,5$ bpm zu beobachten. Bei $176 \pm 26,6$ lag dieser Wert bei 11 untersuchten Tieren der CCI** - Prüfung. In dem CCI* lag die mittlere Herzfrequenz bei $174 \pm 16,7$ bpm (23 Pferde).

AMORY et al. (1993) bestimmte die Herzfrequenz von insgesamt 8 Vielseitigkeitspferden in langen Prüfungen auf CCI* - und CCI*** - Niveau. Es wurden

mittlere Herzfrequenzen auf den Geländestrecken von 170 - 200 bpm erreicht, es wurden keine exakten Angaben zu den Werten der jeweiligen Prüfungen gemacht und es wurden keine Vergleiche zwischen den Schwierigkeitsklassen herausgestellt. AMORY et al (1993) stellten einen Anstieg der Herzfrequenzen vom Beginn (170 - 190 bpm) zum Ende (190 - 200 bpm) der Geländestrecke fest. Eine signifikante Linearität der Herzfrequenz zur Geschwindigkeit wurde gezeigt.

MARLIN et al. (1995) untersuchten während der CCI**** - Prüfung in Burghley von 11 Pferden 1993 und 17 Pferden 1994 unter anderem die Herzfrequenz. In der Startbox vor Phase A waren Herzfrequenzen von 30 - 60 bpm beobachtet worden. Es wurden durch Aufregung Werte bis zu 130 bpm erfasst. In der Phase B variierten die individuellen mittleren Herzfrequenzen von 174 bpm (1993) bis zu 207 bpm (1994). In der Phase D variierten diese Werte von 169 bpm (1993) bis zu 203 bpm (1993). Die mittlere Herzfrequenz der Phase D 1993 betrug 198 ± 8 bpm, 1994 wurden 188 ± 11 bestimmt. In einer unveröffentlichten Studie (MARLIN 1993) wurden bei einer CCI** - Prüfung mittlere Herzfrequenzen von 192 bpm bei 6 Pferden in der Phase D erreicht.

In der Studie von SERRANO et al. (2002) wurden 5 Vielseitigkeitspferde in Prüfungen auf CCI*** - und CCI**** - Niveau untersucht. Es werden durchschnittliche Herzfrequenzen von 195 ± 8 bpm angegeben.

MUNOZ et al. (1998) untersuchte mittlere Herzfrequenzen von jeweils 4 Pferden auf den Geländestrecken in Prüfungen auf CCI* - und CCI*** - Niveau. Es wurden mittlere Herzfrequenzen von 163,2 bpm für die CIC* - und 170,8 bpm für die CIC*** - Prüfung bestimmt. Die Werte variierten zwischen 140 und 200 bpm.

HEBENBROCK (2005) bestimmte mittlere Herzfrequenzen während der Phase D in mittelschweren Prüfungen (CIC**) von 190 bpm und in schweren Prüfungen (CIC***) von 198 bpm bei insgesamt 24 bzw. 46 Vielseitigkeitspferden. Es wurden signifikante Unterschiede der mittleren Herzfrequenzen während der Phase D zwischen den Schwierigkeitsklassen gezeigt, kein signifikanter Unterschied zeigte sich innerhalb der einzelnen Prüfungen der schweren Klasse.

ROSE et al. (1980) erfasste mittlere Herzfrequenzen von $91,4 \pm 10,1$ bpm unmittelbar nach Rennbahn und Wegestrecke (Phase B und C), $114,7 \pm 14,6$ bpm unmittelbar nach der Geländestrecke (Phase D).

KOHN et al. (1995) berichtet von Herzfrequenzen von 120 bpm bis zu 160 bpm nach dem Ende der Phase D auf * - Niveau. Zum Ende der Phase C (Wegestrecke) wurden Werte von 80 - 100 bpm erfasst.

Die WESTON PARK STUDY (2004) untersuchte Herzfrequenzen bei einer CCI** - Prüfung in einem Kurz- und einem Langformat (siehe Kapitel 2.1.2). Bis zu 2 Minuten nach der Phase D lagen die Herzfrequenzen bei der Prüfung im Langformat bei 135 bpm bzw. 126 bpm bei der Prüfung im Kurzformat. Dieser Unterschied der Herzfrequenz nach der Phase D zwischen Kurz- und Langformat war signifikant.

Die mittlere Herzfrequenz verhält sich in bestimmten Bereichen einer Geländestrecke linear zur Geschwindigkeit und exponentiell zur Laktatbildung (AMORY et al. 1993, WHITE et al. 1995). Der Vergleich von den durchschnittlichen Herzfrequenzen der Geländestrecken verschiedener Schwierigkeitsklassen zeigt weitgehend keine signifikanten Unterschiede (AMORY et al. 1993, WHITE et al. 1995). Die Werte lagen zwischen 180 und 200 bpm. Zu Beginn stiegen sie schnell auf 170 - 180 bpm und zum Ende langsam steigend auf Werte von 190 - 200 bpm (AMORY et al. 1993, MARLIN et al. 1995, Serrano et al. 2002). Geländeprofil, Anordnung der Sprünge und Verweigerungen begünstigen individuelle Schwankungen der Herzfrequenzkurve während der Geländeprüfung (WHITE et al. 1995, MUNOZ et al. 1998). Im Vergleich zu den angegebenen Herzfrequenzwerten der Pferde auf den Geländestrecken sei eine Untersuchung von spezialisierten Springpferden erwähnt (ART et al. 1990, LEKEUX et al. 1991). Die Pferde erreichten Herzfrequenzen von $191,4 \pm 3,8$ bpm während des Parcours der Springprüfung. Die Herzfrequenz stieg vom Beginn zum Ende des Parcours an. Dieser Wert weicht nicht stark von den angegebenen Werten der Vielseitigkeitspferde auf den Geländestrecken ab.

Die Betrachtung der Literaturangaben der Herzfrequenzwerte von Hochleistungspferden in der Vielseitigkeit zeigt, dass die Daten lediglich von

stichprobenartigen Untersuchungen einzelner Prüfungen stammen. Daten sind bislang nicht von einem bestimmten Pferdepool über einen längeren Zeitraum oder während einer gesamten Turniersaison gewonnen und verglichen worden. Weitergehend zeigen die Werte der Herzfrequenzen während der Geländestrecken nicht immer deutliche Übereinstimmung, sie variieren zum Teil sehr stark. Es ist notwendig die Datengrundlage in Prüfungen zu erweitern und zu vergleichen, um damit Rückschlüsse auf die Belastungsparameter Herzfrequenz und Blutlaktat ziehen zu können und die Vorbereitung der Pferde zu optimieren.

2.3.2 Herzfrequenzwerte im Training

In der Literatur werden hauptsächlich Herzfrequenzbereiche genannt, in denen die Pferde trainiert werden sollen. Allein SERRANO et al. (2002) verglichen Trainings- mit Wettkampfwerten.

Für eine optimale Vorbereitung des Vielseitigkeitspferdes werden Anleitungen gegeben das Training bei Herzfrequenzen von 190 - 200 bpm und Geschwindigkeiten bis zu 10,7 m/s durchzuführen (LEKEUX 1991, AMORY et al. 1993, MUNOZ et al. 1998). AMORY et al. (1993) setzt für das aerobe Galopptraining eine Herzfrequenz von 150 - 170 bpm fest. Diese Herzfrequenzen werden bei einer Geschwindigkeit von 8,7 - 10,7 m/s erreicht. Das von AMORY et al. (1993) bezeichnete anaerobe Training soll bei einer Herzfrequenz über 190 bpm und einer Geschwindigkeit ab 10,7 m/s beginnen. GALLOUX (1996) bestimmt den aeroben Bereich bei einer Herzfrequenz zwischen 130 - 150 bpm im gleichen Geschwindigkeitsbereich. Der anaerobe Bereich beginnt bei 200 bpm. Nach JONES (1984) muss die Geschwindigkeit im Training von Pferden so angepasst werden, dass wenigstens Herzfrequenzen von 150 bpm erreicht werden, um einen konditionellen Trainingsfortschritt zu erzielen.

COUROUCE (1999) gibt einen Ansatz (bei Trabern) das Training in Herzfrequenzbereichen durchzuführen bei denen die Blutlaktatkonzentration bei 4 mmol/l liegt (HF4).

Die Anforderungen der Prüfungen im Hinblick auf die Belastungsparameter Herzfrequenz und Laktat werden im Training weitgehend nicht erreicht (SERRANO

et al. 2002). Die Autoren bestimmten in individuellen Trainingseinheiten eine durchschnittliche Herzfrequenz von 138 ± 17 bpm. Die gleichen Pferde erreichten in Prüfungen auf CCI^{***} bzw. CCI^{****} durchschnittliche Herzfrequenzen von 195 ± 8 bpm. Dieser Unterschied ist signifikant. In dieser Untersuchung wird die Hypothese aufgestellt, dass Vielseitigkeitspferde „untertrainiert“ sind, da sie im Training nicht annähernd die Werte der Belastungsparameter (Herzfrequenz und Laktat) erreichen, die in den Wettkämpfen gefordert werden. Als Ursache hierfür wurde die Angst der Reiter vor Verletzungen, die Temperamentsänderungen der Pferde durch verstärktes Galopptraining und die Beschaffenheit der Trainingsmöglichkeiten von den Autoren angegeben.

Im humanen Hochleistungssport werden die Anforderungen der Wettkämpfe im Training erreicht und teilweise überschritten (SCHNABEL et al. 1997). Von renommierten Reitern werden in die Saisonplanung Prüfungen niedrigeren Niveaus eingebaut, die als Galopptraining dienen und die Pferde an die Turnieratmosphäre gewöhnen (DIBOWSKI 2002).

Die Betrachtung der Trainingswerte der Herzfrequenzen im Vielseitigkeitssport zeigt, dass nur in einer Studie die Trainingswerte mit den Wettkampfwerten verglichen wurden. Andere Literaturangaben behandelten nur Vorschläge für Herzfrequenzbereiche des individuellen Trainings. Es ist daher notwendig durch weitergehende wissenschaftliche Untersuchungen im Bereich des Trainings von Pferden der Disziplin Vielseitigkeit die Datengrundlage zu erweitern, um Reiter und Trainer aufzuklären ihre Pferde gezielt auf gestellte Aufgaben vorzubereiten.

2.4 Möglichkeiten der Leistungsbeurteilung im Feld von Vielseitigkeitspferden im Hinblick auf den Belastungsparameter Herzfrequenz

Leistungstests bei Pferden können auf dem Laufband oder im Feld durchgeführt werden. Tests im Feld z.B. auf der Rennbahn sind nicht so standardisierbar wie Tests auf dem Laufband.

Leistungstest auf dem Laufband haben bei französischen Trabern bei gleicher Geschwindigkeit signifikant niedrigere Herzfrequenzen als bei Feldtests auf der Rennbahn ergeben (COUROUCE et al. 1999). Bei einer Geschwindigkeit von 6,5 - 9,4 m/s sind bei Warmblutpferden niedrigere Herzfrequenz- und Laktatwerte auf dem Laufband beobachtet worden. Die Geschwindigkeit auf dem Laufband muss 10%, und die Neigung 1 – 2 % höher sein als bei Tests im Feld (SLOET VAN OLDRUITENBORGH - OSTERBANN u. BARNEVELD 1995) um die gleiche Belastung zu gewährleisten. Die Pferde sollten an das Laufband gewöhnt sein (KING et al. 1995).

Im folgendem werden mit Hinblick auf die Leistungsbeurteilung des Vielseitigkeitspferdes Leistungstests im Feld vorgestellt. Tests im Feld haben den Vorteil, dass sie den Anforderungen und äußeren Gegebenheiten der Wettkämpfe eher entsprechen als Laufbandtests (EVANS 2004).

COUROUCE (1999) sieht in Feldtests ein Instrument um die Fitness von Pferden zu prüfen. Die Herzfrequenz ist ein geeignetes Beurteilungskriterium um die Leistungsfähigkeit von Pferden zu objektivieren (PERSSON 1967,1968, EHRLEIN et al. 1970, MARSLAND 1968). Ein Werkzeug zur Beurteilung von Feldtests gibt die V200. Dies ist die Geschwindigkeit bei der eine Herzfrequenz von 200 bpm erreicht wird (EVANS 1994, COUROUCE et al. 1997, 1999, MUNOZ et al. 1996, SERRANO et al. 2001). Es können aber auch andere Herzfrequenzen festgesetzt werden (z.B. V150, ISLER et al. 1982, Straub et al. 1984). Ein ähnliches Instrument stellt die V4 dar. Dies ist die Geschwindigkeit bei der der Blutlaktatspiegel 4 mmol/l erreicht. Allerdings sind Blutuntersuchungen und Analysen erforderlich.

Bei einem Feldtest mit 17 Vielseitigkeitspferden wurden Unterschiede im Leistungszustand gezeigt. Außerdem konnten Unterschiede der Fitness bezogen auf Trainingsfortschritt objektiviert werden (SERRANO et al. 2001). Der Test beruht darauf mit welcher Geschwindigkeit eine Herzfrequenz von 200 bpm (V200) erreicht wird. Die australischen Vollblüter wurden über eine Distanz von 450 m bei Geschwindigkeiten von 250, 300, 450 und 600 m/min geritten. Aus der angenommenen linearen Beziehung wurde die V200 errechnet. In dieser Studie wurde die V200 bei Geschwindigkeiten zwischen 560 und 900 m/min errechnet. Eine

Abnahme der Fitness bedeutet eine Abnahme der V200. Weitere Gründe für die Abnahme der V200 können Erkrankungen des Bewegungsapparates, des respiratorischen Systems und des kardiovaskulären Systems darstellen.

Eine weitere Studie eines ähnlichen Feldtestes wurde von KOBAYASHI et al. (1999) an jungen Vollblütern durchgeführt. In dieser Untersuchung wurden weitergehend Abhängigkeiten der V200 dargestellt. Die V200 ist unter anderem abhängig von der Geläufbeschaffenheit. Niedrigere Werte wurden auf Sand im Gegensatz zu Gras erreicht. Keine Unterschiede brachten verschiedene Gewichte der Jockeys (55 - 70 kg).

An Warmbluthengsten benutzten ISLER et al. (1982) einen Dreistufenbelastungstest um die aktuelle Leistungsfähigkeit festzulegen. In verschiedenen Geschwindigkeitsstufen (350 - 400, 450 - 500 und 550 - 600 m/min) war eine Distanz von je 1650 m zurückzulegen. Die Herzfrequenzen wurden in einem Diagramm zur Geschwindigkeit aufgetragen. Hieraus wurde die V150 ermittelt. Dieser Wert wurde von v. ENGELHARDT et al. (1973) zur Leistungsbeurteilung vorgeschlagen. Die V150 wurde, wie bei SERANNO et al. (2001), bei Geschwindigkeiten zwischen 375 und 600 m/min bestimmt. Mit dieser Größe kann der Leistungszustand (z.B. über eine Trainingsperiode) durch eine Bewertungsskala objektiv dargestellt werden (STRAUB et al. 1984).

AUVINET et al. (1989) entwickelten ebenfalls einen Feldtest für Vielseitigkeitspferde. Es werden 6 Intervalle auf einer Rennbahn mit Geschwindigkeiten von 350 - 600 m/min von jeweils 3 Minuten geritten. Die Auswertung erfolgte mittels eines Diagramms. Diese Studie wurde an 34 Vielseitigkeitspferden auf CCI*** - Niveau durchgeführt. Diese Feldtestdurchführung ist nicht schwer zu realisieren und hatte keine krankheitsbedingten Ausfälle zur Folge.

MUNOZ et al. (1996) entwickelte einen Feldtest für Vielseitigkeitspferde bei dem 4 Intervalle von je 1000 m mit verschiedenen Geschwindigkeiten (400, 500, 600, 700 m/min) verlangt werden. Aus den Belastungsstufen wurden die V150 und die V200 bestimmt.

An Vielseitigkeitspferden, die an langen Prüfungen teilnahmen, entwickelten AMORY et al. (1993) einen Test, um die Linearität zwischen der Herzfrequenz und der

Geschwindigkeit zu sehen und mit den Prüfungen zu vergleichen. Die Pferde liefen 3 mal 1000 m mit Geschwindigkeiten von 350, 450 und 600 m/min.

Die Angaben über die Ausführung und Interpretation von Feldtests speziell an Vielseitigkeitspferden in Bezug auf den Belastungsparameter Herzfrequenz zeigen Möglichkeiten auch an Vielseitigkeitspferden im Saisonablauf Tests zur Leistungsbeurteilung im Hinblick auf den Belastungsparameter Herzfrequenz durchzuführen.

2.5 Herzfrequenzen unter pathologischen Veränderungen bei Vielseitigkeitspferden

Pferde im Vielseitigkeitssport haben gleiche Krankheiten und Verletzungen wie alle anderen im Sport eingesetzten Pferde. Es stellen sich zusätzlich jedoch gehäuft spezifische pathologische Veränderungen bei Vielseitigkeitspferden heraus (FOREMAN 2004). Im folgendem sollen pathologische Veränderungen bestimmter Organsysteme speziell beim Vielseitigkeitspferd, die direkt oder indirekt im Zusammenhang mit der Herzfrequenz stehen, dargestellt werden.

COUROUCE (1996) stellte fest, dass Lahmheiten zu Erhöhung der Herzfrequenz führen können. Nachfolgend werden Veränderungen speziell bei Vielseitigkeitspferden vorgestellt, die Lahmheiten bedingen und so auch Einfluss auf die Herzfrequenz der Pferde nehmen können. Zu Lahmheiten des Vielseitigkeitspferdes die durch hohe Geschwindigkeit begünstigt werden gehören nach FOREMAN (2004) Beugesehnenschäden, Fesselträgerschäden oder Verletzungen im Bereich des Unterstützungsbandes. Durch Hyperextension kommt es vermehrt zu Fesselgelenksentzündungen. Für pathologische Veränderungen im Bereich der Hufrolle scheinen Pferde im Vielseitigkeitssport prädisponiert. Dies erklärt sich durch die verschiedenen Geläufbeschaffenheiten und die Beanspruchung dieser morphologischen Einheit am Sprung. Lahmheiten der Hinterhand zeigen sich meistens am Sprunggelenk. Hier ist der Spat die häufigste Ursache der Lahmheit. DYSON (1994) untersuchte Verletzungen am Knie von Vielseitigkeitspferden. Die häufigsten Erscheinungen waren Hautverletzungen, Verletzung tiefer gelegener

Strukturen, Entzündungen der Kniebänder bis zu Frakturen der Patella. Als Grund des vermehrten Auftretens gibt der Autor die Hindernisse in den höheren Schwierigkeitsklassen an. Die Pferde bleiben mit der Hinterhand im speziellen mit dem Knie an den Hindernissen hängen. Aus den vorher beschriebenen Veränderungen im Bereich des Bewegungsapparates kann es im chronischen bzw. im akuten Fall zu Lahmheiten führen und wie von COUROUCE (1996) beschrieben zu Erhöhungen der Herzfrequenz unter Belastung (z.B. während der Geländestrecke beim Vielseitigkeitspferd) kommen.

HILGERS (2005) stellte in einer Longitudinalstudie (4,5 Jahre) bei 22 Vielseitigkeitspferden zwischen 3 und 7,5 Jahren bei 12 Pferden Erkrankungen des Bewegungsapparates (Sehnen, Huf, Gelenke, Knochen, Weichteilgewebe) fest, dies entsprach 68,5 % aller dokumentierten Erkrankungen. Es folgten Erkrankungen des Herz- und Kreislaufapparates (5,5 %), des Verdauungsapparates (5,5 %), des Atmungsapparates (3,7 %) und sonstige (9,2 %).

Eine unter Pferden im Vielseitigkeitssport verbreitete Muskelerkrankung sieht FOREMAN (2004) in der Exertional Rhabdomyolysis (Tying – up - Syndrom). In Untersuchungen von MacLEAY (1999) wurden Herzfrequenzerhöhungen bei Pferden mit einer Vorgeschichte der Exertional Rhabdomyolysis und einer vermehrten Fütterung mit kohlenhydratreichem Futter gesehen. Eine nicht den Anforderungen entsprechende Vorbereitung der Pferde ist eine Ursache dieser Myopathie. Eine weitere liegt in der körperlichen Überhitzung der Pferde (FOREMAN et al. 1998). Andere Autoren zeigen gleiche Ursachen und geben eine genetische Prädisposition von Vollblütern und eine erhöhte Gabe von Kohlenhydraten an (VALBERG 1996). Die Beurteilung der Herzfrequenz könnte zur Abklärung eventueller Vorerkrankungen und spezieller Fütterung wichtige Ansatzpunkte ergeben.

In Studien von LITTELJOHN (1997) und COUROUCE (1998) wurde eine Erhöhung der Herzfrequenz durch Erkrankungen der Lunge des Pferdes festgestellt. Eine pathologische Veränderung im Bereich des Respirationstraktes, die gehäuft bei Vielseitigkeitspferden auftritt, sieht FOREMAN (2004) in der linksseitigen Kehlkopflähmung (Left laryngeal hemiplegia). Als Grund hierfür führt der Autor den Wunsch nach Pferden von großer Statur an. Der verlagerte Kehildeckel oder das

Entrapment der Epiglottis werden als weitere Stenosen des Atemweges genannt. Diese sind nicht häufiger im Vielseitigkeitssport als auch in anderen Pferdesportdisziplinen zu beobachten. Die meist linksseitige Kehlkopflähmung führt zur Stenose des oberen Luftweges, dadurch kann es zu einem Sauerstoffdefizit kommen, welches sich durch einen Abfall der Sauerstoffsättigung darstellen lässt. Durch eine Erhöhung der Herzfrequenz könnte ein Ausgleich des Sauerstoffdefizits durch die Kehlkopflähmung erreicht werden. PERSSON (1967) erklärt einen Ausgleich des Sauerstoffdefizits durch Erhöhung der Herzfrequenz. Weitere Erkrankungen des Respirationstraktes (die zu Sauerstoffdefiziten führen können und durch die Erhöhung der Herzfrequenz kompensiert werden) im Bereich Vielseitigkeit sind Infektionen der oberen Atemwege und der Lunge. Durch den Transport der Pferde über längere Strecken ist die Gefahr einer stress - induzierten Infektion sehr hoch (AUSTIN 1995). Das durch Belastung induzierte Lungenbluten (EIPH, Exercise-Induced Pulmonary Hemorrhage) und die Epistaxis wird bei Vielseitigkeitsprüfungen während der Geländestrecke beobachtet (FOREMAN 2004).

Im Bereich des Herzens sind vermehrt auftretende Veränderungen für Vielseitigkeitspferde in der Literatur beschrieben, die ebenfalls Einfluss auf die Herzfrequenz nehmen können. Vielseitigkeitspferde neigen eher zu Vorhofflimmern (Atrial fibrillation) als Pferde anderer Disziplinen. Der Grund hierfür liegt im hohen Flüssigkeits- und Elektrolytverlust der Pferde auf der Geländestrecke gerade bei hohen Temperaturen und Luftfeuchtigkeit. (FOREMAN 1998). Der hohe Flüssigkeitsverlust und die daraus entstehende Dehydration ist eine Problematik die vermehrt an Prüfungsorten mit hoher Temperatur und Luftfeuchtigkeit gegeben ist. (FOREMAN 1996, 1998). ANDREWS et al. (1994) untersucht Vielseitigkeitspferde in einer langen Prüfung. Ein Flüssigkeitsverlust wurde an jedem Veranstaltungstag beobachtet. Der höchste nach der Phase D des 2. Tages. Es wurden bis zu 9 % des Körpergewichtes verloren. Es wurden durchschnittlich $15 \pm 6,6$ l Wasser verloren. Das Flüssigkeitsdefizit wurde nach 18 - 24 Stunden erst wieder vollständig aufgefüllt. ECKER u. LINDINGER (1995) sahen Wasserverluste von $20,4 \pm 1,8$ l nach der Phase D in einer CCI*** - Prüfung.

Stress induzierte Geschehen können Einfluss auf Herzfrequenzwerte nehmen, nachfolgend sollen zwei Faktoren dargestellt werden die Stress induzieren oder durch Stress hervorgerufen sind: Zahnprobleme speziell ungleichmäßige Abnutzung dieser, die mit einer scharfen Kantenbildung und der Folge von Schleimhautläsionen an Backe und Zunge einhergehen, können nach FOREMAN (2004) für Widersetzlichkeiten der Pferde verantwortlich gemacht werden. Auch der Wolfszahn (P 1) kann zu Schmerzen führen und Stress auslösen, der zu einer Erhöhung der Herzfrequenz führt.

Die Kenntnis des gesundheitlichen Status des Pferdes im speziellen des Bewegungs- und des Atmungsapparates, stellt neben äußeren Faktoren, weitere Faktoren dar, die bei der Beurteilung von Herzfrequenzwerten von Hochleistungspferden berücksichtigt werden sollten. Es wäre nötig Pferde vor einer Beurteilung des Leistungszustandes einer gründlichen klinischen Untersuchung zu unterziehen. Weitergehend wäre es sinnvoll auch Blutprofile der Pferde vor einer Saison zu untersuchen, ob organische Veränderungen zu erkennen sind.

2.6 Schlussfolgerungen aus der Literaturübersicht

Die in der vorliegenden Literaturübersicht vorgestellten Publikationen zeigen vielfältige Untersuchungen, die sich mit der Physiologie des kardiovaskulären Systems des Vielseitigkeitspferdes befassten. Die Herzfrequenz unterliegt vielfältigen inneren und äußeren Faktoren (z.B. Abstammung, Alter, Klima, Fütterung, Krankheiten). Es wurden zahlreiche Untersuchungen zur Herzfrequenz während und nach Belastung des Pferdes durchgeführt. Der Parameter Herzfrequenz reagiert auf physische und psychische Belastung mit Erhöhung, die von der Intensität der Belastung abhängig ist. Es werden Herzfrequenzen in Ruhe von 30 - 40 bpm beschrieben. Unter Belastung können Maximalwerte der Herzfrequenz von 210 - 250 bpm erreicht werden. Die Herzfrequenz kann als Beurteilungskriterium der Belastung des Pferdes herangezogen werden. Speziell für den Hochleistungsathleten Vielseitigkeitspferd liegen weniger Studien besonders im Hinblick auf den Belastungsparameter Herzfrequenz während Prüfungs- und Trainingsbelastung vor.

Während der Geländestrecken (Phase D) werden durchschnittliche Herzfrequenzen von 160 - 200 bpm erreicht.

Die wissenschaftliche Datengrundlage des Belastungsparameters Herzfrequenz für das Vielseitigkeitspferd ist eng. Die vorliegende Untersuchung soll dazu beitragen die Datengrundlage im Bereich Hochleistungsvielseitigkeitspferd zu erweitern. Es sollte das Interesse der Wissenschaft sein, herauszufinden wo die Grenzen der physiologischen Belastungsfähigkeit des Pferdes liegen (ROSE u. EVANS 1990).

3 Eigene Untersuchungen

3.1 Zielsetzung

Ziel war es die Leistung einer in der Zusammensetzung weitgehend gleichen Gruppe von Hochleistungspferden (DOKR - Vielseitigkeitskader und einem schwedischen Reiter) während der gesamten Saison 2003 über den Zeitraum von 28 Wochen (März - Oktober) im Training wie in Prüfungen verschiedener Schwierigkeitsgrade (VL, CIC*, CIC**, CIC***, CCI***) zu verfolgen und zu dokumentieren.

In der vorliegenden Arbeit wurden Untersuchungen zur Herzfrequenz durchgeführt. Die Untersuchungen zur Herzfrequenz und die daraus gewonnen Erkenntnisse sollen aufbauend auf vorherigen Untersuchungen dieser Arbeitsgruppe zur Leistungsphysiologie von Sportpferden Datengrundlage zur Leistungsbeurteilung von Hochleistungsvielseitigkeitspferden darstellen. Die gewonnenen Daten sollen die parallel erhobenen Laktatbefunde ergänzen (JAEK 2004).

Außerdem sollen physische Belastungen der Pferde anhand des Belastungsparameters Herzfrequenz im Training und Wettkampf dargestellt werden. Diese und die bereits in den vorherigen Arbeiten gewonnen Daten sollen für eine gezielte, schonende optimierte Vorbereitung des Athleten Pferd auf seine von ihm geforderten Leistung genutzt werden.

3.2 Material und Methode

3.2.1 Pferde

Die Pferde wurden aus Datenschutzgründen mit Identifizierungsnummern (ID) versehen, die während der gesamten Arbeit beibehalten werden.

3.2.1.1 Anzahl

An den Untersuchungen zur Herzfrequenz nahmen insgesamt 31 Pferde teil. Der Pferdepool war identisch mit der parallel laufenden Untersuchung zum Parameter Laktat (JAEK 2004), doch die Anzahl der untersuchten Pferde variierte, da nicht bei allen Pferden sowohl die Herzfrequenzwerte als auch die Blutlaktatwerte bestimmt

werden konnten. In dieser Untersuchung wurden nur Pferde berücksichtigt von denen auswertbare Herzfrequenzaufzeichnungen vorlagen.

3.2.1.2 Alter, Geschlecht und Abstammung

Das Alter der Pferde lag zwischen 7 und 15 Jahren. Das mittlere Alter betrug 11 Jahre. Die Altersverteilung ist in Tabelle 3.1 dargestellt.

Tabelle 3.1: Altersverteilung der Pferde

Alter (Jahre)	7 - 8	9 - 10	11 - 12	13 - 15
Anzahl Pferde (n)	2	12	9	8

An der Untersuchung nahmen 5 Stuten und 26 Wallache teil. Hengste waren nicht unter den untersuchten Pferden. Die Herkunft der Vielseitigkeitspferde lag in Deutschland, England, Frankreich, Holland, Irland, Neuseeland, Schweden.

Die Abstammung und der Englische - Vollblutanteil der Pferde wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht berücksichtigt, da nur für einen Teil der Pferde ein vollständiger Abstammungsnachweis vorlag.

3.2.1.3 Haltung und Fütterung

Untersuchungen zur Haltung und Fütterung wurden nicht vorgenommen. Die Pferde wurden von den Reitern bzw. den Besitzern individuell in Einzelboxen gehalten und gefüttert. Die Einstreu bestand aus Stroh oder Spänen. Während der Turniere in Schenefeld, Kreuth, Marbach, Bonn, Luhmühlen, Cavertitz und Boekelo wurden die Pferde in Stallzelten untergebracht individuell gefüttert und getränkt. In Hannover wurden die Pferde morgens zum Turniergelände transportiert und nach der Prüfung wieder in ihre Heimatställe verbracht.

3.2.2 Reiter / Reiterinnen

22 Reiter des deutschen Senioren - Vielseitigkeitskaders 2003 und ein schwedischer Kaderreiter, der in Deutschland trainierte nahmen an diesem Projekt teil. 14 Reiter waren mit einem Pferd und 9 Reiter waren mit mehreren Pferden beteiligt.

Der Altersdurchschnitt der Reiter lag bei 34 Jahren, wobei das Alter zwischen 22 und 60 Jahren variierte. Die Reiter verfügen über verschiedene Erfahrungen auf dem *** - Niveau. (siehe auch JAEK 2004)

3.2.3 Untersuchungsparameter

3.2.3.1 Herzfrequenz

Für die Erfassung der Herzfrequenz wurde ein System der Firma Polar Electro Oy (Finnland) verwendet. Dieses setzte sich aus 2 Plattenelektroden, einem Sender (Transmitter - Set TH 51H) und einer Empfängeruhr (Polar S810i®) zusammen. Für die Messung während des Trainings oder Wettkampfes wurde beim Satteln eine Elektrode auf der linken Körperseite etwa 10 cm distal des Widerristes unter den Sattel gelegt und die andere Elektrode am Ende des Sattelblattes unter dem Satteltgurt mit einer flexiblen Gummischlaufe angebracht. Die Haare und die Haut der Pferde wurden mit Wasser für besseren Kontakt angefeuchtet. Der Transmitter wurde individuell an Sattel, Martingal oder Vorderzeug angebracht. Die Empfängeruhr wurde vom Reiter getragen oder aber am Pferd ähnlich wie der Transmitter angebracht, mit dem Vorteil, dass beim Absitzen der Reiter die Aufzeichnung nicht unterbrochen wird.

Die aufgenommenen Herzfrequenzen wurden an den Sender weitergeleitet, vom Sender aus wurden die Frequenzen telemetrisch auf den Empfänger übertragen. Die Uhr zeichnete die Einzelwerte der Herzfrequenz in 5 Sekundenintervallen auf. Die Daten wurden dann mit Hilfe eines Interfaces (Polar Interface Plus™) auf einen Computer übertragen und mit einer speziellen Software (Polar Equine Software 3.0™) graphisch dargestellt, weiter bearbeitet und in andere Programme übertragen (Microsoft Excel).

3.2.3.2 Definitionen

Die Einzelherzfrequenz eines Pferdes einer Prüfung bzw. eines Prüfungsabschnittes (30sec vor, während, 30sec nach) errechnet sich aus dem Mittelwert der jeweiligen Herzfrequenzaufzeichnungen in 5 - Sekundenintervallen.

Die mittlere Herzfrequenz ist definiert als Mittelwert aller Einzelherzfrequenzen der letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke (30sec vor), während der Geländestrecke (während) und der ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke (30sec nach) einer Prüfung bzw. einer Schwierigkeitsklasse.

3.2.3.3 Zeitpunkte der Aufzeichnung der Herzfrequenz

Die Herzfrequenzaufzeichnungen wurden beim Satteln bzw. beim Aufsteigen der Reiter gestartet.

Die Einzelherzfrequenz unmittelbar nach dem Durchreiten der Ziellinie der Geländeprüfung wurde nicht länger als 30 Sekunden bestimmt und ausgewertet, weil durch das sofortige Lösen des Sattelgurtes bzw. das Absatteln der Kontakt der Elektroden verloren ging.

Da jeder Reiter eine individuelle Vorbereitung seines Pferdes vor der Geländeprüfung durchführte, wurden hier ebenfalls nur Werte innerhalb der letzten 30 Sekunden vor dem Start des Geländes für die Auswertung herangezogen. Diese Werte entsprechen weitgehend den Einzelherzfrequenzen in der Startbox.

