

Magisterarbeit

Titel der Magisterarbeit

„Sportanalyse der Sportart Langstreckenlauf unter
besonderer Berücksichtigung kardio - pulmonaler
Parameter und der Herzfrequenz“

Verfasserin

Elisabeth Pichler, Bakk.rer.nat., Bakk.rer.nat.

gemeinsam mit

Thomas Puggl, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften
(Mag.rer.nat.)

Wien, 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer: Ao. Univ. - Prof. Dr. med. Gerhard Smekal

Vorwort

Aufgrund meiner langjährigen Erfahrung als Langstreckenläufer unter anderem mit weitläufigen Einblicken in den Spitzensport, war von vornherein schon klar, dass ich meine Magisterarbeit im Bereich Sport- und Leistungsphysiologie absolvieren würde. Auch meine Bakkalaureatsarbeit wurde in dieser Abteilung verfasst, mit Fokus diese in der Magisterarbeit zu vertiefen.

Während der Verfassung der Bakkalaureatsarbeit wurde die Studie für die Magisterarbeit schon begonnen um keine Zeit zu verlieren. Der Grund war dieser, da diese Studie sehr zeitaufwendig und komplex zu verwirklichen war. Aus zeitlichen Gründen und dem großen Aufwand, entschloss ich mich nach Absprache mit meinem Betreuer Herrn A.o. Prof. Dr. med. Gerhard Smekal, noch einen Diplomanden für dieses Thema zu suchen und dafür zu begeistern. Somit kam es soweit, dass meine Studienkollegin, Elisabeth Pichler, auch ihre Diplomarbeit in diesem Gebiet verfasste.

Elisabeth Pichler, fand durch ihre Studienassistentenstelle in der Leistungsphysiologie großes Interesse in dieser Abteilung. In diesen fünf Monaten war sie für eine EMG - Studie mit einem ähnlichen Studiendesign verantwortlich. Da sie selbst auch eine begeisterte Läuferin ist, war für sie das Thema der Magisterarbeit genau richtig. Mit ihrer Praxiserfahrung und ihrem theoretischen Wissen versuchte sie sich nach bestem Gewissen in dieses große Projekt einzubringen.

Danksagung

An dieser Stelle möchten wir beide ein großes Dankeschön für die sehr gut funktionierende Zusammenarbeit in der Abteilung für Sport- und Leistungsphysiologie aussprechen. Trotz der langen Studiendauer mit einigen Komplikationen blieb das Klima stets sehr angenehm und wir wurden in allen Phasen unserer Studie unterstützt. Somit gilt unserem Betreuer Herrn. Ao. Prof. Dr. med. Gerhard Smekal ein besonderes Dankeschön. Er war jeder Zeit für uns erreichbar und immer zur Stelle, wenn Fragen oder Unklarheiten vorhanden waren. Auch bei der statistischen Auswertung war er uns eine sehr große Hilfe. Wir wollen uns auch bei allen Probanden bedanken, die sich freiwillig dazu bereit erklärt haben, bei unserer Studie mitzumachen.

Ein ganz besonderer Dank gilt auch meiner Familie, besonders meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglicht haben, immer ein offenes Ohr für mich haben und mir stets mit Rat und Tat zur Seite stehen. Danken möchte ich auch all meinen Studienkolleginnen und -kollegen, besonders Magdalena und Anna für alle hilfreichen Tipps und die Bereicherung meiner gesamten Studienzeit und bei Thomas für die gute Zusammenarbeit und spannende Masterarbeitszeit. Last but not least möchte ich mich bei meinem Freund Gernot für die seelische Unterstützung und Geduld während der gesamten Zeit bedanken.

Elisabeth Pichler

Abstract

Zielsetzungen: Seit mehreren Jahren werden kardio-pulmonale und metabolische Parameter dafür verwendet, um eine äußerer physische Belastung auf die innere Beanspruchung des Menschen zu definieren. Durch den Einsatz von transportablen Atemmessgeräte ergab sich die Möglichkeit in den letzten Jahren, neben den einfach zu aufzeichneten Parametern wie Laktat und Herzfrequenz auch während sportlicher Betätigung Daten im Feldtest aufzuzeichnen und dadurch genaue Einsicht in physiologische Abläufe zu bekommen. Diese vorliegende Arbeit wird darauf gerichtet, um eine präzise Sportanalyse der Sportart Langstreckenlauf zu erstellen, was bis dato noch nicht der Fall wa.

Methoden: 36 Läufer (Alter 36 ± 7 , Größe 178 ± 5.4 , Gewicht 71 ± 7.0) von „Hobbysportler“ bis „Sportler mit internationaler Wettkampferfahrung“ nahmen an dieser Studie teil. Alle dieser Probanden haben bereits in der Vergangenheit einen Halbmarathon absolviert und waren in der Lage diese Distanz in 1h 51 min zu absolvieren. Es wurde am Wienerwaldsee ein Halbmarathonwettkampf simuliert. Es wurden fünf Runden zu je 4,26 km auf einem asphaltieren ebenen Straße gelaufen. Die Daten wurden mittels mobiler Spiroergometrie und einer GPS-Uhr mit Brustgurt erhoben. Wir erhielten alle 5 Sekunden Werte für die Atemgasparameter und die Leistung. Die Blutabnahme aus dem Ohrläppchen für die Laktatwerte fand nach jeder Runde statt. Ca. eine Woche später fanden die sogenannten „MLSS-Test“ (MLSS= Maximales Laktat Steady State) auf einer 400 m Laufbahn (Tatar-Bahn) statt. Die Probanden liefen nach einer kurzen Aufwärmphase mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit 30 min lang. Alle 5 Minuten wurde eine Blutprobe abgenommen und die Herzfrequenz wurde mittels Pulsuhr und Brustgurt gemessen. Jeder absolvierte drei bis vier Tests dieser Art, bis das MLSS auf $0,5 \text{ km.h}^{-1}$ genau ermittelt wurde und ein Test mit Entgleisung dabei war, um sicher zu gehen, dass es das Maximale Laktat Steady State ist. Zuletzt wurde mit der ermittelten Geschwindigkeit und der mobilen Spiroergometrie erneut ein 30 min Lauf auf der 400 m Laufbahn durchgeführt. Die Werterhebung fand wieder alle 5 Sekunden statt und die Blutabnahme verlief wie in den Testungen zuvor. Da keine Labortestungen und keine Testungen zur maximalen Ausbelastung durchgeführt wurden, werden die Ergebnisse vom Halbmarathon im Feld zu denen vom MLSS gesetzt.

Resultate: Das Kollektiv (n=36) erreichte über den gesamten Feldtest eine Laufgeschwindigkeit von $14,1 \pm 1,2 \text{ km.h}^{-1}$, eine Sauerstoffaufnahme (VO_2) von $49,3 \pm 8,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ und eine Herzfrequenz (HR) von 171 ± 8 . Die Werte im MLSS betragen für die Laufgeschwindigkeit $15,0 \pm 1,3 \text{ km.h}^{-1}$, die Sauerstoffaufnahme $51,0 \pm 5,3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ und für die Herzfrequenz 173 ± 9 . Das durchschnittliche Laktat (LA) beträgt im MLSS über die gesamten fünf Runden $5,6 \pm 2,0 \text{ mmol.l}^{-1}$. Um auch Daten für einen überdurchschnittlichen leistungsfähigen Langstreckenläufers zu erhalten, wurde ein Mitglied des Swiss Athletics B-Kaders Berglauf, mehrmaliger EM und WM - Teilnehmer im Berg- und Orientierungslauf (Langdistanz) sowie mehrfacher schweizerischer Meister im Berg- und Orientierungslauf in diese Studie einbezogen (Feldtest-HM: Laufgeschwindigkeit $17,9 \text{ km.h}^{-1}$, VO_2 $84,7 \pm 4,9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, MLSS-Test: Laufgeschwindigkeit $19,5 \text{ km.h}^{-1}$, VO_2 $66,2 \pm 3,4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Im simulierten Halbmarathon – Wettkampf lag die durchschnittliche Laufzeit von allen Probanden bei $90,76 \pm 7,86$ Minuten. Das Laktat betrug über die gesamten fünf Runden für das Kollektiv $4,0 \pm 1,8 \text{ mmol.l}^{-1}$. Der Case absolvierte den Feldtest – Wettkampf mit einer Zeit von 70,58 Minuten. Die übrigen Studienvariablen betrugen beim Case 168 ± 3 für die Herzfrequenz und $3,1 \text{ mmol.l}^{-1}$ für das Laktat. Vergleicht man nun die Daten, welche im Feldtest-HM erhoben wurden mit jenen der MLSS-Daten, so war der Wert für die Laufgeschwindigkeit im Wettkampf um 6,3 % niedriger als jene der im MLSS gemessenen Laufgeschwindigkeit. Die durchschnittlichen Werte für die HR und die VO_2 waren im Feldtest-HM lediglich um nur 1 % und 3,5 % niedriger.

Conclusio: Insgesamt bestätigt die hier beschriebene Studie, dass sich von der Geschwindigkeit im Halbmarathon Rückschlüsse auf das Tempo im Maximalen Laktat Steady State und umgekehrt schließen lässt. Die absoluten Laktatwerte und Herzfrequenzen haben keinerlei Aussagekraft und es besteht kein Zusammenhang zwischen den beiden Tests. Die Sauerstoffaufnahme ist im Feldtest Halbmarathon nahezu gleich wie im MLSS – Test, daher ist dieser Parameter sehr aussagekräftig und kann in die spezifische Trainingsplanung in der Sportart Langstreckenlauf problemlos einfließen.

Abstract (Englisch)

Purpose: For several years, cardiopulmonary and metabolic parameters are used in order to define an “external physical strain” on the “internal strain” of a person. Through the use of transportable breathing gas units the opportunity in recent years arose, recording data in the field test during physical activity and thereby get detailed information into physiological processes. In addition to simply recorded parameters such as lactate and heart rate. With this study we want to give precise analysis of the sport long-distance running.

Methods: 36 runners (age 36 ± 7 , height 178 ± 5.4 , weight 71 ± 7.0) of "amateur runner" to "athlete with international competition experience" took part in this study. All of these subjects have already completed a halfmarathon in the past and were able to complete this distance in 110 minutes. A half marathon race was simulated on a course around the Wienerwaldsee. Five rounds each 4.26 km were completed on a flat asphalt road. The data were collected using mobile spirometry and a GPS clock. We received every 5 seconds values for the respiratory gas parameters and performance. The blood samples from the earlobe for lactate levels took place after each round. Afterwards the so-called "MLSS test" (MLSS = maximum lactate steady state) took place on a 400 m track. The subjects were running after a short warm-up period at a given speed for 30 minutes. Every 5 minutes, blood was taken and the heart rate was measured by heart rate monitor. Each athlete completed three to four tests of this type until the MLSS was determined up to $0.5 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ and a test at which the lactate derailed over 1 mmol^{-1} between the last 20 min was completed. This was to make sure that it is the maximum steady state. At least a 30 min run is performed again with the estimated speed and the mobile spirometry. The value survey took place again every 5 seconds and the blood sampling was as in the previous tests. Because no laboratory tests and no tests for maximum physical exertion are performed, the results from the half marathon field are related to those of the MLSS.

Results: The population ($n = 36$) achieved over the whole field test a running speed of $14.1 \pm 1.2 \text{ km.h}^{-1}$, an oxygen uptake (VO_2) of $49.3 \pm 8.3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ and heart rate (HR) of 171 ± 8 . At the MLSS speed of $15.0 \pm 1.3 \text{ km.h}^{-1}$, the oxygen absorption of $51.0 \pm 5.3 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$ and the heart rate of 173 ± 9 was found. The average lactate (LA) at the MLSS was $5.6 \pm 2.0 \text{ mmol.l}^{-1}$. In order to receive data for an above-average performance long distance runner, a member of the Swiss Athletics B-squad fell running, repeated European and World Championships - included participants in the mountain and orienteering (long distance) and more time Swiss champion in mountain and orienteering was tested in this study (field Test HM: speed 17.9 km.h^{-1} , VO_2 $84.7 \pm 4.9 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$, MLSS test: running speed 19.5 km.h^{-1} , VO_2 $66.2 \pm 3.4 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

The average running time of all the subjects in the simulated half-marathon - race was 90.76 ± 7.86 minutes. The lactate was over the full five rounds for the collective, $4.0 \pm 1.8 \text{ mmol.l}^{-1}$. The Case completed the field test - competition in 70.58 minutes. The other study variables were by the Case 168 ± 3 for the heart rate, and 3.1 mmol.l^{-1} for lactate. Comparing the data from the half marathon with the MLSS data, the speed in the race was 6.3% lower than that of the MLSS. The average values for the HR and VO_2 were in the half marathon only 1% and 3.5% lower.

Conclusion: This study confirmed that due to the speed of the half marathon conclusions about the pace in the maximum lactate steady state and the other way round can be drawn. At the selected distance the internal stress is high, but not so high that the values near the MLSS cannot be kept. There has no performance drops been observed despite the lack of nutrient intake, but continuous slight changes in all variables during the half marathon were found. All variables from the half marathon can be related to the values of the same variables at the MLSS. The MLSS is therefore right to be a "gold standard" in performance diagnostics and training control.