3.2.4 Prüfungen und Herzfrequenzmessungen

Während der Saison 2003 wurden Messungen der Herzfrequenz beginnend mit VL (im März) bis zu Prüfungen auf CIC*** - bzw. CCI*** - Niveau durchgeführt (Tab. 3.2). Die Anforderungen der Prüfungen sind nach Reglement der FEI in den Tabelle A.1, A.2 und A.3 im Anhang zu entnehmen. Die Turniere galten als Vorbereitung und Sichtung für die Europameisterschaft 2003 in Punchestown, Irland. Weitergehend wurden Daten im Oktober in Boekelo, Niederlande erhoben. Diese Prüfung galt als Saisonhöhepunkt für Pferde die bei der Europameisterschaft nicht berücksichtigt wurden. Zu Beginn der Saison wurden die Pferde von den Reitern in Prüfungen mit leichteren Schwierigkeitsgraden gestartet. Zu diesen Prüfungen gehörten die

Vielseitigkeitsprüfung der Klasse L in Hannover (VL) und die CIC** - Prüfungen von Schenefeld und Kreuth. Im weiteren Verlauf wurden die eigentlichen Sichtungsprüfungen auf CIC*** - Niveau in Marbach, Bonn und Cavertitz geritten. Eine weitere Sichtung wurde auf CCI*** - Niveau in Luhmühlen gefordert.

Tabelle 3.2: Zeitliche Abfolge der Prüfungen mit Prüfungsart mit Schwierigkeitsgrad, Streckenlänge, Anzahl der Sprünge, Richtgeschwindigkeit, Anzahl der untersuchten Pferde

SW / Prüfung	Datum 2003	Schwierigkeitsgrad	Pferde [N]	Streckenlänge [m]	Sprünge (n)	VR [m/s]
1/Hannover	29.03	VL	15	1923	22	8,7
3/Schenefeld	19.-20.04	CIC**	15	4040	39	9,2
4/Kreuth	26.-27.04	CIC**	3	3850	28	9,2
6/Marbach	09.-11.05	CIC***	10	3800	33	9,5
8/Bonn	23.-25.05	CIC***	14	4389	39	9,5
12/Luhmühlen	12.-15.06	CCI***	1	5700	42	9,5
20/Cavertitz	15.-17.08	CIC***	3	4275	38	9,5
28/Boekelo	09.-12.10	CCI***	3	6000	27	9,5

VR: Richtgeschwindigkeit: Die Zeit in der die Geländestrecke absolviert werden muss, bei überschreiten werden Strafpunkte angerechnet, SW.: Saisonwoche

Topographische Höhenunterschiede wurden für die einzelnen Querfeldeinstrecken bestimmt (Tab. 3.3).

Tabelle 3.4 zeigt eine Übersicht und eine statistische Darstellung der Klimadaten. Die Daten stammen vom Deutschen Wetterdienst und wurden am jeweiligen Tag um 14:30 Uhr gemessen. In Cavertitz wurden die höchsten Temperaturen gemessen. Die niedrigsten Temperaturen und die höchsten Luftfeuchtigkeiten waren in Marbach und Boekelo zu beobachten.

Tabelle 3.3: Summe topographischer Höhenunterschiede der einzelnen Prüfungen (nach JAEK, 2004)

Prüfung	Topographische Höhenunterschiede (positiv) [m]	Topographische Höhenunterschiede (negativ) [m]
VL Hannover	8	8
CIC** Schenefeld	14	16
CIC** Kreuth	58	73
CIC*** Marbach	66	68
CIC*** Bonn	92	90
CIC*** Cavertitz	54	50
CCI*** Luhmühlen	42	40
CCI*** Boekelo	11	11

Tabelle 3.4: Klimadaten der Prüfungen

	Datum 2003	Lufttemperatur (°C)	Rel. Luftfeuchte (%)	Windstärke (BFT)
VL Hannover	29.03	16,3	46	7
CIC** Schenefeld	20.04	16,5	49	4
CIC** Kreuth	27.04	23,2	36	7
CIC*** Marbach	11.05	14,3	75	8
CIC*** Bonn	25.05	18,9	68	-9
CCI*** Luhmühlen	14.06	19,2	48	-9
CIC*** Cavertitz	17.08	26,7	25	4
CCI*** Boekelo	11.10	13,0	76	7
Mittelwert \bar{x}		19,7	52,9	1,7
Standardabweichung (s)		4,8	16,7	7,5

Herzfrequenzmessungen (Details siehe 3.2.3.3) wurden auf den Geländestrecken der nachfolgend beschriebenen Prüfungen durchgeführt:

1. Saisonwoche:

VL Hannover

Bei dieser Prüfung handelte es sich um eine nationale Vielseitigkeitsprüfung der Klasse L. Die drei Prüfungsteile wurden nacheinander an einem Tag geritten. (Morgens Dressuraufgabe, ca. 30 Minuten danach Springparcours, am Nachmittag die Geländestrecke). Die Pferde wurden am Prüfungstag zum Turnierplatz transportiert. Die Pferde wurden zwischen den Prüfungsteilen in Anhängern oder Transportern individuell betreut, gefüttert und getränkt.

3. Saisonwoche:

CIC** Schenefeld:

Der CIC** Schenefeld wurde über zwei Tage abgehalten. (Tag 1: Dressur und Springen, Tag 2: Geländestrecke). Die Pferde konnten in Stallzelten untergebracht werden in denen sie individuell gefüttert und mit Eimern getränkt wurden. Die Einstreu bestand aus Stroh oder Spänen. Die Pferde die ihren Heimatstall in der Nähe hatten wurden an beiden Tagen zum Turnierplatz transportiert.

4. Saisonwoche:

CIC** Kreuth

Die zeitliche Abfolge der Prüfungen in Kreuth und Schenefeld waren gleich. Den Pferden mit weiter Anreise standen hier feste Boxen mit Stroh oder Spänen im ostbayerischen Pferdezentrum am Turnierplatz zur Verfügung. Die Fütterung in Form von Krafffutter und Heu wurde selber mitgebracht. Wasser war über Selbsttränken verfügbar.

6. Saisonwoche:

CIC*** Marbach

Die Prüfung in Marbach wurde ebenfalls wie die CIC** in Schenefeld und Kreuth an zwei Tagen abgehalten. Alle Pferde wurden auf dem Turniergelände in Stallzelten mit Einzelboxen mit Stroh oder Spänen aufgestellt. Die Fütterung und das Tränken der Pferde waren individuell und wurden aus den Heimatställen mitgebracht.

8. Saisonwoche:

CIC*** Bonn

Der CIC*** in Bonn-Rodderberg wurde anders als die zuvor beschriebenen Turniere über drei Tage ausgerichtet (Tag 1: Dressur, Tag 2: Springen, Tag 3: Geländestrecke). Die Pferde wurden auch hier in Stallzelten untergebracht. Die Versorgung der Tiere erfolgte ähnlich wie in Marbach.

12. Saisonwoche:

CCI*** Luhmühlen

Die lange Prüfung in Luhmühlen (zugleich Deutsche Meisterschaft) wurde an vier Tagen durchgeführt. (Aufgrund des hohen Starterfeldes: Tag 1 u. Tag 2: Dressur, Tag 3: Geländestrecke mit Phase A, B, C, D, Tag 4: Springen). Die Tiere waren ebenfalls in Stallzelten untergebracht. Die Versorgung der Pferde entsprach der vorangegangenen Beschreibung der anderen Veranstaltungen.

20. Saisonwoche:

CIC*** Cavertitz

In Cavertitz wurde die Prüfung wie in Marbach über zwei Tage abgehalten. Die Pferde wurden in festen Boxen mit Stroh oder Spänen aufgestellt, die Versorgung entsprach der vorangegangenen Turniere. Der CIC*** wurde als letzte Sichtung für die Europameisterschaft im September in Punchestown, Irland genutzt. Alle hierfür in Frage kommenden Reiter trafen sich schon 3-4 Tage vor der ersten Teilprüfung zu einem Lehrgang.

28. Saisonwoche:

CCI*** Boekelo, Niederlande

Der CCI*** Boekelo war eine lange Prüfung wie in Luhmühlen und wurde ebenfalls über vier Tage ausgerichtet. Die Pferde waren in Stallzelten mit Stroh oder Spänen untergebracht. Die Fütterung und das Tränken erfolgten wie für die anderen beschriebenen Turniere. Die Veranstaltung in Boekelo wurde als Saisonhöhepunkt für die Reiter bzw. die Pferde genutzt die nicht für die Europameisterschaft nominiert waren um zum Abschluss der Saison einen CCI*** zu absolvieren.

3.2.5 Training und Herzfrequenzmessung

Auch im Training wurden Herzfrequenzmessungen durchgeführt. Nach der CIC** - Prüfung in Schenefeld standen ausreichend Polar - Systeme für alle Reiter und Pferde bereit. Die Herzfrequenzen sollten bei jedem individuellen Galopptraining aufgezeichnet werden, was jedoch nur sehr lückenhaft erfolgte. Entweder wurden die Systeme nicht regelmäßig oder fehlerhaft angebracht oder Aufzeichnungen waren aufgrund von Kontaktschwierigkeiten (Elektrode - Körper) bzw. durch Messfehler nicht auswertbar.

Stichprobenartig wurden Blutproben zur Bestimmung des Blutlaktates entnommen (JAEK 2004) und den individuellen Trainingsaufbau zu beobachten und zu dokumentieren. Es standen 19 Herzfrequenzaufzeichnungen des individuellen Trainings von 12 Pferden zur Verfügung. Die Werte stammen ausschließlich aus Trainingseinheiten die als Intervalltraining auf einer Wiese mit Berg und auf einer Sandrennbahn durchgeführt wurden. Detaillierter ist die Auswertung des Trainings der untersuchten Pferde der Arbeit von JAEK (2004) zu entnehmen.

3.2.6 Trainingspläne und Trainingsdokumentation

Im Rahmen der Frühjahrslehrgänge der Kaderreiter wurden diese gebeten ihre Trainingspläne der Pferde zur Grundlage der Analyse dieser Untersuchung zu dokumentieren. Die Angaben erwiesen sich allerdings wenig aussagekräftig. Es wurde daher eine Anleitung zur Führung eines „Stalltagebuches“ entwickelt, darin sollten Trainingseinheiten bzw. Trainingsinhalte dokumentiert werden. Auch diese Aufzeichnungen waren nur eingeschränkt verwertbar.

Weitere Ausführungen hierzu sind der Arbeit von JAEK (2004) zu entnehmen.

3.2.7 Stufenbelastungstest

Im Rahmen der Frühjahrslehrgänge der Kaderreiter wurde mit einem Teil der Pferde ein Stufenbelastungstest am 23.03.2003 auf der Rennbahn des Turniengeländes in Luhmühlen (Gras), mit anderen Pferden am 26.03.2003 auf der Rennbahn (Sand) des DOKR - Geländes in Warendorf durchgeführt. Die meisten Pferde hatten zu diesem Zeitpunkt noch kein Galopptraining absolviert. Geplant waren drei bis vier

weiterer Tests im Verlauf der Saison. Sie konnten allerdings nicht realisiert werden, da Trainer und Reiter die Tests nicht in ihre Turnier- bzw. Trainingspläne eingliedern konnten und Befürchtungen hinsichtlich der Belastung der Pferde bestanden.

Testaufbau:

Der durchgeführte Stufenbelastungstest wurde aufgrund Erfahrungen vorheriger Arbeiten dieser Arbeitsgruppe entwickelt. Der Test wurde in vier Belastungsstufen unterteilt. Tabelle 3.5 zeigt die Geschwindigkeit, Dauer und Strecke der einzelnen Belastungsstufen.

Tabelle 3.5: Aufbau Eingangsstufenbelastungstest Luhmühlen und Warendorf

Stufe	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4
Soll-Geschwindigkeit [m/s]	4,2	5,8	7,1	8,3
Soll-Dauer [s]	240	240	240	240
Strecke [m]	1000	1400	1700	2000

Vor Beginn des Testes wurden die Pferde individuell von ihren Reitern abgeritten und auf den Test vorbereitet. Die Herzfrequenzmessung wurde während der Vorbereitung der Pferde ähnlich wie für die Turniere beschrieben gestartet. Zwischen den vier Stufen wurde jeweils eine Schrittphase von 2 Minuten eingelegt.

3.2.8 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung wurde mit Hilfe von Microsoft Excel, dem Programm SAS (Version 8.2; SAS Institute Inc.) und dem Statistikprogramm R (Version 2.0.1) durchgeführt.

Alle Daten wurden auf Normalverteilung überprüft.

Zum Vergleich von zwei Stichproben wurde bei Normalverteilung ein t-Test angewendet, wie z.B. der Vergleich von zwei Herzfrequenzen vor und während der Geländestrecke.

Waren die Werte nicht normal verteilt wurde der Wilcoxon Rangsummentest herangezogen.

Für die Berechnung der mittleren Herzfrequenz der Geländestrecken wurde zunächst das Mittel der Einzelherzfrequenz der Pferde auf den einzelnen Geländestrecken berechnet.

Die Anzahl der Einzelherzfrequenzen der Geländeritte wurde als (n) bezeichnet. (N) bezeichnet die Anzahl der Pferde. Da verschiedene Pferde mehrere Prüfungen absolvierten ergeben sich Unterschiede in den Herzfrequenzen der Geländeritte (n) und Anzahl der Pferde (N).

Bei der statistischen Betrachtung der einzelnen Prüfungen wurde die Summe der Einzelherzfrequenzen aller Pferde der jeweiligen Prüfung durch (N) geteilt. Daraus bildete sich die mittlere Herzfrequenz der Prüfung (z.B. CIC*** Bonn). Die Anzahl der Einzelherzfrequenzen (n) war hier gleich der Anzahl der Pferde (N).

Bei der Gruppenbildung von Prüfungen verschiedener Schwierigkeitsklassen (VL, CIC**, CIC***, CCI***) sind (n) ungleich der Anzahl der Pferde (N), weil ein Teil der Pferde in mehreren Prüfungen einer Klasse starteten.

(Definitionen siehe auch Kapitel 3.2.3.2)

Zur Bestimmung des Einflusses der Geschwindigkeit auf die Herzfrequenz wurde die Korrelation zwischen Geschwindigkeit und Herzfrequenz bestimmt. Da weitgehend keine Normalverteilung vorlag wurde der Korrelationskoeffizient nach Kendall berechnet.

Unterschiede wurden bei einem $p < 0,05$ als signifikant betrachtet.

Bei (n) bzw. (N) < 4 wurde keine Signifikanzberechnung durchgeführt.

3.3 Ergebnisse

3.3.1 Individuelle Herzfrequenzverläufe

Zur Einführung in die weitere Auswertung der Herzfrequenzen von Hochleistungsvielseitigkeitspferden in Prüfungen der Saison 2003 werden in diesem Kapitel zunächst individuelle Verläufe von Herzfrequenzen während der Geländestrecken gezeigt (Beispiele von Originalaufzeichnungen der Herzfrequenzen (Polar Equine Software 3.0™) sind dem Anhang Abb. A.1 – A.14 zu entnehmen). In

Abb. 3.1 - 3.3 werden typische Verlaufskurven eines einzelnen Pferdes (Abb. 3.1), von einem Pferd in zwei verschiedenen Prüfungen (Abb. 3.2) und von zwei Pferden in der gleichen Prüfung (Abb. 3.3) dargestellt. Die dargestellten Kurven sind charakteristisch für alle Pferde und alle Prüfungen es zeigen sich jedoch erheblich individuelle Unterschiede der Herzfrequenzen die in Kapitel 3.3.10 erläutert werden.

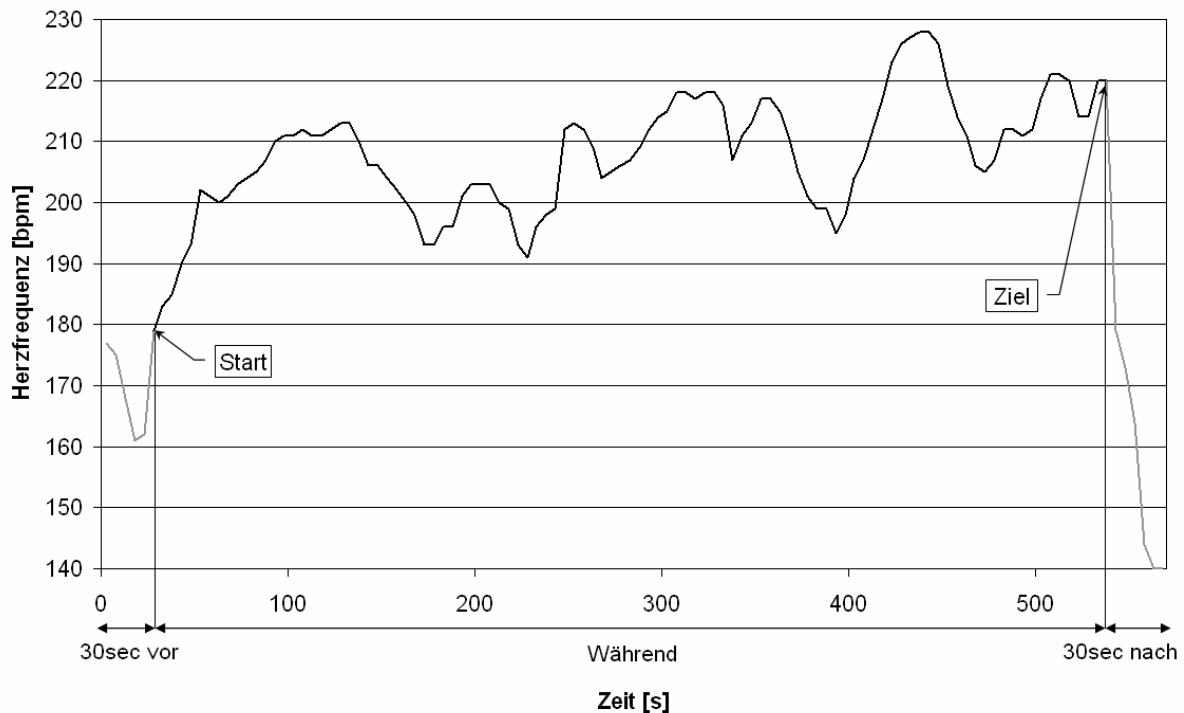


Abbildung 3.1: Individueller Herzfrequenzkurvenverlauf : CIC*** Bonn

30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute; Pferd: ID 39

Die Kurve (Abb. 3.1) zeigt die Herzfrequenz des Pferdes ID 39 in der Startbox (30sec vor) und den Anstieg zu Beginn der Geländestrecke des CIC*** in Bonn (siehe auch Kapitel 3.3.2, 3.3.3). Der weitere Verlauf der Kurve charakterisiert die Herzfrequenz der Geländestrecke (siehe auch Kapitel 3.3.2, 3.3.3). Sie ist nicht kontinuierlich und geprägt durch Schwankungen. Der Grund hierfür können Tempowechsel aber auch das Geländeprofil der Streckenführung sein. In der vorliegenden Arbeit ist eine Zuordnung der Herzfrequenz zu bestimmten Streckenabschnitten bzw. zu verschiedenen Geschwindigkeiten während der Phase D nicht möglich. Dazu

müssten die Probanden mit GPS - Systemen während der Prüfungen ausgestattet werden. Der Verlauf zeigt die stetige Steigung der Herzfrequenz zum Ende der Strecke (siehe auch Kapitel 3.3.5). Die graue Linie zum Ende deutet den schnellen Abfall der Herzfrequenz nach dem Ziel an (siehe auch Kapitel 3.3.2, 3.3.3).

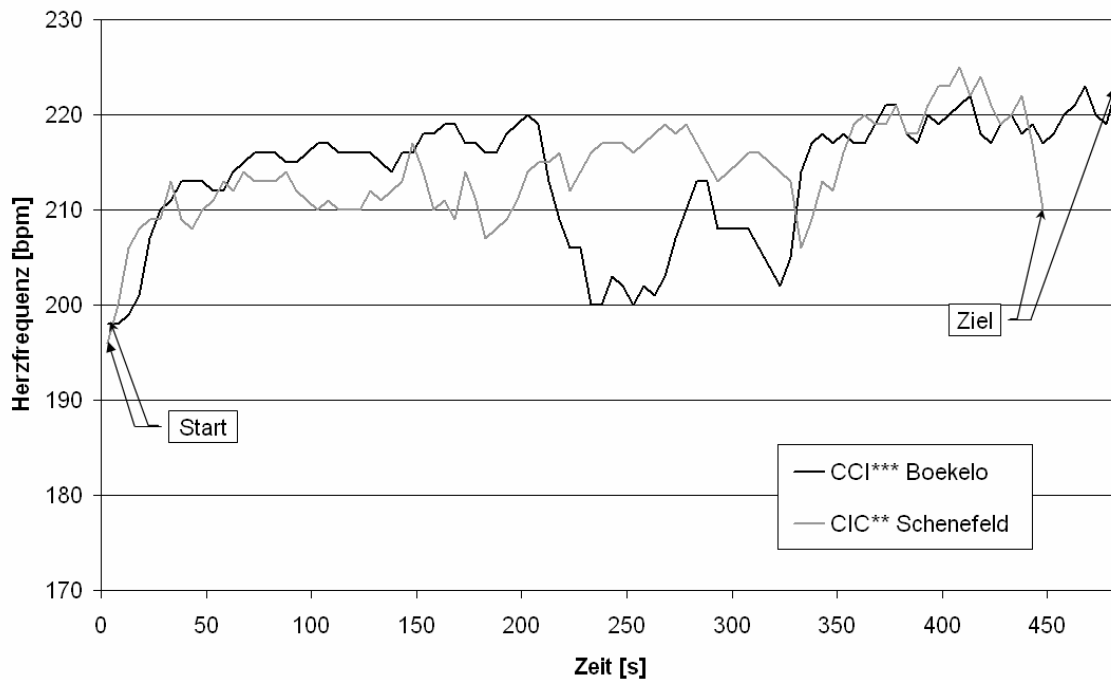


Abbildung 3.2: Herzfrequenzkurvenverläufe während der Geländestrecken (von Start bis Ziel) CCI* Boekelo und CIC** Schenefeld**

bpm: beats per minute; Pferd: ID 18

Die Abbildung 3.2 zeigt die individuellen Herzfrequenzverläufe eines Pferdes (ID 18) während der Geländestrecke des CIC*** in Bonn und des CIC** in Schenefeld. Es soll gezeigt werden, wie ähnlich die Herzfrequenzverläufe eines Pferdes sind, obwohl es sich um zwei verschiedene Schwierigkeitsklassen handelt (siehe auch Kapitel 3.3.4). Das Absinken der Herzfrequenzen zur Mitte der Geländestrecke des CCI*** Boekelo könnte durch eine Zurücknahme des Tempos oder durch die Beschaffenheit des Gelände Profils verursacht sein. Eine Abklärung war im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich.

Abbildung 3.3 zeigt die Herzfrequenzkurven von zwei Pferden während der Geländestrecke des CCI*** Boekelo um individuelle Unterschiede der Herzfrequenzen der Pferde während der gleichen Geländestrecke darzustellen. Beide Kurven steigen stetig zum Ende hin an (Kapitel 3.3.5). Schwankungen in der Kurve sind zu ähnlichen Zeitabschnitten zu beobachten. Die Kurven verlaufen in weiten Bereichen nahezu parallel. Der Unterschied der Herzfrequenzkurven liegt in der höheren Herzfrequenz des Pferdes ID 18 im Vergleich zu Pferd ID 7. Beide Pferde absolvierten die Strecke mit der ähnlichen Geschwindigkeit (ID 18: 9,4 m/s, ID 7: 9,3 m/s).

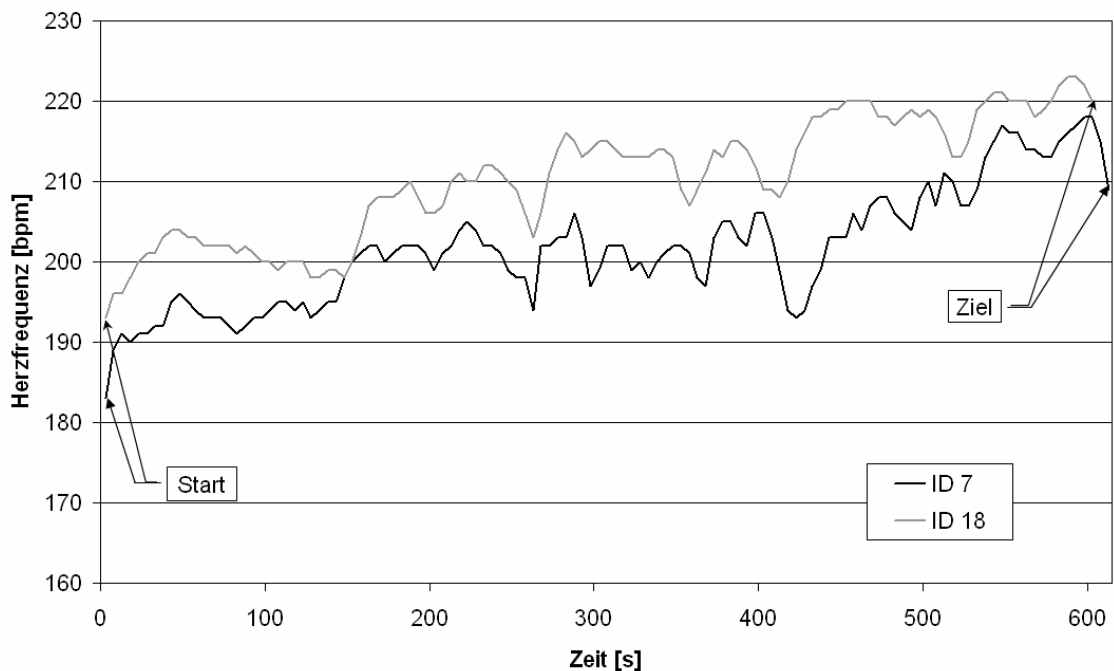


Abbildung 3.3: Herzfrequenzkurvenverläufe während der Geländestrecke (von Start bis Ziel) CCI* Boekelo**

bpm: beats per minute; Pferd: ID 7; Pferd: ID 18

Das Kapitel 3.3.1 zeigt typische, Aufzeichnungen der Herzfrequenzkurvenverläufe von Hochleistungsvielseitigkeitspferden in Prüfungen der Saison 2003. Die gezeigten Beispiele sind repräsentativ für alle Einzelherzfrequenzaufzeichnungen. Es werden

Unterschiede hinsichtlich der Herzfrequenzverläufe der Pferde und der einzelnen Prüfungen deutlich. Die Individualität der Herzfrequenzverläufe stellt sich anhand der gezeigten Beispiele dar. Die weiteren Kapitel befassen sich mit der statistischen Auswertung der Einzelherzfrequenzen der einzelnen Pferde bzw. der einzelnen Prüfungen und Schwierigkeitsklassen.

3.3.2 Herzfrequenzen über alle Prüfungen

In Tabelle 3.6 und Abbildung 3.4 sind die Herzfrequenzen aller Aufzeichnungen der letzten 30 Sekunden vor dem Start (30sec vor), während der Geländestrecke (Während) und der ersten 30 Sekunden nach dem Ziel (30sec nach) aller untersuchten Prüfungen zusammengefasst. Es wurde für alle Herzfrequenzen der einzelnen Startphasen, Geländestrecken und Zieleinläufe der Pferde (N) ein Mittelwert (\bar{x}) und die Standardabweichung (s) errechnet.

Tabelle 3.6: Herzfrequenzen aller Pferde über alle Prüfungen

	n	N	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Maximum [bpm]	Minimum [bpm]	Streubreite [bpm]
30sec vor	64	31	126,63	20,25	172,33	91,00	81,33
Während	64	31	198,59	10,34	215,97	172,96	43,01
30sec nach	55	31	168,56	12,17	189,17	143,00	46,17

\bar{x} : Mittelwert der Einzelherzfrequenzen über n; s: Standardabweichung; Minimum, Maximum: höchster und niedrigster Wert; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; N: Anzahl der Pferde; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute

Die in Tabelle 3.6 dargestellte Gesamtbetrachtung des Mittelwertes der Einzelherzfrequenzen aller Prüfungen und Pferde einer Saison zeigt einen signifikant ($p < 0,001$) höheren Wert während der Geländestrecke (198,59 bpm) im

Vergleich zum 30sec vor - (126,63 bpm) und zum 30sec nach - Wert (168,56 bpm) (siehe auch Tab. 3.7). Die niedrigste Standardabweichung (10,34 bpm) und die geringste Streubreite (43,01 bpm) ist während der Geländestrecke zu beobachten. Die größte Standardabweichung (20,25 bpm) und größte Streubreite (81,33 bpm) zeigt der 30sec vor - Wert. Die Herzfrequenz unter der Belastung während der Geländestrecke steigt um mehr als 70 bpm. Die mittlere Herzfrequenz der ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke (168,56 bpm) ist um 13% niedriger als die mittlere Herzfrequenz während der Geländestrecke. Sie liegt noch deutlich höher als die Herzfrequenz der letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke (126,63 bpm, $p < 0,001$). Die Standardabweichung des 30sec nach Wertes (12,17 bpm) ist im Vergleich mit der Standardabweichung des 30sec vor Wertes (20,25 bpm) deutlich niedriger.

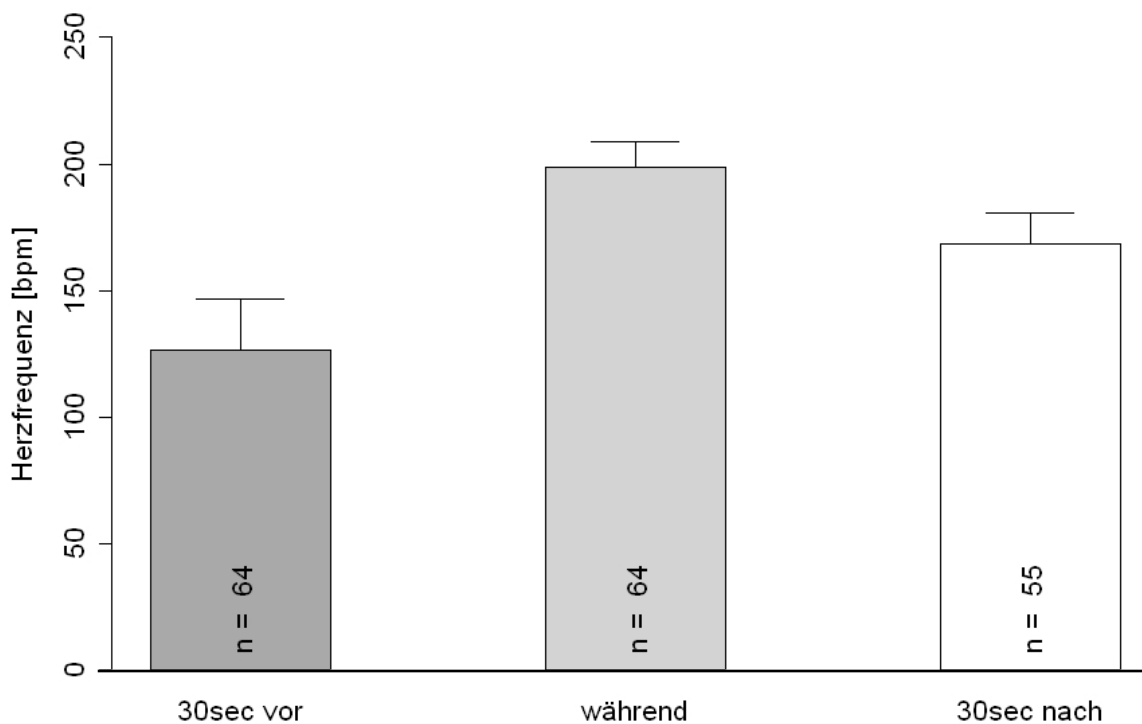


Abbildung 3.4: Herzfrequenzen aller Pferde aller untersuchten Prüfungen

\bar{x} : Mittelwert der Einzelherzfrequenzen über n; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute

Die Tabelle 3.7 zeigt die statistische Auswertung in der Gegenüberstellung der 30sec vor, während und 30sec nach der Geländestrecke bestimmten Mittelwerte aller Herzfrequenzen über die gesamte Saison. In der Darstellung zeigen sich hochsignifikante Unterschiede ($p < 0,001$) zwischen der Herzfrequenz der letzten 30 Sekunden vor dem Start der Geländestrecke, während der Geländestrecke und der ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke.

Tabelle 3.7: Signifikante Unterschiede (p) zwischen den Herzfrequenzen aller Prüfungen (t-Test)

	30sec vor	Während	30sec nach
30sec vor	---	$p < 0,001$	$p < 0,001$
Während		---	$p < 0,001$

30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke

Die Herzfrequenzwerte aller Turniere vor, während und nach der Geländestrecke folgen somit der Belastungsintensität der Pferde und werden auch von der Dauer der Belastung beeinflusst, ohne im Mittel 200 bpm zu überschreiten. Auffallend sind die hohen Werte vor dem Start, die die Ruheherzfrequenz des Pferdes um das 3 - 4 fache überschreiten.

3.3.3 Herzfrequenzen in den einzelnen Prüfungen

In den Kapiteln 3.3.3.1 - 3.3.3.3 werden die mittleren Herzfrequenzen (30sec vor, während und 30sec nach) der Geländestrecken der einzelnen untersuchten Prüfungen gezeigt (siehe auch Tab. A.5 im Anhang). Die einzelnen Prüfungen werden nach ihren Schwierigkeitsklassen als VL, CIC**, CIC*** und CCI*** bezeichnet. Eine Übersicht gibt Abbildung 3.5. In der Abbildung sind die mittleren Herzfrequenzen der drei Bestimmungszeitpunkte (30sec vor, während, 30 sec nach)

der einzelnen Prüfungen vergleichend graphisch dargestellt. Die Prüfungen sind in chronologischer Reihenfolge der Saison 2003 aufgetragen.