Inhalt

1	Einleitung.....	15
2	Methodik der Testdurchführung (Pichler).....	20
2.1	HM – Feldtest	20
2.2	MLSS – Feldtestungen.....	20
2.2.1	Technisches Equipment zur Atemgasanalyse (Oxycon Mobile) (Puggl)	21
2.2.2	Herzfrequenzmessgerät (Puggl).....	22
2.2.3	Laktatmessgerät (Puggl)	22
3	Methodik der Messdatenerfassung (Pichler).....	23
3.1	Statistik	24
3.2	Berechnung der Felddaten	25
4	Streckenbeschreibung mit Profil (Puggl).....	26
4.1	GPS Daten der Laufstrecke.....	26
5	Anthropometrische Daten (Pichler)	27
6	Äußere Belastung und innere Beanspruchung (Pichler).....	34
6.1	Äußere Belastung.....	34
6.2	Innere Beanspruchung	35
7	Ergebnisse der HM - Felddaten (Puggl/Pichler)	36
7.1	Mittelwerte der Felddaten aller Probanden.....	37
7.1.1	Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden – Kollektiv	37
7.2	Mittelwerte der Felddaten - Cluster 1	41
7.2.1	Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Cluster 1.....	42
7.3	Mittelwerte der Felddaten - Cluster 2	46
7.3.1	Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Cluster 2.....	46
7.4	Mittelwerte der Felddaten - Cluster 3	50
7.4.1	Aufteilung der Gesamtfahrzeit in 5 Runden - Cluster 3	51
7.5	Mittelwerte der Felddaten - Cluster 4	55
7.5.1	Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Cluster 4.....	55
7.6	Mittelwerte der Felddaten - Cluster 5	59
7.6.1	Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Cluster 5.....	59
7.7	Mittelwerte der Felddaten - Case	63
7.7.1	Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Case	64
7.8	Intensitätsverteilung (Puggl)	65
7.8.1	Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Kollektiv.....	65
7.9	Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 1	74
7.10	Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 2	83
7.11	Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 3	92
7.12	Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 4	101
7.13	Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 5	110
7.14	Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Case	119

8	Ergebnisse der MLSS - Felddaten (Pichler)	125
8.1	Mittelwerte aller MLSS - Tests (Maximales Laktat Steady State)	125
8.2	Vergleich der Cluster im MLSS und im Halbmarathon	129
8.2.1	MLSS – Werte	129
8.2.2	Halbmarathon - gesamte Laufzeit	133
8.2.3	Halbmarathon aufgeteilt auf die einzelnen Cluster	137
8.2.3.1	Runde 1	137
8.2.3.2	Runde 2	141
8.2.3.3	Runde 3	145
8.2.3.4	Runde 4	148
8.2.3.5	Runde 5	152
9	Sauerstoffumsatz, Korrelationen und Prozentuelle Darstellung der Feldparameter (Puggl)	156
9.1	Korrelation MLSS - Parameter vs. Laufzeit	156
9.2	Korrelation MLSS - Parameter vs. HR HM	157
9.3	Korrelation MLSS - Parameter vs. VO ₂ HM	157
9.4	Korrelation MLSS - Parameter vs. VE HM	157
9.5	Korrelation MLSS - Parameter vs. RER HM	157
9.6	Korrelation der MLSS - Parameter vs. Km.h ⁻¹ HM	158
9.7	Korrelation der MLSS - Parameter vs. Laktat HM	158
9.8	Korrelation MLSS - Parameter vs. Feldparameter	158
9.9	Korrelation Laufzeit HM – Feldtest vs. Laufzeit HM - Bestzeit	159
9.10	Korrelation Laufzeit HM – Feldtest vs. der Trainingsparameter	159
9.11	Unterschiede MLSS - Parameter vs. Feldparameter	159
9.12	Prozentuelle Darstellung der Halbmarathon - Feldparameter im Vergleich zu den MLSS - Werten	160
9.12.1	Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Kollektiv	160
9.12.2	Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Cluster 1	163
9.12.3	Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Cluster 2	165
9.12.4	Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Cluster 3	168
9.12.5	Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert – Cluster 4	170
9.12.6	Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert – Cluster 5	173
9.12.7	Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Case	175
10	Diskussion	178
11	Diskussion (Pichler)	178
11.1	Zeit	179
11.1.1	Zusammenhang mit den Anthropometrischen Daten	180
11.1.2	Zusammenhang mit den Trainingsdaten und der Wettkampferfahrung	181
11.1.3	Zusammenhang mit dem Alter	181
11.1.4	Aufteilung in 5 Runden- Gesamtkollektiv	182
11.1.5	Aufteilung der 5 Runden- einzelnen Cluster	183
11.1.6	Clustervergleich	184
11.2	Geschwindigkeit	184

11.2.1	Halbmarathon.....	184
11.2.2	Aufteilung in Cluster und einzelnen Runden.....	185
11.2.3	Geschwindigkeit MLSS	186
11.2.4	Intensität- Halbmarathon in Bezug zum MLSS- Gesamtkollektiv	187
11.2.5	Intensität- Halbmarathon in Bezug zum MLSS- einzelnen Cluster.....	188
11.2.6	Der Zusammenhang zwischen MLSS und Feldtest - HM	189
11.3	Laktat	192
11.3.1	Verlauf im Halbmarathon - Gesamtkollektiv.....	192
11.3.2	Clustervergleich	193
11.3.3	MLSS	194
11.4	Herzfrequenz.....	196
11.4.1	Rundenvergleich und Intensität	196
11.4.2	Die einzelnen Cluster	197
11.4.3	Korrelation Halbmarathon mit MLSS	199
11.5	Zusammenfassung.....	200
12	Diskussion (Puggl).....	202
12.1	Halbmarathon - Feldtest.....	202
12.1.1	Laufzeit im Halbmarathon	202
12.1.2	Sauerstoffaufnahme (VO ₂ in ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹).....	204
12.1.3	Atemminutenvolumen (VE).....	211
12.1.4	Respiratory Exchange Ratio (RER)	213
12.1.5	Vergleich der Laufzeit vs. VO ₂ im HM - Feldtest	216
12.1.6	Intensität (MLSS vs. HM - Feldtest).....	217
12.2	MLSS - Testungen	220
12.2.1	Sauerstoffaufnahme (VO ₂).....	220
12.2.2	Atemminutenvolumen (VE).....	222
12.2.3	Respiratory Exchange Ratio (RER)	222
12.2.4	Korrelationen Feldtest - HM vs. MLSS - Test.....	224
12.3	Zusammenfassung.....	226
	Literaturverzeichnis (Pichler)	227
	Literaturverzeichnis (Puggl).....	231
	Tabellenverzeichnis	235
	Abbildungsverzeichnis	244
	Abkürzungsverzeichnis	248
	Anhang	249

1 Einleitung

Das Maximale Laktat Steady State (MLSS) in Kombination mit der Messung der Atemgase stellt den „Golden Standard“ zur sportartspezifischen Bestimmung der anaeroben Schwelle bzw. der aeroben Leistungsfähigkeit dar. Zur Ermittlung der Dauerleistungsgrenze (Steady State), welche das dynamische Gleichgewicht zwischen der Laktatproduktion und -Elimination im Gleichgewicht stehen. Ein Steady State der Blutlaktatkonzentration kann sich einstellen, wenn bei körperlicher Arbeit, nachdem sich die Sauerstoffaufnahme der Belastung angepasst hat, der Energiebedarf des Gesamtorganismus oxidativ gedeckt wird. Die höchste Blutlaktatkonzentration, bei der sich ein Steady State einstellt, wird als Maximales Laktat Steady State (MLSS) bezeichnet (Heck 1990, Beneke et al. 2000, Hottenrott et al. 2008). Es ist auch definiert als die höchste konstante Intensität einer Belastung in der die Blutlaktatkonzentration in einer 30 minütigen Belastung mit konstanter Geschwindigkeit in den letzten 20 min nicht mehr als 1 mmol^{-1} ansteigt. Für die Ermittlung dieses Zustandes sind mehrere submaximale Tests an verschiedenen Tagen erforderlich (Beneke 2003). Mittlerweile wurden schon andere Protokolle, Testmethoden und Kriterien ebenfalls erprobt, wie zum Beispiel die Ermittlung des MLSS durch die Herzfrequenz (Snyder et al. 1993), den RER (Respiratory Exchange Ratio) (Leti et al. 2012) oder mittels einem 1-Tages-Protokoll (Palmer et al. 1998, Kuphal et al. 2003). Es existieren auch unterschiedliche Entscheidungskriterien zur Feststellung eines MLSS.

Autor	Dauer eines Tests	Maximal Laktatanstieg (mmol.l^{-1})	Anmerkungen
Billat et al. (1994)	20 und 30	?	
Haverty et al. (1988)	20	0,2	
Heck et al. (1985)	28	0,9	
Mocellin et al. (1990)	15,5	0,4 oder 0,4	Für Kinder
Urhausen et al. (1993)	45	1,17	
Wukkuansdábd Arstrong (1991)	10	1	Für Kinder

Tab. 1: Vergleich verschiedener Konzepte zur Bestimmung des MLSS am Laufband (Quelle: mod. n Beneke 2003, S.96)

Eine Studie von Beneke (2003) untersucht drei verschiedene Konzepte zur Ermittlung des Maximalen Laktat Steady States mit unterschiedlicher Dauer und unterschiedlichem maximalen Laktatanstieg. Das beste Ergebnis erhielt der Autor bei einer 30 minütigen Belastung mit einem maximalen Laktatanstieg von 1mmol in den letzten 20 Minuten.

In der hier präsentierten Testreihe wurde diese ursprüngliche Definition und auch das mehrtägige Untersuchungsdesign verwendet. Das MLSS kann zur Trainingssteuerung und zur Vorhersage von Wettkampfzeiten verwendet werden. Obwohl häufig beschrieben wird, dass es für beide Aspekte sinnvoll ist, gibt es noch recht wenig Studien die dies genau beschreiben (Armarweay et al. 2004). Auch Vergleiche des MLSS mit der Individuellen Anaeroben Schwelle wurden getestet (Urhausen et al. 1993). Die meisten Studien dieser Art finden im Labor, am Laufband, unter standardisierten Bedingungen statt, jedoch können diese Werte nicht eins zu eins aufs Feld umgelegt werden. Einige wenige führten die Testungen auch auf der Laufbahn durch (Leti et al. 2012, LaFontaine, Londeree & Spath, 1981). Die Werte wurden aber immer auf maximale Werte aus dem Labor oder einem Stufentest auf dem Feld bezogen. Eine Studie beinhaltete zusätzlich einen Feldtest mit einer Distanz von 5 km mit Wettkampfcharakter und verglich dabei die Sauerstoffaufnahme und die Blutlaktatkonzentration (Haverty et al. 1988). Das gängigste Untersuchungsdesign besteht aus einem Ausbelastungstest am Laufband und den 30 minütigen MLSS-Testungen an weiteren unterschiedlichen Tagen ebenfalls unter Laborbedingungen (Leti et al. 2012, Haverty et al. 1988, Almarawaey et al. 2003). Aus diesem Grund wollten wir durch unsere Studie sportartspezifische bzw. wettkampfspezifische Daten aus dem Feld liefern und die inneren Vorgänge von Langstreckenläufern unter besonderer Berücksichtigung von kardio-pulmonaler Parameter und der Herzfrequenz beschreiben und mit dem MLSS in Verbindung setzen. Der Wissensstand über die genauen inneren Abläufe während eines Halbmarathons ist sehr gering. Nur wenige Autoren beschrieben dagegen bisher das Verhalten leistungsphysiologischer Parameter im Langstreckenlauf (Billat et al. 1995, 1998, 2002, Midgley et al. 2007) wie etwa die im Mittel auftretende prozentuelle auf das Körpergewicht bezogene Sauerstoffaufnahme (%VO₂). Biologische Messgrößen (wie Herzfrequenz, Laktat) zur Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit, sowie zur Steuerung von Ausdauerbelastungen sind meist auf Grund ihrer Praktikabilität weit

verbreitet (Hottenrott et al. 2008, Vassiliadis 1999, Röcker et al. 1998). Williams et al (1983) erhoben bei vier Athleten die Blutlaktatkonzentration und Herzfrequenzen während eines Halbmarathonwettkampfes und setzten diese in Verbindung mit den maximalen Werten eines Ausbelastungstests am Laufband. Informationen über die Verbindung zwischen Halbmarathon und dem MLSS, die bislang noch fehlen, sollten mit der vorliegenden Studie gebracht werden. Genauso wie der genaue Verlauf der Parameter Sauerstoffaufnahme, Ventilation, Herzfrequenz, Blutlaktatkonzentration und RER während eines simulierten Halbmarathons im Feld.