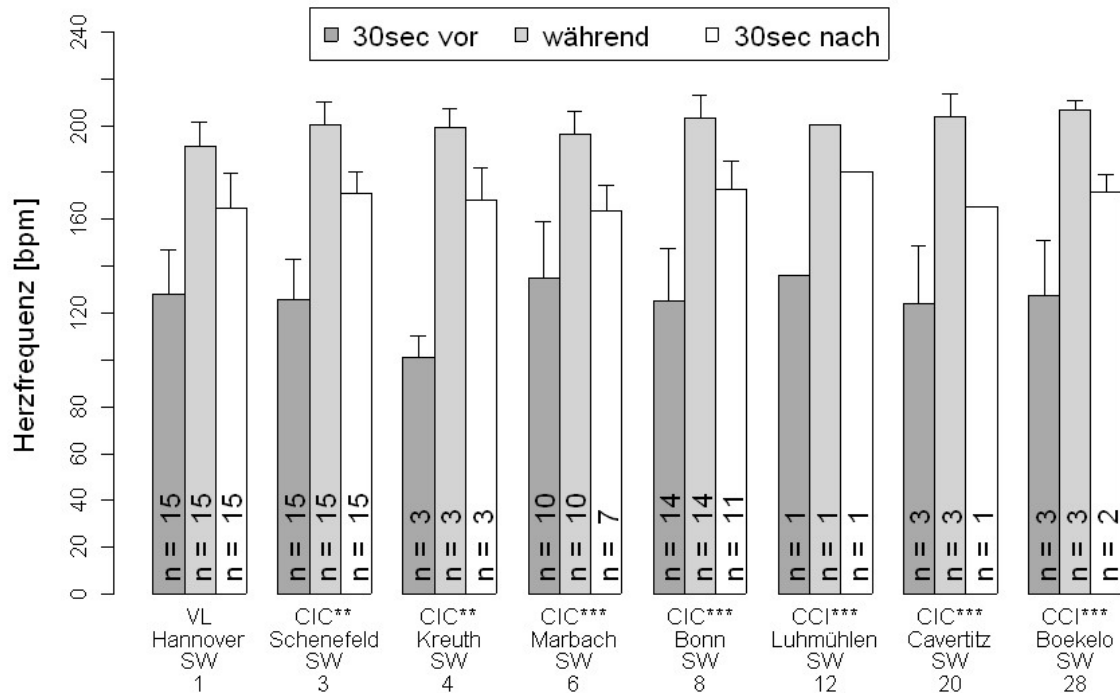


Abbildung 3.5: Herzfrequenzen der untersuchten Prüfungen

\bar{x} : mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen entspricht der Anzahl der Pferde; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute, SW: Saisonwoche

Bei der statistischen Auswertung der einzelnen Prüfungen zeigen sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der drei verschiedenen Bestimmungszeitpunkte. Die Einzelprüfungen zeigen hochsignifikante Erhöhungen der mittleren Herzfrequenz während der Geländestrecken im Vergleich zu den Werten 30sec vor bzw. 30sec nach für die Prüfungen in Hannover, Schenefeld, Marbach und Bonn. Auf eine Berechnung der Signifikanzen für die Prüfungen in Kreuth, Cavertitz, Luhmühlen und Boekelo wurde verzichtet, da eine Bestimmung mit n von maximal 3 nicht sinnvoll erscheint (CIC** Kreuth n=3, CIC*** Cavertitz n=3, CCI*** Luhmühlen n=1, CCI*** Boekelo n=3). Die einzelnen Prüfungen zeigen jedoch eine numerische Erhöhung

der mittleren Herzfrequenz während der Geländestrecken im Vergleich zu den Herzfrequenzen der letzten 30 Sekunden vor bzw. der ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke. Somit folgten auch die Einzelturniere dem Verlaufmuster der Gesamtmittelwerte.

3.3.3.1 Herzfrequenzen: 30 Sekunden vor den Geländestrecken

Die Tabelle 3.8 zeigt die mittleren Herzfrequenzen aller 8 untersuchten Prüfungen 30 Sekunden vor dem Start (30sec vor).

Tabelle 3.8: Herzfrequenzen 30 Sekunden vor den Geländestrecken

SW	Prüfung	n	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Maximum [bpm]	Minimum [bpm]	Streubreite [bpm]
1	VL Hannover	15	127,89	18,84	158,00	101,67	56,33
3	CIC** Schenefeld	15	125,90	16,84	171,00	108,17	62,83
4	CIC** Kreuth	3	100,89	9,25	109,33	91,00	19,33
6	CIC*** Marbach	10	135,10	23,84	172,33	104,50	67,83
8	CIC*** Bonn	14	125,30	22,14	170,33	91,17	79,16
20	CIC*** Cavertitz	3	123,83	24,72	141,00	95,50	45,50
28	CCI*** Boekelo	3	127,22	23,75	147,67	101,17	46,50
12	CCI*** Luhmühlen	1	136,33	n.a.	136,33	136,33	0,00

\bar{x} : mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; Minimum, Maximum: höchster und niedrigster Wert; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen entspricht der Anzahl der Pferde; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; bpm: beats per minute; n.a.: Die Standardabweichung konnte nicht berechnet werden, da nur eine Probe vorliegt; SW: Saisonwoche

Die mittleren Herzfrequenzen der letzten 30 Sekunden vor dem Start der Geländestrecke liegen über 100 bpm und bewegen sich von 100,89 bpm (CIC** Kreuth) bis 136,33 bpm (CCI*** Luhmühlen). Die Streubreiten der Werte liegen zwischen 19,33 bpm (CIC** Kreuth) und 79,16 bpm (CIC*** Bonn). Die niedrigste mittlere Herzfrequenz der Startphase zeigte sich im CIC** Kreuth (100,89 bpm), hier ist auch die geringste Standardabweichung (9,25 bpm) und die niedrigste individuelle Einzelherzfrequenz zu beobachten (91,00 bpm). Die mittleren Herzfrequenzen überschreiten unmittelbar vor dem Start 100 bpm und liegen deutlich über den Ruheherzfrequenzwerten von Pferden, wahrscheinlich wegen der Belastung in der Vorbereitungsphase bzw. der Wegestrecken. Es liegen hohe Streubreiten vor die auf die Individualität der Pferde im Bezug auf das Temperament, die verschiedene Vorbereitung und Einwirkungen der Reiter ihrer Pferde 30 Sekunden vor dem Start der Geländestrecke begründet sein könnten.

3.3.3.2 Herzfrequenzen während der Geländestrecken

Tabelle 3.9 zeigt die mittleren Herzfrequenzen während der Geländestrecken (Phase D). Die mittlere Herzfrequenz erhöht sich während der Geländestrecken im Vergleich zur mittleren Herzfrequenz der letzten 30 Sekunden vor den Geländestrecken (Tabelle 3.8). Signifikante Unterschiede sind für die Prüfungen in Hannover, Schenefeld, Marbach und Bonn zu zeigen. Die Berechnung der Signifikanzen schien aufgrund des kleinen n ($n < 4$) für die Prüfungen in Kreuth, Cavertitz, Bokelo und Luhmühlen nicht sinnvoll. Die mittleren Herzfrequenzen der Geländestrecken der untersuchten Prüfungen bewegen sich von 191,37 bpm in der VL Hannover bis zu 206,46 bpm im CCI*** Boekelo. Die Turniere sind wegen der unterschiedlichen Schwierigkeitsgrade (VL, CCI***) und Geschwindigkeiten (8,37 m/s bzw. 9,33 m/s) nicht unmittelbar vergleichbar. Auf einen statistischen Vergleich der einzelnen Prüfungen wurde aufgrund des zum Teil des kleinen n (Kreuth, Cavertitz, Luhmühlen und Boekelo) verzichtet. In Kapitel 3.3.4 werden statistische Vergleiche in den verschiedenen Schwierigkeitsklassen aufgeführt.

Tabelle 3.9: Herzfrequenzen während der Geländestrecken

SW	Prüfung	n	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Maximum [bpm]	Minimum [bpm]	Streubreite [bpm]
1	VL Hannover	15	191,37	10,40	205,62	172,96	32,66
3	CIC** Schenefeld	15	200,21	9,90	214,88	180,87	34,01
4	CIC** Kreuth	3	199,08	8,40	205,47	189,57	15,90
6	CIC*** Marbach	10	196,50	9,57	209,30	183,97	25,33
8	CIC*** Bonn	14	203,03	9,83	215,97	187,90	28,07
20	CIC*** Cavertitz	3	203,80	9,55	214,24	195,50	18,74
28	CCI*** Boekelo	3	206,46	4,46	210,45	201,64	8,81
12	CCI*** Luhmühlen	1	200,45	n.a.	200,45	200,45	0,00

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; Minimum, Maximum: höchster und niedrigster Wert; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen entspricht der Anzahl der Pferde; während: während der Geländestrecke; bpm: beats per minute; n.a.: Die Standardabweichung konnte nicht berechnet werden, da nur eine Probe vorliegt; SW: Saisonwoche

Die höchste individuelle Einzelherzfrequenz wurde beim CIC*** Bonn mit 215,97 bpm erreicht, die niedrigste bei der VL in Hannover (172,96 bpm). Die Streubreiten der einzelnen Turniere variieren von 32,66 bpm in Hannover bis zu lediglich 8,81 bpm in Boekelo. Aus dieser Prüfung lagen nur drei auswertbare Herzfrequenzmessungen vor. Die Streubreiten sind im Vergleich zu den Streubreiten der Werte der letzten 30 Sekunden vor dem Start geringer. Die Standardabweichungen liegen zwischen 10,39 bpm (VL Hannover) und 4,46 bpm (CCI*** Boekelo). Diese Werte liegen sehr deutlich unter den Werten der letzten 30 Sekunden vor den Geländestrecken. Die mittleren Herzfrequenzen der CIC**- Prüfungen sind sehr ähnlich (200,21 bpm in

Schenefeld und 199,08 bpm in Kreuth). Gleiches gilt für die CIC*** - Prüfungen (196,50 bpm in Marbach, 203,03 bpm in Bonn und 203,80 bpm in Cavertitz) (siehe Abb. 3.5). Die mittleren Herzfrequenzen während der einzelnen Geländestrecken zeigen eine deutliche Erhöhung im Vergleich zu den mittleren Herzfrequenzen der letzten 30 Sekunden vor dem Start (> 70 bpm). Die Werte der einzelnen Prüfungen (191,37 bpm VL Hannover - 206,46 bpm CCI*** Boekelo) bewegen sich im ähnlichen Bereich wie der Wert der Gesamtbetrachtung aller Prüfungen (198,59 bpm) (Kapitel 3.3.2).

3.3.3.3 Herzfrequenzen 30 Sekunden nach den Geländestrecken

Nach der Beendigung der Geländestrecke ist ein Abfall der Herzfrequenz zu erwarten. Tabelle 3.10 zeigt die mittleren Herzfrequenzen der ersten 30 Sekunden nach den Geländestrecken. Bei allen untersuchten Prüfungen kommt es zu einem Absinken der mittleren Herzfrequenz in den ersten 30 Sekunden nach dem Zieldurchtritt im Vergleich zu den mittleren Herzfrequenzen während des Geländes. Dieser Abfall ist statistisch hochsignifikant ($p < 0,001$) für die Prüfungen in Hannover, Schenefeld, Marbach und Bonn. Ähnlich wie für die 30sec vor - Werte lassen sich für die Prüfungen in Kreuth, Cavertitz, Boekelo und Luhmühlen die Unterschiede statistisch nicht darstellen, da n maximal 3 ist. Die mittleren Herzfrequenzen 30 Sekunden nach dem Ziel der Geländestrecke (30sec nach) haben Werte von 164,71 bpm (VL Hannover) bis 180,17 bpm (CCI*** Luhmühlen), hier lag nur eine auswertbare Einzelherzfrequenz vor. Der nächst höchste Wert war beim CIC*** Bonn (172,70 bpm). Die Streubreiten variierten zwischen 10,17 bpm (CCI*** Boekelo) und 45,33 bpm (VL Hannover). Es kommt bei allen Prüfungen unmittelbar nach Zielankunft während 30 Sekunden zu einem deutlichen Abfall der Herzfrequenz auf Werte zwischen 164,71 bpm - 180,17 bpm und entsprechen einem Abfall von 20,28 - 38,68 bpm. Die Varianz der Streubreiten ist nicht so hoch wie bei den Werten vor der Geländestrecke. Die mittlere Herzfrequenz 30 Sekunden nach der Geländestrecke fällt deutlich ab (> 30 bpm). Nach hoher Belastung kommt es sofort zu einem Abfall der Herzfrequenz.

Tabelle 3.10: Herzfrequenzen 30 Sekunden nach den Geländestrecken

SW	Prüfung	n	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Max [bpm]	Min [bpm]	Streubreite [bpm]	DHF [%]
1	VL Hannover	15	164,71	15,16	188,33	143,00	45,33	13,9
3	CIC** Schenefeld	15	170,81	9,69	186,67	152,83	33,84	14,7
4	CIC** Kreuth	3	168,28	13,55	183,17	156,67	26,50	15,5
6	CIC*** Marbach	7	163,48	11,07	175,17	147,50	27,67	12,2
8	CIC*** Bonn	11	172,70	12,11	189,17	156,17	33,00	15,0
20	CIC*** Cavertitz	1	165,17	n.a.	165,17	165,17	0,00	19,0
28	CCI*** Boekelo	2	171,92	7,19	177,00	166,83	10,17	16,8
12	CCI*** Luhmühlen	1	180,17	n.a.	180,17	180,17	0,00	n.a.

\bar{x} : mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; Min: Minimum, Max: Maximum: höchster und niedrigster Wert; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute; n.a.: die Standardabweichung konnte nicht berechnet werden, da nur eine Probe vorliegt; SW: Saisonwoche; DHF: Differenz der Herzfrequenz gegenüber den mittleren Herzfrequenzen „während“ (siehe Tab. 3.10)

Der Abfall der mittleren Herzfrequenz lässt sich prozentual darstellen. In den ersten 30 Sekunden nach durchreiten des Ziels fällt die Herzfrequenz, im Vergleich zur Herzfrequenz während der Geländestrecke, zwischen 13,9 % (VL Hannover) und 19,0 % (CIC*** Cavertitz) ab. Dies bedeutet, dass die Herzfrequenz unmittelbar nach Zielankunft (innerhalb von 30 Sekunden) schon knapp 20 % unter den Herzfrequenzwerten während der Geländestrecke liegt. Dies ist z.B. bei der Veterinärkontrolle nach Zielankunft zu berücksichtigen.

3.3.4 Herzfrequenz in Prüfungen unterschiedlicher Schwierigkeitsklassen

Zur Gegenüberstellung der mittleren Herzfrequenz innerhalb unterschiedlicher Schwierigkeitsklassen wurden signifikante Unterschiede innerhalb der einzelnen Schwierigkeitsklassen geprüft. Es konnten keine signifikanten Unterschiede bei dem Vergleich der mittleren Herzfrequenzen der CIC*** - Prüfungen von Marbach und Bonn gezeigt werden. Auf eine Berechnung der Signifikanz der anderen Prüfungen wurde aufgrund des kleinen n (n maximal 3) verzichtet. Nachfolgend wird eine Zusammenfassung der einzelnen Prüfungen in Schwierigkeitsklassen vorgenommen. Tabelle 3.11 gibt die mittleren Herzfrequenzen während der Geländestrecke unterteilt nach den vier untersuchten Schwierigkeitsklassen (siehe Tabelle 3.2) wieder. Alle verfügbaren Einzelherzfrequenzen eines Prüfungsniveaus (VL, CIC**, CIC***, CCI***) wurden zu einer Gruppe zusammengezogen. Die vier Schwierigkeitsstufen beginnen mit der leichtesten Anforderung der VL über den CIC** zum CIC*** bis zur schwierigsten Anforderung dem CCI***. Im Gegensatz zu vorhergehenden Betrachtungen entspricht hier n nicht der Anzahl der Pferde da einzelne Pferde mehrere Prüfungen einer Schwierigkeitsklasse absolviert haben.

Tabelle 3.11: Mittlere Herzfrequenzen von 4 Schwierigkeitsklassen während der Geländestrecken

	n	N	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Maximum [bpm]	Minimum [bpm]	Streubreite [bpm]
VL	15	15	191,37	10,39	205,62	172,96	32,66
CIC**	18	18	200,02	9,44	214,88	180,87	34,01
CIC***	27	19	200,70	9,89	215,97	183,97	32,00
CCI***	4	4	204,96	4,72	210,45	200,45	10,00

\bar{x} : mittlere Herzfrequenz über n während der Geländestrecke; s: Standardabweichung; Minimum, Maximum: höchster und niedrigster Wert; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; N: Anzahl der Pferde ; bpm: beats per minute

Die mittlere Herzfrequenz steigt, unabhängig von den topographischen Unterschieden, numerisch mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad der Prüfungsanforderung von VL, CIC**, CIC*** bis zum CCI***. Signifikante Unterschiede können statistisch nur für die Gegenüberstellung der VL – Prüfung mit jeder der drei anderen Klassen gezeigt werden (Tabelle 3.13). Der niedrigste Wert trat bei der Anforderung der VL (191,37 bpm) auf. Der höchste Wert wurde bei der Schwierigkeit des CCI*** (204,96 bpm) ermittelt. Die Werte der CIC** - (200,02 bpm) und CIC*** - Prüfungen (200,70 bpm) sind nahezu identisch. Auch die Standardabweichungen sind sehr ähnlich (9,44/9,89 bpm). Ebenfalls bewegen sich die Streubreiten der Bestimmungen im ähnlichen Rahmen (34,01 bpm / 32,00 bpm). Die Maximalwerte weichen von der Erhöhung mit der Schwierigkeitsklasse ab. Hier wird der Höchstwert (215,97 bpm) in den CIC*** - Prüfungen erreicht. Der niedrigste Wert (205,62 bpm) in der VL. Im Gegensatz dazu entsprechen die Minimalwerte wieder der Steigerung mit der Prüfungsanforderung.

In Tabelle 3.12 werden die mittleren Herzfrequenzen der Startphase (30sec vor) und des Zieleinlaufes (30sec nach) in den einzelnen Schwierigkeitsklassen dargestellt. Die Herzfrequenzwerte vor dem Start (30 sec vor) sind bis auf die CIC** sehr ähnlich auch haben nahezu ähnliche Standardabweichungen. Bei der Betrachtung der Werte im Bereich des Zieleinlaufes (30sec nach) fällt erneut die numerische Erhöhung der mittleren Herzfrequenz mit der Steigerung des Schwierigkeitsgrades auf. Eine Ausnahme hiervon macht der Wert der CIC*** - Prüfungen. Signifikante Unterschiede konnten nicht gezeigt werden (Tabelle 3.13).

Tabelle 3.12: Mittlere Herzfrequenzen von 4 Schwierigkeitsklassen vor – und nach der Geländestrecke

	n	N	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Maximum [bpm]	Minimum [bpm]	Streubreite [bpm]
30 sec vor							
VL	15	15	127,89	18,84	158,00	101,67	56,33
CIC**	18	18	121,73	18,32	171,00	91,00	80,00
CIC***	27	19	128,77	22,66	172,33	91,17	81,16
CCI***	4	4	129,50	19,92	147,67	101,17	46,50
30 sec nach							
VL	15	15	164,71	15,16	188,33	143,00	45,33
CIC**	18	18	170,39	9,99	186,67	152,83	33,84
CIC***	19	19	168,90	11,98	189,17	147,50	41,67
CCI***	3	4	174,67	6,97	180,17	166,83	13,34

\bar{x} : mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; N: Anzahl der Pferde 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute

In der Tabelle 3.13 sind Signifikanztests aufgezeichnet. Es wurden die verschiedenen Schwierigkeitsklassen anhand der mittleren Herzfrequenzen verglichen. Es zeigt sich kein signifikanter Unterschied bei der Gegenüberstellung der mittleren Herzfrequenz der Schwierigkeitsklassen auf CIC** -, CIC*** - Niveau. Signifikante Unterschiede sind nur im Vergleich der VL - Prüfung mit den CIC** - und CIC*** - Prüfungen zu zeigen. Die verschiedenen Schwierigkeitsklassen sind hinsichtlich der Streckenlänge, der Anzahl und Höhe der Hindernisse und der Richtgeschwindigkeit vorgegeben (siehe Anhang Tabelle A.1 - A.3), dennoch ergeben sich aufgrund der topographischen Verhältnisse der Veranstaltungsorte unterschiedliche Geländeprofile (Tabelle 3.4). Ein weiterer variabler Faktor sind die Klimaverhältnisse (Tabelle 3.5).

Tabelle 3.13: Signifikanztests für Mittelwertunterschiede zwischen den Schwierigkeitsklassen (VL, CIC, CIC***, CCI***)**

	VL vs. CIC**	VL vs. CIC***	VL vs. CCI***	CIC** vs. CIC***	CIC** vs. CCI***	CIC*** vs. CCI***
30sec vor	n.s.	n.s.	n.a	n.s.	n.a	n.a.
während	<0,05	<0,05	n.a	n.s.	n.a.	n.a.
30sec nach	n.s.	n.s.	n.a.	n.s.	n.a.	n.a.

Signifikanzen mittels exaktem Wilcoxon Rangsummentests berechnet; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; n.s.: nicht signifikant; n.a.: Es liegen zu wenig Werte vor, so dass ein Test nicht angewendet werden konnte;

Tabelle 3.14 und Abbildung 3.6 zeigen die mittleren Herzfrequenzen während der Geländestrecke der einzelnen Prüfungen. In der Tabelle 3.14 sind zusätzlich Höhendifferenzen, Temperatur, Streckenlänge und Anzahl der Hindernisse dargestellt. In der Schwierigkeitsklasse der VL- Prüfungen konnten Untersuchungen zur Herzfrequenz nur auf einer Veranstaltung durchgeführt werden. Somit sind keine Vergleiche dieser Prüfungsanforderungen möglich.

Bei den CIC** - Prüfungen in Schenefeld und Kreuth liegt die mittlere Herzfrequenz in Schenefeld (200,21 bpm) nahezu gleich hoch wie in Kreuth (199,08 bpm), obwohl in Kreuth mehr Höhenmeter zu überwinden waren und höhere Temperaturen gegeben waren. Beide Prüfungen wurden innerhalb einer Woche ausgetragen. Also zum ähnlichen Zeitpunkt in der Saison. Der Schenefelder - Kurs war allerdings 190 m länger und hatte 11 Sprünge mehr zu überwinden. Bei den CIC*** - Prüfungen war der Geländekurs in Bonn am längsten (4389 m) und zeigte mit 92 Höhenmetern die größten Höhenunterschiede. Es zeigte sich aber nahezu kein Unterschied der mittleren Herzfrequenzen zwischen den Veranstaltungen in Bonn und Cavertitz. In Cavertitz war die gemessene Temperatur von 26,7 °C die Höchste aller untersuchten Geländestrecken. Die Untersuchung der Pferde in Marbach zeigte die niedrigste mittlere Herzfrequenz (196,5 bpm) in dieser Schwierigkeitsklasse. Der Geländekurs

war durch die Höhenunterschiede im Vergleich zu Cavertitz anspruchsvoller die Strecke war jedoch 475 m kürzer.

Tabelle 3.14: Herzfrequenzen (\bar{x}) während der Geländestrecke: Streckenlänge, Anzahl der Sprünge sowie Höhen- und Temperaturangaben für alle Prüfungen

	\bar{x} [bpm]	Streckenlänge [m]	Sprünge [n] ¹	Höhendifferenzen [m] ²		Temperatur [°C]
				bergauf	bergab	
VL						
Hannover	191,37	1923	22	8	8	16,3
CIC**						
Schenefeld	200,21	4040	39	14	16	16,5
Kreuth	199,08	3850	28	58	73	23,2
CIC***						
Marbach	196,50	3800	32	66	68	14,3
Bonn	203,03	4389	39	92	90	18,9
Cavertitz	203,80	4275	38	54	50	26,7
CCI***						
Boekelo	206,46	5719	27	11	11	13,0
Luhmühlen	200,45	5700	42	42	40	19,2

¹ Umfasst die Gesamtzahl aller einzelnen Sprünge, nicht die Hindernisanzahl; ² Unterschiedliche „bergauf“ -, „bergab“ - Werte, da Start und Ziel nicht identisch sein müssen; \bar{x} : Mittlere Herzfrequenz während der Geländestrecke; bpm: beats per minute

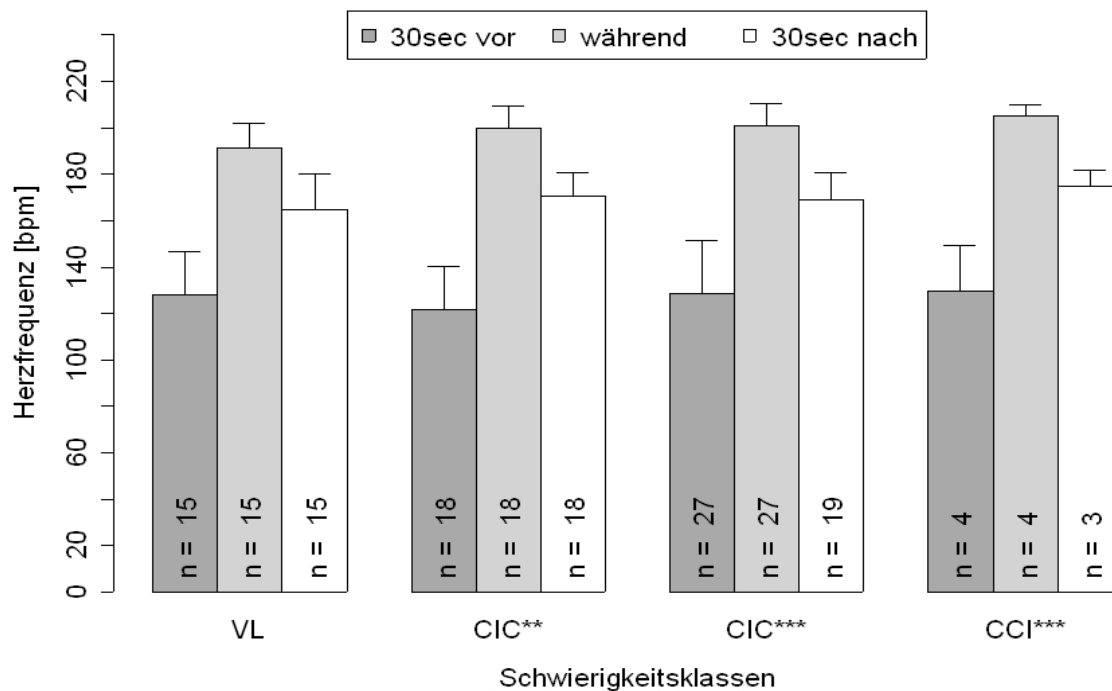


Abbildung 3.6: 4 Schwierigkeitsklassen: Mittlere Herzfrequenz

\bar{x} : mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; 30sec vor: 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute

Es zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen den Schwierigkeitsklassen VL und CIC** bzw. CIC***. Zwischen den Schwierigkeitsklassen CIC** und CIC*** ist kein signifikanter Unterschied zu beobachten. Die verschiedenen Schwierigkeitsklassen nehmen in der vorliegenden Arbeit auf dem Niveau der CIC** - und CIC*** keinen Einfluss auf den Belastungsparameter Herzfrequenz. Die Geländeprofile, die Anzahl der Sprünge, Richtgeschwindigkeiten und äußere Faktoren nehmen bei dieser Untersuchung ebenfalls wenig Einfluss auf die mittlere Herzfrequenz. Die Pferde nähern sich auf diesem Prüfungsniveau (CIC** und CIC***) ihren maximalen Herzfrequenzbereichen, so ist es nicht verwunderlich, dass aufgrund der Maximalbereiche der Herzfrequenz kein Unterschied der mittleren Herzfrequenz zwischen diesen Schwierigkeitsklassen zu erkennen ist.

3.3.5 Mittlere Herzfrequenz in 4 gleichlangen Abschnitten der Geländestrecke der verschiedenen Schwierigkeitsklassen

Um zu erkennen wie sich die mittlere Herzfrequenz zum Ende der Geländestrecken verändert wurde in der folgenden Darstellung die mittlere Herzfrequenz der Geländestrecken der vier Schwierigkeitsklassen in vier zeitlich gleichlangen Abschnitten untersucht (Tab. 3.15, Abb. 3.7).

Aus der Summe der Einzelwerte der jeweiligen Zeit - Viertel wurde die mittlere Herzfrequenz jedes Viertels der Geländestrecke berechnet (Tabelle 3.15). Abbildung 3.7 zeigt die mittleren Herzfrequenzen der verschiedenen Schwierigkeitsklassen (VL, CIC**, CIC***, CCI***) aufgeteilt in vier zeitlich gleichlangen Abschnitten. Die mittlere Herzfrequenz steigt innerhalb der Schwierigkeitsklassen VL, CIC**, CIC*** und CCI*** vom 1. Viertel zum 4. Viertel numerisch an (Tabelle 3.15, Abb. 3.7). Bei den Schwierigkeitsklassen VL und CIC*** zeigt sich ein leichter Einbruch zwischen dem zweiten und vierten Abschnitt der Geländestrecke. Die höchsten mittleren Herzfrequenzen werden nur im letzten Viertel erreicht. Mit Ausnahme der VL liegen die mittleren Herzfrequenzen dann immer über 200 bpm.

Die zuvor beschriebenen Erhöhungen der Herzfrequenzen lassen sich zum Teil signifikant beweisen. Der Vergleich des ersten zum letzten Viertel zeigt für alle Schwierigkeitsklassen signifikante Unterschiede (Tabelle 3.16). Die Herzfrequenz war im letzten Viertel höher als zu Beginn der Geländestrecke. Ein kontinuierlicher Anstieg über alle 4 Intervalle konnte nicht bewiesen werden.

Es liegen im letzten Viertel der Geländestrecke signifikant höhere mittlere Herzfrequenzen als im ersten Viertel vor. Die Herzfrequenzen liegen, mit Ausnahme der VL Hannover, im letzten Abschnitt über 200 bpm. Die Daten zeigen trotz einzelner Abweichungen, dass im Verlauf der Geländestrecke die Herzfrequenzen kontinuierlich ansteigen. Dies deutet an, dass gegen Ende der Geländestrecke die Pferde einer insgesamt höheren Belastung ausgesetzt sind als zu Beginn oder bei gleicher oder niedriger Belastung ein erhöhtes Sauerstoffdefizit besteht.

Tabelle 3.15: Mittlere Herzfrequenz unterteilt in 4 gleichlange Abschnitte der der Geländestrecke der verschiedenen Schwierigkeitsklassen

	VL		CIC**		CIC***		CCI***	
	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	\bar{x} [bpm]	s [bpm]
1. Viertel	185,56	11,988	192,46	9,967	197,72	9,427	195,95	3,103
2. Viertel	194,47	9,219	198,77	9,290	201,73	10,001	204,73	5,607
3. Viertel	191,77	10,918	203,10	10,106	201,27	11,615	208,30	6,784
4. Viertel	194,24	11,504	206,97	9,741	204,10	12,611	213,04	6,020

\bar{x} : mittlere Herzfrequenz ; s: Standardabweichung; bpm: beats per minute

Tabelle 3.16: Signifikanztests (p-Werte) der Mittelwertvergleiche unterteilt in 4 gleichlange Abschnitte der Geländestrecken der verschiedenen Schwierigkeitsklassen

	1 vs. 2	1 vs. 3	1 vs. 4	2 vs. 3	2 vs. 4	3 vs. 4
VL	<0,05	n.s.	<0,05	n.s.	n.s.	n.s.
CIC**	<0,05	<0,001	<0,001	n.s.	<0,05	n.s.
CIC***	n.s.	n.s.	<0,05	n.s.	n.s.	n.s.
CCI***	<0,05	<0,05	<0,05	n.s.	n.s.	n.s.

Berechnung erfolgte mittels des exakten Wilcoxon Rangsummentest, 1-4 Viertel, n.s.: nicht signifikant

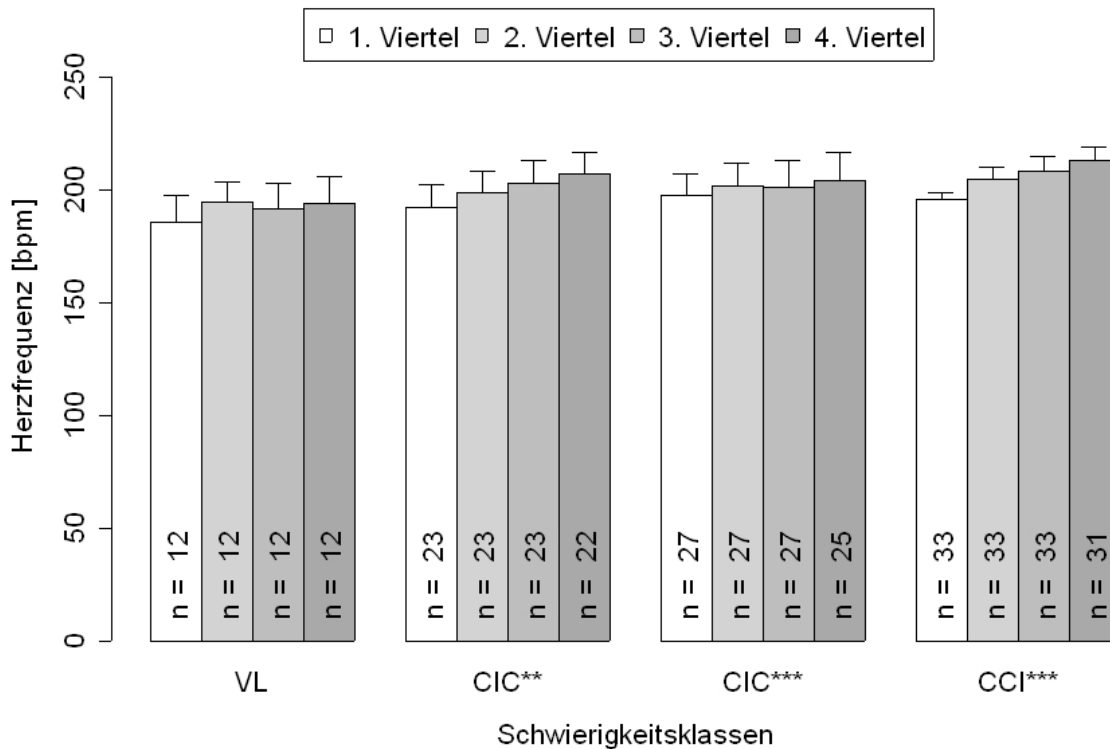


Abbildung 3.7: Herzfrequenzen innerhalb der vier Schwierigkeitsklassen unterteilt in 4 gleichlange Abschnitte

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; Viertel: zeitlich gleichlange Abschnitte der Geländestrecke; bpm: beats per minute

3.3.6 Einfluss der gerittenen Geschwindigkeit auf die Herzfrequenz

Es wird die Herzfrequenz der Hochleistungsvielseitigkeitspferde über die gesamte Saison in Abhängigkeit zur gerittenen Geschwindigkeit gesetzt. Die Pferde liefen auf den einzelnen Geländestrecken verschiedene Geschwindigkeiten. Die Geschwindigkeiten resultieren aus den vorgegebenen Richtgeschwindigkeiten oder aus individuellen Vorgaben durch die Reiter. Abbildung 3.8 zeigt die mittleren Herzfrequenzen eingeteilt in Geschwindigkeitsklassen. Die dazugehörigen Daten sind in Tabelle A.6 dargestellt.

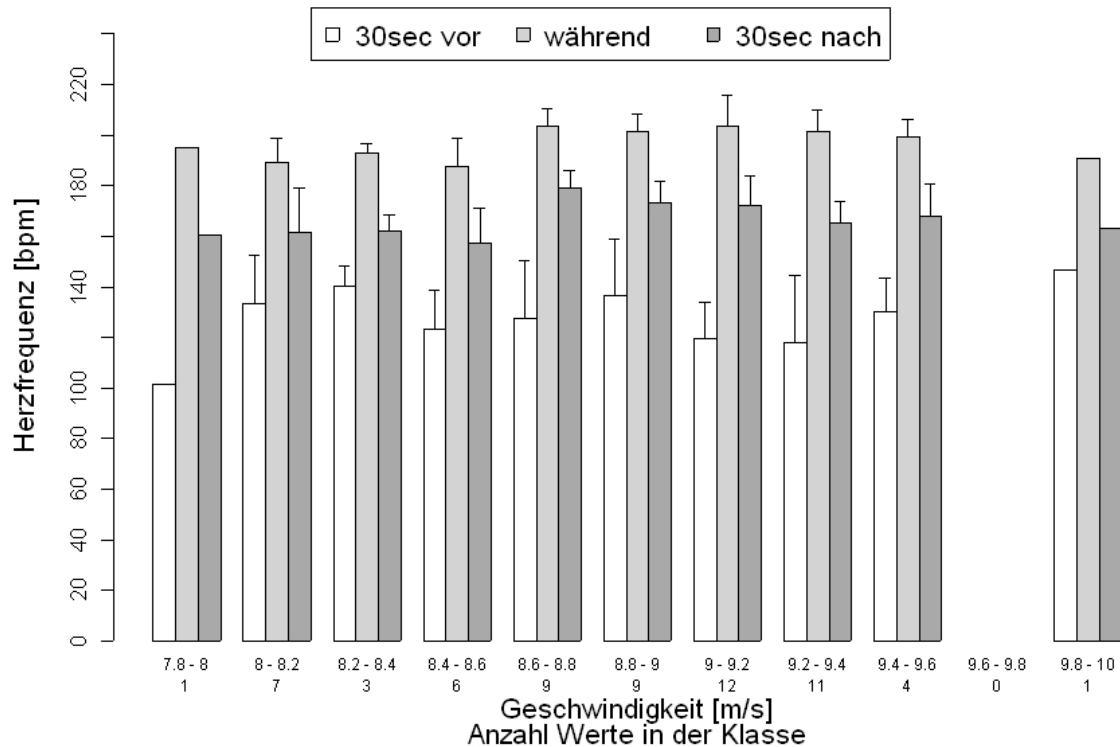


Abbildung 3.8: Herzfrequenzen der Geländestrecke unterteilt nach Geschwindigkeitsklassen

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n ; s : Standardabweichung; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach

In Tabelle 3.17 werden die mittleren Geschwindigkeiten getrennt nach den einzelnen Prüfungen und Schwierigkeitsklassen wiedergegeben. Die mittleren Geschwindigkeiten sind für die gesamte Strecke angegeben, nicht für bestimmte Streckenabschnitte. Es war technisch im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich Herzfrequenzen oder Geschwindigkeiten definierten Streckenabschnitten zuzuordnen.

Tabelle 3.17: Mittlere Geschwindigkeit während der Geländestrecke unterteilt nach Schwierigkeitsklassen und Einzelprüfungen

	Proben [n]	\bar{v} : [m/s]	s [m/s]	Maximum [m/s]	Minimum [m/s]	Streubreite [m/s]
Alle VL	15	8,37	0,312	8,90	7,85	1,05
VL Hannover	15	8,37	0,312	8,90	7,85	1,05
Alle CIC**	17	9,11	0,228	9,57	8,61	0,96
CIC** Schenefeld	14	9,12	0,191	9,57	8,84	0,73
CIC** Kreuth	3	9,09	0,420	9,37	8,61	0,76
Alle CIC***	27	8,96	0,440	9,92	8,03	1,89
CIC*** Marbach	10	8,91	0,524	9,92	8,03	1,89
CIC*** Bonn	14	8,89	0,362	9,48	8,22	1,26
CIC*** Cavertitz	3	9,47	0,058	9,50	9,40	0,10
Alle CCI***	4	9,18	0,320	9,40	8,70	0,70
CCI*** Boekelo	3	9,33	0,058	9,40	9,30	0,10
CCI*** Luhmühlen	1	8,70	n.a.	8,70	8,70	0,00

(\bar{v}): mittlere Geschwindigkeit während der Geländestrecke; s: Standardabweichung; Maximum: höchster Wert; Minimum: niedrigster Wert, n: Anzahl der Geschwindigkeiten; n.a.: Die Standardabweichung konnte nicht berechnet werden, da nur eine Probe vorliegt

Tabelle 3.18: Korrelation und deren Signifikanz zwischen der durchschnittlich gerittenen Geschwindigkeit und der mittleren Herzfrequenz

		30sec vor	Während	30sec nach
VL Hannover	r	0,11	0,18	0,18
	p	n.s.	n.s.	n.s.
	n	15	15	15
CIC** Schenefeld	r	-0,32	0,02	0,01
	p	n.s.	n.s.	n.s.
	n	14	14	14
CIC** Kreuth	r	-0,84	0,59	0,97
	p	n.a.	n.a.	n.a.
	n	3	3	3
CIC*** Marbach	r	0,16	0,27	0,52
	p	n.s.	n.s.	n.s.
	n	10	10	7
CIC*** Bonn	r	-0,44	0,09	-0,17
	p	n.s.	n.s.	n.s.
	n	14	14	11
CIC*** Cavertitz	r	1,00	-1,00	n.a.
	p	n.a.	n.a.	n.a.
	n	2	2	0
CCI*** Boekelo	r	1,00	1,00	n.a.
	p	n.a.	n.a.	n.a.
	n	2	2	1
CCI*** Luhmühlen	r	n.a.	n.a.	n.a.
	p	n.a.	n.a.	n.a.
	n	1	1	1

r: Korrelationskoeffizient zwischen gerittener Geschwindigkeit und mittlerer Herzfrequenz; 30sec vor: 30 Sekunden vor der Geländestrecke; während: während der Geländestrecke; 30sec nach: 30 Sekunden nach der Geländestrecke; n.a.: nicht auswertbar, p: Signifikanzniveau, n: Anzahl der Proben

Tabelle 3.18 zeigt die Korrelation zwischen der gerittenen Geschwindigkeit und der mittleren Herzfrequenz aufgeteilt nach Turnieren. Es konnten keine signifikanten Korrelationen der Geschwindigkeit mit der Herzfrequenz für die einzelnen Prüfungen festgestellt werden.

Aus den Untersuchungen dieser Arbeit ist eine Beziehung der durchschnittlichen Geschwindigkeit während der einzelnen Geländestrecken zu den mittleren Herzfrequenzen statistisch nicht zu beweisen. Unter der Annahme, dass die untersuchten Pferde bei maximalen Herzfrequenzbereichen liefen, ist eine Korrelation der Geschwindigkeit zur Herzfrequenz in der vorliegenden Untersuchung nicht zu erwarten.

3.3.7 Einfluss von Alter und Geschlecht auf die Herzfrequenz

Im folgenden Kapitel werden der Einfluss des Alters und des Geschlechts auf die Herzfrequenz der untersuchten Prüfungen untersucht. Zur Untersuchung des Einflusses des Alters wurde der Pferdepool in 4 Altersgruppen aufgeteilt (Tab. 3.19). Die 7-9-jährigen Pferde bildeten eine Gruppe. Eine weitere wurde von 10-11 Jahre gebildet. Die dritte Gruppe enthält die 12 - 13 Jahre alten Pferde. Die 14 - 15-jährigen wurden zur vierten Gruppe zusammengefasst.

Tabelle 3.19 zeigt die mittleren Herzfrequenzen 30sec vor, während, und 30sec nach den Geländestrecken aufgelistet nach den Altersgruppierungen in der Gesamtbetrachtung der Herzfrequenzen aller Prüfungen.

Bei der mittleren Herzfrequenz 30 Sekunden vor -, während und 30 Sekunden nach der Geländestrecke zeigt sich der numerisch höchste Wert jeweils bei den 14 - 15 Jahre alten Pferden. Bei der mittleren Herzfrequenz der 12 - 13 Jahre alten Pferde ist jeweils der numerisch niedrigste Wert zu beobachten.

Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Altersgruppen 30sec vor -, während und 30sec nach - Werten können zum Signifikanzniveau von 5% nicht festgestellt werden.

Tabelle 3.19: Herzfrequenzen aller Prüfungen unterteilt nach dem Alter der Pferde

Alter in Jahren	n	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Maximum [bpm]	Minimum [bpm]	Streubreite [bpm]
30sec vor						
7 bis 9	13	123,22	25,54	172,33	91,17	81,16
10 bis 11	20	129,97	14,87	171,00	109,00	62,00
12 bis 13	21	121,79	19,91	158,00	91,00	67,00
14 bis 15	10	134,53	22,06	172,33	101,17	71,16
während						
7 bis 9	13	198,79	14,61	215,97	172,96	43,01
10 bis 11	20	200,08	8,92	213,99	179,32	34,67
12 bis 13	21	195,40	8,96	213,46	175,70	37,76
14 bis 15	10	202,03	8,69	213,83	186,19	27,64
30sec nach						
7 bis 9	12	166,92	16,52	189,17	144,83	44,34
10 bis 11	17	170,89	9,87	188,33	148,17	40,16
12 bis 13	17	165,62	10,01	181,83	152,83	29,00
14 bis 15	9	171,91	13,49	186,67	143,00	43,67

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; Minimum, Maximum: höchster und niedrigster Wert; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute

Tabelle 3.20 und 3.21 zeigt eine Listung der mittleren Herzfrequenzen aufgeteilt nach Schwierigkeits- und Altersklassen.

Tabelle 3.20: Herzfrequenzen unterteilt nach dem Alter der Pferde in Jahren und den Schwierigkeitsklassen (7 – 9 und 10 – 11 Jahre)

Alter in Jahren	7 bis 9			10 bis 11		
	n	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	n	\bar{x} [bpm]	s [bpm]
30sec vor						
VL	3	105,56	4,86	5	129,13	6,21
CIC**	1	118,50	n.a.	7	128,26	21,78
CIC***	8	128,79	30,24	7	131,88	13,81
CCI***	1	136,33	n.a.	1	132,83	n.a.
Während						
VL	3	182,36	11,37	5	194,74	9,82
CIC**	1	214,88	n.a.	7	199,91	8,14
CIC***	8	202,73	12,58	7	202,59	8,50
CCI***	1	200,45	n.a.	1	210,45	n.a.
30sec nach						
VL	3	150,50	8,55	5	171,47	16,08
CIC**	1	181,33	n.a.	7	170,07	8,24
CIC***	7	170,00	16,32	4	172,62	5,18
CCI***	1	180,17	n.a.	1	166,83	n.a.

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute; n.a.: nicht auswertbar

Tabelle 3.21: Herzfrequenzen unterteilt nach dem Alter der Pferde in Jahren und den Schwierigkeitsklassen (12 – 13 und 14 – 15 Jahre)

Alter in Jahren	12 bis 13			14 bis 15		
	n	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	n	\bar{x} [bpm]	s [bpm]
30sec vor						
VL	4	130,17	26,16	3	145,11	12,18
CIC**	7	113,95	16,66	3	125,72	14,39
CIC***	9	121,28	18,79	3	143,89	29,37
CCI***	1	147,67	n.a.	1	101,17	n.a.
Während						
VL	4	192,48	12,53	3	193,29	6,29
CIC**	7	195,41	9,55	3	206,08	6,73
CIC***	9	195,99	7,99	3	204,97	9,42
CCI***	1	201,64	n.a.	1	207,30	n.a.
30sec nach						
VL	4	166,67	12,32	3	165,06	19,14
CIC**	7	165,55	9,55	3	178,78	7,33
CIC***	5	162,60	7,99	3	171,89	12,9
CCI***	1	177,00	n.a.	-	-	-

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute; n.a.: nicht auswertbar

Tendenzen einer numerischen Erhöhung der mittleren Herzfrequenz lassen sich nicht feststellen. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den

Mittelwerten der nach den Schwierigkeitsklassen unterteilten Altersgruppen 30sec vor, während und 30sec nach der Geländestrecke zum Signifikanzniveau von 5% festgestellt werden.

Lediglich bei der Gesamtbetrachtung der Herzfrequenz konnte eine numerische Beziehung des Alters zu der Herzfrequenz gezeigt werden. Eine statistische Abklärung konnte hierfür nicht erbracht werden.

Weiter wurde der Einfluss des Geschlechtes auf die mittlere Herzfrequenz untersucht.

Tabelle 3.22 zeigt die mittleren Herzfrequenzen unterteilt nach den Geschlechtern der Pferde über alle Prüfungen.

Tabelle 3.22: Herzfrequenzen aller Prüfungen unterteilt nach dem Geschlecht der Pferde.

Geschlecht	n	N	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Maximum [bpm]	Minimum [bpm]	Streubreite [bpm]
30sec vor							
Stute	11	5	122,02	25,03	172,33	91,17	81,16
Wallach	53	26	127,58	19,26	172,33	91,00	81,33
während							
Stute	11	5	206,47	8,08	215,97	190,48	25,49
Wallach	53	26	196,95	10,06	213,99	172,96	41,03
30sec nach							
Stute	9	4	176,22	11,75	188,33	147,50	40,83
Wallach	46	23	167,06	11,79	189,17	143,00	46,17

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; Minimum, Maximum: höchster und niedrigster Wert; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; N: Anzahl der Pferde; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute;

Die Stuten zeigen bei der Gesamtbetrachtung während und nach der Geländestrecke aller Prüfungen höhere mittlere Herzfrequenzen als die Wallache. Diese Unterschiede sind signifikant abgesichert (Tabelle 3.23).

Tabelle 3.23: Signifikanztests für Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern

	Stute vs. Wallach
30sec vor	n.s.
während	<0,05
30sec nach	<0,05

Signifikanzen mittels exaktem Wilcoxon Rangsummentests berechnet; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke;

Signifikante Unterschiede der mittleren Herzfrequenzen zwischen den Geschlechtern in den einzelnen Schwierigkeitsklassen konnten nur bei der Betrachtung der CIC*** - Prüfungen gezeigt werden (Tab. 3.24).

Tabelle 3.24: Signifikanztests für Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern unterteilt nach Schwierigkeitsklassen

	Stuten vs. Wallache			
	VL	CIC**	CIC***	CCI***
30sec vor	n.a	n.a	n.s	n.a.
während	n.a	n.a	<0,05	n.a.
30sec nach	n.a	n.a	n.s	n.a.

n.a.: Test nicht durchführbar, da zu wenig Werte vorliegen; Signifikanzen mittels exaktem Wilcoxon Rangsummentests berechnet; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke

In Tabelle 3.25 sind die mittleren Herzfrequenzen nach Geschlecht und Schwierigkeitsklassen aufgetragen. Auch hier zeigen die Stuten numerisch höhere Werte während der Geländestrecke im Vergleich zu den Wallachen.

Tabelle 3.25: Mittlere Herzfrequenzen (\bar{x}) unterteilt nach dem Geschlecht der Pferde und Schwierigkeitsklassen

	Stuten				Wallache			
	n	N	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	n	N	\bar{x} [bpm]	s [bpm]
30sec vor								
VL	2	2	145,67	13,20	13	13	125,15	18,40
CIC**	3	3	115,17	5,07	15	15	123,04	19,82
CIC***	5	3	120,83	32,94	22	16	130,57	20,27
CCI***	1	1	101,17	n.a.	3	3	138,94	7,75
Während								
VL	2	2	199,70	5,94	13	13	190,09	10,47
CIC**	3	3	207,66	6,41	15	15	198,49	9,35
CIC***	5	3	208,29	10,28	22	16	198,97	9,17
CCI***	1	1	207,30	n.a.	3	3	204,18	5,46
30sec nach								
VL	2	2	182,83	7,78	13	13	161,92	14,14
CIC**	3	3	180,67	2,89	15	15	168,33	9,64
CIC***	4	3	169,58	15,33	15	11	168,72	11,57
CCI***	0	0	n.a.	n.a.	3	3	174,67	6,96

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; n.a.: Mittelwert bzw. Standardabweichung konnte nicht berechnet werden; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; N: Anzahl der Pferde; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke;

Die mittlere Herzfrequenz zeigte im Hinblick auf das Geschlecht aller zur Verfügung stehenden Einzelherzfrequenzen während und nach der Geländestrecke einen signifikant Unterschied zwischen Stuten und Wallachen. Die Stuten zeigen höhere Werte. Bei der Einzelbetrachtung nach Schwierigkeitsklassen ließen sich diese Unterschiede aufgrund des kleinen n nicht sinnvoll auswerten. Nur bei den CIC*** - Prüfungen der auswertbaren Turniere ist die mittlere Herzfrequenz während und nach der Geländestrecke der Stuten ebenfalls höher, was auch signifikant abgesichert ist.

3.3.8 Herzfrequenzen im Training

Für die Auswertung der mittleren Herzfrequenzen im Training standen 19 auswertbare Herzfrequenzaufzeichnungen von 12 Pferden zur Verfügung. Die Auswertung erfolgte nur für die Galopptrainingseinheiten in Form von Intervalltraining. Die Intervalle setzten sich jeweils aus 3 - 4 Intervallen mit einer Pausengestaltung von 2 - 3 Minuten im Schritt oder Trab zusammen (Originalaufzeichnungen der Herzfrequenzen im Training: Abb. A.15 und A.16). Zur Auswertung wurden in dieser Untersuchung nur die Herzfrequenzaufzeichnungen der Galoppintervalle herangezogen.

Tabelle 3.26: Herzfrequenzen aller Pferde während der Galoppintervalle im Training

	n	N	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Maximum [bpm]	Minimum [bpm]	Streubreite [bpm]
Training	19	12	167,95	11,64	181	137	44

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; Minimum, Maximum: höchster und niedrigster Wert; Streubreite der Herzfrequenzen; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen im Training; N: Anzahl der Pferde; bpm: beats per minute

Der Mittelwert aller zur Verfügung stehenden Trainingsherzfrequenzen liegt bei 167,95 bpm. Die Streubreite variiert zwischen 181 - 137 bpm (Tab. 3.26). Die große Streubreite ist durch die unterschiedlichen und individuellen Intensitäten des Trainings zu erklären. Die individuellen Trainingseinheiten wurden mit verschiedenen Geschwindigkeiten, verschieden langen Strecken und Geländebeschaffenheiten durchgeführt. Der Mittelwert der Trainingsherzfrequenzen (167,95 bpm) liegt deutlich unter dem Mittelwert der Herzfrequenz aller Prüfungen (198,59 bpm, Tab. 3.6). Dies entspricht nur 84,6 %.

3.3.9 Vergleich der mittleren Herzfrequenzen in Prüfung und Training

Im folgendem werden die Herzfrequenzen des Trainings mit den Herzfrequenzen der einzelnen Schwierigkeitsklassen verglichen. Tabelle 3.27 gibt einen Überblick über die im Training und in den Prüfungen erreichten Einzelherzfrequenzen mit den p-Werten der Signifikanztests für Unterschiede der Trainings- und Prüfungswerte.

Tabelle 3.27: Signifikanztests für Unterschiede zwischen den mittleren Herzfrequenzen während der Geländestrecken der Prüfungen und im Training unterteilt nach Schwierigkeitsklassen

	Prüfung			Training			p-Wert	DHF [%]
	Proben (n)	\bar{x} [bpm]	s [bpm]	Proben (n)	\bar{x} [bpm]	s [bpm]		
VL	9	194,59	10,48	14	167,93	13,123	<0,001	13,7
CIC**	9	203,53	9,90	14	168,21	12,223	<0,001	17,4
CIC***	16	203,49	10,659	17	167,47	12,202	<0,001	17,7
CCI***	3	204,18	5,459	5	176,00	5,568	<0,05	13,8

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen; Signifikanzen mittels exaktem Wilcoxon Rangsummentests berechnet; bpm: beats per minute; DHF: Differenz der Herzfrequenz

Bei dieser Betrachtung werden für die Prüfungen der verschiedenen Schwierigkeitsklassen nur Pferde berücksichtigt von denen wenigstens eine

Einzelherzfrequenz des Trainings zur Verfügung stand. Es wurde ein Mittelwert aus den Einzelherzfrequenzen der Prüfungen der einzelnen Pferde der jeweiligen Schwierigkeitsklasse errechnet, von denen Einzelherzfrequenzen des Trainings vorlagen. Diese wurden mit den mittleren Herzfrequenzen der zur Verfügung stehenden Trainingsproben derselben Pferde verglichen. Die Aufzeichnungen der Herzfrequenzen des Trainings stehen wenn nur zufällig zeitlich mit den Aufzeichnungen der Prüfungen in Verbindung. In der Tabelle 3.27 und der Abbildung 3.9 sind die Herzfrequenzen in Training und Prüfung gegenübergestellt. Es zeigen sich hochsignifikante Unterschiede zwischen den Trainingswerten und den Prüfungswerten. Die Herzfrequenzen im Training erreichen höchstens 176 bpm. In den Prüfungen werden Werte bis zu 204 bpm und mindestens 194,59 bpm erreicht. Die Werte des Trainings erreichen nicht annähernd das Prüfungsniveau, es besteht eine Differenz von bis zu 36 bpm.

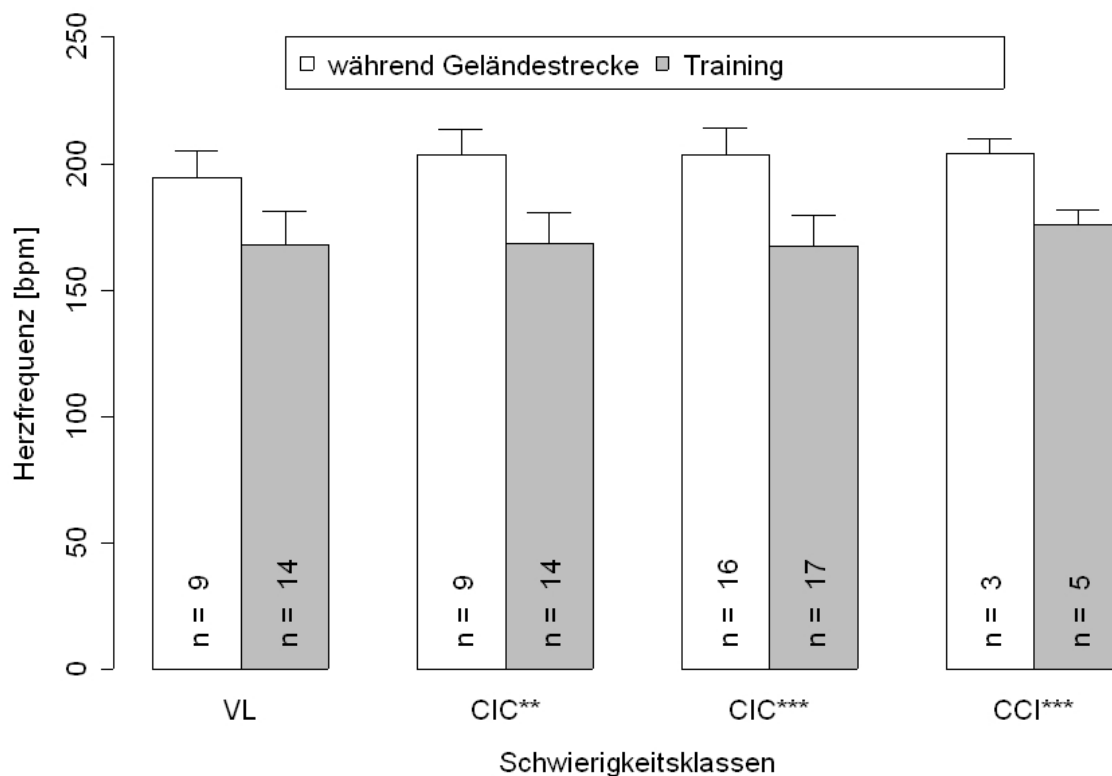


Abbildung 3.9: Herzfrequenzen: Vergleich Training mit Prüfungen

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n in Prüfung und Training; s: Standardabweichung; n: Anzahl der Einzelherzfrequenzen in Prüfung und Training ; bpm: beats per minute

Die Abbildung 3.9 gibt die Diskrepanz der Herzfrequenzen zwischen Training und Prüfungen graphisch wieder. Die Unterschiede lassen sich in der Gesamtbetrachtung (Kapitel 3.3.8) wie auch in der Unterteilung nach Schwierigkeitsklassen signifikant beweisen.

Der Vergleich der Herzfrequenzwerte der Schwierigkeitsklassen mit denen des Trainings zeigt im Schnitt um ca. 15 % niedrigere Werte im Training.

An der graphischen Darstellung wird der Unterschied der Herzfrequenzen zwischen Training und Prüfungen ebenfalls deutlich. Die Unterschiede lassen sich in der Gesamtbetrachtung (Kapitel 3.3.8) wie auch in der Unterteilung nach Schwierigkeitsklassen statistisch beweisen. Während des Trainings werden bei weitem nicht die Herzfrequenzen der Prüfungen erreicht. Es besteht eine Differenz von bis zu 36 bpm. Die Trainingsbelastung liegt somit weit unter der Belastung während der Geländestrecken der Prüfungen.

3.3.10 Vergleiche von Einzelherzfrequenzen in Prüfung und Training

Im folgenden Kapitel werden Beispiele von Einzelherzfrequenzen ausgewählter Pferde gezeigt. Originalaufzeichnungen der Herzfrequenzverläufe (Polar Equine Software 3.0™) sind dem Anhang zu entnehmen (Abb. A.1 – A.16). Die dort vorgestellten Herzfrequenzkurven dienten während der Saison 2003 der Kommunikation mit den Reitern und wurden diesen unmittelbar nach den Aufzeichnungen mit Kommentaren zugesandt. Die Graphiken sollen die Varianz der Ergebnisse und die Individualität der Einzelherzfrequenzen der Pferde der vorliegenden Untersuchung repräsentieren. Die Einzelherzfrequenzen der Prüfungen und des Trainings wurden in den Abbildungen 3.10 – 3.15) nach der durchschnittlich gerittenen Geschwindigkeit aufgetragen. Die numerischen Werte der Einzelherzfrequenzen in Prüfung und Training sind den Tabellen A.4 und A.5 zu entnehmen.

Die Einzelherzfrequenzbeispiele werden in drei Gruppen dargestellt:

Gruppe A: Pferde bei denen die Einzelherzfrequenz immer höher als die mittlere Herzfrequenz der Gruppe der untersuchten Pferde liegt.

Gruppe B: Pferde bei denen die Einzelherzfrequenz immer niedriger als die mittlere Herzfrequenz der Gruppe der untersuchten Pferde liegt.

Gruppe C: Pferde bei denen die Einzelherzfrequenz nicht immer höher bzw. niedriger als die mittlere Herzfrequenz der Gruppe der untersuchten Pferde liegt.

Gruppe A:

Die Einzelherzfrequenzen der Pferde ID 18 (Abb. 3.10) und ID 8 (Abb. 3.11) liegen bei jeder Prüfung und im Training über der mittleren Herzfrequenz der untersuchten Gruppe. Die Einzelherzfrequenzen der ID 18 und ID 8 liegen bis zu 15 bpm über den mittleren Herzfrequenzen. Bei ID 8 wurden höchsten Einzelherzfrequenzen bis zu 216 bpm (CIC*** Bonn) erfasst. Das Pferd absolvierte die drei Prüfungen nahezu mit der gleichen Herzfrequenz von 214 - 216 bpm (Tab A.1).

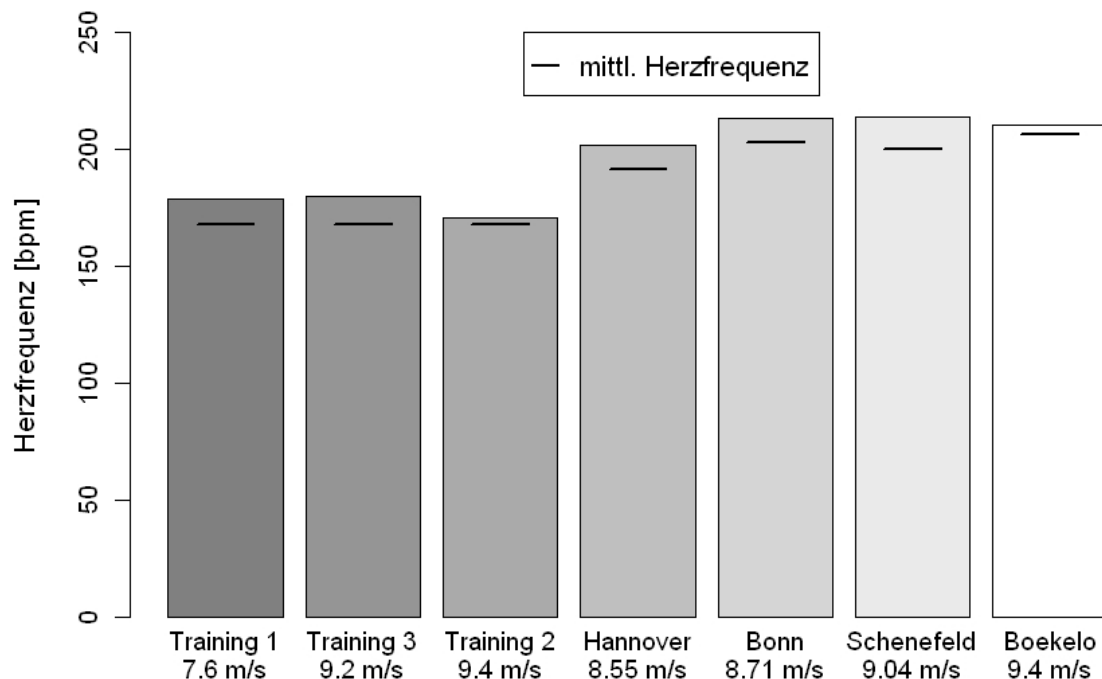


Abbildung 3.10: Einzelherzfrequenzen in Prüfungen und Training: ID 18

mittl. Herzfrequenz: mittlere Herzfrequenz aller Pferde der jeweiligen Prüfung bzw. des Trainings

Von beiden Pferden ist die Abstammung bekannt. Es handelt sich um einen Halbblüter (1 Elternteil in erster Generation war Vollblüter) und um ein Pferd welches erst in zweiter Generation einen Vollblüter in der Ahnentafel besitzt.

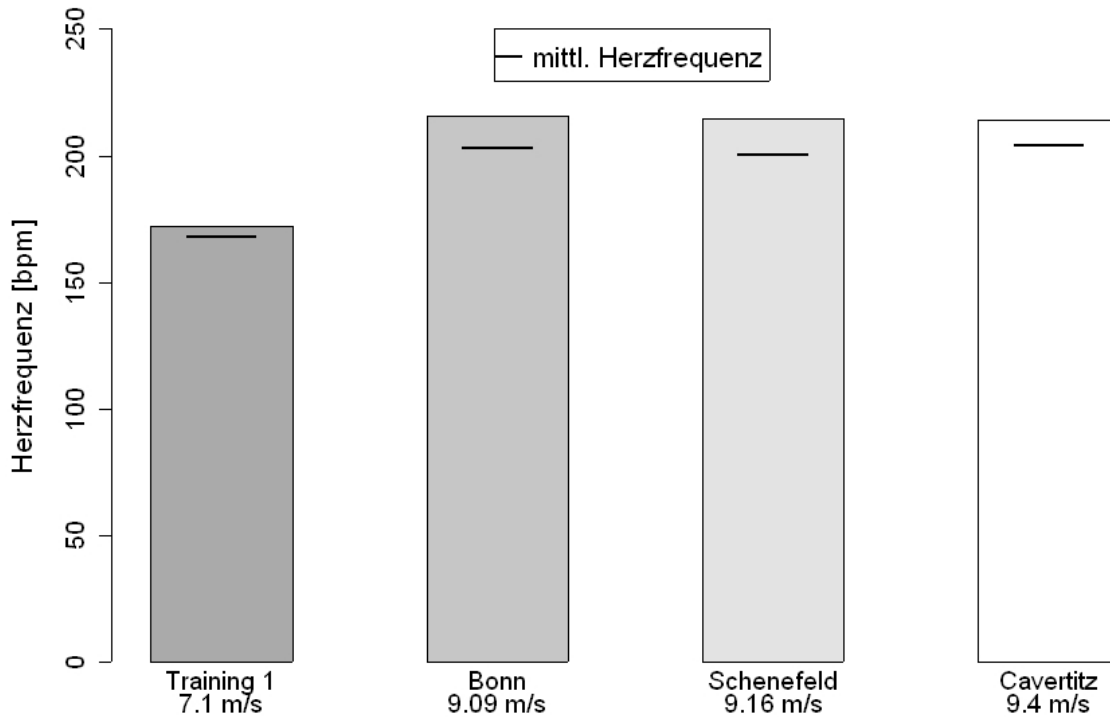


Abbildung 3.11: Einzelherzfrequenzen in Prüfungen und Training: ID 8

mittl. Herzfrequenz: mittlere Herzfrequenz aller Pferde der jeweiligen der Prüfung bzw. des Trainings

Gruppe B:

Im Gegensatz zu den Pferden in Gruppe A zeigen ID 1 (Abb. 3.13) und ID 30 (Abb. 3.12) immer niedrigere Einzelherzfrequenzen als die mittleren Herzfrequenzen aller Pferde der entsprechenden Prüfungen. Beide Pferde absolvierten alle Prüfungen mit Einzelherzfrequenzen unter 195 bpm, im Vergleich zu anderen Pferden lagen die Einzelherzfrequenzen deutlich im unteren Bereich. Bei der ID 30 wurde die höchste Geschwindigkeit aller untersuchten Geländerritte in Marbach (9,92 m/s) gemessen. ID 1 ist ein Englischer Vollblüter. Die Abstammung von ID 30 ist nicht bekannt.