Großteils der Kollektive aus vergangenen Studien bezogen sich auf männliche Ausdauersportler im mittleren Alter (Leti et al 2012, Diaz et al 2008, Haverty et al. 1988, LaFontaine, Londeree und Spatz 1981, Beneke 2003, Palmer et al 1998, Billat et al. 1994). Nur eine Studie schloss auch Frauen in die Studie mit ein (Williams et al. 1994). Und nur eine Studie testete trainierte Jugendliche (Almaraeaey et al. 2003). Im Allgemeinen findet man wenige Studien, die nur mit Läufern durchgeführt wurden. Einige Autoren testeten Läufer und Radfahrer am Laufband und Radergometer (Urhausen et al. 1993, Beneke 2002, Fontana, Boutellier und Knöpfli-Lenzin 2009).

Die Kollektivgröße schwankt von ≤ 10 Probanden (Williams et al. 1983, Billat et al. 1994, Diaz et al. 2008, LaFontaine, Londeree und Spath 1981) bis zu 25- 26 Probanden (Beneke 2003 und Almaraeaey 2003). In den meisten Fällen handelte es sich um homogene Gruppen mit ähnlicher MLSS-Geschwindigkeit. Da die Streubreite der Athleten der hier präsentierten Studie größer ist, sollte eine hohe Anzahl der getesteten Probanden und eine Einteilung in Cluster, eine noch genauere Analyse bringen.

Zu Beginn war die Streckenlänge eines Marathons geplant, aufgrund technischer Schwierigkeiten mit der mobilen Spiroergometrie Einheit (Jaeger Oxycon Mobile, Würzburg, Deutschland) wurde die Halbmarathondistanz gewählt. Durch die daraus resultierenden spiroergometrischen Variablen wie VE, VO₂ und RER zusätzlich zu der gemessenen Herzfrequenz, der Blutlaktatkonzentration und der Laufzeit, kann die Sportart Langstreckenlauf genauer analysiert werden. Der erstrebenswerten, sportartspezifischen Durchführungsform der Ausdauerleistungsfähigkeit wird in diesen durchgeführten Testserien der Studie Rechnung getragen.

Die Streckenlänge des Halbmarathons ist genau die Hälfte des Marathons, also 21,0975 km. In unserem Fall sind es 21,3 km, da es sehr schwer war in Wien eine flache Runde

ohne befahrene Straßen zu finden. Schon in den 70er Jahren wurden die ersten Bestzeiten registriert. Der aktuelle Weltrekord liegt bei den Männern bei 58:23 min, aufgestellt von Zersenay Tadese in Lissabon im März 2010.

Im Zuge einer Bakkalaureatsarbeit wurde bereits mit den ersten Überlegungen dieser Studie begonnen. Nach einer längeren Planungsphase und Aufteilung der Studie auf zwei Diplomanden, wurde im März 2012 mit der Testserie begonnen und im November 2012 wurden sie beendet. Es kam zwischendurch zu vielen Verschiebungen aufgrund der Wetterbedingungen wie einer Hitzewelle im Sommer, vieler Regentage und auch durch die hohe Empfindlichkeit und teilweise technischen Probleme der Gerätschaften. Nach Beendigung der letzten Testung wurde mit der aufwendigen Zusammenführung der Daten begonnen und danach die statistische Auswertung durchgeführt.

Ziel der durchgeführten Studie war es, im Verlaufe des simulierten Halbmarathon – Wettkampfes relevante Parameter für die äußere Belastung (z.B. Lauftempo, Höhenprofil) zu erheben, sie den Parametern der inneren Beanspruchung (wie Sauerstoffaufnahme, Ventilation, RER, Herzfrequenz und Laktat) gegenüberzustellen und schließlich an den individuellen Leistungsdaten zu messen. Mit dem Ziel, die inneren Vorgänge bei Langstreckenläufern genauer zu beschreiben formulierten wir folgende zentrale Fragen:

Wie verhalten sich die Parameter Geschwindigkeit, Herzfrequenz, Laktat, VO_2 , VE und RER

- im Halbmarathon und dessen Verlauf
- im Maximalen Laktat Steady State
- im Halbmarathon im Vergleich zum MLSS

Wir teilten das gesamte Kollektiv (n=36) nach der Halbmarathonzeit in 5 kleinere Cluster (n=4-10) um genauere, leistungsspezifischere Daten zu erhalten und die unterschiedlichen Niveaus vergleichen zu können. Zusätzlich wird der schnellste Läufer einzeln genauer als „Case“ beschrieben.

Dadurch ergaben sich weitere Fragestellungen:

Wie verhalten sich die Parameter Geschwindigkeit, Herzfrequenz, Laktat, VO_2 , VE und RER in:

- Den Clustern 1-5 und des Case im Halbmarathon?
- Den Clustern 1-5 und des Case im MLSS?

- Den *Clustern 1-5* und des *Case* im *Halbmarathon* im Vergleich zum *MLSS*?
- Gibt es Unterschiede innerhalb der *5 Cluster* im *Halbmarathon*?
- Gibt es Unterschiede innerhalb der *5 Cluster* im *MLSS*?
- Gibt es Unterschiede innerhalb der *5 Cluster* und des *Case* im *MLSS* vs. *Feldtest*?
- Gibt es Unterschiede zwischen den *einzelnen Runden* im *Halbmarathon*?
- Gibt es Unterschiede innerhalb der *Cluster* in den *einzelnen Runden*?

Die Studie wurde größtenteils von Puggl Thomas im Zuge seiner Bakkalaureatsarbeit geplant. Die Testungen wurden entweder gemeinsam durchgeführt oder aufgeteilt. Bei der Zusammenführung der Daten, Auswertung und Diskussion wurden die spiroergometrischen Variablen wie RER, VO_2 und VE von Puggl Thomas bearbeitet und die Parameter Herzfrequenz, Laktat, Laufzeit und Geschwindigkeit von Pichler Elisabeth.

Nach dem aktuellen Informationsstand gibt es keine einzige Studie, die spiroergometrische Daten vom Halbmarathon im Feld liefern und diese mit denselben Parametern im MLSS vergleicht. Mit unserer Testreihe möchten wir die Gelegenheit nützen um eine möglichst sportartspezifische, wettkampfnähe Darstellung der Sportart Langstreckenlauf, mit einer besonderen Berücksichtigung auf die Halbmarathondistanz liefern. Dadurch können wir die äußere Belastung mit der inneren Beanspruchung im Langstreckenlauf genauer beschreiben. Diese komplexe Aufzeichnung von spiroergometrischen inkl. - kardio - pulmonalen Parametern fand in der Leistungsphysiologie noch keinen standhaften Anklang. Unsere komplexe Testreihe wurde daher noch nie zuvor in diesem Rahmen durchgeführt und macht diese einzigartig.

2 Methodik der Testdurchführung (Pichler)

In diesem Kapitel werden die Abläufe der Feldtests genauer beschrieben.

2.1 HM – Feldtest

Die Probanden bewältigten 5 Runden zu je 4,26 km um den Wienerwaldsee so schnell wie möglich und liefen somit die Halbmarathondistanz (21,3 km) im Wettkampftempo. Die Strecke war durchgehend asphaltiert und eben. Genauere Informationen können dem Streckenprofil entnommen werden. Die Probanden wurden mit einer mobilen Spiroergometrie Einheit, einem Brustgurt, einem Herzfrequenzmessgerät und reflektierenden Markern an den ausgewählten Gelenken und entscheidenden Punkten (Schläfen) ausgestattet. Während der gesamten Testung wurden die Herzfrequenz und die Atemgasparameter aufgezeichnet. Zwischen den Runden wurde immer am gleichen Ort Blut aus dem Ohrläppchen für die Laktatdiagnostik abgenommen und die Maske inklusive Schläuche des Messgeräts gewechselt um Verstopfungen zu vermeiden. Zusätzlich wurden die Läufer einmal pro Runde (an einer fixen Stelle nach ca. 1 km vom Start) von einer Highspeedkamera aufgezeichnet. Die genaue Beschreibung der Testgeräte folgt unten in einem eigenen Kapitel.

Danach zogen wir aus der Halbmarathonzeit Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit für die MLSS-Testungen. Verwendet wurde eine Formel, auf die in einem anderen Kapitel näher eingegangen wird.

2.2 MLSS – Feldtestungen

Die weiteren Tests fanden auf einer 400 m Laufbahn statt. Die Probanden liefen nach einer kurzen Aufwärmphase 30 min mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit. Um diese möglichst genau einzuhalten, definierten wir auf der Laufbahn 4 Punkte (jeweils 100 m Abstand) und piffen regelmäßige zu den Zeitpunkten, zu denen sie die 100 m absolviert haben sollten. Alle 5 Minuten Runden wurde die Herzfrequenz notiert und Blut aus dem Ohrläppchen für die Laktatwerte abgenommen. Anhand deren Werte wurde die Geschwindigkeit für die nächste Testung ermittelt. Bei einem Steady State erhöhten wir die Geschwindigkeit immer um 0,5 km/h bis zuletzt die Laktatwerte innerhalb der letzten 20 min über 1 mmol.l^{-1} anstiegen und eine „Entgleisung“ fest stand. Wenn das vorgegebene Tempo zu niederschwellig war, erhöhten wir es ebenfalls um 0,5-1 km.h⁻¹.

Wenn gleich beim ersten Versuch ein zu hoher Anstieg der Laktatwerte zu beobachten war, oder die Geschwindigkeit nicht konstant gehalten werden konnte, senkten wir beim nächsten Test das Tempo um $0,5 \text{ km.h}^{-1}$. Genauere Abstufungen waren durch den Feldtestcharakter leider nicht möglich. Zwischen den Test lagen immer zwei bis vier Tage. Nachdem das exakte Tempo des Maximalen Laktat Steady States feststand und es durch einen Test über diesem Steady State bewiesen wurde, absolvierte der Proband mit dieser Geschwindigkeit einen 30 min Lauf mit der mobilen Spiroergometrie Einheit um die Atemgasparameter an dieser Schwelle zu messen.

Während der gesamten Testreihe versuchten wir die Bedingungen bestmöglich standardisiert zu halten. Wir bemühten uns die Temperatur, die Tageszeit und die Windstärke konstant zu halten, was leider am Feld nicht immer zu hundert Prozent möglich ist. Ebenso wurden die Probanden ersucht die Ernährung am Tag vor dem Test und am Tag des Feldtestes, bezogen auf die Nährstoffzusammensetzung und Energieaufnahme gleich zu halten. Das wurde mit einem Ernährungsprotokoll kontrolliert. 48 h vor dem Test waren keine intensive Trainingseinheiten erlaubt und auch das Trainingspensum durfte vom ersten bis zum letzten Test nicht gesteigert werden, sondern sogar etwas reduziert, da ein 30 minütiger Lauf an oder über der Schwelle schon einen Trainingsreiz darstellt und berücksichtigt werden muss.

2.2.1 Technisches Equipment zur Atemgasanalyse (Oxycon Mobile) (Puggl)

Im Feld wurden die Atem Gase mit einer Gerätschaft von der Firma Jaeger (Modell – Oxycon Mobile, Würzburg, Deutschland) aufgezeichnet. Dieses ist ein transportables Atemgasanalysegerät (Tragegurt, Maske, Turbine, Messkammer, Akku und Speichergerät) mit einem spezifischen Gewicht von 950g. Die gesamte Systemeinheit besteht aus einem Sendeteil, einer Analysebox, einer Akkueinheit (Stromversorgung) und einer SD – Speicherkarte (Datensicherung).

Zur Messung der Atem Gase trugen die Probanden während der gesamten Spiroergometrie eine sogenannte Atemmaske, welche von der Firma Hans Rudolph Inc. (Modell-8940 Series) hergestellt wird. Um diese Atemmaske befestigen zu können, wurde ein Art Netz über den Kopf gespannt, welches mittels Clips fixiert und gleichzeitig positioniert wurde. Die Analyse der Atem Gase erfolgt während einer Testung mittels einer auf die Atemmaske eingesetzten Turbine (Volumensensor, Atem Gaseingang, Atem Gasausgang).

Während der Testung werden die aufgezeichneten Daten in einer SD – Speicherkarte (Datenspeicherung) abgespeichert.



Abb. 1: Transportables Atemgasanalysegerät von der Firma Jaeger (Modell - Oxycon Mobile)

2.2.2 Herzfrequenzmessgerät (Puggl)

Für eine reibungslose Aufzeichnung und Funktionsweise der Messung, wurde zur Erfassung der Herzfrequenz (HR) ein Herzfrequenzmessgerät der Fa. Polar (Modell RS 400, Finnland) verwendet. Dabei wurde die Herzfrequenz jede Sekunde ermittelt und im Armbandempfänger aufgezeichnet. Diese abgespeicherten Daten der Herzfrequenz wurden zur späteren statistischen Auswertung in das Tabellenprogramm Excel transferiert. Die Datenausgabe erfolgte im 5 Sekunden Takt.

2.2.3 Laktatmessgerät (Puggl)

Die Blutentnahme fand am hyperämisierten Ohrläppchen statt, welches zuvor mit einer Durchblutungsfördernden Salbe (Finalgon forte) eingecremt wurde. Zur Auswertung der abgenommen Blutproben kam das Standgerät der Fa. EKF Diagnostic (Modell-Biosen C-

Line) zum Einsatz. Das Prinzip der Laktatmessung basiert auf einer amperometrischen – enzymatischen Weise.

Die Feldtestungen wurden sportartspezifisch durchgeführt, welches heißt, dass die Bedingungen dem eines Trainings oder Wettkampfes gleichzusetzen sind. Daher können die Ergebnisse der Feldtestungen von Witterungseinflüssen wie Wind, Dämmerung, Temperatur etc. beeinflusst werden.

Für die Feldtestung wurde ein Halbmarathon – Wettkampf simuliert. Hierfür wurde eine Laufstrecke rund um den Wienerwaldsee ausgewählt. Fünf Runden zu je 4,2 km ergaben eine Distanz von 21,3 km, welche dem eines Halbmarathons mit 21,0975 km nahezu gleichzusetzen ist.

Die Kalibriermaßnahmen der Spiroergometrie Einheit wurden immer vor Testbeginn am Startpunkt der Feldtestung vollzogen. Da die Luftfeuchtigkeit und die Lufttemperatur Einfluss auf die Messung nehmen kann, wurde der Kohlendioxid- und Sauerstoffgehalt der Luft mittels einen speziell dafür abgefülltem Eichgas abgeglichen. Außerdem wurde für jeden einzelnen Läufer ein neu- gereinigter Volumensensor (Triple – V – Sensor) verwendet welcher ebenfalls geeicht wurde. Dieser Volumensensor misst die absolute Menge der ventilierten Luft, sprich das sogenannte Atemminutenvolumen (VE). Die Spiroergometrie Einheit, welches die Atem Gas Parameter aufzeichnet, übermittelt im Intervall von je 5 Sekunden diese Parameter im sogenannten „Breath by Breath“ Verfahren.

Das genaue Zeitnehmen wurde mittels einer Handstoppuhr vollzogen. Jede Runde wurde zusätzlich eine einminütige lange Pause zur Blutabnahme und zum Wechsel des feuchtigkeitsthroughlässigen Schlauches (Pearmeabeau) eingeplant. Dies diente zur Bestimmung des Laktatgehaltes nach jeder Runde. Ausfälle der Spiroergometrie Einheit konnten damit minimalisiert werden.

3 Methodik der Messdatenerfassung (Pichler)

Die vorliegende empirische Arbeit soll die Sportart Langstreckenlauf charakterisieren und beschreiben und auch nähere Auskünfte über die inneren Abläufe im Feld, also noch sportartspezifischer als das Laufband geben. Die Werte vom der Langdistanz werden mit denen im MLSS verglichen.

Die unterschiedlichen Parameter, sowie die Art der Berechnung, die Mittelwerte mit den Standardabweichungen, das Minimum und das Maximum werden angeführt

3.1 Statistik

Für die Auswertung der gesammelten Daten wird das Statistikprogramm "Statistica" (Version 6.0 StaSoft, Inc, Tulsa, OK, USA) verwendet. Zu Beginn werden die Daten des gesamten Kollektivs (n=36) bearbeitet.

Danach teilten wir die Probanden in 5 unterschiedliche Cluster anhand der Halbmarathonlaufzeit ein. Dies führten wir mittels der K-means-Cluster-Analyse durch. Zuerst versuchten wir die 36 Probanden in nur 3 Gruppen einzuteilen, stellten aber fest, dass ein sehr großes Mittelfeld entstand und in der schnellsten und langsamsten Gruppe sich nur jeweils 3-4 Probanden befanden. Aus diesem Grund wählten wir eine Aufteilung in 5 Gruppen.

Cluster 1 : sehr gute Läufer mit internationaler Rennerfahrung (Elite)

Cluster 2 : gute Läufer mit nationaler Rennerfahrung und diversen Titeln (Amateur)

Cluster 3 : mittelmäßige Läufer mit nationaler Rennerfahrung

Cluster 4 : schwächere Läufer mit nationaler Rennerfahrung

Cluster 5 : Hobbyläufer

Darauffolgend werden die 5 Runden vom Halbmarathon untereinander verglichen, vom gesamten Kollektiv, den unterschiedlichen Clustern und unserem „Case“. Die Differenzen innerhalb der einzelnen Runden werden mit einem Anova-Manova Test für abhängige Stichproben, dem Fisher-LSD Test. Um die Cluster untereinander zu vergleichen wählten wir den Post-hoc Test von Tukey HSD, einem Anova-Manova Test für unabhängige Stichproben.

Im Anschluss daran erfolgen die Vergleiche der Parameter im Halbmarathon zu den des MLSS. Wir testen die Variablen auf Unterschiede und Korrelationen, dabei kam die Produkt-Moment-Korrelation vom Pearson zur Anwendung.

Die Einteilung der Höhe des Koeffizienten (r) erfolgt nach folgendem Schema:

- 00,0 bis 0,33 schwacher oder geringer Zusammenhang
- 0,34 bis 0,65 mittlerer Zusammenhang
- 0,66 bis 1,00 starker Zusammenhang

Ebenso werden die MLSS Werte der unterschiedlichen Variablen in den unterschiedlichen Clustern mit dem Post-hoc Test von Tukey HSD-Test verglichen.

Für den Halbmarathon, die 5 Runden und das MLSS wurden die Mittelwerte, Standardabweichung ($\pm$ SD), Minimum und Maximum berechnet.

Das statistische Signifikanz Niveau wurde auf 5 Prozent ($p \leq 0,05$) gesetzt.

3.2 Berechnung der Felddaten

Wir erstellten eine Excel - Liste, in der wir die aufgezeichneten Rundenzeiten, die durchschnittliche Geschwindigkeit pro Runde und Gesamt und die Geschwindigkeit des ermittelten MLSS eintrugen. Das Laktat wurde vorher ausgewertet und auch eingefügt. Die Prozentwerte des Halbmarathons bezogen auf das MLSS errechneten wir uns im Excel.

Die weiteren Daten von den Feldtests VO_2 , VE, HR, RER (und noch weitere Atemgasparameter wie $EqCO_2$, EqO_2) wurden in ein eigenes Excelfile importiert und bearbeitet, bevor sie in einem Excelfile zusammengeführt wurden. Um den Einfluss der kurzen Stehpausen auf die Ergebnisse zu eliminieren strichen wir die 5 Werte vor und nach der Pause. Im Anschluss daran wurden die beiden Files zusammengeführt und ins Statistica exportiert.

4 Streckenbeschreibung mit Profil (Puggl)

Die Laufstrecke wurde anhand der günstigen Lage, der Bodenbeschaffenheit (durchgehend Asphalt) und der guten Erreichbarkeit ausgewählt. Eine Runde verbuchte eine Länge von $4,26 \text{ km} \pm 8 \text{ m}$. Um auf die Halbmarathondistanz von 21,0975 km zu gelangen, mussten die Probanden fünf Runden absolvieren. Daraus resultierte eine Gesamtlänge der Laufstrecke von 21,3 km. Die durchschnittliche Laufzeit aller Läufer betrug $90,76 \pm 7,86 \text{ min}$.

4.1 GPS Daten der Laufstrecke



Abb. 2: GPS-Verlauf der Laufstrecke rund um den Wienerwaldsee

Startpunkt:

Meereshöhe: 488 m
Breitengrad: 48.103210 N
Längengrad: 16.072022 O

Bei der Messung wurde in den ersten 500 m die Sauerstoffaufnahme nicht berücksichtigt.

Gesamtlänge: $4,26 \text{ km} \pm 8 \text{ m}$
5 Runden : ca. 21,3 km

5 Anthropometrische Daten (Pichler)

Im folgenden Kapitel wurden die anthropometrischen Daten erhoben. In der ersten Tabelle wird das Gesamtkollektiv beschrieben.

Tab. 2: Anthropometrische Daten der Probanden (Kollektiv: n= 36)

Nummer	Alter	Größe	Gewicht	BMI	Halbmarathonzeit	MLSS km/h
Runner 1	39	180	68	21,0	01:23:16	16,50
Runner 2	42	184	76	22,4	01:34:05	15,00
Runner 3	39	174	70	23,1	01:27:40	14,50
Runner 4	24	180	68	21,0	01:30:40	14,00
Runner 5	33	171	69	23,6	01:24:52	16,50
Runner 6	29	176	72	22,0	01:30:15	14,50
Runner 7	37	175	66	21,6	01:27:55	15,00
Runner 8	32	176	68	23,2	01:35:41	15,00
Runner 9	30	183	65	19,4	01:37:40	14,00
Runner 10	39	179	75	23,4	01:34:00	13,50
Runner 11	34	182	72	21,7	01:20:23	17,00
Runner 12	33	176	75	24,2	01:43:22	13,50
Runner 13	37	181	75	22,9	01:35:40	15,50
Runner 14	31	175	75	24,5	01:25:30	15,00
Runner 15	42	172	64	21,6	01:41:09	14,50
Runner 16	48	169	66	23,1	01:30:03	15,50
Runner 17	34	178	76	24,0	01:32:05	16,00
Runner 18	39	177	72	23,0	01:33:00	15,00
Runner 19	34	178	70	22,1	01:29:21	14,50
Runner 20	50	175	69	22,5	01:35:53	14,00
Runner 21	37	187	76	21,7	01:30:07	14,00
Runner 22	50	175	70	22,9	01:31:08	15,00

Runner 23	34	171	67	22,9	01:20:30	16,50
Runner 24	32	188	89	25,2	01:34:21	14,50
Runner 25	35	179	69	21,5	01:30:00	15,00
Runner 26	33	178	80	25,2	01:51:30	12,50
Runner 27	30	183	77	23,0	01:26:00	15,50
Runner 28	32	172	65	22,0	01:26:09	16,00
Runner 29	34	176	61	19,7	01:17:50	17,00
Runner 30	42	180	60	18,5	01:24:15	15,00
Runner 31	31	168	59	20,9	01:10:35	19,50
Runner 32	35	182	70	21,1	01:31:00	14,50
Runner 33	24	186	84	24,3	01:45:55	13,00
Runner 34	31	191	90	24,7	01:30:15	14,50
Runner 35	37	173	66	22,1	01:27:10	15,00
Runner 36	49	184	72	21,3	01:37:10	14,00
MW	36	59	69			
MAX	24	191	90			
MIN	50	168	71			
STABW	6,4	5,4	1,2			

Tab. 3: Korrelation der Anthropometrischen Daten (Alter, Gewicht, BMI) vs. der Laufzeit im Feld (in Minuten) (MW Kollektiv: n= 36)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD	r	p
Alter	36 $\pm$ 6	0,05	0,775
Größe	178 $\pm$ 5,4	0,32	0,057
Gewicht	71 $\pm$ 7	0,49	0,003
BMI	22,4 $\pm$ 1,6	0,42	0,011

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; Alter in Jahren; Gewicht in kg; BMI= Body mass index in kg/m²

Tab. 4: Trainings- und Wettkampfdaten der Probanden (Kollektiv: n= 36)

Nummer	HM-Bestzeit	Jahr	WNTZ (min)	Lauf- km/Wo	Anzahl Marathons	Anzahl gelaufener HM
Runner 1	1h 15 min	2011	500	120	18	40
Runner 2	1h 24 min	2011	180	30	2	6
Runner 3	1h 26 min	2012	480	70	4	15
Runner 4	1h 28 min	2009	180	60	1	2
Runner 5	1h 15 min	2010	450	50	5	10
Runner 6	1h 24 min	2000	300	55	2	2
Runner 7	1h 23 min	2008	270	50	2	8
Runner 8	1h 17 min	2007	300	30	10	20
Runner 9	1h 35 min	2012	260	50	1	1
Runner 10	1h 35 min	2012	247	46	1	18
Runner 11	1h 15 min	2011	180	45	1	35
Runner 12	1h 33 min	2008	300	45	2	6
Runner 13	1h 28 min	2004	180	60	0	2
Runner 14	1h 27 min	2011	400	45	1	2
Runner 15	1h 31 min	2011	480	80	30	70
Runner 16	1h 21 min	2008	600	100	3	4
Runner 17	1h 23 min	2010	120	25	9	20
Runner 18	1h 24 min	2009	300	60	7	10
Runner 19	1h 17 min	2003	200	40	15	10
Runner 20	1h 27 min	2008	500	80	15	30
Runner 21	1h 31 min	2006	220	50	3	1
Runner 22	1h 21 min	2011	660	90	6	12
Runner 23	1h 15 min	2010	360	50	2	4
Runner 24	1h 27 min	2011	400	64	0	1
Runner 25	1 h 23 min	2008	270	50	3	10

Runner 26	1h 50 min	2007	60	12	0	1
Runner 27	1h 30 min	2010	320	65	1	4
Runner 28	1h 20 min	2002	450	120	6	14
Runner 29	1h 13 min	2012	500	120	25	30
Runner 30	1h 24 min	2012	200	50	3	2
Runner 31	1h 07 min	2011	540	120	0	10
Runner 32	1h 26 min	2003	360	60	4	10
Runner 33	1h 37 min	2011	150	30	1	4
Runner 34	1h 37 min	2012	200	45	0	5
Runner 35	1h 26 min	2009	480	40	0	1
Runner 36	1h 35 min	2011	500	70	10	5
MW	1h 25 min		336	60	5	12
MAX	1h 50 min		660	120	30	70
MIN	1h 07 min		60	12	0	1
STABW	8 min		149	28	7	14

Die 36 Läufer werden zur besseren Veranschaulichung nach Laufzeit in 5 Leistungsgruppen unterteilt. Der Läufer 31, mehrfacher schweizerischer Meister im Berg- und Orientierungslauf, sowie mehrfache EM und WM - Teilnehmer wurde als „Case“ herangezogen, um auch Vergleiche zum Laufsport auf Spitzenniveau ziehen zu können. Das Cluster 1 beinhaltet die schnellsten Halbmarathonzeiten und die weiteren Cluster sind in absteigender Reihenfolge bis zum Cluster 5, den 4 schwächsten Läufern, aufgegliedert. In den folgenden Tabellen findet man die anthropometrischen Daten der unterschiedlichen Cluster.