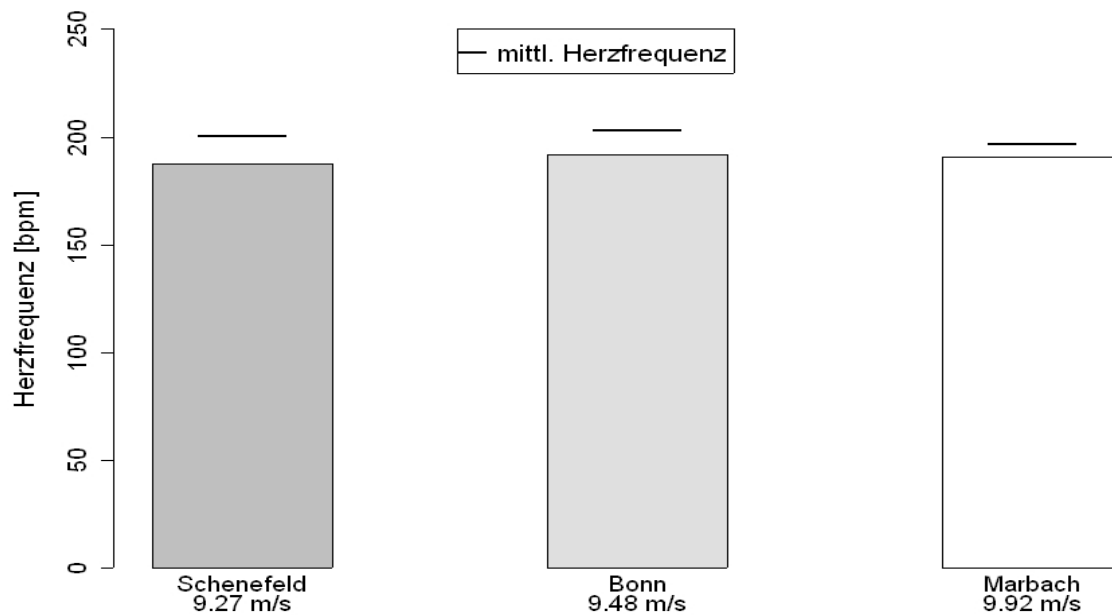


Abbildung 3.12: Einzelherzfrequenzen in Prüfungen: ID 30
mittl. Herzfrequenz: mittlere Herzfrequenz aller Pferde der jeweiligen Prüfung

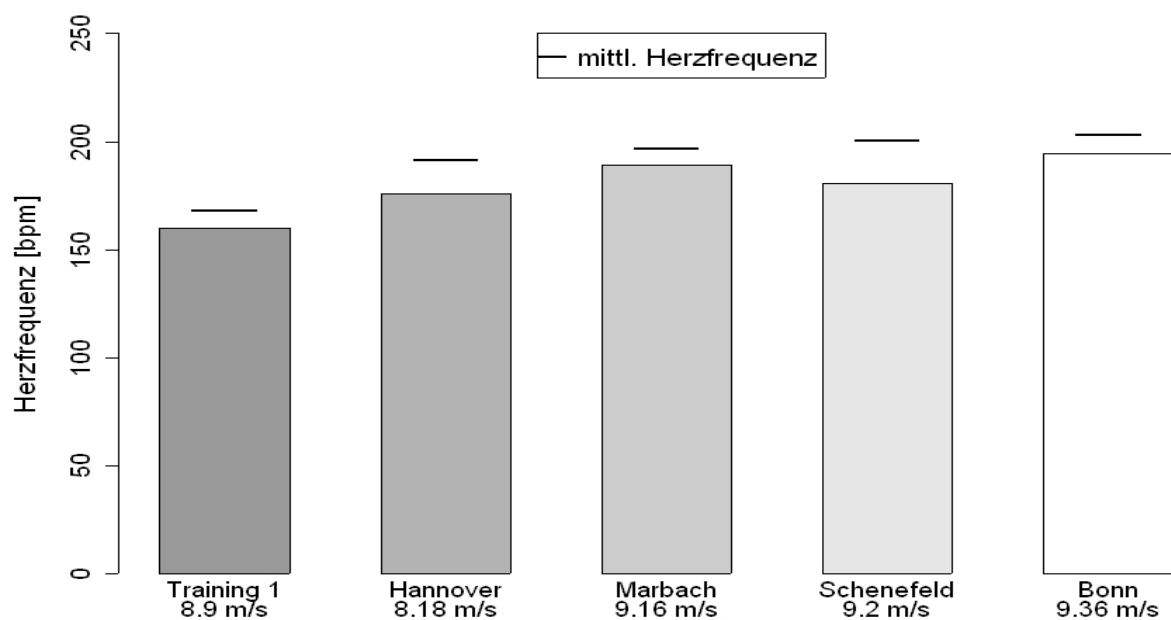


Abbildung 3.13: Einzelherzfrequenzen in Prüfung und Training: ID 1
mittl. Herzfrequenz: mittlere Herzfrequenz aller Pferde der jeweiligen Prüfung bzw. des Trainings

Gruppe C:

Im Gegensatz zu den Gruppen A und B werden in der Gruppe C Beispiele von Pferden, bei denen die Einzelherzfrequenz nicht immer höher bzw. niedriger als die mittlere Herzfrequenz der Gruppe der untersuchten Pferde liegt, vorgestellt.

Die Pferde ID 13 (Abb. 3.14) und ID 22 (Abb. 3.15) repräsentieren einen Großteil der der untersuchten Vielseitigkeitspferde der Saison 2003.

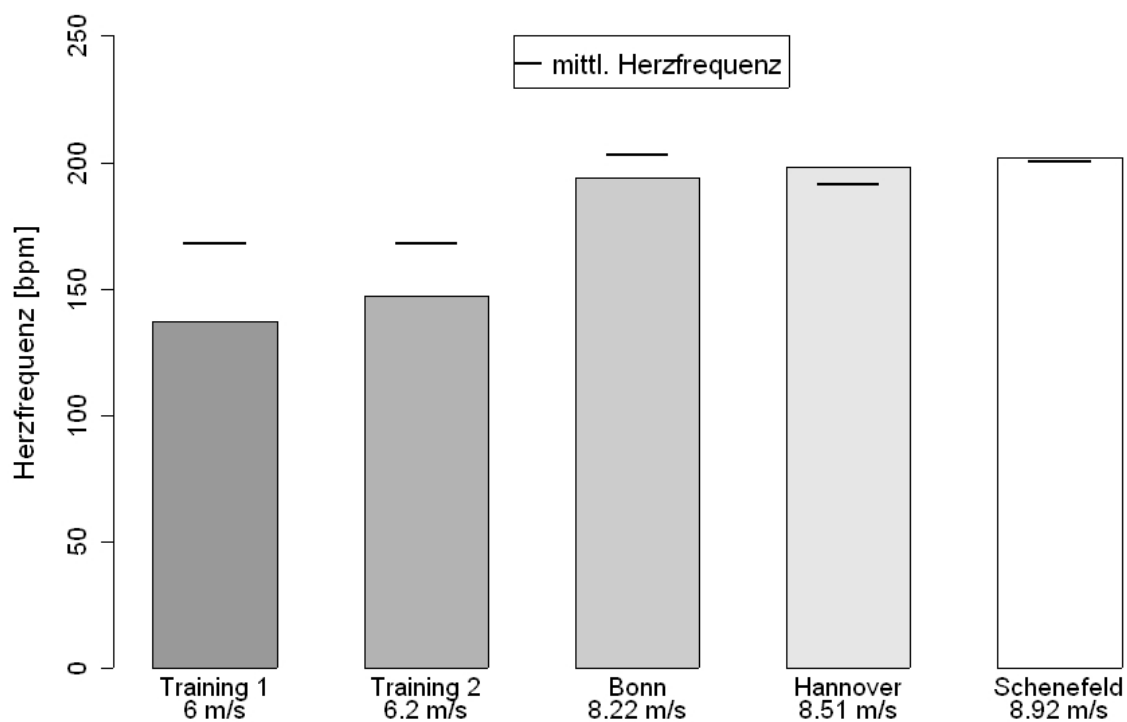


Abbildung 3.14: Einzelherzfrequenzen in Prüfung und Training: ID13

mittl. Herzfrequenz: mittlere Herzfrequenz der jeweiligen Prüfung bzw. des Trainings

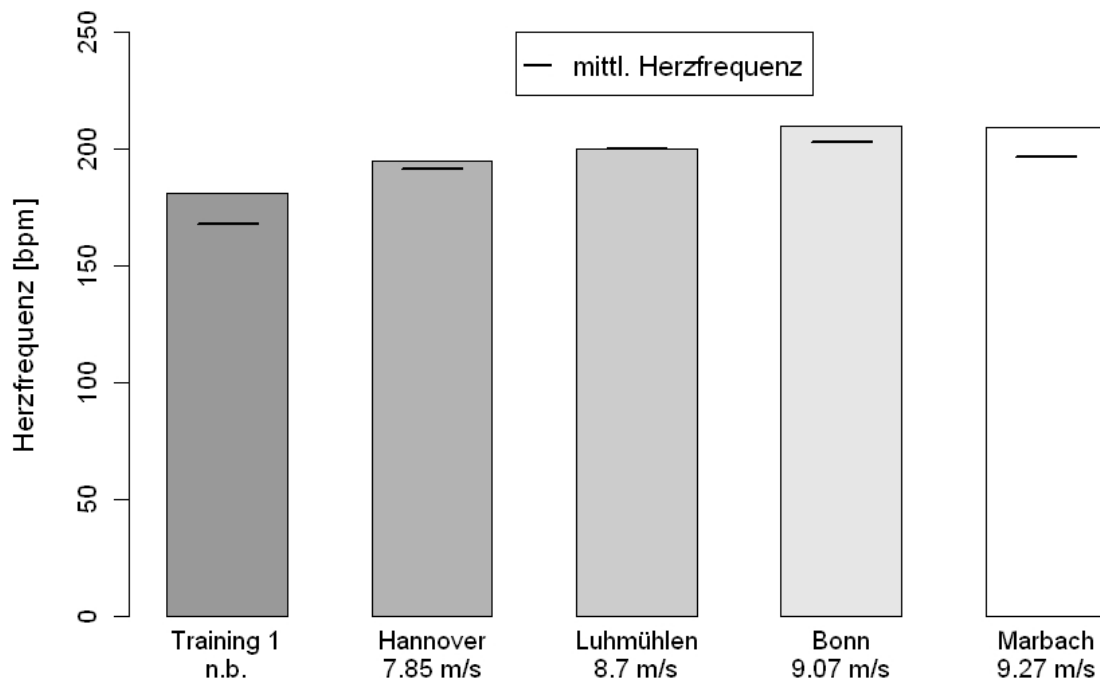


Abbildung 3.15: Einzelherzfrequenzen in Training und Prüfungen ID 22

mittl. Herzfrequenz: mittlere Herzfrequenz der jeweiligen Prüfung bzw. des Trainings, n.b.: nicht bekannt

Die vorgestellten Einzelherzfrequenzen stellen sich sehr individuell dar. An alle gezeigten Beispielen, mit einer Ausnahme (ID 1, Abb. 3.13), wird die große Differenz der Einzelherzfrequenzen des Trainings mit den Prüfungswerten deutlich. Die Geschwindigkeiten und Herzfrequenzniveaus der Prüfungen werden in den Trainingseinheiten nicht erreicht. Im Training wurden weitgehend nicht die Herzfrequenzen einer Prüfung auf dem niedrigsten Niveau (VL) erreicht. Die Einzelherzfrequenzen sind durch hohe Individualität gekennzeichnet. Die Varianzen der statistischen Auswertung spiegeln sich an den gezeigten Beispielen wieder. Die Prüfungs- und Trainingsbetrachtungen von Hochleistungspferden sollten sich auf das einzelne Pferd konzentrieren, daher ist es wichtig bei der vorliegenden Arbeit, in eventuell folgenden Arbeiten und vor allem in der Umsetzung in den praktischen Prüfungs- und Trainingsalltags die individuelle Betrachtung des einzelnen Pferdes mit einzubeziehen.

4 Diskussion

Die vorliegende Studie hat erstmalig eine gleiche Gruppe von Hochleistungsvielseitigkeitspferden während einer ganzen Turniersaison auf insgesamt bis zu 8 Turnieren begleitet und Herzfrequenzwerte im Wettkampf und soweit möglich im Training und in Vorbereitung auf die Europameisterschaft 2003 aufgezeichnet. Ergänzt wurden die Herzfrequenzaufzeichnungen durch Laktatbefunde (JAEK 2004). Die vorliegende Arbeit hat die Datengrundlage im Hinblick auf den Belastungsparameter Herzfrequenz im Bereich des Vielseitigkeitspferdes im Hochleistungssport erweitert.

Die Aufzeichnung der Herzfrequenz ist im Humansport ein Instrument des Trainings- und Wettkampfalltages (SCHNABEL et al. 1997). Aber auch im Pferdesport wurde die Herzfrequenz als ein Indikator um den Leistungszustand von Hochleistungspferden zu beurteilen von PERSSON (1967,1983), MARSLAND (1968), EHRLEIN et al. (1970), ISLER et al. (1982), STRAUB et al. (1984) beschrieben wie sie auch in der Disziplin Vielseitigkeit Verwendung findet (AMORY et al. 1993, MARLIN et al. 1995, WHITE et al. 1995, KOHN et al. 1995, MUNOZ et al. 1998, SERRANO et al. 2002). Bislang beschränkten sich die Untersuchungen aber fast ausschließlich auf die Untersuchung von Vielseitigkeitspferden auf einzelnen Turnieren oder von verschiedenen Pferden in unterschiedlichen Vielseitigkeitsprüfungen (AMORY et al. 1993, MARLIN et al. 1995, WHITE et al. 1995, MUNOZ et al. 1998, SERRANO et al. 2002). Zahlreiche Untersuchungen befassten sich insbesondere in Vorbereitung der Olympischen Spiele 1996 in Atlanta mit dem Hochleistungsathleten Vielseitigkeitspferd (ANDREWS et al. 1995, DYSON et al. 1994, ECKER u. LINDINGER 1995, KOHN et al. 1995, MARLIN et al. 1995, WHITE et al. 1995, FOREMAN 1996, WILLIAMSON et al. 1996).

Herzfrequenzen über alle Prüfungen

Die mittlere Herzfrequenz über alle Prüfungen steigt während der Geländestrecke signifikant ($p < 0,001$) auf einen Wert von $198,6 \pm 10,3$ bpm an und sinkt unmittelbar nach dem Zieldurchtritt signifikant ($p < 0,001$) auf einen Wert von $168,6 \pm 12,2$ bpm ab. Die parallel verlaufende Untersuchung von JAEK (2004) zeigte für den

Belastungsparameter Blutlaktat, der untersuchten Gruppe von Vielseitigkeitspferden ebenfalls den erwarteten signifikanten Anstieg vor der Querfeldeinstrecke und einen signifikanten Abfall danach.

Die mittlere Herzfrequenz der Geländestrecken (Phase D) aller Prüfungen, liegt unabhängig vom Saisonzeitpunkt, Schwierigkeitsklassen und anderen Variablen bei den hier untersuchten 7 - 15 jährigen Pferden mit $198,6 \pm 10,3$ bpm recht nahe bei Werten, die von SERRANO et al. (2002) bei 10 - 13 jährigen Pferden berichtet wurden ($195,0 \pm 8$ bpm) und kommen diesen Daten noch näher wenn die Herzfrequenzwerte der Pferde ähnlicher Altersgruppen (12 - 13 jährig) der vorliegenden Arbeit verglichen werden ($195,4 \pm 8,9$ bpm). Allerdings beruhten die Daten der Arbeitsgruppe von SERRANO et al. (2002) auf lediglich zwei Prüfungen und fünf untersuchten Pferden. In den Untersuchungen von MARLIN et al. (1995) (198 ± 8 bpm, n=11; 188 ± 11 bpm, n=17) wurden ebenfalls, allerdings in der Phase D von CCI**** Prüfungen, ähnliche Werte wie in der vorliegenden Untersuchung beobachtet. Andererseits wurden von WHITE et al. (1995) bei 41 Vielseitigkeitspferden für die Phase D von CCI* - CCI*** - Wettbewerben auch von wesentlich niedrigen mittleren Herzfrequenzen berichtet ($174 \pm 19,6$ bpm). In einer weiteren Untersuchung von Munoz et al. (1998) wurden ebenfalls deutlich niedrigere mittlere Herzfrequenzen in Prüfungen auf CCI* und CCI*** - Niveau bestimmt ($163,2$ bpm bzw. $170,8$ bpm). Bei der Gegenüberstellung ist allerdings zu berücksichtigen, dass die Bedingungen in verschiedenen Vielseitigkeitsprüfungen nicht immer vergleichbar und variablen Faktoren unterworfen sind. Einen variablen Faktor kann die Geschwindigkeit der Pferde während der Phase D der Prüfungen darstellen. Die durchschnittlichen Geschwindigkeiten mit der die Geländestrecken der vorliegenden Arbeit von den Pferden absolviert wurden lagen etwas höher als in der Studie von WHITE et al. (1995), dies könnte ein Erklärungsansatz der unterschiedlichen Werte darstellen. In den anderen genannten Studien wurden keine genauen Angaben zu Geschwindigkeiten dokumentiert. Ein Zusammenhang zwischen Zahl der Verweigerungen an Hindernissen und Geschwindigkeit und damit mittleren Herzfrequenz wurde weder in der vorliegenden, noch in anderen Studien erstellt. Ein weiterer variabler Faktor der die übereinstimmenden bzw. unterschiedlichen

Herzfrequenzwerte beeinflusst haben könnte ist die unterschiedliche Abstammung der Pferde im Hinblick auf den Vollblutanteil. Die Genetik der Pferde kann Einfluss auf die Herzfrequenz nehmen (PHYSICK - SHEARD 1985, STRAUB et al. 1984, CIKRYTOVA et al. 1991). Statistische Untersuchungen zur Abstammung wurden in der vorliegenden Arbeit aufgrund von zum Teil fehlenden Abstammungsnachweisen nicht durchgeführt, aber auch in vorangegangenen Untersuchungen wurde die Einflussnahme der Abstammung ebenfalls nicht mit einbezogen. Lediglich an Einzelbeispielen, bei denen ein vollständiger Abstammungsnachweis vorlag (Kapitel 3.3.10) konnten niedrigere Einzelherzfrequenzen bei Pferden mit hohem Vollblutanteil im Vergleich zu Pferden mit geringerem Vollblutanteil festgestellt werden. In Studien von STRAUB et al. (1984) und CIKRYTOVA et al. (1991) wurden ebenfalls niedrigere Herzfrequenzen bei Vollblutpferden im Vergleich zu Warmblutpferden berichtet. ROSE et al. (1995) stellte eine signifikant bessere aerobe Kapazität für Vollblüter im Vergleich zu Warmblütern fest. Gestützt von diesen Untersuchungen lässt sich eine Beziehung zur Genetik mit der Herzfrequenz vermuten. Bekannt ist, dass Vollblüter im Vergleich zu anderen Pferderassen ein größeres Herzgewicht aufweisen (KLINE u. FOREMAN 1991). Daraus kann ein erhöhtes Herzminutenvolumen beim Vollblüter resultieren (POOLE u. ERICKSON 2004), sodass eine geringere Herzfrequenz die gleiche Sauerstoffmenge bewegen kann. Auch ist bekannt, dass die Milz bei Vollblütern größer als bei anderen Pferderassen ist (KLINE u. FOREMAN 1991); sollten aus in höherer Kapazität resultierend unter Belastung vermehrt rote Blutzellen in die Zirkulation gelangen, so wäre bei Vollblütern eine zusätzliche Sauerstofftransportkapazität verfügbar, die die maximale Sauerstoffaufnahme erhöhen könnte.

Weitere Faktoren stellen die Klimaverhältnisse (ANDREWS et al. 1995, FOREMAN 1996) und Geläufbeschaffenheiten (SKOWRONEK u. HERTSCH 2003) dar. Die klimatisch bedingten äußeren Faktoren variieren stark, da die zur Verfügung stehenden Vergleichsuntersuchungen in verschiedenen Ländern und Kontinenten, den USA (WHITE et al. 1995), Australien (SERRANO et al. 2002) oder Europa (MARLIN et al. 1995, MUNOZ et al. 1998) durchgeführt wurden. Die Daten stammen nur von 3 bzw. 2 untersuchten Veranstaltungen. Die übereinstimmenden Daten von

SERRANO et al. (2002) und MARLIN et al. (1995) stammen ebenfalls nur von jeweils 2 Wettbewerben.

Zur weiteren Einordnung und Beurteilung der Daten der vorliegenden Untersuchung stehen relativ wenige Vergleichswerte zu Herzfrequenzaufzeichnungen von Vielseitigkeitspferden während Geländestrecken zur Verfügung. Inwieweit die Werte dieser Untersuchung von einer Norm abweichen kann zu diesem Zeitpunkt nicht endgültig abgeklärt werden, da differierende Angaben zu Herzfrequenzen von Vielseitigkeitspferden während der Geländestrecken (WHITE et al. 1995, MUNOZ et al. 1998) beschrieben wurden. Es sind aber durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wiederholbare Werte erfasst worden, die zum größten Teil mit den Literaturangaben übereinstimmen (MARLIN et al. 1995, SERRANO et al. 2002).

Der neue methodische Ansatz der vorliegenden Untersuchung basiert auf einer breiter angelegten Datengrundlage hinsichtlich der Herzfrequenz als die bisherigen Untersuchungen zur Herzfrequenz des Hochleistungsvielseitigkeitspferdes. Es wurden Herzfrequenzwerte für verschiedene Prüfungen und Schwierigkeitsklassen (VL, CIC**, CIC***, CCI***) bestimmt.

In der vorliegenden Untersuchung lag die mittlere Herzfrequenz der letzten 30 Sekunden vor dem Start der Geländestrecke (Phase D) bei 127 bpm gegenüber 129 bpm in der Untersuchung von WHITE et al. (1995), die einen Wert der Herzfrequenz nach der Phase C (2. Wegestrecke) der Geländeprüfung bestimmten. MARLIN et al. (1995) berichtet über Herzfrequenzen von 100 - 120 bpm vor dem Start der Phase A diese Werte sind auch unmittelbar vor dem Start der Phase D zu beobachten. KOHN et al. (1995) beschreibt Werte von 80 - 100 bpm zum Ende der Phase C (2. Wegestrecke). Mittlere Herzfrequenzen von $91,4 \pm 10,1$ bpm unmittelbar nach Rennbahn (Phase B) erfasste ROSE et al. (1980). Die Literaturangaben zeigen, dass die Pferde mit ähnlichen Herzfrequenzwerten, wie in der vorliegenden Arbeit, an den Start der Geländestrecke (Phase D) gegangen sind. Diese Werte liegen deutlich höher als die in der Literatur angegebenen Ruheherzfrequenzen von 30 - 40 bpm (PHYSICK - SHEARD 1985). Ein Grund für die relativ hohen Herzfrequenzen vor dem Start können Unruhe und andere Faktoren darstellen, die die Herzfrequenz

noch vor der eigentlichen Belastung erhöhen (PERSSON 1983, ART et al. 1990, MARLIN u. NANKERVIS 2002). Eine wesentlichere Ursache wird die Belastung durch die Vorbereitung auf den Start entweder auf der zweiten Wegestrecke oder unmittelbar vor der Startbox darstellen. Die in dieser Untersuchung erhobenen Herzfrequenzwerte werden durch die Literaturangaben bestätigt und zeigen, dass die Pferde mit deutlich höheren Herzfrequenzen als die Ruhewerte in die Querfeldeinstrecke (Phase D) der Prüfungen gehen.

In den ersten 30 Sekunden nach dem Ziel der Querfeldeinstrecke sinken die Herzfrequenzen schon um bis zu 15 % ab. Dieser schnelle Abfall ist bei der Veterinärinspektion im Zieleinlauf zu berücksichtigen. Die Untersuchung der Herzfrequenz des FEI – Veterinärs im Zieleinlauf ist in der Regel 2 – 3 Minuten nach Zieldurchritt.

Herzfrequenz in verschiedenen Prüfungen und verschiedenen Schwierigkeitsklassen

In der folgenden Betrachtung sollen die mittleren Herzfrequenzen verschiedener Prüfungen und Schwierigkeitsklassen diskutiert werden.

Für Prüfungen auf CIC^{***} - bzw. CCI^{***} - Niveau konnten in der vorliegenden Arbeit ähnliche, zum Teil nahezu übereinstimmende mittlere Herzfrequenzen (200,07 ± 9,89 bpm bzw. 204,96 ± 4,72 bpm) der Pferde in der Phase D zu den Untersuchungen von SERRANO et al. (2002) (195 ± 8 bpm) erfasst werden. Bei den Pferden der ähnlichen Altersgruppierung der vorliegenden Untersuchung war eine Übereinstimmung bei den CIC^{***} - Prüfungen (195,99 bpm) zu erkennen. Ähnliche mittlere Herzfrequenzen für eine CCI^{****} - Prüfung gibt MARLIN et al. (1995) an (1993: 198 ± 8 bpm und 1994: 188 ± 11 bpm). 1993 erreichten Pferde (n=11) auf der Geländestrecke des CIC^{****} Burghley eine mittlere Herzfrequenzen von 198 ± 8 bpm). In der vorliegenden Untersuchung wurde für die CCI^{***}- Prüfungen ein Wert von 204,96 ± 4,72 (n=4) errechnet. Auf dem Niveau der ^{***} - Prüfungen können übereinstimmende oder ähnliche mittlere Herzfrequenzen festgestellt werden. Unterschiede der Herzfrequenzwerte sind auf ^{***} - Niveau bei WHITE et al. (1995) (171 ± 19,5 bpm) und der vorliegenden Arbeit ersichtlich. Bei den niedrigeren

Schwierigkeitsklassen liegen die ermittelten Daten der vorliegenden Arbeit über denen die in der Literatur angegeben sind. In CCI* - Prüfungen wurden Werte von $174 \pm 19,6$ bpm und 167 ± 24 bpm (WHITE et al. 1995) und $163,2$ bpm (MUNOZ et al. 1998) erfasst. Die mittlere Herzfrequenz für eine VL - Prüfung der vorliegenden Arbeit lag mit $191,37 \pm 10,39$ bpm höher als bei WHITE et al. (1995) und MUNOZ et al. (1998). Für Prüfungen auf ** - Niveau liegt die mittlere Herzfrequenz mit $200,02 \pm 9,44$ bpm deutlich über der Literaturangabe einer vergleichbaren Bestimmung ($176 \pm 26,6$ bpm, WHITE et al. 1995).

Signifikante Unterschiede zwischen den verschiedenen Schwierigkeitsklassen konnten in dieser Arbeit nur für die VL - Prüfung jeweils zu den CIC** - und CIC*** - Prüfungen bewiesen werden ($p < 0,05$). Keine signifikanten Unterschiede waren zwischen den CIC** - und CIC*** - Prüfungen zu sehen. AMORY et. al. (1993) und WHITE et. al. (1995) konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen verschiedenen Schwierigkeitsklassen darstellen. JAEK (2004) zeigte für die Blutlaktatkonzentration der gleichen Gruppe von Pferden übereinstimmend mit der vorliegenden Studie ebenfalls lediglich signifikante Unterschiede zwischen Prüfungen auf VL – Niveau und CIC*** - Niveau. Zwischen den CIC** - und CIC*** - Prüfungen konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Belastungsparameters Blutlaktat bewiesen werden. Der Sprung von VL zu CIC** bzw. CIC*** spricht dafür, dass die hier untersuchten Hochleistungsvielseitigkeitspferde bei der Schwierigkeitsklasse VL eher unterfordert waren und noch nicht den Bereich erreicht hatten in dem die Herzfrequenz nicht länger linear zur Geschwindigkeit verläuft. Dafür spricht auch, dass in der VL die niedrigste Geschwindigkeit aller Turniere gelaufen wurde und der niedrigste mittlere Laktatwert ($10,19$ mmol/l Blut) gemessen wurde, der nur noch von einer weiteren VL – Prüfung (Bad Segeberg, $7,54$ mmol/l Blut) unterboten wurde (JAEK 2004). Insofern kann eine VL – Prüfung wie in Hannover als Einstiegsprüfung für die Saison von Hochleistungsvielseitigkeitspferden als schonender Einstieg betrachtet werden. Bei höheren Schwierigkeitsklassen haben verschiedene Streckenlängen, Anordnungen der Hindernisse, Anforderungen der Richtgeschwindigkeit und äußere Faktoren wenig Einfluss auf die mittlere

Herzfrequenz des Vielseitigkeitspferdes, da diese sich bereits in Maximalbereichen befinden.

Der Vergleich verschiedener Prüfungen des gleichen Niveaus (CIC^{***}) ergab ebenfalls keine signifikanten Unterschiede. Für diese Art des Vergleiches standen keine Literaturangaben zur Verfügung. Auch bei dieser Betrachtung scheinen die Geländeprofile, Länge der Strecke, Anzahl der Sprünge und Unterschiede des Klimas wenige Einflüsse auf die Herzfrequenz der Pferde zu nehmen.

Erhöhung der Herzfrequenz zum Ende der Geländestrecke

In der vorliegenden Untersuchung konnte ein signifikanter Anstieg aller über eine Saison bestimmten Herzfrequenzen aufgeteilt nach Schwierigkeitsklassen zum Ende der Geländestrecke beobachtet werden. Die Werte der mittleren Herzfrequenz im ersten Zeitviertel waren signifikant niedriger als die Werte im letzten Zeitviertel der Geländestrecken. Im letzten Zeitviertel lagen die mittleren Herzfrequenzen, mit Ausnahme der VL - Prüfung über 200 bpm. AMORY et al. (1993) und MARLIN et al. (1995) stellten ebenfalls eine Erhöhung der mittleren Herzfrequenz zum Ende der Geländestrecke fest.

Vergleich der Herzfrequenz in Prüfungen und im Training

Der Mittelwert der Herzfrequenzen im Training liegt in der vorliegenden Studie bei $167,95 \pm 11,64$ bpm. Dieser Wert liegt signifikant ($p < 0,001$) deutlich unter dem Mittelwert der Gesamtbetrachtung aller Herzfrequenzen der Prüfungen ($198,59 \pm 10,34$). Der Wert liegt auch weit unter der mittleren Herzfrequenz, die in der Prüfung der niedrigsten Schwierigkeitsklasse (VL) erreicht wird (194,59 bpm). Die parallelen Untersuchungen von JAEK (2004) zeigen gleiches, die Blutlaktatkonzentrationen liegen im Training liegen signifikant unter denen der Prüfungen und erreichen nicht die Werte der VL – Prüfung. Aus diesen Ergebnissen wird deutlich, dass die Pferde nur unterhalb von Belastungsintensitäten trainiert werden, wie sie in den Wettkämpfen gefordert werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können die Feststellung von SERRANO et al. (2002) unterstützen, dass Vielseitigkeitspferde „untertrainiert“ sind. Die Autoren

untersuchten ebenfalls die Unterschiede der Herzfrequenzen von Hochleistungsvielseitigkeitspferde im Training und unter Wettkampfbedingungen. Sie bestimmten im Training einen Mittelwert von 138 ± 17 bpm, dem gegenüber steht ein Wert von 195 ± 8 bpm in zwei CCI*** - Prüfung. Weitere Vergleiche und Werte von Herzfrequenzen während des Trainings und in Prüfungen von Hochleistungsvielseitigkeitspferden stehen in der Literatur nicht zur Verfügung.

Ein Ansatzpunkt zur Optimierung des Trainings des Hochleistungsvielseitigkeitspferdes, wäre es das Training zu intensivieren um die Pferde so im Training an geforderte Belastungen zu adaptieren. Die Trainingseinheit sollte Herzfrequenzbereiche der Prüfungen einschließen oder es sollten Prüfungen auf niedrigerem Niveau (z.B. VL) zwischen Prüfungen auf höherem Niveau eingefügt werden. Die vorliegende Arbeit stellt Richtwerte zur Verfügung, die für eine entsprechende Trainingsvorbereitung hilfreich sein können. Da detaillierte Trainingspläne und -dokumentationen über die durchgeführten Trainingseinheiten nicht erhältlich waren konnte ein weiteres Ziel, diese hinsichtlich ihres Erfolges im Laufe der Saison zu überprüfen nicht erreicht werden.

Abhängigkeiten und Einflüsse auf die Herzfrequenz

Bei allen Abhängigkeiten und Einflüssen auf die Herzfrequenz sei vorangestellt, dass psychosomatische Faktoren wie Unruhe und Angst zu einer Erhöhung der Herzfrequenz bis zu 190 bpm führen können (PERSSON 1983, ART et al. 1990, MARLIN u. NANKERVIS 2002). Aufregung durch die bevorstehende Prüfungssituation können die Pferde schon zu deutlich erhöhter Herzfrequenz vor der eigentlichen Belastung führen.

Entgegen den Studien von AMORY et al. (1993) und MARLIN et al. (1995) konnten in der vorliegenden Untersuchung keine signifikanten Korrelationen zwischen gerittener Geschwindigkeit und mittlerer Herzfrequenz der Pferde während der Geländestrecken festgestellt werden. MARLIN et al. (1995) zeigte eine sehr schwache Korrelation ($r=0,412$) der Geschwindigkeit mit der Herzfrequenz. In der vorliegenden Arbeit wurde für die CIC** - Prüfung in Kreuth eine Korrelation von $r=0,59$ errechnet. JAEK (2004) stellte eine signifikante Korrelation der

durchschnittlichen Geschwindigkeit zum Blutlaktat (1 Minute nach Zieleinlauf) nur bei 2 von 10 Vielseitigkeitsprüfungen fest.

Die Herzfrequenz erhöht sich im submaximalen Bereich linear zur Geschwindigkeit. Bei maximaler Belastung geht die Linearität verloren (WILSON et al. 1983; LINDHOLM u. SALTIN 1974, MARLIN u. NANKERVIS 2002). Diese Feststellungen könnten die nicht signifikante Korrelation zwischen Geschwindigkeit und mittlerer Herzfrequenz der vorliegenden Studie erklären, wenn man annimmt, dass sich die Pferde auf der Geländestrecke in ihren Maximalbereichen der Herzfrequenzen befunden haben, dies lässt sich durch Untersuchungen der vorliegenden Arbeit stützen. Im vierten Abschnitt der Querfeldeinstrecke lag die mittlere Herzfrequenz mit Ausnahme der VL – Prüfung immer über 200 bpm (Kapitel 3.3.5).

Die Herzfrequenz zeigt in der vorliegenden Studie keine signifikante Abhängigkeit zum Alter. In den Studien die sich mit der Herzfrequenz von Vielseitigkeitspferden auseinandergesetzt haben wurden hierzu keine Untersuchungen vorgenommen.

BETROS et al. (2002) untersuchte die Abhängigkeit der Herzfrequenz an Warmblutstuten unter Belastung. Für eine Gruppe von durchschnittlich 6,8 Jahren und einer Gruppe von durchschnittlich 15,2 Jahren fand er unter Belastung keine Unterschiede in der Herzfrequenz. Verstärkt durch die Untersuchungen von BETROS et al. (2002) ist davon auszugehen, dass die Herzfrequenz in der vorliegenden Studie nicht vom Alter der Vielseitigkeitspferde abhängig ist. JAEK (2004) konnte bei ihren Untersuchungen ebenfalls keine Abhängigkeit des Blutlaktates vom Alter der Pferde herleiten.

Das Geschlecht scheint Einfluss auf die mittlere Herzfrequenz der Vielseitigkeitspferde zu nehmen. In den durchgeführten Untersuchungen wurde für die Gesamtbetrachtung aller Herzfrequenzen ein signifikante höhere Herzfrequenz bei den Stuten im Vergleich zu den Wallachen gezeigt ($p < 0,05$). Dies konnte beim Vergleich der Schwierigkeitsklassen nur für die CIC*** - Prüfungen bewiesen werden. Vergleichsuntersuchungen von Vielseitigkeitspferden sind in der Literatur nicht zu finden. Eine Erklärung konnte für die vorliegende Untersuchung nicht gefunden

werden. Ob sich aus diesem Ergebnis eine Relevanz für die Auswahl von Vielseitigkeitspferden ergibt bleibt zu überprüfen.

An der Einzelbetrachtung der Pferde im Hinblick auf ihre Herzfrequenzen ist deutlich die Individualität zu erkennen. KRYZWANEK (1999) und EVANS (1994) beschrieben die Individualität der Herzfrequenzen. Die Einzelbeispiele der vorliegenden Arbeit zeigen deutlich, dass bestimmte Pferde über die ganze Saison in ihren Einzelherzfrequenzen über den mittleren Herzfrequenzen der jeweiligen Prüfung bzw. mit ihren Einzelherzfrequenzen darunter liegen. Abstammungen (PYSICK - SHEARD 1985, CIKRYTOVA et al. 1991, STRAUB et al. 1984) und Fitness können hier eine Rolle spielen. Aus den Einzelherzfrequenzbeispielen des Kapitels 3.3.10 kann eine leichte Tendenz zur Abhängigkeit im Bezug auf den Vollblutanteil abgeleitet werden. Die Pferde, die mit den Einzelherzfrequenzen immer unter der mittleren Herzfrequenz der Prüfungen liegen, haben einen höheren Vollblutanteil als die Pferde die mit ihren Einzelherzfrequenzen immer darüber liegen. Weitere Ursachen der Individualität der Einzelherzfrequenzen liegen in den verschiedenen Temperamenten der Pferde und der Einwirkung des Reiters. Andere äußeren Einflussfaktoren wie Klima, Geläufbeschaffenheit, Geländeprofile, Geschwindigkeit, usw. sind objektiv darstellbar und in die Beurteilung einzubeziehen.

Ein weiteres wichtiges Beurteilungskriterium im Hinblick auf den Belastungsparameter Herzfrequenz stellt die Gesundheit der Pferde im Hochleistungssport dar. In Kapitel 2.5 wurden pathologische Veränderungen beschrieben, die Einfluss auf den Belastungsparameter Herzfrequenz nehmen können. Bei Pferden mit immer über dem Durchschnitt liegender Herzfrequenz könnte die Veranlagung zum Tying – up - Syndrom vorliegen (MacLEAY 1999). Aber auch chronische Veränderungen des Kreislauf-, Atmungs- oder Bewegungsapparates können sicher nicht auszuschließende Ursachen hoher Herzfrequenzwerte darstellen (LITTLEJOHN et al. 1977; COUROUCE et al. 1996).

Pferde im Hochleistungssport speziell der Vielseitigkeit sollten daher vor, während und nach der Saison gründlicher klinischer und labordiagnostischer Untersuchungen unterzogen werden.

Aus der bisherigen Diskussion zeigt sich eindeutig, dass die Herzfrequenzen vor, während und nach den Prüfungen und im Training zwar wiederholbaren Werten folgen, aber auch dass die Herzfrequenz von Einzelpferden sehr individuell abläuft und auf die Belastung und möglicherweise auch auf die Prüfungs- und Trainingssituation assoziierten Umweltbedingungen reagiert. Die vorliegende Arbeit hat dazu eine Datengrundlage geschaffen. Eine Wettkampfplanung kann im Hinblick auf einige Ergebnisse unterstützt werden. Es besteht kein signifikanter Unterschied der Herzfrequenz zwischen CIC**⁻- und CIC***⁻- Prüfungen. Es konnten signifikante Unterschiede der Herzfrequenz zwischen dem Niveau der VL und den anderen Schwierigkeitsklassen bewiesen werden. CIC**⁻- Prüfungen werden als Vorbereitung der Prüfungen auf CIC***⁻- Niveau geritten. Hier wäre es sinnvoller zur Vorbereitung zunächst noch weitere Prüfungen auf VL- Niveau in die Saisonplanung zu integrieren. Die Belastung des Trainings kann anhand der Herzfrequenzbestimmungen dieser Arbeit in Relation zu den Belastungen der Prüfungen gesetzt werden.

Aus gewonnenen Daten dieser Arbeit die Leistungsentwicklung der untersuchten Gruppe von Pferden während der Saison zu beurteilen, konnte mit den vorliegenden Untersuchungen nicht erreicht werden. Der in dieser Studie zu Saisonbeginn durchgeführte Stufenbelastungstest (Kapitel 3.2.7) wäre ein Werkzeug zur Leistungsbeurteilung und ein Vergleich der Pferde untereinander. Weitere Stufenbelastungstests im Feld konnten nicht in dem nötigen Umfang durchgeführt werden, um Leistungsentwicklung darzustellen. Hierfür wären standardisierte Feldtests vor und während der Saison in ausreichender Anzahl nötig (4 – 5). In der vorliegenden Untersuchung waren Reiter und Trainer noch nicht zu überzeugen diese zusätzlichen Tests in den Trainings- und Wettkampfplanungen zu integrieren. Sie würden aber z.B. die festgestellte Diskrepanz zwischen Trainings- und Wettkampfbelastung reduzieren. Möglichkeiten der Beurteilung in Form von Feldtests im Hinblick auf den Belastungsparameter Herzfrequenz sind speziell für Hochleistungsvielseitigkeitspferde von SERRANO et al. (2001), AUVINET et al. (1989), AMORY et al. (1993), MUNOZ et al. (1996) beschrieben und für Pferde der Disziplin Vielseitigkeit als geeignetes Werkzeug zur Objektivierung der

Leistungsfähigkeit und der Leistungsentwicklung, anhand des Belastungsparameters Herzfrequenz beurteilt worden.

5 Schlussfolgerungen

Vielseitigkeitspferde im Spitzensport sind Hochleistungsathleten, deren Leistungspotential nicht maximal sondern optimal und nachhaltig zu verwirklichen ist. Dies setzt ein gezieltes und auf neuesten Erkenntnissen der Trainingswissenschaften und Sportmedizin gestütztes Training voraus. Im Pferdesport wird dies im Gegensatz zum Humansport noch nicht systematisch praktiziert.

Die vorliegende Arbeit erweitert die notwendige Datengrundlage in dem sie diese im Hinblick auf den Parameter Herzfrequenz (Laktat siehe JAEK 2004) bei einer gleichen Gruppe von Hochleistungsvielseitigkeitspferden während einer ganzen Turniersaison erarbeitet.

In höheren Schwierigkeitsklassen und unter schwierigeren Bedingungen bewegen sich die Herzfrequenzen mit über 200 bpm in der Nähe der für die Pferde bekannten maximalen Herzfrequenzen. Charakteristisch sind große individuelle Unterschiede zwischen den Pferden. Herzfrequenzen auf leichten Prüfungen (z.B. VL zu Saisonbeginn) liegen zwar im Mittel signifikant, nicht aber bei allen Einzelpferden, niedriger als Herzfrequenzen der Pferde in höheren Schwierigkeitsklassen (in der späteren Saison).

Die mittleren Herzfrequenzen der Geländestrecken (Phase D) in der Zusammenfassung über die gesamte Saison oder aufgeteilt in Prüfungen und Schwierigkeitsklassen bewegen sich zum einen in ähnlichen Bereichen wie die in der Literatur angegebenen Herzfrequenzwerten für Vielseitigkeitspferde, zum anderen weichen sie ab. In der Literatur werden in unteren Bereichen auch geringere, in höheren Bereichen ähnliche Herzfrequenzen angegeben (Tab. 2.1). Ein Grund für Unterschiede können die unterschiedlichen Gruppen von Vielseitigkeitspferden sein.

Die mittleren Herzfrequenzwerte während der Geländestrecke liegen signifikant deutlich höher als unmittelbar vor dem Start (30 Sekunden). Die Werte unmittelbar

vor dem Start liegen deutlich über den in der Literatur angegebenen Ruheherzfrequenzen. Nach dem Ziel sind die mittleren Herzfrequenzen in 30 Sekunden signifikant niedriger als während der Phase D.

Vielseitigkeitspferde werden zum Ende der Geländeproofung stärker als zu Beginn belastet: Innerhalb der Geländestrecke befinden sich die Herzfrequenzwerte am Anfang (1. Zeitviertel) auf niedrigerem Niveau als am Ende (4. Zeitviertel) der Geländestrecke.

Von Schwierigkeitsgrad zu Schwierigkeitsgrad ist eine signifikante Erhöhung der mittleren Herzfrequenz während der Geländestrecke nur bei VL - Prüfungen im Vergleich zu CIC** bzw. CIC***- Prüfungen zu beobachten. Von CIC**- auf CIC***- Niveau sind keine signifikanten Unterschiede festzustellen. Es war kein signifikanter Unterschied zwischen den Prüfungen auf CIC*** - Niveau darzustellen. Die Ergebnisse könnten dafür sprechen, dass nur der Unterschied der Prüfungsanforderung VL zu CIC**- bzw. CIC***- Prüfungen für die Pferde eine höhere Belastung darstellt und die hier untersuchten Hochleistungspferde durch das Niveau der VL – Prüfung eher unterfordert sind. Die Ergebnisse dokumentieren, dass die Prüfungsanforderung in höheren Schwierigkeitsklassen, die Streckenlänge, die Anzahl der Sprünge und das Geländeprofil anscheinend wenig zusätzlich Einfluss auf die Herzfrequenz nehmen, da sich diese bereits in der Nähe der Maximalwerte befindet.

Das Alter der Pferde hat im hier untersuchten Bereich von 7 – 15 Jahren keinen signifikanten Einfluss auf die mittlere Herzfrequenz während der Geländestrecken.

Das Geschlecht beeinflusst die Herzfrequenz. Stuten zeigen in der Gesamtbetrachtung aller Einzelherzfrequenzen über die gesamte Saison signifikant höhere Herzfrequenzen als Wallache. Inwieweit dies Relevanz z.B. für die Auswahl von Vielseitigkeitspferden haben könnte, müssten weitere Untersuchungen zeigen.

Die Pferde werden im Training nicht mit Belastungen konfrontiert, die in den Prüfungen zu erwarten sind. Die im Training ermittelten mittleren Herzfrequenzen sind signifikant niedriger als die in den Prüfungen bestimmten. Hier wird, zusammen mit der Führung von Trainingsprotokollen und der Leistungsüberprüfung durch Stufenbelastungstests noch erhebliches Optimierungspotential für die Pferde gesehen.

6 Zusammenfassung

Sascha Harbig

Leistungsmonitoring von Hochleistungsvielseitigkeitspferden im Wettkampf und Training: Untersuchungen zur Herzfrequenz

Ziel dieser Arbeit war es Herzfrequenzen einer in der Zusammensetzung weitgehend gleichen Gruppe von Hochleistungspferden während einer gesamten Saison im Training wie in Prüfungen verschiedener Schwierigkeitsgrade (VL, CIC*, CIC**, CIC***, CCI***) aufzuzeichnen und zu dokumentieren. Dies bedeutet einen neuen Ansatz, da bislang nur Herzfrequenzbestimmungen auf einzelnen Turnieren beschrieben wurden. Zusätzlich wurden Blutlaktatwerte im Rahmen einer weiteren Studie (JAEK 2004) erfasst.

Eine Gruppe von 22 Reitern des DOKR-Vielseitigkeitskaders mit 31 Pferden wurde während einer gesamten Saison über den Zeitraum von 28 Wochen (März-Oktober, 2003) im Training wie in Prüfungen verschiedener Schwierigkeitsgrade (VL, CIC*, CIC**, CIC***, CCI***) in Vorbereitung auf die Europameisterschaft begleitet. Für die Erfassung der Herzfrequenz wurde ein System der Firma Polar Electro Oy (Finnland) verwendet. Die Herzfrequenz wurde auf 8 Turnieren 30 Sekunden vor dem Start der Geländestrecke (Phase D), während der Geländestrecke und 30 Sekunden nach der Geländestrecke aufgezeichnet. Im Training standen Herzfrequenz- und Geschwindigkeitsaufzeichnungen von 12 Pferden während 19 Trainingseinheiten zur Verfügung.

Resultate:

Die Mittelwerte der Herzfrequenzen 30 Sekunden vor den Geländestrecken (8 Prüfungen) lagen bei 101 bpm bis 136 bpm. Die Herzfrequenzen vor den Geländestrecken lagen weit über den Ruhewerten der für Pferde bekannten Herzfrequenzen. Während der Geländestrecke (Phase D) erhöhte sich die mittlere Herzfrequenz bei mittleren Geschwindigkeiten zwischen 8,4 m/s und 9,47 m/s auf

Werte von 191 bpm bis 206 bpm. 30 Sekunden nach der Phase D fiel die mittlere Herzfrequenz auf Werte zwischen 163 bpm und 180 bpm ab.

Bei der Aufteilung der Geländestrecken (Phase D) in vier zeitgleiche Abschnitte zeigte das letzte Zeitviertel signifikant ($p < 0,05$ bzw. $p < 0,001$ abhängig von Schwierigkeitsklassen) höhere Herzfrequenzen im Vergleich zum ersten Zeitviertel. Dies lässt die Annahme zu, dass mit zunehmender Streckenlänge eine höhere Belastung vorliegt, die aus einem Sauerstoffdefizit resultiert.

Keine signifikante Korrelation war in der vorliegenden Untersuchung zwischen der mittleren Herzfrequenz und der mittleren Geschwindigkeit zu beobachten, weil sich die Pferde auf den Geländestrecken wahrscheinlich ihren maximalen Herzfrequenzen näherten.

Bei der Untersuchung von 4 Schwierigkeitsklassen (VL $n=15$, CIC** $n=18$, CIC*** $n=27$, CCI*** $n=4$) wurden mittlere Herzfrequenzen, mit Ausnahme der VL (191 bpm), von über 200 bpm (CIC**: 200 bpm, CIC***: 201 bpm, CCI***: 205 bpm) bestimmt. Es konnten keine signifikanten Unterschiede der mittleren Herzfrequenz zwischen den Schwierigkeitsklassen auf höherem Niveau gezeigt werden. Nur bei dem Vergleich der VL - Prüfung mit den CIC** - und CIC*** - Prüfungen lagen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$) vor.

Bei der Analyse möglicher Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz von Vielseitigkeitspferden konnte kein signifikanter Einfluss des Alters der Pferde auf die Herzfrequenz nachgewiesen werden. Das Geschlecht scheint Einfluss auf die Herzfrequenz zu nehmen. 5 Stuten zeigen signifikant ($p < 0,05$) höhere mittlere Herzfrequenzen während der Phase D ($206 \text{ bpm} \pm 8,08$) als 26 Wallache ($197 \text{ bpm} \pm 10,06$).

Die mittlere Herzfrequenz des Trainings lag bei $168 \pm 11,64$ bpm (19 Trainingseinheiten von 12 Pferden). Die mittlere Herzfrequenz aller Prüfungen lag

bei $199 \pm 10,34$ bpm (64 Starts von 31 Pferden). Der Unterschied der mittleren Herzfrequenz der Prüfungen zum Training ist signifikant ($p < 0,001$). Die Ergebnisse zeigen, dass die mittleren Herzfrequenzen, die in den Prüfungen gefordert sind, im Training nicht annähernd erreicht werden.

Die Untersuchungen zur Herzfrequenz von Hochleistungsvielseitigkeitspferden über einen Zeitraum von 8 Monaten zeigen, dass die Pferde in die Nähe ihrer maximalen Herzfrequenzwerte während der Querfeldeinstrecke (Phase D) kommen und im letzten Viertel der Phase D höhere Herzfrequenzwerte im Vergleich zum ersten Viertel erreichen.

Die erhebliche Diskrepanz zwischen der Belastung im Training und den Prüfungen bietet reichlich Raum für eine Verbesserung der Trainingsprogramme, ohne die Gesundheit der Pferde zu gefährden. Eine Grundvoraussetzung dafür ist eine detaillierte und systematische Dokumentation des Trainings und Durchführung von standardisierten Belastungstests, um den Trainingsfortschritt darzustellen.

7 Summary

Sascha Harbig

**Monitoring high performance event horses
during competition and training:
Heart rate**

The aim of the study was to monitor and document heart rate in a group of high performance eventers throughout a whole season. Horses competed at various levels (VL, CIC**, CIC***, CCI***). Heretofore only results of single or a few events had been reported. In addition to heart rate, blood lactate levels were reported in a different study (JAEK 2004).

A group of 31 horses and 22 riders of the German National Eventing Cadre were included into the study during a 28 week season (March – October, 2003) and in preparation for the European Championship.

Heart rates were recorded (Polar[®] systems) along with velocities on a total of 8 competitions for 30 seconds prior to, during and for 30 seconds after competition of the cross – country – phase (Phase D). 12 of the horses were also monitored during 19 training units throughout the season.

Results:

During the 30 seconds preceding Phase D, mean heart rates ranged from 101 bpm to 136 bpm (8 competitions). During Phase D they increased between 191 bpm and 206 bpm respectively at mean velocities ranging from 8,4 m/s to 9,47 m/s; during 30 seconds following Phase D they declined between 163 bpm and 180 bpm respectively.

When the cross – country (Phase D) was divided into four equal time quarters the first quarter showed significantly lower ($p < 0,05$ to $p < 0,001$, depending on level of competition) heart rates when compared to the last quarter. Thus it can be assumed

that the total exercise load increases with increasing duration resulting possibly in oxygen deficit.

Heart rate and velocity were not significantly correlated probably since horses were running close to their maximal heart rates and possibly due to large variability between horses.

When 4 classes of same levels (VL, n=15; CIC**, n=18; CIC***, n=27; CCI***, n=4) were analysed mean heart rates were < 200 bpm only for VL (191 bpm) all others were > 200 bpm (CIC**: 200 bpm, CIC***: 201 bpm, CCI***: 205 bpm). No significant differences were detectable within event – classes nor between higher level events, but between VL and CIC** or CIC*** ($p < 0,05$).

Amongst a number of possible influences on heart rate age did not affect heart rate significantly; relative to gender (mares vs. Geldings with no stallions amongst the horses). 5 mares displayed significantly ($p < 0,05$) higher heart rates ($206 \pm 8,08$ bpm) when compared to 26 geldings ($197 \pm 10,06$ bpm) during Phase D.

During training units recorded mean heart rates amounted to $168 \pm 11,64$ bpm (19 training units of 12 horses) while the overall competition mean heart rate was $199 \pm 10,34$ bpm (64 starts of 31 horses). Nevertheless the results show that during training little effort is focussed to reach exercise loads close to that demanded in competition.

Conclusion:

For once heart – rates monitored over an 8 month period of competition confirms that during high level competition the cross – country phase is bringing the horses close to their maximal heart rates, with higher heart rates.

At the end of Phase D higher heart rates occur when compared to the first quarter of Phase D.

The considerable discrepancies between exercise load during training and requested performance under competition suggests ample room for improvement in training

programmes without compromising the horses health. A prerequisite to achieve such will be detailed and systematic documentation of training activities along with standard exercise tests to monitor progress in condition.

8 Literaturverzeichnis

AMMANN, M. A. (1976)

Buchers Geschichte des Pferdesports

C. J. Bucher Verlag, Luzern, 20-40

AMORY, H., ART, T., LINDEN, A., DESMECHT, D., BUCHET, M., LEKEUX, P.
(1993)

Physical response to the cross-country phase in Eventing horses.

J. Equine vet. Sci. 13, 646-650

ANDREWS, F. M., RALSTON, S. L., WILLIAMSON, L. H. (1995)

Weight, water and cation losses in horses competing in a three – day event.

J. Am. vet. Med. Ass. 205, 721-724

ART, T., AMORY, H., DESMECHT, D., LEKEUX, P. (1990)

Effect of show jumping on heart rate, blood lactate and other plasma biochemical values.

Equine vet. J. Suppl. 9, 78-82

ART, T., LEKEUX, P. (1993)

Training-induced modifications in cardiorespiratory and ventilatory measurements in thoroughbred horses.

Equine vet. J. Suppl. 25, 532-536

ASHEIM, A., KNUDSEN, A., LINDHOLM, A. (1970)

Heart rates and blood lactate concentrations of standardbred horses during training and racing.

J. Am. vet. Med. Ass. 157, 304-312

AUSTIN, S. M., FOREMAN, J. H., HUNGERFORD, L. L. (1995)

Case – control study of risk factors for development of pleuropneumonia in horses.

J. Am. vet. Med. Ass. 207, 325-328

AUVINET, B., GALLOUX, P., MICHAUX, J. M., FAUCOMPRET, J.,
FRANCQUEVILLE, M., LEPAGE, O., ANSALONI-GALLOUX, A., COUREAU, C.
(1989)

Test d`effort standardise de terrain pour chevaux de concours complet.

In : Compte-rendu de la 15^{ème} Journe d`Étude. CEREOPA, Paris, 111-113

BETROS, C. L., MCKEEVER, K. H., KEARNS, C. F., MALINOWSKI, K. (2002)

Effects of aging and training on maximal heart rate and VO₂max.

Equine vet. J. Suppl. 34, 100-105

CIKRYTOVA, E., KOSTELECKA, B., KOVAR, J., HORAK, S., HANAK, J. (1991)

Standardized exercise test on a track to evaluate exercise in different breeds of horses.

In: Equine Exercise Physiology 3. Persson, S.G.B., Lindholm, A., Jeffcott, L.B. (Hrsg.). ICEEP Publications, Davis, California USA, 37-40

COUROUCE, A., GEOFFRY, O., CHATARD, J. L., AUVINET, B. (1996)

Significance of high heart rate recorded during standardized field exercise tests in detection of orthopaedic diseases in standardbred trotters.

Pferdeheilkunde 12, 588-593

COUROUCE, A., GEOFFRY, O., CHATARD, J. L., AUVINET, B. (1996)

Estimation of performance potential of standardbred trotters from blood lactate concentrations measured in field condition.

Equine vet. J. Suppl. 29, 365-369

COUROUCE, A. (1998)

Endurance and sprint training

In: Lindner, A. (Hrsg.): Conference on Equine Sports Medicine and Science

Wageningen Pers., Wageningen, 190-202

COUROUCE, A., GEOFFRY, O., BARREY, E., (1999)

Comparison of exercise tests in French trotters under training track, racetrack and treadmill conditions.

Equine vet. J. Suppl. 30, 528-531

COUROUCE, A. (1999)

Field exercise testing for assessing fitness in French standardbred trotters.

Equine vet. J. Suppl. 157, 112-122

DAHLKAMP, M. (2003)

Vergleich zweier Trainingsmethoden für Vielseitigkeitspferde unter besonderer Berücksichtigung für Bergtraining.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

DIBOWSKI, A. (2002)

Erfolg mit System.

ST. Georg 9, 64-67

DYSON, S. (1994)

Stifle trauma in the event horse.

Equine vet. Educ. 6, 234-240

ECKER, G. L., LINDINGER, M. I. (1995)

Water and Ion losses during the cross-country phase of eventing.

Equine vet. J. Suppl. 20, 111-119

v. ENGELHARDT, W., HÖRNICKE, H. J., EHRLEIN, H. J., SCHMIDT, E. (1973)
Lactat, Pyruvat, Glucose und Wasserstoffionen im venösen Blut bei Reitpferden in unterschiedlichem Trainingszustand.

Zbl. Vet. Med. A 20, 173-187

EHRLEIN, H.J., v. ENGELHARDT, W., HÖRNICKE, H. , TOLKMITT, G., DUSEK, J. (1970)

Untersuchung über die Beziehung zwischen Herzschlagfrequenz und Leistung bei Pferden.

Zbl. Vet. Med. A 17, 577-591

EHRLEIN, H.J., v. ENGELHARDT, W., HÖRNICKE, H. , TOLKMITT, G., (1973)

Die Herzschlagfrequenz während standardisierter Belastung als Maß für die Leistungsfähigkeit von Pferden.

Zbl. Vet. Med. A 20, 188-208

EVANS, D.L. (1985)

Cardiovascular adaptations to exercise and training.

Vet. Clin. North Am. Equine Practice 1, 513-531

EVANS, D .L., ROSE , R. J. (1988)

Cardiovascular and respiratory responses to submaximal exercise training in the thoroughbred horse.

Pflügers Arch. Eur. J. Physiol. 411, 316-321

EVANS, D.L. (1994)

Training Thoroughbred Racehorses

In: The Athletic Horse.

W.B. Saunders Company, Philadelphia, S. 393-397

EVANS, D. L. (2004)

Exercise testing in the field.

In: Equine Sports Medicine and Surgery, Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete.

Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. J., Geor, R. J. (Hrsg.).

Saunders Company, Philadelphia, 19-31

FÉDÉRATION ÉQUESTRE INTERNATIONALE (FEI) (2003)

Rules for eventing.

Lausanne, Schweiz

FOREMAN, J. H. (1996)

Modifications to the 1996 Olympic 3-day Events to optimise safety under hot and humid conditions.

Pferdeheilkunde 12, 397-400

FOREMAN, J. H. (1996)

Metabolic causes for equine exercise intolerance.

Vet. Clin. North Am. Equine Practice 12, 537-554

FOREMAN, J. H. (1998)

The exhausted horse syndrome.

Vet. Clin. North Am. Equine Practice 14, 205-219

FOREMAN, J. H. (2004)

Veterinary aspects of competing and training three-day event and dressage horses.

In: Equine Sports Medicine and surgery, Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete.

Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. J., Geor, R. J. (Hrsg.).

Saunders Company, Philadelphia, 1090-1104

FREGIN, F., THOMAS, D. P. (1983)

Cardiovascular response to exercise in the horse.

In: Equine Exercise Physiology 1. Snow, D .H., Persson, S.G.B u. Rose, R. J. (Hrsg.). Granta Editions, Cambridge, 76-89

GALLOUX, P. (1996)

Concours complet d`Equitation.

Vigot Maloine, Paris

GALLOUX, P. (2002)

Development of the training method in three-day-event horses.

In: The elite dressage and three day event horse. Conference on equine sports medicine and science, Lindner, A. (Hrsg.), Arno Lindner Verlag, Essen, 55-60

HAUSSLER, K. K. (1999)

Osseus spinal pathology.

Vet. Clin. North Am. Equine Practice 15, 103-112

HEBENBROCK, M. (2005)

GPS gestütztes Monitoring von Hochleistungsvielseitigkeitspferden in Wettkampf und Training.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

HENNINGS, A. (2001)

Herzfrequenzgesteuertes Laufbandtraining von 4-jährigen Warmblutpferden: Leistungsfortschritte und physiologische Indikatoren.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

HILGERS, S. (2005)

Longitudinalverlauf gesundheitlicher insbesondere radiologischer Befunde im Verlauf mehrjähriger definierter Trainingsprogramme von Vielseitigkeitspferden.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

ISLER, R., STRAUB, R., APPENZELLER, T., GYSIN, J. (1982)

Beurteilung der aktuellen Leistungsfähigkeit zur Festlegung der optimalen Belastungsintensität für Intervalltraining bei Warmblutpferden.

Schweiz. Arch. Tierheilk. 123, 603-612

JAEK, F. (2004)

Leistungsmonitoring von Hochleistungsvielseitigkeitspferden im Wettkampf und Training: Untersuchungen zum Blutlaktat.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

JANSSON, A., NYMAN, S., LINDHOLM, A., LINDBERG, J. E. (2002)

Effects on exercise metabolism of varying dietary starch and sugar proportions

Equine vet. J. Suppl. 34, 17-21

JONES, W. E. (1984)

Equine exercise physiology: a rejuvenated discipline.

Veterinary Medicine , August 1984, 1067-1068

KING, C. M., EVANS, D. L., ROSE, R. J. (1995)

Acclimation to treadmill exercise.

Equine vet. J. Suppl. 18, 453-456

KLINE, H., FOREMAN, J. H. (1991)

Heart and spleen weights as a function of breed and somatotype.

In: Equine Exercise Physiology 3. S.G.B. Persson, A. Lindholm, L. B. Jeffcott (Hrsg.).

ICEEP Publications, Davis, California USA, 17-21

KOBAYASHI, M., KURIBARA, K., AMADA, A. (1999)

Application of V200 for evaluation of training effects in the young Thoroughbred under field conditions.

Equine vet. J. Suppl. 30, 159-162

KOHN, C. W., HINCHCLIFF, K. W., McCUTCHEON, L. J., GEOR, R., FOREMAN, J., ALLEN, A. K., WHITE, S. L., MAYKUTH, P. L., WILLIAMSON, L. H. (1995)

Physiological responses of horses competing at a modified 1 Star 3-day-event.

Equine vet. J. Suppl. 20, 97-104

KRZYWANEK, H. (1999)

Leistungsphysiologie

In: O. DIETZ u. B. HUSKAMP: Handbuch Pferdepraxis.

Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 41-46

KRZYWANEK, H., WITKE, G., BAYER, A. (1970)

The heart rates of thoroughbred horses during a race

Equine vet. J. Suppl. 2, 115-117

LANGHORST, C. (2003)

Wegestreckengestaltung und Erholungsfähigkeit von Reitpferden im Vielseitigkeitssport.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

LEUKEUX, P., ART, T., LINDEN, A., DESMECHT, D., AMORY, H. (1991)

Heart rate, haematological and serum biochemical response to show jumping.

In: Equine Exercise Physiology 3. S.G.B. Persson, A. Lindholm, L. B. Jeffcott (Hrsg.).

ICEEP Publications, Davis, California USA, 385-390

LEWING, C. (2001)

Ausdauertraining von Sportpferden bei unterschiedlicher Belastungsintensität und -dauer.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

LINDHOLM, A., SALTIN, B. (1974)

The physiological and biochemical response of standardbred horses to exercise of varying speed and duration.

Acta vet. scand. 15, 310-324

LITTLEJOHN, A., BOWLES, F., ASCHENBORN, G. (1983)

Cardiorespiratory adaptations to exercise in riding horses with chronic lung disease.

In: Equine Exercise Physiology 1. D. H. Snow, S.G.B. Persson u. R. J. Rose (Hrsg.).

Granta Editions, Cambridge, 33-45

MARLIN, D. J., HARRIS, P. A., SCHROTER, R. C., HARRIS, R. C., ROBERTS, C. A., SCOTT, C. M., ORME, C. E., DUNNET, M., DYSON, S. J., WILLIAMS, B., MARR, C. M., CASAS, I., (1995)

Physiological, metabolic and biochemical responses of horses competing in the speed and endurance phase of a CCI*** 3-day-event.

Equine vet. J. Suppl. 20, 37-46

MARLIN, D. J., NANKERVIS, K. (2002)

Equine exercise physiology

Blackwell Science Ltd. ,73-133

MARSLAND, W. P. (1968)

Heart rate response to submaximal exercise in the standardbred horse.