Tab. 5: Cluster 1 (Runners n=4)

Name	Alter	Größe	Gewicht	BMI	Halbmarathonzeit	MLSS km/h
Runner 11	34	182	72	21,7	01:20:23	17,0
Runner 23	34	171	67	22,9	01:20:30	16,5
Runner 29	34	176	61	19,7	01:17:50	17,0
Runner 31	31	168	59	20,9	01:10:35	19,5
MW	33	174	70	21,3		
MAX	34	182	72	19,7		
MIN	31	168	64,8	22,9		
STABW	1,5	6,1	5,9	1,4		

Tab. 6: Cluster 2 (Runners n=9)

Name	Alter	Größe	Gewicht	BMI	Halbmarathonzeit	MLSS km/h
Runner 1	39	180	68	21,0	01:23:16	16,50
Runner 3	39	174	70	23,1	01:27:40	14,50
Runner 5	33	171	69	23,6	01:24:52	16,50
Runner 7	37	175	66	21,6	01:27:55	15,00
Runner 14	31	175	75	24,5	01:25:30	15,00
Runner 27	30	183	77	23,0	01:26:00	15,50
Runner 28	32	172	65	22,0	01:26:09	16,00
Runner 30	42	180	60	18,5	01:24:15	15,00
Runner 35	37	173	66	22,1	01:27:10	15,00
MW	36	176	68	22,1		
MAX	42	183	77	24,5		
MIN	30	171	60	18,5		
STABW	4,2	4,1	5,2	1,7		

Tab. 7: Cluster 3 (Runners n=9)

Name	Alter	Größe	Gewicht	BMI	Halbmarathon	MLSS km/h
Runner 4	24	180	68	21,0	01:30:40	14,00
Runner 8	29	176	72	23,2	01:30:15	14,50
Runner 16	48	169	66	23,1	01:30:03	15,50
Runner 19	34	178	70	22,1	01:29:21	14,50
Runner 21	37	187	76	21,7	01:30:07	14,00
Runner 22	50	175	70	22,9	01:31:08	15,00
Runner 25	35	179	69	21,5	01:30:00	15,00
Runner 32	35	182	70	21,1	01:31:00	14,50
Runner 34	31	191	90	24,7	01:30:15	14,50
MW	36	180	72	22,4		
MAX	50	191	90	24,7		
MIN	24	169	66	21,0		
STABW	8,4	65	7,2	1,2		

Tab. 8: Cluster 4 (Runners n=10)

Name	Alter	Größe	Gewicht	BMI	Halbmarathon	MLSS km/h
Runner 2	42	184	76	22,4	01:34:05	15,00
Runner 6	32	176	68	22,0	01:35:41	15,00
Runner 9	30	183	65	19,4	01:37:40	14,00
Runner 10	39	179	75	23,4	01:34:00	13,50
Runner 13	37	181	75	22,9	01:35:40	15,50
Runner 17	34	178	76	24,0	01:32:05	16,00
Runner 18	39	177	72	23,0	01:33:00	15,00
Runner 20	50	175	69	22,5	01:35:53	14,00
Runner 24	32	188	89	25,2	01:34:21	14,50
Runner 36	49	184	72	21,3	01:37:10	14,00
MW	38	181	74	22,6		
MAX	50	188	89	25,2		
MIN	30	175	65	19,4		
STABW	6,9	4,2	6,5	1,6		

Tab. 9: Cluster 5 (Runners n=4)

Name	Alter	Größe	Gewicht	BMI	Halbmarathon	MLSS km/h
Runner 12	33	176	75	24,2	01:43:22	13,50
Runner 15	42	172	64	21,6	01:41:09	14,50
Runner 26	33	178	80	25,2	01:51:30	12,50
Runner 33	24	186	84	24,3	01:45:55	13,00
MW	33	178	76	23,8		
MAX	42	186	84	25,2		
MIN	24	172	64	21,6		
STABW	7,3	5,9	4,3	0,8		

6 Äußere Belastung und innere Beanspruchung (Pichler)

6.1 Äußere Belastung

Die äußere Belastung im simulierten Halbmarathon wird aus 2 Parametern erhoben:

Das sind:

- Laufzeit
- Geschwindigkeit

Die Halbmarathonstrecke wird mit 5 Runden (je 4,26 km) um den Wienerwaldsee absolviert. Für die weiteren Analysen wird jede Runde einzeln betrachtet. Die Rundenzeit wurde jeweils mit gestoppt und die Pausen zur Blutabnahme und für den Maskenwechsel wurden im Anschluss von der Zeit abgezogen um eine Nettolaufzeit zu erhalten. Die durchschnittliche Geschwindigkeit wurde danach errechnet und auch mittels GPS-Uhr ermittelt.

Ebenso muss man bei der äußeren Belastung weitere Parameter berücksichtigen, welche wir versuchen zu standardisieren, aber nicht in unsere Arbeit einfließen ließen.

Das sind:

- Wetterbedingungen (Temperatur, Luftfeuchtigkeit)
- Art des Untergrunds
- Tageszeit
- Jahreszeit (Trainingsphase)

Zu Beginn wurde von jedem Probanden eine Einverständniserklärung unterschrieben und ein Protokoll ausgefüllt, wo wir anthropometrische Daten wie Größe und Gewicht erhoben und auch das Alter, das Trainingspensum und die Bestzeit im Halbmarathon.

Zusätzlich führte jeder Proband ein Ernährungsprotokoll am Testvortag und am Tag der Testung selbst mit. Während der laufenden Tests war keine Nahrungsaufnahme erlaubt, da dies die Laktatwerte beeinflussen würde und auch keine Flüssigkeitsaufnahme, außer Wasser.

6.2 Innere Beanspruchung

Die innere Beanspruchung beinhaltet folgende Parameter:

- Laktat
- Herzfrequenz
- Ventilation
- Respiratorische Exchange Ratio
- Sauerstoffaufnahme

Diese fünf Parameter werden sowohl im Halbmarathon als auch bei den MLSS-Testungen erhoben, protokolliert und ausgewertet.

Das Blut für die Laktatauswertungen wurde beim Halbmarathon in Ruhe, nach jeder Runde und 4 min nach Belastungsende abgenommen, gekühlt und anschließend im Labor ausgewertet. Bei den MLSS-Testungen wurde ebenfalls vor der Testung, danach alle 5 Minute und 4 Minuten nach Belastungsende Blut abgenommen. Um die Laktatwerte nicht zu beeinflussen, wurde besonders auf die standardisierte Ernährung geachtet.

Die Herzfrequenz wurde mittels Brustgurt und Herzfrequenzmessgerät erhoben und wurde auch vom Programm der mobilen Spiroergometrie Einheit erfasst. Dieser Parameter ist sehr variabel und auch von vielen Faktoren beeinflussbar, es wurde versucht möglichst immer die gleichen Bedingungen zu schaffen und Stress und Nervosität zu meiden.

Die Parameter: Ventilation, RER und Sauerstoffaufnahme wurden mittels Oxycon Mobile aufgezeichnet.

Für die Auswertung und Erstellung der Tabellen werden diese 3 Werte errechnet:

1. Mittelwerte (X) mit der dazugehörigen Standardabweichung (SD)
2. Minimalwerte (Min) – der kleinste gemessene Wert
3. Maximalwerte (Max) – der größte gemessene Wert

Bei der Herzfrequenz, der Ventilation, dem RER und der Sauerstoffaufnahme handelt es sich um auf 5 Sekunden gemittelte Werte.

7 Ergebnisse der HM - Felddaten (Puggl/Pichler)

Im folgenden Kapitel werden die Felddaten des Halbmarathons betrachtet. Hier werden die Parameter Ventilation (VE), die relative Sauerstoffaufnahme (VO_2 in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), die Geschwindigkeit, das Lauftempo, die Herzfrequenz, der RER und das Laktat ausgewertet. Hier stellt das X den Mittelwert mit der dazugehörigen Standardabweichung (SD) dar. Min und Max stellen den kleinsten und den größten gemessenen Wert dar.

Zunächst wird das Kollektiv und in weiterer Folge die Cluster bearbeitet. Die unterschiedlichen Gruppen sollen einen besseren Aufschluss über die Sportart bieten, da einige Parameter leistungsbezogen sind. Die Cluster werden wie folgt eingeteilt.

Cluster 1 : sehr gute Läufer mit internationaler Rennerfahrung (Elite)

Cluster 2 : gute Läufer mit nationaler Rennerfahrung und diversen Titeln (Amateur)

Cluster 3 : mittelmäßige Läufer mit nationaler Rennerfahrung

Cluster 4 : schwächere Läufer mit nationaler Rennerfahrung

Cluster 5 : Hobbyläufer

Case: Mitglied des Swiss Athletics B-Kaders Berglauf, mehrmaliger EM und WM - Teilnehmer im Berglauf und Orientierungslauf, schweizerischer Meister im Berglauf 2006, 2007 und 2010, schweizerischer Meister im Orientierungslauf 2002, 2004, 2005 und 2006 (Orientierungslauf - Langdistanz)

7.1 Mittelwerte der Felddaten aller Probanden

Tabelle 10 zeigt die Mittelwerte der Studienvariablen (Time, Km·h⁻¹, Min·km⁻¹, HR, LA, VO₂, VE, RER;) vom gesamten Rennen (5 Runden).

Tab. 10: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)

Variables (n=36)	X ± SD	Min	Max
Time	90,76 ± 7,86	70,85	111,50
Km·h ⁻¹	14,05 ± 1,24	11,35	17,93
Min·km ⁻¹	4,3 ± 0,37	3,35	5,29
HR	171 ± 8	151	190
LA	4 ± 1,8	1,8	9,9
VO ₂	49,3 ± 8,3	40,6	84,7
VE	103 ± 13	74	131
RER	0,95 ± 0,07	0,76	1,12

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

7.1.1 Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden – Kollektiv

Für jede Runde (4,26 km) werden die Mittelwerte aller Probanden dargestellt.

Tab. 11: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)

Variables (n=36)	X ± SD	Min	Max
Time	17,7 ± 1,38	14	20,67
Km·h ⁻¹	14,39 ± 1,16	12,25	18,08
Min·km ⁻¹	4 ± 0,35	4	3,19
HR	168 ± 7	147	182
LA	4,7 ± 2,6	1,5	10,5
VO ₂	50,3 ± 8,6	40	87,5
VE	101 ± 16	74	134
RER	0,97 ± 0,07	0,76	1,11

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 12: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	17,96 $\pm$ 1,58	14,17	22,67
Km·h ⁻¹	14,2 $\pm$ 1,25	11,17	17,87
Min·km ⁻¹	4,1 $\pm$ 0,4	3,22	5,22
HR	171 $\pm$ 9	149	189
LA	4,2 $\pm$ 2,1	1,4	10,4
VO ₂	49,4 $\pm$ 8,6	37,3	85,4
VE	103 $\pm$ 15	76	135
RER	0,96 $\pm$ 0,07	0,76	1,12

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 13: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,19 $\pm$ 1,6	14,17	22,92
Km·h ⁻¹	14,02 $\pm$ 1,25	11,05	17,87
Min·km ⁻¹	4,14 $\pm$ 0,37	3,22	5,26
HR	172 $\pm$ 9	150	192
LA	3,8 $\pm$ 1,8	1,6	10,0
VO ₂	49,3 $\pm$ 8,5	39,2	84,0
VE	104 $\pm$ 14	76	136
RER	0,96 $\pm$ 0,07	0,78	1,09

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 14: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 24)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,51 $\pm$ 1,75	14,25	23,55
Km·h ⁻¹	13,8 $\pm$ 1,32	10,75	17,76
Min·km ⁻¹	4,19 $\pm$ 0,38	3,23	5,35
HR	173 $\pm$ 9	155	196
LA	3,5 $\pm$ 1,6	1,6	9,7
VO ₂	48,4 $\pm$ 8,4	38,4	82,9
VE	102 $\pm$ 14	71	137
RER	0,94 $\pm$ 0,08	0,72	1,12

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 15: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,76 $\pm$ 2	14	24
Km·h ⁻¹	13,64 $\pm$ 1,47	10,55	18,08
Min·km ⁻¹	4,28 $\pm$ 0,47	3,19	5,41
HR	173 $\pm$ 10	153	197
LA	3,7 $\pm$ 1,6	1,3	9,6
VO ₂	48,8 $\pm$ 8,7	37,5	82,7
VE	103 $\pm$ 13	71	134
RER	0,94 $\pm$ 0,08	0,75	1,15