J. Appl. Physiol. 24, 98-101

McKEEVER, K. H., HINCHCLIFF, K. W. (1995)

Neuroendocrine control of blood volume, blood pressure, and cardiovascular function in horses.

Equine vet. J. Suppl. 18, 77-81

McKEEVER, K. H., MALINOWSKI, K. (1997)

Exercise capacity in young and old mares.

Am. J. vet. Res. 58, 1468-1472

McLEAY, J., VALBERG, S., PAGAN, J. D., DE LA CORTE, F., ROBERTS, J., BILLSTROM, J., MCGINNITY, J., KAESE, H. (1999)

Effects of diet on Thoroughbred horses with recurrent exertional rhabdomyolysis performing a standardised exercise test.

Equine vet. J. Suppl. 30, 458-462

McMIKEN, D.F. (1983)

An energetic basis of equine performance.

Equine vet. J. Suppl. 15, 123-133

MELFSEN-JESSEN, J. (1999)

Physiologische Indikatoren unter standardisiertem Laufbandtraining und Belastung bei Sportpferden.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

Michel, G. (2004)

Veränderung der Herzfrequenz unter definierter Steigungsbelastung auf dem Laufband und während des Intervalltrainings von Vielseitigkeitspferden.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

MUNOZ, A., SANTISTEBAN, R., RIBER, C., VIVO, R., AGÜERA, E. I., CASTEJON, F. (1996)

Design of an exercise test on a track for three-day event horses.

Pferdeheilkunde 12, 709

MUNOZ, A., RIBER, C., SANTISTEBAN, R., RUBIO, M. D., AGUERA, A. I., CASTEJON, F. M. (1998)

Cardiovascular and metabolic adaptations in horses competing in cross-country events.

J. vet. Med. Sci. 61 (1), 13-20

OKONEK, S. (1998)

Biochemische und biophysikalische Reaktionen trainierter und nicht trainierter Pferde auf standardisierte Belastung unterschiedlicher Intensität.

Hannover, Tierärztl. Hochsch. , Diss.

PERSSON, S.G.B. (1967)

On blood volume and working capacity in horses

Acta vet. scand., Suppl. 19, 1-189

PERSSON, S.G.B. (1969)

Value of haemoglobin determination in the horse.

Nord. vet. med. 21, 513-523

PERSSON, S.G.B. (1983)

Analysis of fitness and state of training. Evaluation of exercise tolerance and fitness in the performance horse.

In: Equine Exercise Physiology 1. Snow, D. H., Persson, S.G.B, u. Rose, R. J. (Hrsg.). Granta Editions, Cambridge, 441-457

PERSSON, S.G.B. (1986)

Blood volume state of training and working capacity of race horses.

Equine vet. J. Suppl. 1, 52-64

PERSSON, S.G.B., LYDIN, G. (1973)

Circulatory effects of splenectomy in the horse. 3. Effect on pulse-work relationship.

Zbl. Vet. Med. A 20, 521-530

PERSSON, S.G.B., ULLBERG, L. E. (1974)

Blood volume in relation to exercise tolerance in trotters.

J. S. Afr. vet. Ass. 45, 293-299

PHYSICK-SHEARD, P.W. (1985)

Cardiovascular response to exercise and training in the horse.

Vet. Clin. North Am. Equine Practice 1, 383-417

POOLE, D.C., ERICKSON, H.H. (2004)

Heart and vessels: function during exercise and response to training

In: Equine Sports Medicine and Surgery, Basic and Clinical Sciences of the Equine Athlete.

Hinchcliff, K. W., Kaneps, A. J., Geor, R. J. (Hrsg.).

Saunders Company, Philadelphia, 704-708

ROSE, R. J. , ILKIW, J. E., ARNOLD, K. S. (1980)

Plasma biochemistry in the horse during 3-day event competition.

Equine vet. J. Suppl. 12, 132-136

ROSE, R. J., EVANS, D. L. (1990)

Training horses – art or science?

Equine vet. J. Suppl. 22, 2-4

ROSE, R. J., HENDRICKSON, D. K., KNIGHT, P. K. (1990)

Clinical exercise testing in the normal thoroughbred racehorse.

Aust. vet. J. 67, 345-348

ROSE, R. J., KING, C. M., EVANS, D. L., TYLER, C. M., HODGSON, D. R. (1995)

Indices of exercise capacity in horses presented for poor racing performance.

Equine vet. J. Suppl. 18, 418-421

SCHÄFER, B. (2000)

Reaktionen physiologischer Leistungskriterien auf zusätzliches Ausdauertraining während der reiterlichen Ausbildung von Sportpferden.

Hannover, Tierärztl. Hochsch., Diss.

SCHNABEL, G., HARRE, D., BORDE, A. (Hrsg.) (1997)

Trainingswissenschaft: Leistung - Training - Wettkampf

Sportverlag, Berlin

SERRANO, M. G., EVANS, D. L., HODGSON, J. L. (2001)

Heart rate and blood lactate concentration in a field fitness test for event horses.

Aust. Equine vet. 19, 154-161

SERRANO, M. G., EVANS, D. L., HODGSON, J. L. (2002)

Heart rate and blood lactate responses during exercise in preparation for eventing competition.

Equine vet. J. Suppl. 34, 135-139

SILBERNAGEL, S. u. DESPOPOULOS (1991)

Taschenatlas der Physiologie. 4. Auflage

Verlag Thieme, Stuttgart

SKOWRONEK, H., HERTSCH, B. (2003)

Einfluss des Geläufs bei „Großen Vielseitigkeitsprüfungen“ auf die Abbruchhäufigkeit.
Pferdeheilkunde 19, 253-262

SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M., BARNEVELD, A.,
SCHAMHARDT, H. C. (1995)

Effects of weight and riding on workload and locomotion during treadmill exercise.
Equine vet. J. Suppl. 18, 413-417

SLOET VAN OLDRUITENBORGH-OOSTERBAAN, M. M., BARNEVELD, A. (1995)

Comparison of the workload of Dutch warmblood horses ridden normally and on a
treadmill.

Vet. Record 137, 136-139

SNOW, D. H. (1990)

Haematological, biochemical and physiological changes in horses and ponies during
the cross country stage of driving trial competitions

Vet. Rec. 126, 233-239

STRAUB, R., ISLER, R., GYSIN, J. (1984)

Parameter zur Beurteilung der Ausdauer des Pferdes.

Tierärztl. Prax. 12, 499-504

STULL, C. L. (1992) Physical conditioning in the horse.

In: Horse Breeding and Management, EVANS, J. W. (ed.),

ELSEVIER, 369-387

THOMAS, D. P., FREGIN, G.F. (1981)

Cardiorespiratory and metabolic responses to treadmill exercise in the horse.

J. appl. Physiol. 50, 864-868

VALBERG, S. J. (1996)

Muscular causes of exercise intolerance in horses.

Vet. Clin. North Am. Equine Practice 12, 495-515

WEBB, A. I., WEAVER, B. M. Q. (1979)

Body composition of the horse.

Equine vet. J. Suppl. 11, 39-47

WESTON PARK STUDY (2004)

Short format versus Long format CCI2* competition: Is there a physiological difference between horses in these two competitions?

British Eventing Ltd.

<http://www.britisheventing.com/BENews/News/news552.html>

WHITE, S. L., WILLIAMSON, L. H., MAYKUTH, P. L., COLE, S. P., ANDREWS, F. (1995)

Heart rate and lactate concentration during two different cross country events.

Equine vet. J. Suppl. 18, 463-467

WHITE, S. L., WILLIAMSON, L. H., MAYKUTH, P. L., COLE, S. P., ANDREWS, F. M. (1995)

Heart rate response and plasma lactate concentrations of horses competing in the speed and endurance phase of 3-day combined training events.

Equine vet. J. Suppl. 20, 52-56

WHITE, S. L., WILLIAMSON, L. H., MAYKUTH, P. L., COLE, S. P., ANDREWS, F. M., GEISER, D. R. (1995)

Heart rate response and plasma lactate concentrations of horses competing in the cross - country phase of combined training events.

Equine vet. J. Suppl. 20, 47-51

WILLIAMSON, L.H., ANDREWS, F. M., MAYKUTH, P. L., WHITE, S. L., GREEN, E. M. (1996)

Biochemical changes in Three-day-event horses at the beginning, middle and end of Phase C and after Phase D.

Equine vet. J. Suppl. 22, 92-98

WILSON, R.G., ISLER, R. B., THORNTON J. R. (1983)

Heart rate, lactic acid production and speed during a Standardized exercise test in standardbred horses

In: Equine Exercise Physiology 1. Snow, D. H., Persson, S.G.B u. Rose, R. J. (Hrsg.). Granta Editions, Cambridge, 487-496

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1:	Individueller Herzfrequenzkurvenverlauf : CIC*** Bonn	44
Abbildung 3.2:	Herzfrequenzkurvenverläufe während der Geländestrecken (von Start bis Ziel) CCI*** Boekelo und CIC** Schenefeld	45
Abbildung 3.3:	Herzfrequenzkurvenverläufe während der Geländestrecke (von Start bis Ziel) CCI*** Boekelo	46
Abbildung 3.4:	Herzfrequenzen aller Pferde aller untersuchten Prüfungen	48
Abbildung 3.5:	Herzfrequenzen der untersuchten Prüfungen	50
Abbildung 3.6:	4 Schwierigkeitsklassen: Mittlere Herzfrequenz.....	61
Abbildung 3.7:	Herzfrequenzen innerhalb der vier Schwierigkeitsklassen unterteilt in 4 gleichlange Abschnitte	64
Abbildung 3.8:	Herzfrequenzen der Geländestrecke unterteilt nach Geschwindigkeitsklassen	65
Abbildung 3.9:	Herzfrequenzen: Vergleich Training mit Prüfungen	77
Abbildung 3.10:	Einzelherzfrequenzen in Prüfungen und Training: ID 18.....	79
Abbildung 3.11:	Einzelherzfrequenzen in Prüfungen und Training: ID 8.....	80
Abbildung 3.12:	Einzelherzfrequenzen in Prüfungen: ID 30.....	81
Abbildung 3.13:	Einzelherzfrequenzen in Prüfung und Training: ID 1.....	81
Abbildung 3.14:	Einzelherzfrequenzen in Prüfung und Training: ID13.....	82
Abbildung 3.15:	Einzelherzfrequenzen in Training und Prüfungen ID 22.....	83
Abbildung A.1:	Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 39 CIC*** Bonn	134
Abbildung A.2:	Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 30 CIC*** Bonn	134
Abbildung A.3:	Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 18 CIC*** Bonn	135
Abbildung A.4:	Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 27 CIC*** Bonn	135

Abbildung A.5: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 8 CIC*** Bonn	136
Abbildung A.6: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 25 CIC** Kreuth	136
Abbildung A.7: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 7 CCI*** Boekelo.....	137
Abbildung A.8: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 8 CIC*** Cavertitz	137
Abbildung A.9: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 30 CIC*** Marbach.....	138
Abbildung A.10: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 12 VL Hannover	138
Abbildung A.11: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 26 CIC*** Marbach.....	139
Abbildung A.12: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 6 CIC*** Marbach.....	139
Abbildung A.13: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 1 CIC** Schenefeld.....	140
Abbildung A.14: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 29 CIC** Schenefeld.....	140
Abbildung A.15: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 18 Training	141
Abbildung A.16: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz	
ID 13 Training	141

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Herzfrequenzwerte von Hochleistungsvielseitigkeitspferden während Prüfungen	20
Tabelle 3.1: Altersverteilung der Pferde	34
Tabelle 3.2: Zeitliche Abfolge der Prüfungen mit Prüfungsart mit Schwierigkeitsgrad, Streckenlänge, Anzahl der Sprünge, Richtgeschwindigkeit, Anzahl der untersuchten Pferde.....	37
Tabelle 3.3: Summe topographischer Höhenunterschiede der einzelnen Prüfungen (nach JAEK, 2004).....	38
Tabelle 3.4: Klimadaten der Prüfungen.....	38
Tabelle 3.5: Aufbau Eingangsstufenbelastungstest Luhmühlen und Warendorf.....	42
Tabelle 3.6: Herzfrequenzen aller Pferde über alle Prüfungen.....	47
Tabelle 3.7: Signifikante Unterschiede (p) zwischen den Herzfrequenzen aller Prüfungen (t-Test).....	49
Tabelle 3.8: Herzfrequenzen 30 Sekunden vor den Geländestrecken	51
Tabelle 3.9: Herzfrequenzen während der Geländestrecken	53
Tabelle 3.10: Herzfrequenzen 30 Sekunden nach den Geländestrecken	55
Tabelle 3.11: Mittlere Herzfrequenzen von 4 Schwierigkeitsklassen während der Geländestrecken	56
Tabelle 3.12: Mittlere Herzfrequenzen von 4 Schwierigkeitsklassen vor – und nach der Geländestrecke	58
Tabelle 3.13: Signifikanztests für Mittelwertunterschiede zwischen den Schwierigkeitsklassen (VL, CIC**, CIC***, CCI***)	59
Tabelle 3.14: Herzfrequenzen (\bar{x}) während der Geländestrecke: Streckenlänge, Anzahl der Sprünge sowie Höhen- und Temperaturangaben für alle Prüfungen.....	60
Tabelle 3.15: Mittlere Herzfrequenz unterteilt in 4 gleichlange Abschnitte der der Geländestrecke der verschiedenen Schwierigkeitsklassen.....	63

Tabelle 3.16: Signifikanztests (p-Werte) der Mittelwertvergleiche unterteilt in 4 gleichlange Abschnitte der Geländestrecken der verschiedenen Schwierigkeitsklassen	63
Tabelle 3.17: Mittlere Geschwindigkeit während der Geländestrecke unterteilt nach Schwierigkeitsklassen und Einzelprüfungen	66
Tabelle 3.18: Korrelation und deren Signifikanz zwischen der durchschnittlich gerittenen Geschwindigkeit und der mittleren Herzfrequenz	67
Tabelle 3.19: Herzfrequenzen aller Prüfungen unterteilt nach dem Alter der Pferde	69
Tabelle 3.20: Herzfrequenzen unterteilt nach dem Alter der Pferde in Jahren und den Schwierigkeitsklassen (7 – 9 und 10 – 11 Jahre)	70
Tabelle 3.21: Herzfrequenzen unterteilt nach dem Alter der Pferde in Jahren und den Schwierigkeitsklassen (12 – 13 und 14 – 15 Jahre)	71
Tabelle 3.22: Herzfrequenzen aller Prüfungen unterteilt nach dem Geschlecht der Pferde.....	72
Tabelle 3.23: Signifikanztests für Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern	73
Tabelle 3.24: Signifikanztests für Mittelwertunterschiede zwischen den Geschlechtern unterteilt nach Schwierigkeitsklassen.....	73
Tabelle 3.25: Mittlere Herzfrequenzen (\bar{x}) unterteilt nach dem Geschlecht der Pferde und Schwierigkeitsklassen.....	74
Tabelle 3.26: Herzfrequenzen aller Pferde während der Galoppintervalle im Training	75
Tabelle 3.27: Signifikanztests für Unterschiede zwischen den mittleren Herzfrequenzen während der Geländestrecken der Prüfungen und im Training unterteilt nach Schwierigkeitsklassen	76
Tabelle A.1: Streckenlänge, Geschwindigkeit und Dauer der einzelnen Phasen der Geländeprüfung in CCI Prüfungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades.....	126
Tabelle A.2: Streckenlänge und Geschwindigkeit der Geländeprüfung in CIC Prüfungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades	126

Tabelle A.3: Höhe und Breite der Hindernisse auf der Rennbahn und der Geländestrecke in CCI und CIC Prüfungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades.....	127
Tabelle A.4: Trainingsdaten: Anzahl der Intervalle / Gesamt - Streckenlänge, mittlere Herzfrequenz der Intervalle, mittlere Geschwindigkeit der Intervalle.....	128
Tabelle A.5: Alle Prüfungsdaten:	129
Tabelle A.6: Herzfrequenzen der Geländestrecke unterteilt nach Geschwindigkeitsklassen	133

11 Anhang

Tabelle A.1: Streckenlänge, Geschwindigkeit und Dauer der einzelnen Phasen der Geländeprüfung in CCI Prüfungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades

CCI Gelände		One Star (*)	Two Star (**)	Three Star (***)	Four Star (****)
Gesamtlänge [m]		13080-17720	13900-18610	16665-20630	18150-22115
Phase A Wegestrecke 1	Richtgeschwindigkeit [m/min]	220	220	220	220
	Richtzeit [min]	16-20	16-20	16-20	16-20
	Streckenlänge [m]	3520-4400	3520-4400	3520-4400	3520-4400
Phase B Rennbahn	Richtgeschwindigkeit [m/min]	640	660	690	690
	Richtzeit [min]	3-3,5	3-3,5	3,5-4	3,5-4
	Streckenlänge [m]	1920-2240	1980-2310	2415-2760	2760-3105
Phase C Wegestrecke 2	Richtgeschwindigkeit [m/min]	160	160	160	160
	Richtzeit [min]	25-40	25-40	35-45	35-45
	Streckenlänge [m]	4000-6400	4000-6400	5600-7200	5600-7200
Phase D Geländestrecke / Querfeldeinstrecke	Richtgeschwindigkeit [m/min]	520	550	570	570
	Richtzeit [min]	7-9	8-10	9-11	11-13
	Streckenlänge [m]	3640-4680	4400-5500	5130-6270	6270-7410

FÉDÉRATION ÉQUESTRE INTERNATIONALE (FEI) (2003)

Tabelle A.2: Streckenlänge und Geschwindigkeit der Geländeprüfung in CIC Prüfungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades

CIC Gelände	One Star (*)	Two Star (**)	Three Star (***)
Max. Geschwindigkeit [m/min]	520	550	570
Distanz [m]	2500-3500	3000-4500	3600-5000

FÉDÉRATION ÉQUESTRE INTERNATIONALE (FEI) (2003)

Tabelle A.3: Höhe und Breite der Hindernisse auf der Rennbahn und der Geländestrecke in CCI und CIC Prüfungen unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades

CCI Gelände	One Star (*)	Two Star (**)	Three Star (***)	Four Star (****)
Höhe/Rennbahn:				
Fest [m]	1,00	1,00	1,00	1,00
Bürste [m]	1,40	1,40	1,40	1,40
Höhe/Cross:				
Fest [m]	1,10	1,15	1,20	1,20
Bürste [m]	1,30	1,35	1,40	1,40
Breite/Rennbahn & Cross:				
Höchste Punkt [m]	1,40	1,60	1,80	2,00
Basis [m]	2,10	2,40	2,70	3,00
Ohne Höhe [m]	2,80	3,20	3,60	4,00
Tiefsprünge/Cross [m]	1,60	1,80	2,00	2,00

FÉDÉRATION ÉQUESTRE INTERNATIONALE (FEI) (2003)

Tabelle A.4: Trainingsdaten: Anzahl der Intervalle / Gesamt - Streckenlänge, mittlere Herzfrequenz der Intervalle, mittlere Geschwindigkeit der Intervalle

ID	Alter [Jahre]	Geschlecht	Training 1				Training 2				Training 3			
			Intervalle	Intervalllänge [m]	Geschw [m/s]	HF [bpm]	Intervalle	Intervalllänge [m]	Geschw [m/s]	HF [bpm]	Intervalle	Intervalllänge [m]	Geschw [m/s]	HF [bpm]
1	12	Wallach	2	2400	8,9	160								
5	11	Stute	3	7200	7,3	175								
6	10	Wallach	3	7160	7,1	174								
7	12	Wallach	3	7160	7,1	169								
8	9	Stute	3	7160	7,1	172								
11	15	Stute	3	6980	7,3	173			7,7	174				
13	14	Wallach	3	6480	6,0	137	2	3600	6,2	147				
18	10	Wallach	3	7200	7,6	179	3	3000	9,4	171	3	3300	9,2	180
20	9	Wallach	n.b.	n.b.	n.b.	156								
22	9	Wallach	n.b.	n.b.	n.b.	181								
31	13	Wallach	3	3300	9,2	174	3	3600	8,9	170				
32	13	Wallach	2	7200	7,4	160	3	3450	9,6	162	2	2000	8,3	177

HF: mittlere Herzfrequenz aller Intervalle einer Trainingseinheit; Geschw: mittlere Geschwindigkeit aller Intervalle einer Trainingseinheit, Intervalllänge: Gesamtlänge aller Intervalle einer Trainingseinheit; nb: nicht bekannt

Tabelle A.5: Alle Prüfungsdaten:

ID	Alter [Jahre]	Geschlecht	Hannover					Schenefeld				
			Zeit [s]	Geschw [m/s]	30sec vor [bpm]	während [bpm]	30sec nach [bpm]	Zeit [s]	Geschw [m/s]	30sec vor [bpm]	während [bpm]	30sec nach [bpm]
1	12	Wallach	235	8,18	102,67	175,70	155,67	435	9,20	108,17	180,87	152,83
3	10	Wallach	215	8,90	130,83	192,23	184,83	440	9,20	117,00	194,17	160,67
5	11	Stute	240	8,11	136,33	203,90	188,33					
6	10	Wallach	235	8,32	130,83	196,04	166,50	440	9,08	110,33	203,92	177,83
7	12	Wallach						435	9,27	139,67	200,69	172,83
8	9	Stute						440	9,16	118,50	214,88	181,33
9	12	Wallach	235	8,18	158,00	192,06	171,50	450		131,33	199,50	173,33
11	15	Stute	240	8,05	155,00	195,50	177,33	455	8,84	117,67	202,64	177,50
12	12	Wallach	215	8,90	146,17	196,53	157,67					
13	14	Wallach	225	8,51	148,83	198,18	174,83	455	8,92	117,17	201,76	172,17
14	14	Wallach						445	9,14	142,33	213,83	186,67
16	15	Wallach	235	8,18	131,50	186,19	143,00					
17	10	Wallach	235	8,11	119,33	179,32	148,17	450	8,86	137,83	192,36	165,17
18	10	Wallach	225	8,55	128,33	202,22	169,50	450	9,04	133,67	213,99	170,50
20	9	Wallach	225	8,47	111,00	179,11	144,83					
22	9	Wallach	230	7,85	101,67	195,00	160,33					
23	13	Wallach										
24	10	Wallach						435	9,14	118,67	192,61	162,17
25	9	Stute										
26	12	Wallach										
27	10	Wallach										
29	10	Wallach						455	8,98	171,00	196,84	171,00
30	13	Wallach						435	9,27	113,83	187,47	156,67
31	13	Wallach	225	8,70	113,83	205,62	181,83	435	9,57	111,33	207,59	181,50
32	13	Wallach										
34	10	Wallach										
35	7	Wallach	230	8,47	104,00	172,96	146,33					
36	12	Wallach										
39	8	Wallach										
40	11	Wallach										
41	14	Stute										

ID	Alter [Jahre]	Geschlecht	Kreuth					Marbach				
			Zeit [s]	Geschw [m/s]	30sec vor [bpm]	während [bpm]	30sec nach [bpm]	Zeit [s]	Geschw [m/s]	30sec vor [bpm]	während [bpm]	30sec nach [bpm]
1	12	Wallach						415	9,16	104,50	189,19	
3	10	Wallach										
5	11	Stute	440	8,61	109,33	205,47	183,17					
6	10	Wallach						425	8,96	123,00	207,40	174,17
7	12	Wallach										
8	9	Stute										
9	12	Wallach										
11	15	Stute						415	8,86	172,33	209,30	175,17
12	12	Wallach	415	9,30	102,33	189,57	165,00					
13	14	Wallach										
14	14	Wallach										
16	15	Wallach										
17	10	Wallach										
18	10	Wallach										
20	9	Wallach						440	8,58	124,00	183,97	151,67
22	9	Wallach						410	9,27	172,33	209,28	172,33
23	13	Wallach						455	8,37	143,83	188,57	
24	10	Wallach										
25	9	Stute						465	8,03	131,50	190,48	147,50
26	12	Wallach	415	9,37	91,00	202,20	156,67	415	9,16	126,83	201,98	160,17
27	10	Wallach										
29	10	Wallach										
30	13	Wallach						385	9,92	146,67	190,79	163,33
31	13	Wallach										
32	13	Wallach						430	8,80	106,00	194,06	
34	10	Wallach										
35	7	Wallach										
36	12	Wallach										
39	8	Wallach										
40	11	Wallach										
41	14	Stute										

ID	Alter [Jahre]	Geschlecht	Bonn					Cavertitz				
			Zeit [s]	Geschw [m/s]	30sec vor [bpm]	während [bpm]	30sec nach [bpm]	Zeit [s]	Geschw [m/s]	30sec vor [bpm]	während [bpm]	30sec nach [bpm]
1	12	Wallach	470	9,36	104,17	194,27						
3	10	Wallach										
5	11	Stute										
6	10	Wallach	500	8,67	109,00	205,81	177,17					
7	12	Wallach										
8	9	Stute	495	9,09	91,17	215,97	172,83	450	9,40	95,50	214,24	
9	12	Wallach										
11	15	Stute	495	8,83	113,67	211,44	182,83					
12	12	Wallach										
13	14	Wallach	530	8,22	145,67	194,16	157,67					
14	14	Wallach										
16	15	Wallach										
17	10	Wallach										
18	10	Wallach	485	8,71	143,17	213,51						
20	9	Wallach	495	8,80	114,00	189,65	167,33					
22	9	Wallach	490	9,07	131,50	210,09	189,17					
23	13	Wallach										
24	10	Wallach										
25	9	Stute										
26	12	Wallach										
27	10	Wallach	500	8,80	148,00	206,38	174,00	445	9,50	141,00	201,66	
29	10	Wallach										
30	13	Wallach	460	9,48	133,67	191,64	156,67					
31	13	Wallach	475	9,16	129,33	213,46	176,67					
32	13	Wallach										
34	10	Wallach	520	8,41	124,00	187,90						
35	7	Wallach										
36	12	Wallach	475	9,26	96,50	199,92	156,17					
39	8	Wallach	510	8,62	170,33	208,17	189,17					
40	11	Wallach						450	9,50	135,00	195,50	165,17
41	14	Stute										

ID	Alter [Jahre]	Geschlecht	Boekelo					Luhmühlen				
			Zeit [s]	Geschw [m/s]	30sec vor [bpm]	während [bpm]	30sec nach [bpm]	Zeit [s]	Geschw [m/s]	30sec vor [bpm]	während [bpm]	30sec nach [bpm]
1	12	Wallach										
3	10	Wallach										
5	11	Stute										
6	10	Wallach										
7	12	Wallach	615	9,30	147,67	201,64	177,00					
8	9	Stute										
9	12	Wallach										
11	15	Stute										
12	12	Wallach										
13	14	Wallach										
14	14	Wallach										
16	15	Wallach										
17	10	Wallach										
18	10	Wallach	605	9,40	132,83	210,45	166,83					
20	9	Wallach										
22	9	Wallach						650	8,70	136,33	200,45	180,17
23	13	Wallach										
24	10	Wallach										
25	9	Stute										
26	12	Wallach										
27	10	Wallach										
29	10	Wallach										
30	13	Wallach										
31	13	Wallach										
32	13	Wallach										
34	10	Wallach										
35	7	Wallach										
36	12	Wallach										
39	8	Wallach										
40	11	Wallach										
41	14	Stute	610	9,30	101,17	207,30						

Tabelle A.6: Herzfrequenzen der Geländestrecke unterteilt nach Geschwindigkeitsklassen

		7.8-8.0	8.0-8.2	8.2-8.4	8.4-8.6	8.6-8.8	8.8-9.0	9.2-9.4	9.2-9.4	9.4-9.6	9.6-9.8	9.8-10.0
30sec vor	\bar{x} [bpm]	101,67	133,48	140,11	123,36	127,78	136,63	119,33	117,91	130,25	n.a.	146,67
	s [bpm]	n.a.	19,278	8,087	15,505	22,587	22,454	14,348	26,375	13,008	n.a.	n.a.
während	\bar{x} [bpm]	195,00	189,02	192,92	187,39	203,23	201,17	203,75	201,55	199,10	n.a.	190,79
	s [bpm]	n.a.	9,610	3,886	11,182	7,362	7,166	11,941	8,555	7,004	n.a.	n.a.
30sec nach	\bar{x} [bpm]	160,33	161,64	162,08	157,43	178,98	173,39	171,89	165,44	167,78	n.a.	163,33
	s [bpm]	n.a.	17,420	6,246	13,817	7,007	8,388	11,782	8,263	12,621	n.a.	n.a.

\bar{x} : Mittlere Herzfrequenz über n; s: Standardabweichung; 30sec vor: die letzten 30 Sekunden vor der Geländestrecke; Während: während der Geländestrecke; 30sec nach: die ersten 30 Sekunden nach der Geländestrecke; bpm: beats per minute;

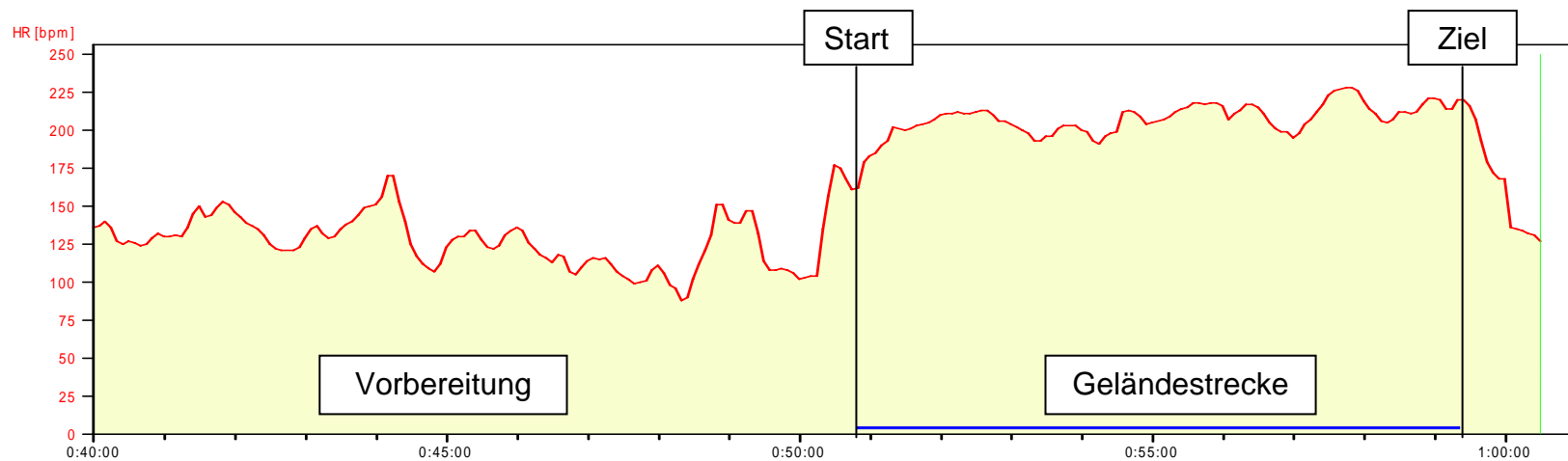


Abbildung A.1: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 39 CIC* Bonn**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

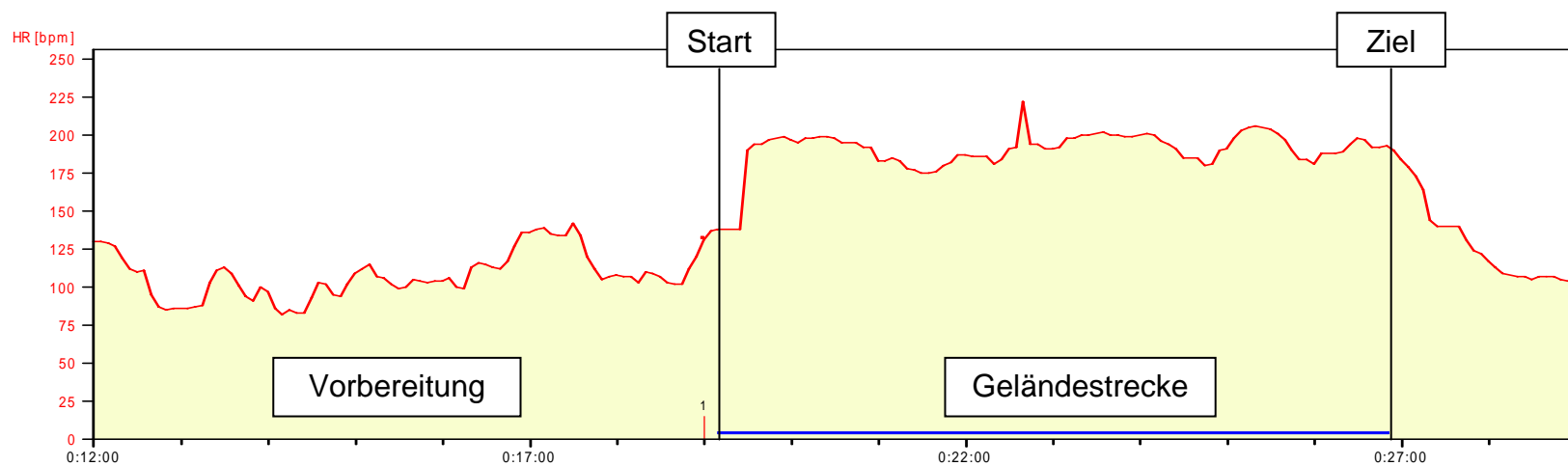


Abbildung A.2: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 30 CIC* Bonn**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