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Running Time measured in five Rounds of HM-Running-Competition
All Runners

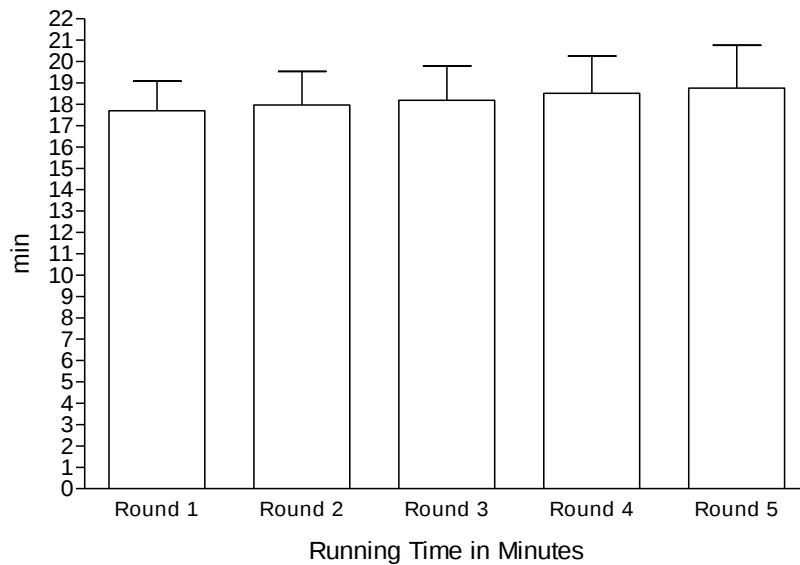


Abb. 3: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Kollektiv: $n = 36$)

Tab. 16: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Kollektiv: $n = 36$)

Variables	T T	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=36)						
Mittelwert	90,76	17,7	17,96	18,19	18,51	18,76
SD	7,86	1,38	1,58	1,6	1,75	2
Min	70,85	14	14,17	14,17	14,25	14
Max	111,5	20,67	22,67	22,92	23,55	24

TT = gesamte Zeit in Minuten; 1-5 Round = 1-5 Runde Zeit in Minuten; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert

Tab. 17: Signifikanz Überprüfung der 5 Runden (MW Kollektiv: $n = 36$)

Variables (n=36)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	$p = 0,071$	$p = 0,001$	$p = 0,000$	$p = 0,000$
2 Round	$p = 0,071$	-	$p = 0,123$	$p = 0,000$	$p = 0,000$
3 Round	$p = 0,001$	$p = 0,123$	-	$p = 0,036$	$p = 0,000$
4 Round	$p = 0,000$	$p = 0,000$	$p = 0,036$	-	$p = 0,091$
5 Round	$p = 0,000$	$p = 0,000$	$p = 0,000$	$p = 0,091$	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

Die Rundenzeiten des Gesamtkollektivs wurden näher betrachtet. Die Rundenzeit nimmt im Durchschnitt von Runde zu Runde ein bisschen zu, d.h. die Probanden werden pro Runde zwischen 0,2-0,3 Minuten langsamer. Die Zeiteinbußen sind gleichmäßig. (siehe Tab. 16). Aufgrund der Inhomogenität wurde das Kollektiv in 5 Leistungsgruppen unterteilt, welche in absteigender Reihenfolge beschrieben werden.

7.2 Mittelwerte der Felddaten - Cluster 1

Tabelle 18 zeigt die Mittelwerte der Studienvariablen (Time, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$, HR, LA, VO_2 , VE, RER) vom gesamten Rennen (5 Runden) der Eliteläufer.

Tab. 18: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	77,3 $\pm$ 4,66	70,6	80,5
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	16,4 $\pm$ 1,04	15,7	17,9
$\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$	3,66 $\pm$ 0,22	3,35	3,82
HR	167 $\pm$ 5	162	173
LA	4,8 $\pm$ 3,4	2,9	9,9
VO_2	66,2 $\pm$ 13,8	53,3	84,6
VE	112 $\pm$ 7	105	121
RER	0,87 $\pm$ 0,12	0,76	1,03

Time = Zeit in min; $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Geschwindigkeit (km/h); $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemminutenvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio.

7.2.1 Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Cluster 1

Tab. 19: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	15,9 $\pm$ 1,37	14,0	17,3
Km·h ⁻¹	16,0 $\pm$ 1,45	14,7	18,1
Min·km ⁻¹	3,77 $\pm$ 0,32	3,32	4,09
HR	164 $\pm$ 3	161	168
LA	4,9 $\pm$ 3,4	2,3	10,0
VO ₂	66,1 $\pm$ 16,2	50,0	87,5
VE	112 $\pm$ 7	106	122
RER	0,89 $\pm$ 0,11	0,76	1,01

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 20: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	15,4 $\pm$ 0,8	14,2	16,1
Km·h ⁻¹	16,5 $\pm$ 1,0	15,8	17,9
Min·km ⁻¹	3,39 $\pm$ 0,12	3,22	3,48
HR	167 $\pm$ 5	163	174
LA	4,8 $\pm$ 3,7	2,7	10,4
VO ₂	65,1 $\pm$ 15,5	50,2	85,4
VE	114 $\pm$ 6	107	122
RER	0,88 $\pm$ 0,13	0,76	1,05

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 21: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	15,5 $\pm$ 0,90	14,2	16,1
Km·h ⁻¹	16,4 $\pm$ 1,0	15,8	17,9
Min·km ⁻¹	3,68 $\pm$ 0,21	3,36	3,81
HR	166 $\pm$ 6	160	175
LA	4,8 $\pm$ 0,13	2,8	10,0
VO ₂	66,7 $\pm$ 12,6	56,4	84,0
VE	113 $\pm$ 7	105	122
RER	0,87 $\pm$ 0,13	0,78	1,05

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 22: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	15,7 $\pm$ 1,0	14,3	16,3
Km·h ⁻¹	16,2 $\pm$ 1,1	15,5	17,8
Min·km ⁻¹	3,72 $\pm$ 0,23	3,38	3,87
HR	166 $\pm$ 7	159	176
LA	4,4 $\pm$ 3,5	2,3	9,7
VO ₂	65,8 $\pm$ 12,8	54,1	82,9
VE	110 $\pm$ 7	104	119
RER	0,84 $\pm$ 0,14	0,72	1,03

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 23: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	15,5 $\pm$ 1,0	14,0	16,0
Km·h ⁻¹	16,4 $\pm$ 1,1	15,8	18,1
Min·km ⁻¹	3,68 $\pm$ 0,24	3,32	3,80
HR	169 $\pm$ 7	160	178
LA	4,8 $\pm$ 3,2	2,9	9,6
VO ₂	67,0 $\pm$ 11,5	56,1	82,7
VE	111 $\pm$ 9	102	119
RER	0,85 $\pm$ 0,12	0,75	1,02

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹ = Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹·min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

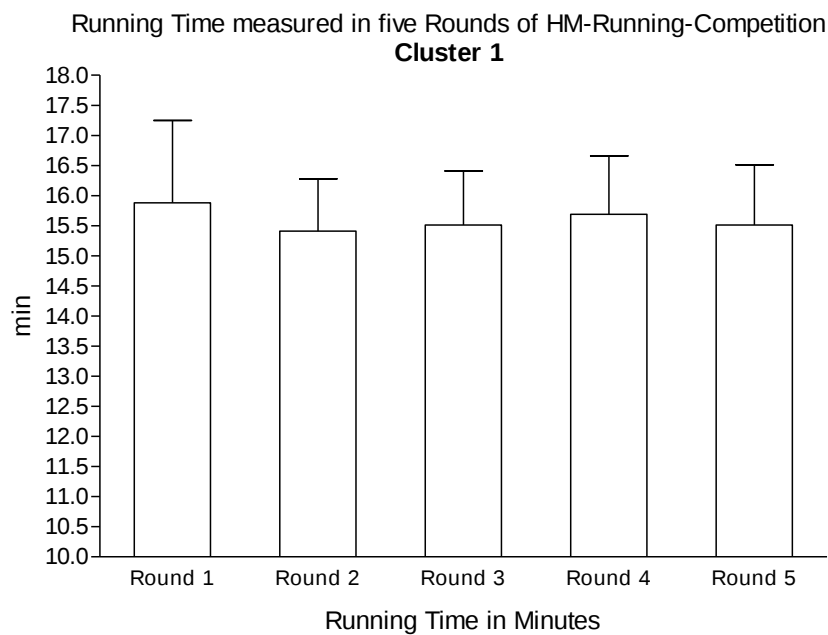


Abb. 4: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 1: n= 4)

Tab. 24: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 1: n= 4)

Variables	T T	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=4)						
Mittelwert	77,32	15,88	15,41	15,51	15,69	15,51
SD	4,66	1,37	0,87	0,90	0,97	1,00
Min	70,58	14,00	14,17	14,17	14,25	14,00
Max	80,50	17,25	16,05	16,07	16,33	16,03

TT = gesamte Zeit in Minuten; 1-5 Round = 1-5 Runde Zeit in Minuten; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert

Tab. 25: Vergleich der Rundenzeit im Halbmarathon (Cluster 1: n= 4)

Variables (n=4)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
	15,88	15,41	15,51	15,69	15,51
1 Round	-	p = 0,087	p = 0,163	p = 0,457	p = 0,165
2 Round	p = 0,087	-	p = 0,715	p = 0,296	p = 0,708
3 Round	p = 0,163	p = 0,715	-	p = 0,486	p = 0,992
4 Round	p = 0,457	p = 0,296	p = 0,486	-	p = 0,492
5 Round	p = 0,165	p = 0,708	p = 0,992	p = 0,492	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung)

Hier wurde beobachtet, dass die Geschwindigkeit in der letzte Runde von den schnellsten Läufern nochmals erhöht wurde und somit nicht weiter abfällt. Die letzte Runde wird gleich schnell gelaufen wie die dritte (siehe Tab. 24).

7.3 Mittelwerte der Felddaten - Cluster 2

Tabelle 26 zeigt die Mittelwerte der Studienvariablen (Time, Km·h⁻¹, Min·km⁻¹, HR, LA, VO₂, VE, RER;) vom gesamten Rennen (5 Runden).

Tab. 26: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)

Variables (n=9)	X ± SD	Min	Max
Time	85,86 ± 1,57	83,26	87,92
Km·h ⁻¹	14,7 ± 0,3	14,4	15,2
Min·km ⁻¹	4,07 ± 0,07	3,95	4,2
HR	174 ± 7	166	188
LA	5,0 ± 2,0	2,0	7,9
VO ₂	50 ± 4,1	41,5	54,8
VE	108 ± 14	89	131
RER	0,99 ± 0,06	0,92	1,12

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

7.3.1 Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Cluster 2

Tab. 27: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)

Variables (n=9)	X ± SD	Min	Max
Time	16,8 ± 0,7	15,9	18,0
Km·h ⁻¹	15,1 ± 0,6	14,1	15,9
Min·km ⁻¹	3,99 ± 0,17	3,76	4,27
HR	171 ± 6	163	182
LA	6,0 ± 3,1	1,8	10,5
VO ₂	51,8 ± 6,2	40,0	61,6
V _E	102 ± 18	78	134
RER	1,00 ± 0,05	0,94	1,11

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 28: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	16,98 $\pm$ 0,44	16,5	17,6
Km·h ⁻¹	14,9 $\pm$ 0,4	14,4	15,3
Min·km ⁻¹	4,03 $\pm$ 0,10	3,91	4,17
HR	176 $\pm$ 7	166	189
LA	5,4 $\pm$ 2,4	1,9	8,4
VO ₂	50,9 $\pm$ 5,0	40,2	56,0
VE	108 $\pm$ 17	84	135
RER	0,99 $\pm$ 0,06	0,92	1,12

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹ = Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 29: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	17,2 $\pm$ 0,3	16,5	17,6
Km·h ⁻¹	14,7 $\pm$ 0,3	2,5	3,4
Min·km ⁻¹	67,3 $\pm$ 7,4	14,4	15,4
HR	175 $\pm$ 7	166	189
LA	4,8 $\pm$ 1,9	1,8	7,6
VO ₂	50,2 $\pm$ 4,7	40,0	56,9
VE	100 $\pm$ 15	90	136
RER	0,99 $\pm$ 0,06	0,90	1,09

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹ = Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 30: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	17,3 $\pm$ 0,4	16,8	17,8
Km·h ⁻¹	14,6 $\pm$ 0,3	14,26	15,04
Min·km ⁻¹	4,12 $\pm$ 0,08	3,99	4,20
HR	176 $\pm$ 7	166	189
LA	4,4 $\pm$ 1,6	1,9	6,7
VO ₂	48,4 $\pm$ 3,8	42,7	56,1
VE	109 $\pm$ 14	94	137
RER	0,99 $\pm$ 0,07	0,90	1,12

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹ = Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹·min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 31: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	17,58 $\pm$ 0,60	17,00	18,92
Km·h ⁻¹	14,4 $\pm$ 0,5	13,4	14,9
Min·km ⁻¹	4,17 $\pm$ 0,14	4,03	4,48
HR	175 $\pm$ 7	165	189
LA	4,3 $\pm$ 1,3	3,0	6,6
VO ₂	48,3 $\pm$ 4,5	40,9	55,6
VE	108 $\pm$ 4	90	134
RER	0,99 $\pm$ 0,08	0,90	1,15

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹ = Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹·min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

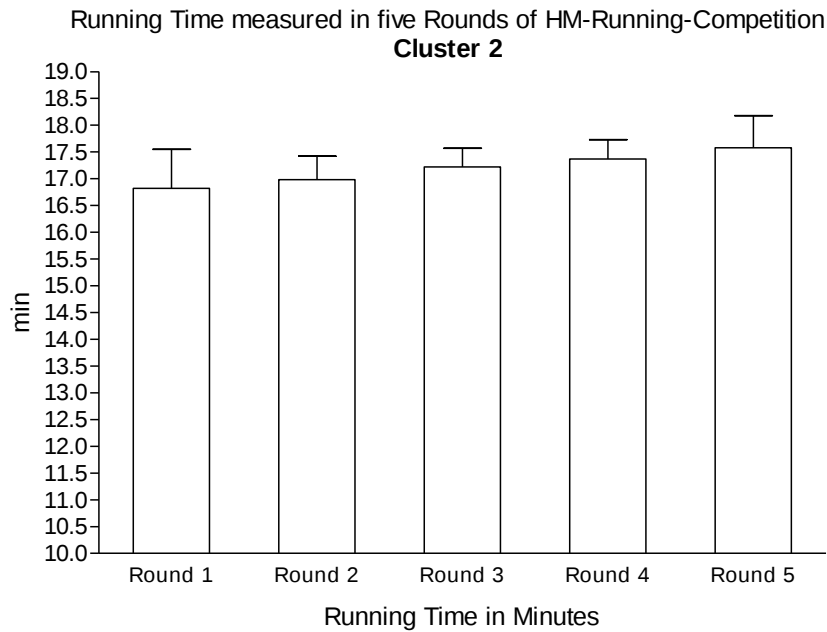


Abb. 5: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 2: n= 9)

Tab. 32: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 2; n= 9)

Variables	T T	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=9)						
Mittelwert	85,86	16,82	16,98	17,22	17,37	17,58
SD	1,57	0,73	0,44	0,35	0,36	0,60
Min	83,26	15,88	16,50	16,45	16,83	17,00
Max	87,92	18,00	7,58	17,57	17,75	18,92

TT = gesamte Zeit in Minuten; 1-5 Round = 1-5 Runde Zeit in Minuten; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 33: Signifikanz Überprüfung der 4 Runden (MW Cluster 2: n= 9)

Variables (n=9)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	p = 0,415	p = 0,055	p = 0,010	p = 0,001
2 Round	p = 0,415	-	p = 0,254	p = 0,062	p = 0,006
3 Round	p = 0,055	p = 0,254	-	p = 0,446	p = 0,082
4 Round	p = 0,010	p = 0,062	p = 0,446	-	p = 0,313
5 Round	p = 0,001	p = 0,006	p = 0,082	p = 0,313	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

In diesem Cluster werden die Athleten von Runde zu Runde langsamer, und verlieren im Durchschnitt fast 1 min von der ersten zur letzten Runde.

7.4 Mittelwerte der Felddaten - Cluster 3

Tabelle 34 zeigt die Mittelwerte der Studienvariablen (Time, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$, HR, LA, VO_2 , VE, RER) vom gesamten Rennen (5 Runden).

Tab. 34: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	90,31 $\pm$ 0,55	89,35	91,13
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	14,0 $\pm$ 0,1	13,9	14,2
$\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$	4,28 $\pm$ 0,03	4,24	4,32
HR	169 $\pm$ 8	160	185
LA	3,3 $\pm$ 1,3	2,2	6,3
VO_2	48,9 $\pm$ 0,4	44,5	53,2
VE	99 $\pm$ 12	8	116
RER	0,96 $\pm$ 0,05	0,87	1,04

Time = Zeit in min; $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Geschwindigkeit (km/h); $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemminutenvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio.

7.4.1 Aufteilung der Gesamtfahrzeit in 5 Runden - Cluster 3

Tab. 35: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	17,67 $\pm$ 0,70	16,57	18,50
Km·h ⁻¹	14,3 $\pm$ 0,6	13,7	15,3
Min·km ⁻¹	4,19 $\pm$ 0,17	3,93	4,39
HR	165 $\pm$ 6	154	177
LA	4,1 $\pm$ 2,1	2,1	9,4
VO ₂	49,0 $\pm$ 3,1	45,0	53,5
VE	97 $\pm$ 18	74	122
RER	0,99 $\pm$ 0,06	0,89	1,01

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 36: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	17,94 $\pm$ 0,54	17,0	18,9
Km·h ⁻¹	14,1 $\pm$ 0,4	13,4	14,9
Min·km ⁻¹	4,25 $\pm$ 0,13	4,03	4,48
HR	168 $\pm$ 7	162	185
LA	3,6 $\pm$ 1,6	2,4	7,8
VO ₂	49,3 $\pm$ 3,0	44,7	53,2
VE	100 $\pm$ 12	81	118
RER	0,97 $\pm$ 0,06	0,87	1,06

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 37: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,24 $\pm$ 0,58	17,75	19,70
Km·h ⁻¹	13,9 $\pm$ 0,4	12,9	14,3
Min·km ⁻¹	4,32 $\pm$ 0,14	4,21	4,67
HR	169 $\pm$ 8	160	186
LA	3,1 $\pm$ 1,2	2,2	6,0
VO ₂	49,1 $\pm$ 3,3	43,7	52,5
VE	101 $\pm$ 14	83	125
RER	0,96 $\pm$ 0,06	0,86	1,05

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 38: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,48 $\pm$ 0,97	17,17	20,78
Km·h ⁻¹	13,7 $\pm$ 0,7	12,2	14,7
Min·km ⁻¹	4,38 $\pm$ 0,23	4,07	4,93
HR	171 $\pm$ 9	161	186
LA	2,8 $\pm$ 1,0	1,7	4,5
VO ₂	48,8 $\pm$ 3,3	43,8	54,0
VE	99 $\pm$ 13	86	123
RER	0,94 $\pm$ 0,06	0,86	1,1

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 39: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,87 $\pm$ 1,28	17,67	21,53
Km·h ⁻¹	13,5 $\pm$ 0,9	11,8	14,3
Min·km ⁻¹	4,47 $\pm$ 0,30	4,11	5,10
HR	171 $\pm$ 11	153	190
LA	3,1 $\pm$ 1,5	1,3	5,6
VO ₂	48,3 $\pm$ 3,9	42,2	54,6
VE	101 $\pm$ 8	87	118
RER	0,93 $\pm$ 0,05	0,87	1,00

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

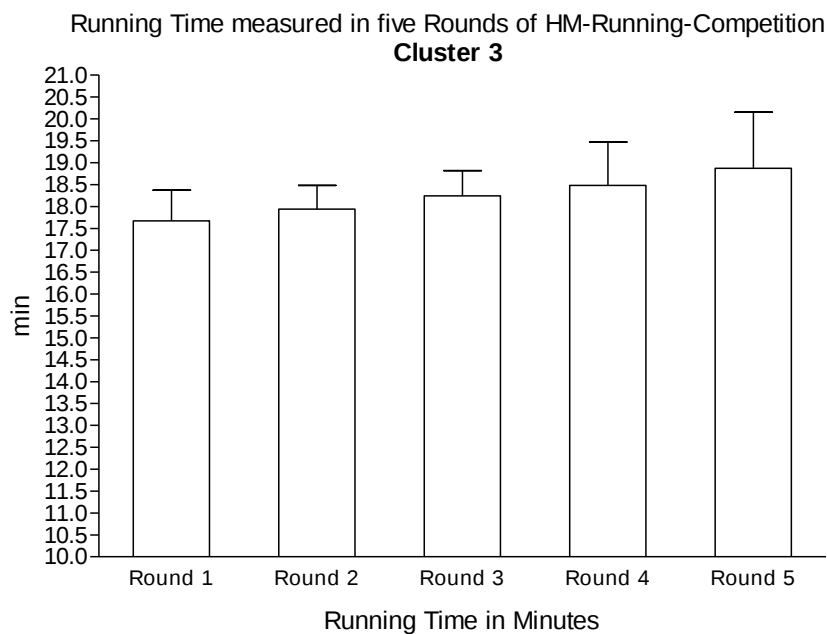


Abb. 6: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 3: n= 9)

Tab. 40: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 3: n= 9)

Variables	T T	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=9)						
Mittelwert	90,31	17,67	17,94	18,24	18,48	18,87
SD	0,55	0,70	0,54	0,58	0,99	1,28
Min	89,35	16,57	17,00	17,75	17,17	17,67
Max	91,13	18,50	18,90	19,70	20,78	21,53

TT = gesamte Zeit in Minuten; 1-5 Round = 1-5 Runde Zeit in Minuten; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 41: Signifikanzüberprüfung der 5 Runden (MW Cluster 3: n= 9)

Variables (n=9)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	p = 0,387	p = 0,075	p = 0,014	p = 0,001
2 Round	p = 0,387	-	p = 0,342	p = 0,094	p = 0,005
3 Round	p = 0,075	p = 0,342	-	p = 0,453	p = 0,052
4 Round	p = 0,014	p = 0,094	p = 0,453	-	p = 0,218
5 Round	p = 0,001	p = 0,005	p = 0,052	p = 0,218	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

7.5 Mittelwerte der Felddaten - Cluster 4

Tabelle 42 zeigt die Mittelwerte der Studienvariablen (Time, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$, HR, LA, VO_2 , VE, RER;) vom gesamten Rennen (5 Runden).

Tab. 42: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)

Variables (n=10)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	95,06 $\pm$ 1,63	92,83	97,66
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	13,3 $\pm$ 0,2	13,0	13,7
$\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$	4,50 $\pm$ 0,08	4,37	4,63
HR	171 $\pm$ 10	151	185
LA	3,7 $\pm$ 1,1	1,9	5,1
VO_2	45,1 $\pm$ 3,1	41,7	50,3
VE	99 $\pm$ 15	74	123
RER	0,95 $\pm$ 0,03	0,9	0,99

Time = Zeit in min; $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Geschwindigkeit (km/h); $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemminutenvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio.

7.5.1 Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Cluster 4

Tab. 43: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)

Variables (n=10)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,33 $\pm$ 0,92	17,00	19,83
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	13,8 $\pm$ 0,7	12,8	14,9
$\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$	4,34 $\pm$ 0,22	4,03	4,70
HR	168 $\pm$ 10	147	182
LA	4,4 $\pm$ 2,3	1,5	8,3
VO_2	46,2 $\pm$ 2,4	42,0	50,3
VE	100 $\pm$ 16	74	130
RER	0,98 $\pm$ 0,04	0,92	1,06

Time = Zeit in min; $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Geschwindigkeit (km/h); $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemminutenvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 44: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,76 $\pm$ 0,63	17,28	19,38
Km·h ⁻¹	13,5 $\pm$ 0,5	13,1	14,6
Min·km ⁻¹	4,45 $\pm$ 0,15	4,10	4,59
HR	171 $\pm$ 11	149	186
LA	3,9 $\pm$ 1,5	1,4	6,4
VO ₂	45,2 $\pm$ 3,5	40,2	50,1
VE	101 $\pm$ 15	75	131
RER	0,97 $\pm$ 0,04	0,89	1,03

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 45: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)

Variables (n=10)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	18,97 $\pm$ 0,59	17,80	19,92
Km·h ⁻¹	13,4 $\pm$ 0,4	12,7	14,2
Min·km ⁻¹	4,50 $\pm$ 0,14	4,22	4,72
HR	171 $\pm$ 11	150	1184
LA	3,6 $\pm$ 1,0	1,9	5,1
VO ₂	45,0 $\pm$ 3,8	39,2	51,0
VE	100 $\pm$ 15	76	125
RER	0,94 $\pm$ 0,03	0,90	1,00

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 46: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)

Variables (n=10)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	19,49 $\pm$ 0,40	19,00	20,33
Km·h ⁻¹	13,0 $\pm$ 0,3	12,5	13,3
Min·km ⁻¹	4,62 $\pm$ 0,09	4,50	4,82
HR	173 $\pm$ 10	155	187
LA	3,3 $\pm$ 0,7	2,2	4,2
VO ₂	44,3 $\pm$ 4,0	38,4	51,3
VE	97 $\pm$ 16	71	119
RER	0,93 $\pm$ 0,04	0,88	1,02

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 47: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)

Variables (n=10)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	19,66 $\pm$ 0,75	18,45	21,35
Km·h ⁻¹	12,9 $\pm$ 0,5	11,86	13,72
Min·km ⁻¹	4,66 $\pm$ 0,18	4,37	5,06
HR	172 $\pm$ 12	153	192
LA	3,6 $\pm$ 0,9	2,1	4,9
VO ₂	44,3 $\pm$ 4,7	39,0	52,4
VE	97 $\pm$ 17	71	123
RER	0,92 $\pm$ 0,05	0,84	1,02