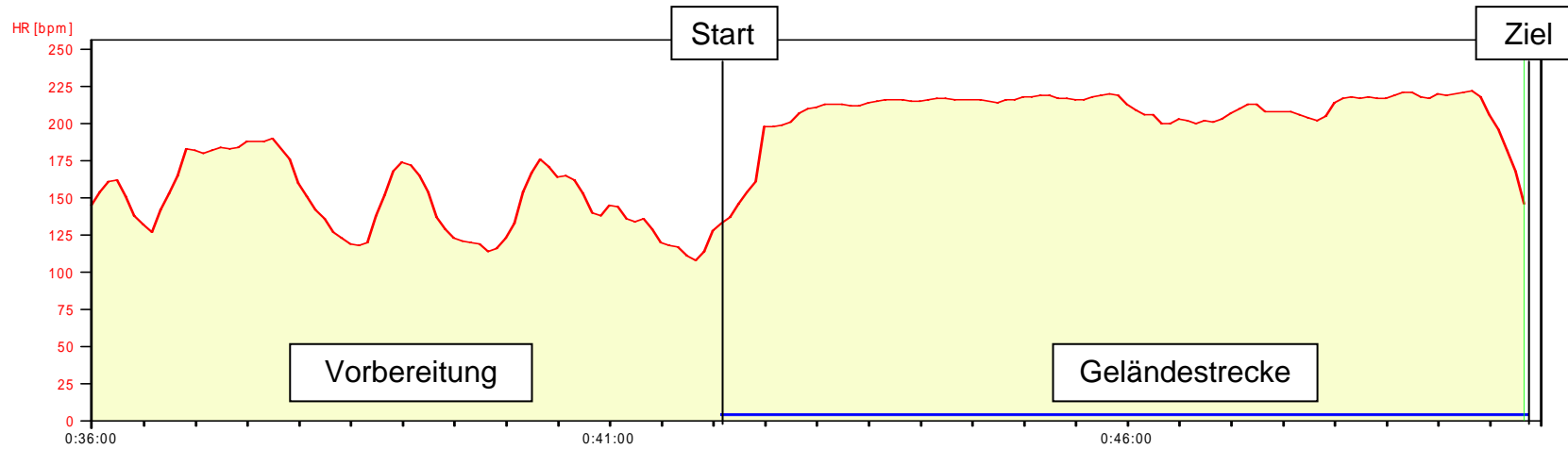


Abbildung A.3: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 18 CIC* Bonn**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

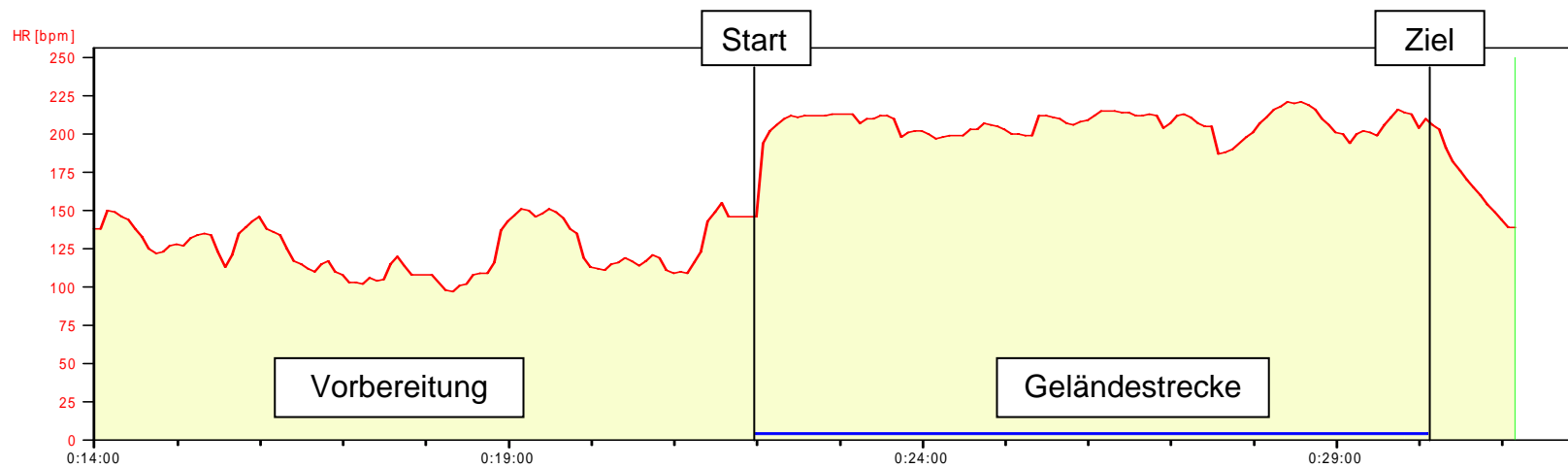


Abbildung A.4: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 27 CIC* Bonn**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

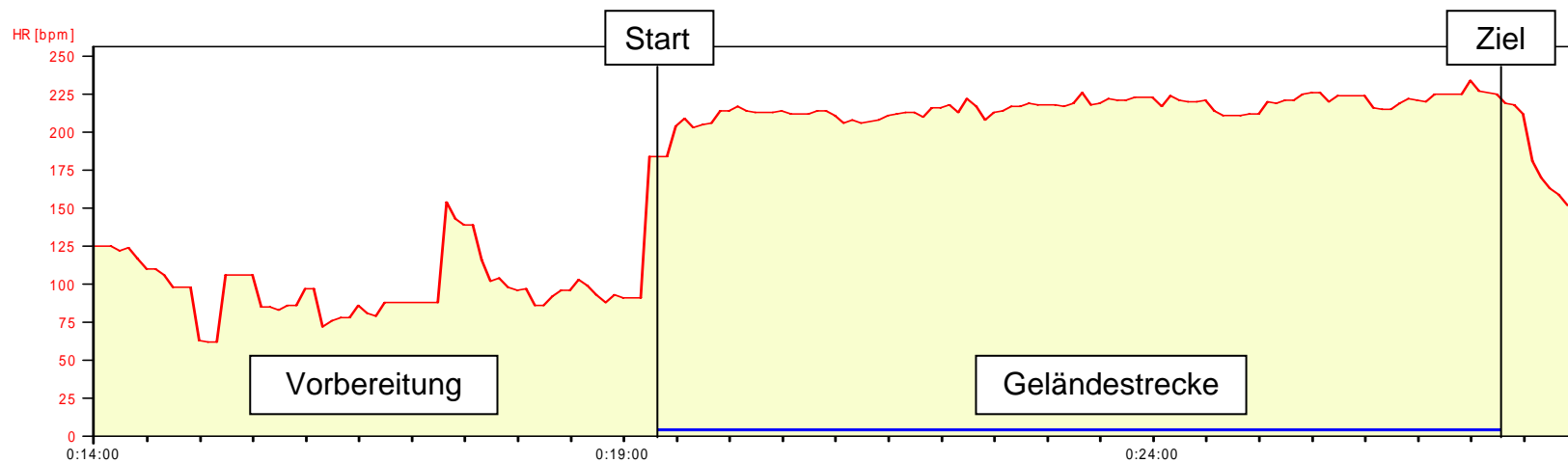


Abbildung A.5: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 8 CIC* Bonn**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

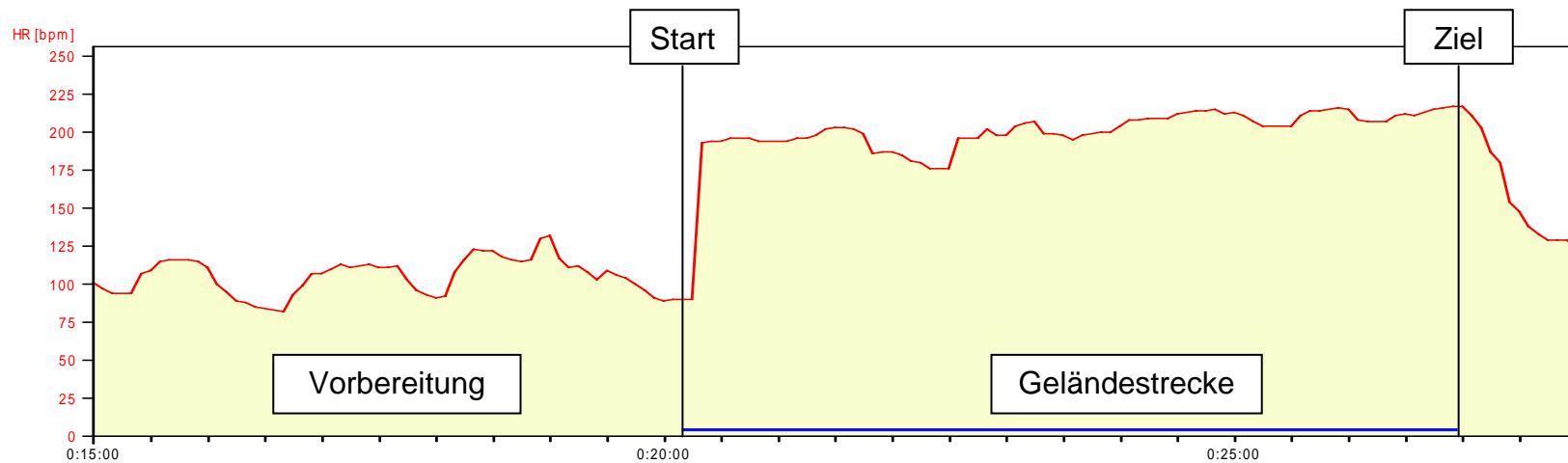


Abbildung A.6: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 25 CIC Kreuth**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

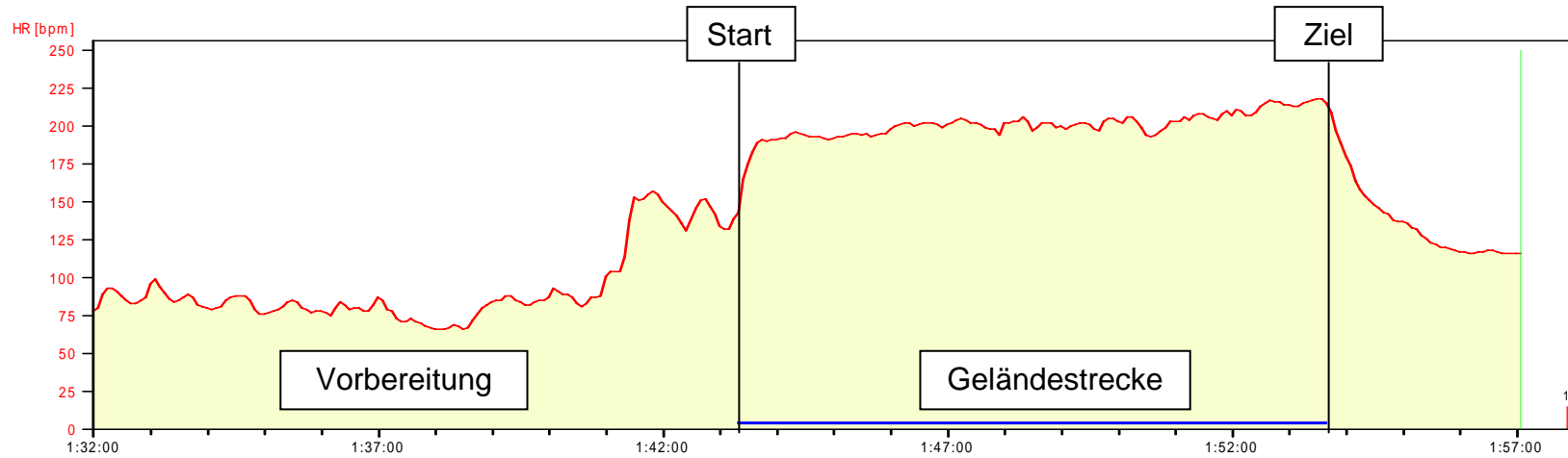


Abbildung A.7: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 7 CCI* Boekelo**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

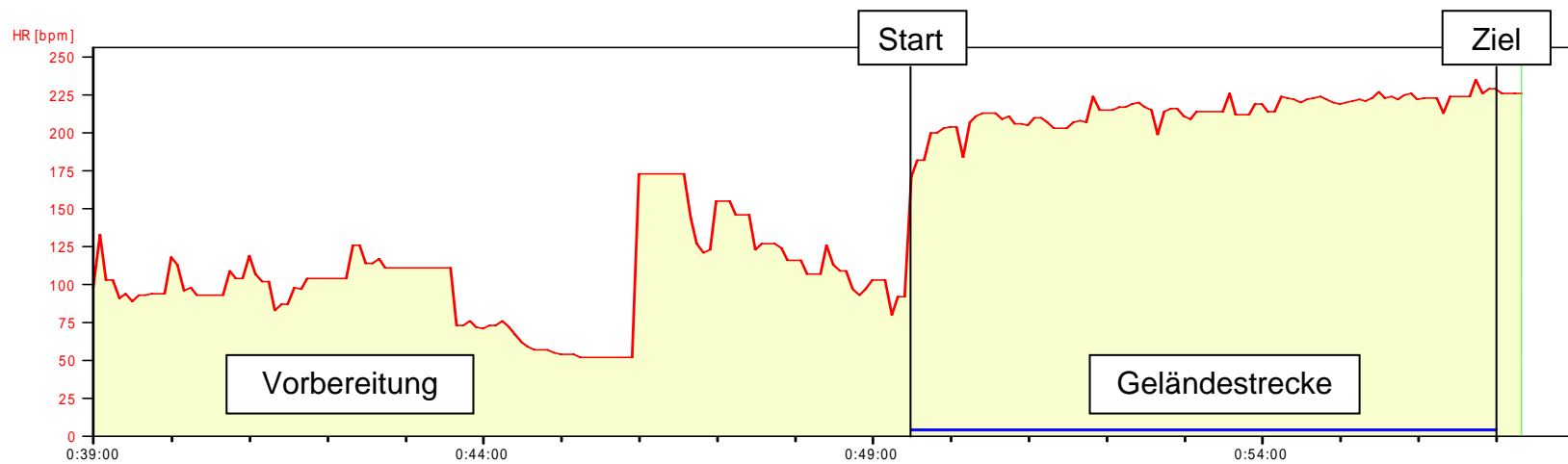


Abbildung A.8: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 8 CIC* Cavertitz**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

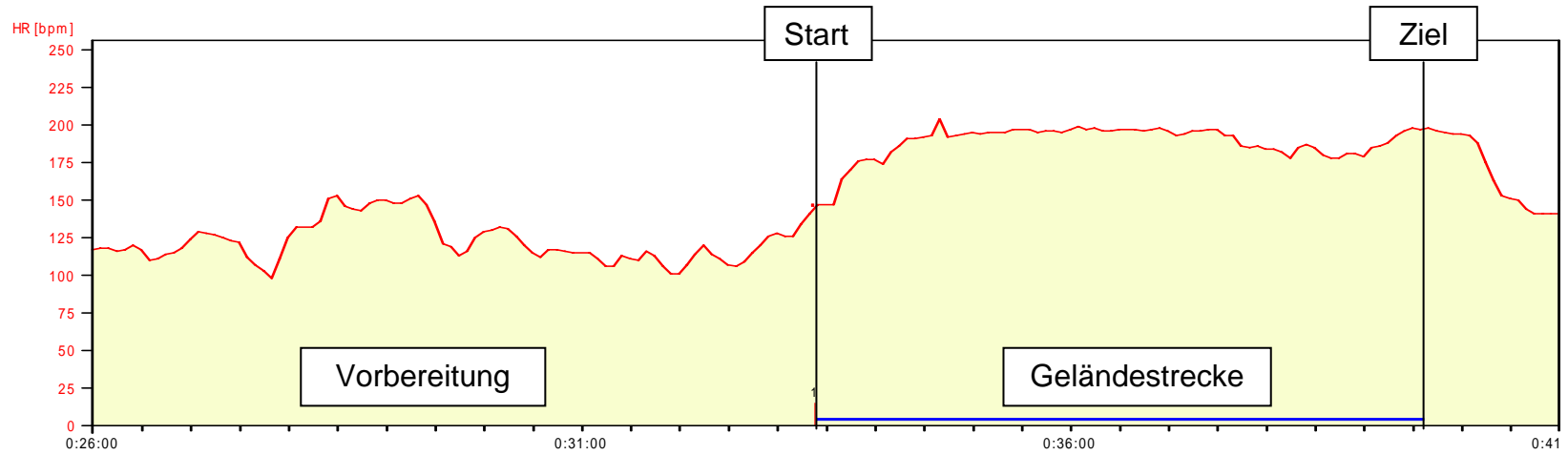


Abbildung A.9: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 30 CIC* Marbach**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

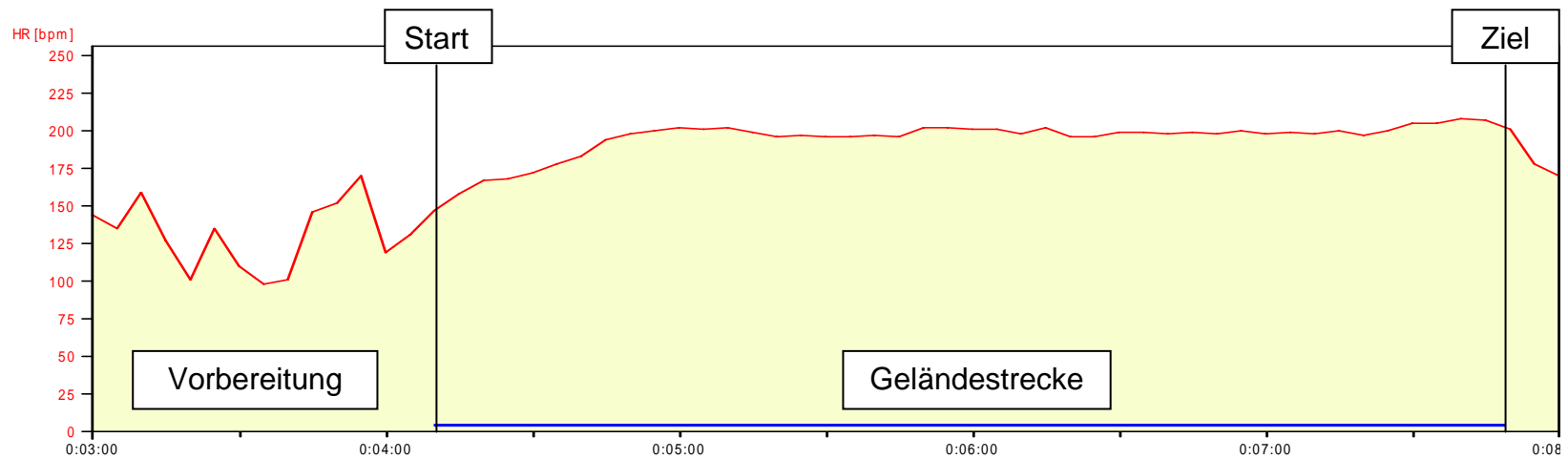


Abbildung A.10: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 12 VL Hannover

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

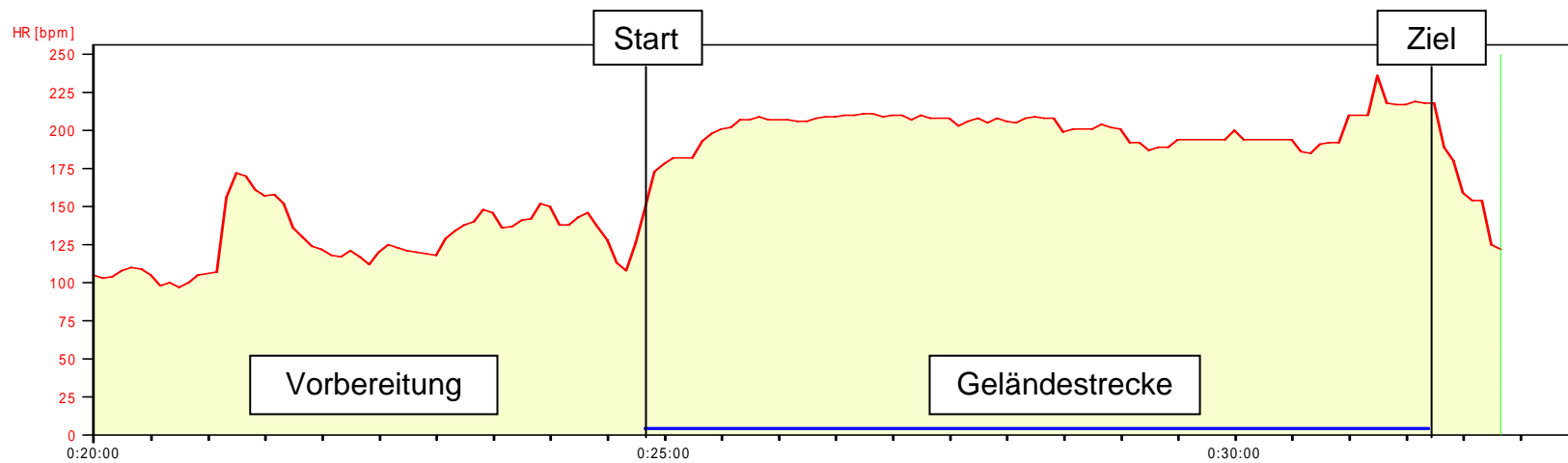


Abbildung A.11: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 26 CIC* Marbach**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

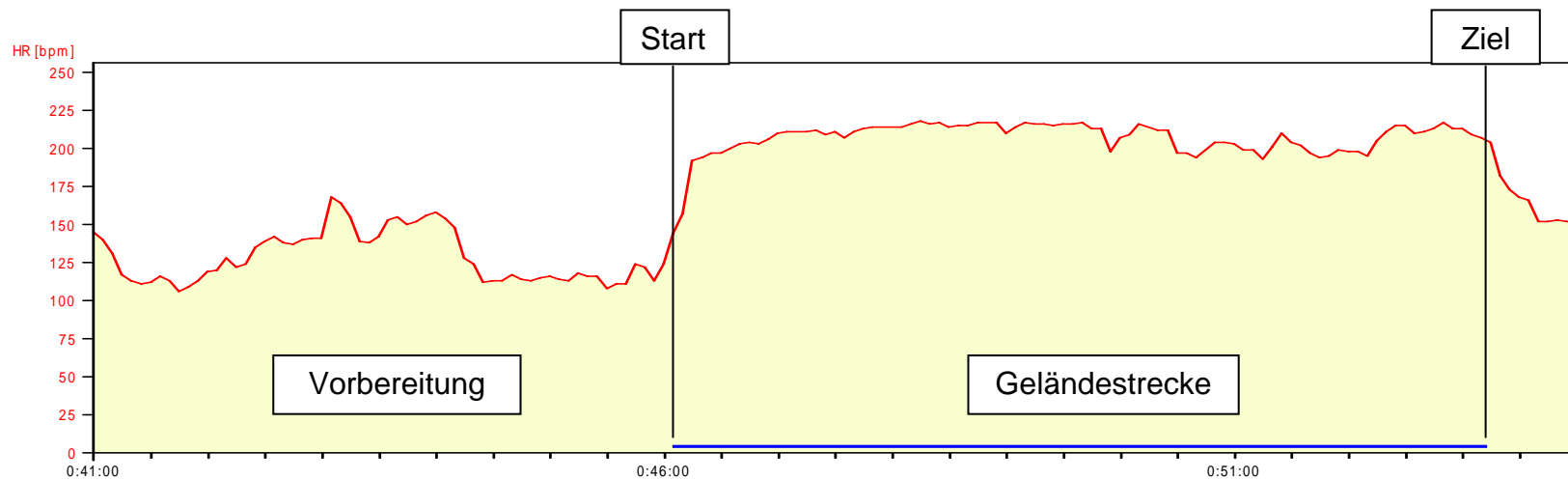


Abbildung A.12: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 6 CIC* Marbach**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

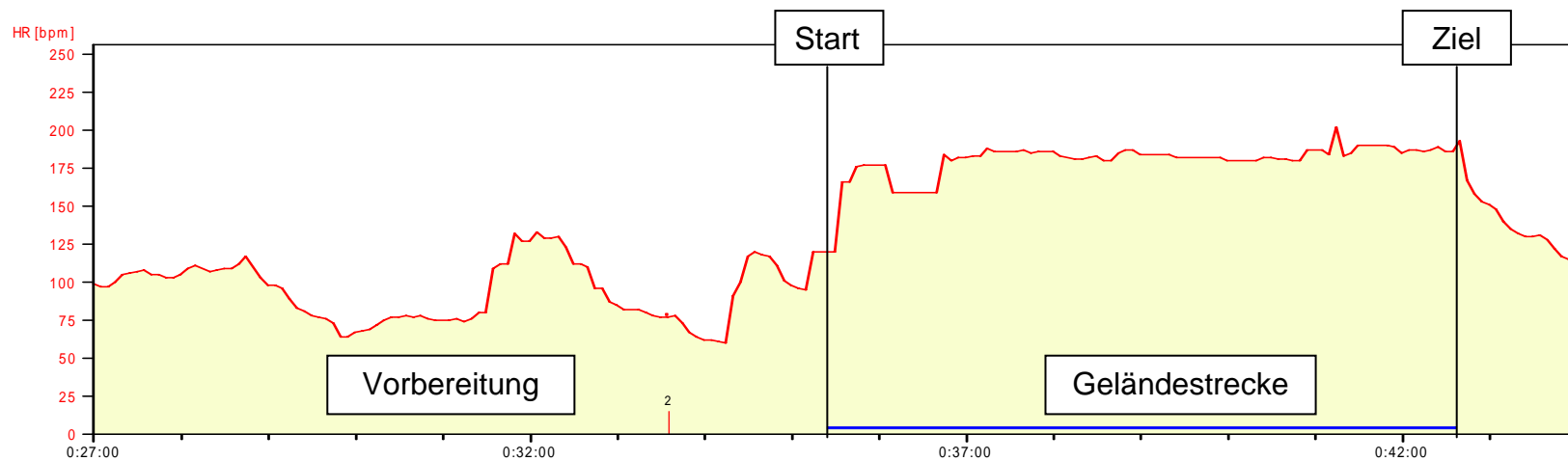


Abbildung A.13: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 1 CIC Schenefeld**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

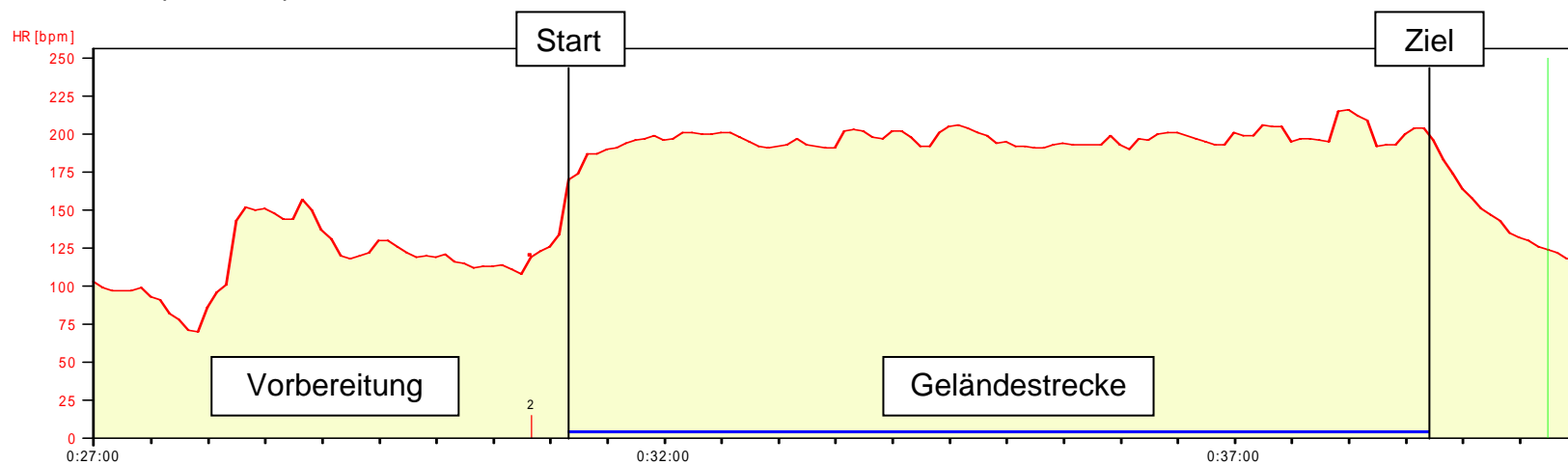


Abbildung A.14: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 29 CIC Schenefeld**

HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

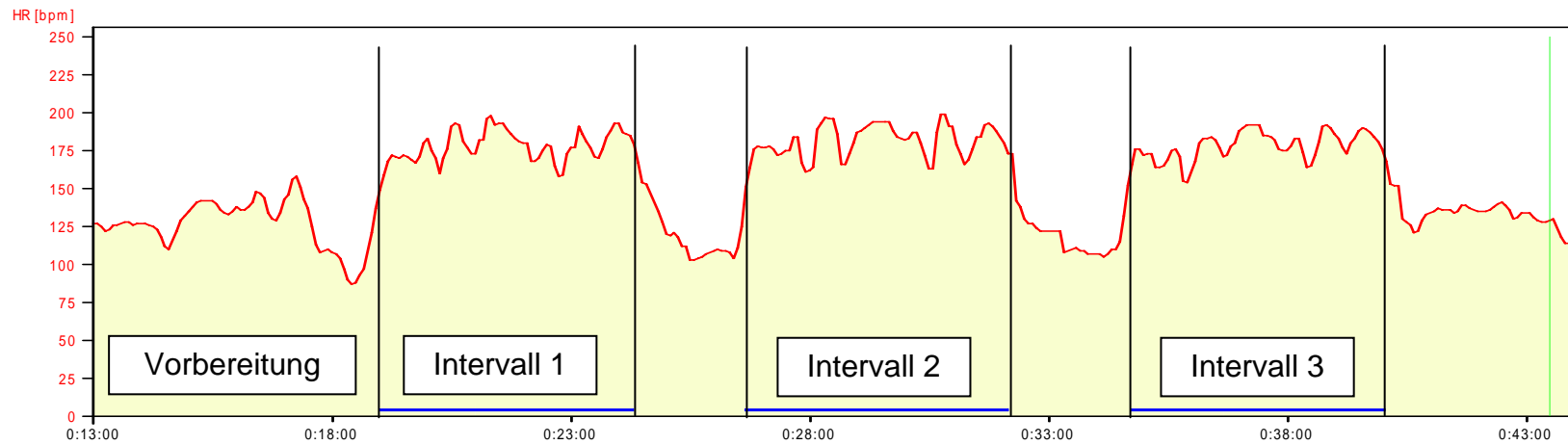


Abbildung A.15: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 18 Training

3 Intervalle a 2400 m; Intervall 1: 7,6 m/s; Intervall 2: 7,3 m/s; Intervall 3: 7,2 m/s; HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

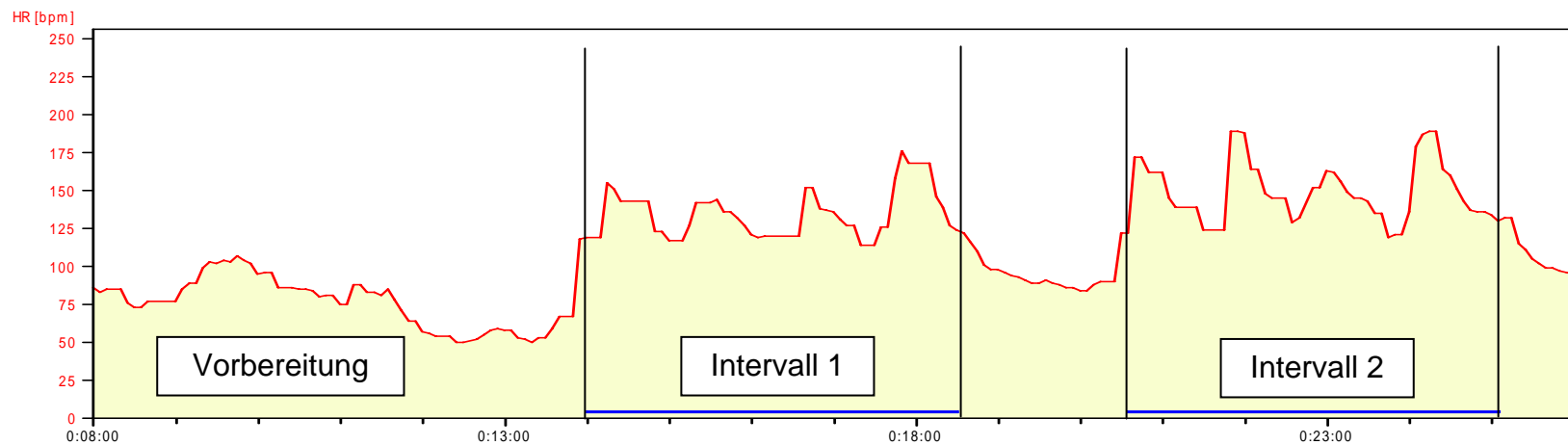


Abbildung A.16: Originalaufzeichnung der Herzfrequenz ID 13 Training

2 Intervalle a 1800m; Intervall 1: 6,2 m/s; Intervall 2: 6,1 m/s; HR: heart rate; bpm: beats per minute; hh:min:sec

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. F. Ellendorff für die Überlassung des Themas und die gute Betreuung und engagierte Unterstützung während der Anfertigung dieser Arbeit.

Weiterhin danke ich der Deutschen Reiterlichen Vereinigung (FN), insbesondere Herrn Dr. med. vet. M. Düe. für die Begleitung dieses Projektes.

Dem Olympiastützpunkt Westfalen Warendorf (OSP), besonders Herrn H. Holzhausen, danke ich für die Unterstützung während der Datenerhebung und Erstellung dieser Arbeit.

Bei den Reitern, den Bundestrainern H. Melzer und C. Bartle, dem Mannschaftstierarzt Dr. med. vet. K. Weitkamp, bedanke ich mich für gute Zusammenarbeit während der Saison 2003.

Den Mitarbeitern des Institutes für Tierzucht und Tierverhalten, Mariensee, die bei diesem Projekt Anteil hatten, danke ich für die immer freundliche Hilfe.

Herrn D. Surmann danke ich für seine Hilfe bei der statistischen Auswertung und die Hilfe in computertechnischen Belangen.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die mir das Studium und die Erstellung dieser Dissertation erst ermöglicht haben und mir immer zur Seite gestanden haben.