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

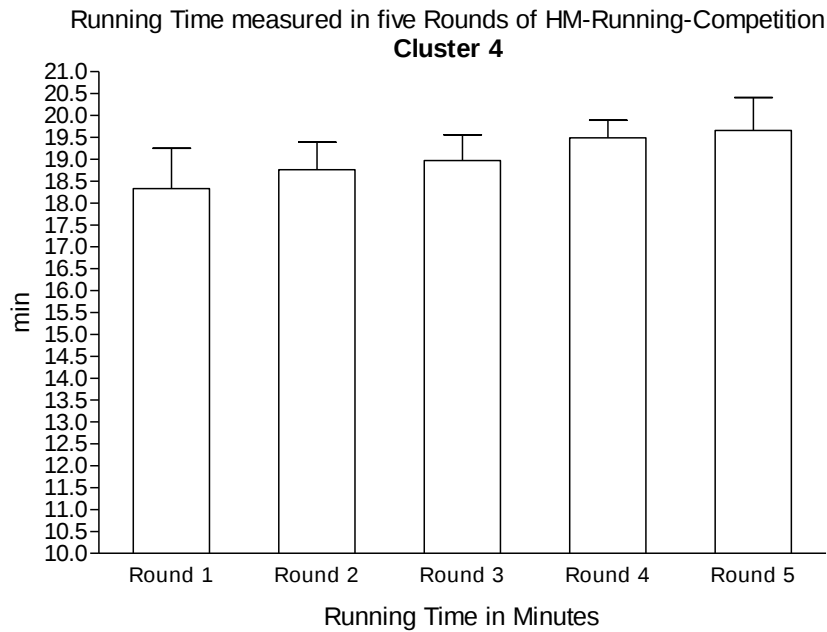


Abb. 7: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 4: n= 10)

Tab. 48: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 4: n= 10)

Variables	T T	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=10)						
Mittelwert	95,06	18,33	18,76	18,97	19,49	19,66
SD	1,63	0,92	0,63	0,57	0,40	0,75
Min	92,83	17,0	17,28	17,8	19,00	18,45
Max	97,66	19,83	19,38	19,92	20,33	21,35

TT = gesamte Zeit in Minuten; 1-5 Round = 1-5 Runde Zeit in Minuten; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 49: Signifikanzüberprüfung der 5 Runden (Cluster 4: n= 10)

Variables (n=10)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	p = 0,152	p = 0,034	p = 0,000	p = 0,000
2 Round	p = 0,152	-	p = 0,466	p = 0,018	p = 0,004
3 Round	p = 0,034	p = 0,466	-	p = 0,090	p = 0,025
4 Round	p = 0,000	p = 0,018	p = 0,090	-	p = 0,556
5 Round	p = 0,000	p = 0,004	p = 0,025	p = 0,556	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

7.6 Mittelwerte der Felddaten - Cluster 5

Tabelle 50 zeigt die Mittelwerte der Studienvariablen (Time, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$, HR, LA, VO_2 , VE, RER) vom gesamten Rennen (5 Runden).

Tab. 50: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	105,48 $\pm$ 4,46	101,15	111,50
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	12,0 $\pm$ 0,5	11,4	12,5
$\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$	5,0 $\pm$ 0,21	4,80	5,29
HR	175 $\pm$ 10	170	190
LA	3,1 $\pm$ 1,1	1,8	4,3
VO_2	42,3 $\pm$ 2,1	40,6	45,4
VE	97 $\pm$ 11	88	111
RER	0,96 $\pm$ 0,05	0,92	1,02

Time = Zeit in min; $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Geschwindigkeit (km/h); $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemminutenvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio.

7.6.1 Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Cluster 5

Tab. 51: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	19,96 $\pm$ 0,52	19,45	20,67
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	12,7 $\pm$ 0,3	12,2	13,0
$\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$	4,73 $\pm$ 0,12	4,61	4,90
HR	171 $\pm$ 6	165	180
LA	3,7 $\pm$ 1,5	1,8	5,4
VO_2	44,7 $\pm$ 3,0	40,7	47,5
VE	97 $\pm$ 11	82	109
RER	0,91 $\pm$ 0,03	0,86	0,94

Time = Zeit in min; $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Geschwindigkeit (km/h); $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemminutenvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 52: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	20,79 $\pm$ 1,26	19,97	22,67
Km·h ⁻¹	12,2 $\pm$ 0,7	11,2	12,7
Min·km ⁻¹	4,93 $\pm$ 0,30	4,73	5,37
HR	173 $\pm$ 9	167	187
LA	3,1 $\pm$ 1,1	1,6	4,2
VO ₂	40,9 $\pm$ 2,8	37,3	43,5
VE	93 $\pm$ 11	78	105
RER	0,97 $\pm$ 0,03	0,92	0,99

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 53: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	21,02 $\pm$ 1,3	20,0	22,92
Km·h ⁻¹	12,1 $\pm$ 0,7	11,0	12,6
Min·km ⁻¹	4,98 $\pm$ 0,30	4,76	5,43
HR	175 $\pm$ 11	168	192
LA	2,9 $\pm$ 1,3	1,6	4,5
VO ₂	41,2 $\pm$ 0,7	40,4	42,1
VE	96 $\pm$ 12	88	113
RER	0,97 $\pm$ 0,06	0,92	1,06

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 54: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	21,5 $\pm$ 1,4	20,38	23,55
Km·h ⁻¹	11,8 $\pm$ 0,7	10,7	12,4
Min·km ⁻¹	5,10 $\pm$ 0,33	4,83	5,58
HR	176 $\pm$ 13	168	196
LA	2,9 $\pm$ 1,1	1,6	4,2
VO ₂	40,5 $\pm$ 1,7	38,9	42,7
VE	96 $\pm$ 13	86	115
RER	0,97 $\pm$ 0,07	0,91	1,07

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 55: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Time	22,17 $\pm$ 1,37	20,70	24,00
Km·h ⁻¹	11,5 $\pm$ 0,7	10,5	12,2
Min·km ⁻¹	5,25 $\pm$ 0,32	4,91	5,69
HR	181 $\pm$ 11	172	197
LA	3,0 $\pm$ 1,1	2,1	4,6
VO ₂	43,7 $\pm$ 75,3	37,5	51,6
VE	105 $\pm$ 13	89	115
RER	0,97 $\pm$ 0,08	0,90	1,07

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

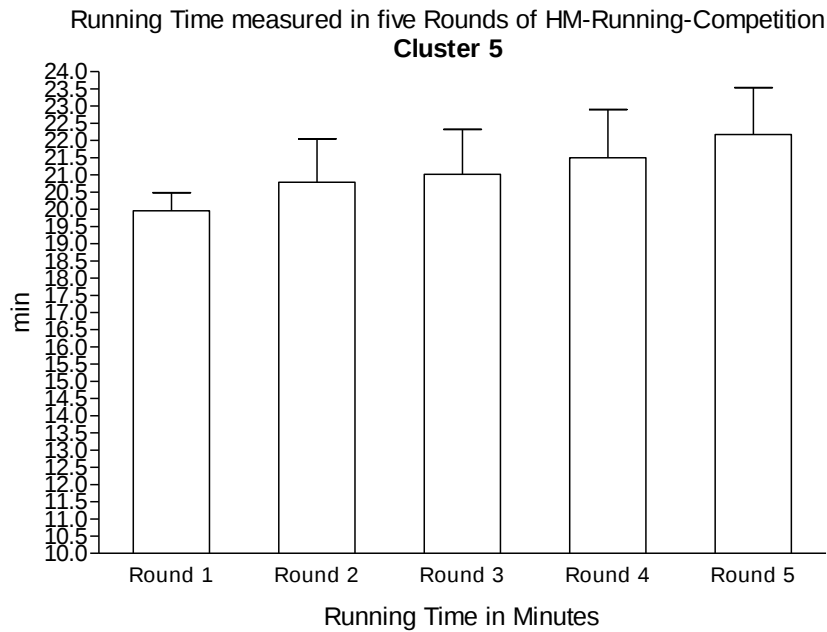


Abb. 8: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 5: n= 4)

Tab. 56: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 5: n= 4)

Variables	T T	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=4)						
Mittelwert	105,48	19,96	20,79	21,02	21,50	21,17
SD	4,46	0,52	1,26	1,30	1,40	1,37
Min	101,15	19,45	19,97	20,08	20,38	20,70
Max	111,5	20,67	22,67	22,92	23,55	24,00

TT = gesamte Zeit in Minuten; 1-5 Round = 1-5 Runde Zeit in Minuten; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 57: Vergleich der Rundenzeit im Halbmarathon (Cluster 5: n= 4)

Variables (n=4)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
	19,96	20,79	21,02	21,5	22,17
1 Round	-	p = 0,216	p = 0,123	p = 0,033	p = 0,005
2 Round	p = 0,216	-	p = 0,729	p = 0,292	p = 0,054
3 Round	p = 0,123	p = 0,729	-	p = 0,469	p = 0,100
4 Round	p = 0,033	p = 0,292	p = 0,469	-	p = 0,320
5 Round	p = 0,005	p = 0,054	p = 0,100	p = 0,320	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

7.7 Mittelwerte der Felddaten - Case

Damit die Sportart Langstreckenlauf auch im Hochleistungssport beschrieben werden kann, wurde ein Mitglied des Swiss Athletics B-Kaders Berglauf, mehrmaliger EM und WM - Teilnehmer im Berglauf und Orientierungslauf, schweizerischer Meister im Berglauf 2006, 2007 und 2010, schweizerischer Meister im Orientierungslauf 2002, 2004, 2005 und 2006 (Orientierungslauf - Langdistanz) in diese Studie einbezogen.

Tabelle 58 zeigt die Mittelwerte der Studienvariablen (Time, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$, HR, LA, VO_2 , VE, RER) vom gesamten Rennen (5 Runden).

Tab. 58: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW Case: $n=1$: Mittelwerte alle 5 Sekunden)

Variables	Value	Min	Max
Time	70,58	-	-
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	17,9	17,8	18,1
$\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$	3,35	3,38	3,32
HR	168	156	176
LA	3,1	2,5	3,7
VO_2	83,3	70,8	89,9
VE	120	99	143
RER	0,76	0,64	0,84

Time = Zeit in min; $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Geschwindigkeit (km/h); $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ = Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA = Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemminutenvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio.

7.7.1 Aufteilung der Gesamtlaufzeit in 5 Runden - Case

Tab. 59: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW Case: $n=1$: Mittelwerte alle 5 Sekunden)

Variables	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
Time	14,0	14,17	14,17	14,25	14,0
Km·h ⁻¹	18,1	17,9	17,9	17,8	18,1
Min·km ⁻¹	3,32	3,36	3,36	3,38	3,32
HR	165	168	168	168	170
LA	3,7	3,3	3,2	2,5	2,9
VO ₂	81,0	84,5	83,9	83,2	82,8
VE	113	122	122	119	119
RER	0,78	0,77	0,78	0,71	0,75

Time = Zeit in min; Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

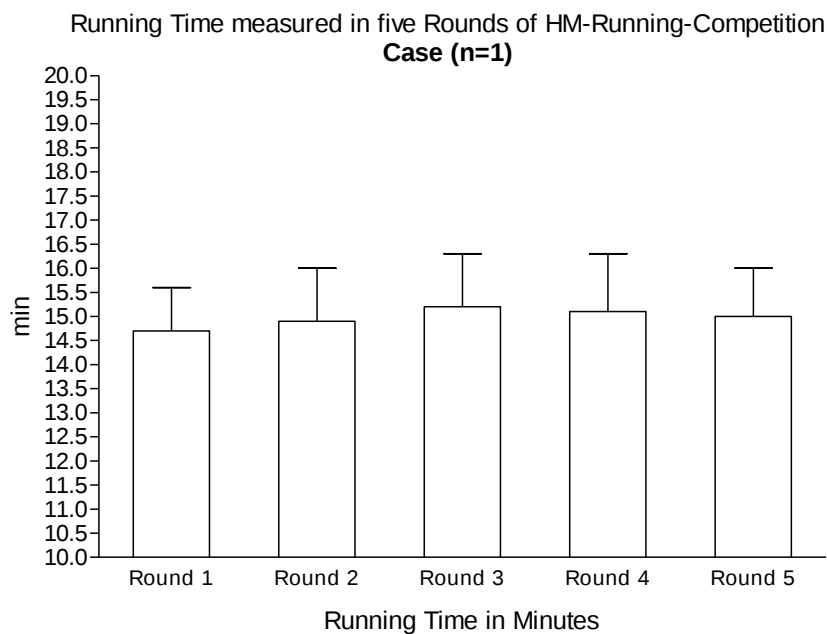


Abb. 9: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Case: $n=1$)

7.8 Intensitätsverteilung (Puggl)

Um die Intensitätsverteilung im Feldtest in Hinblick auf die Belastungsstruktur im Feld zu beschreiben, werden die im MLSS – Test eruierten Daten wie VO_2 , HR, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ und LA auf diejenigen Daten bezogen, welche für diejenigen korrespondierenden Variablen VO_2 , HR, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ und LA im Feldtest aufgezeichnet wurden. Anfangs wird das Kollektiv der Probanden, dann die fünf Cluster und am Schluss noch der Case alleine beschrieben.

7.8.1 Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Kollektiv

Kollektiv: VO_2

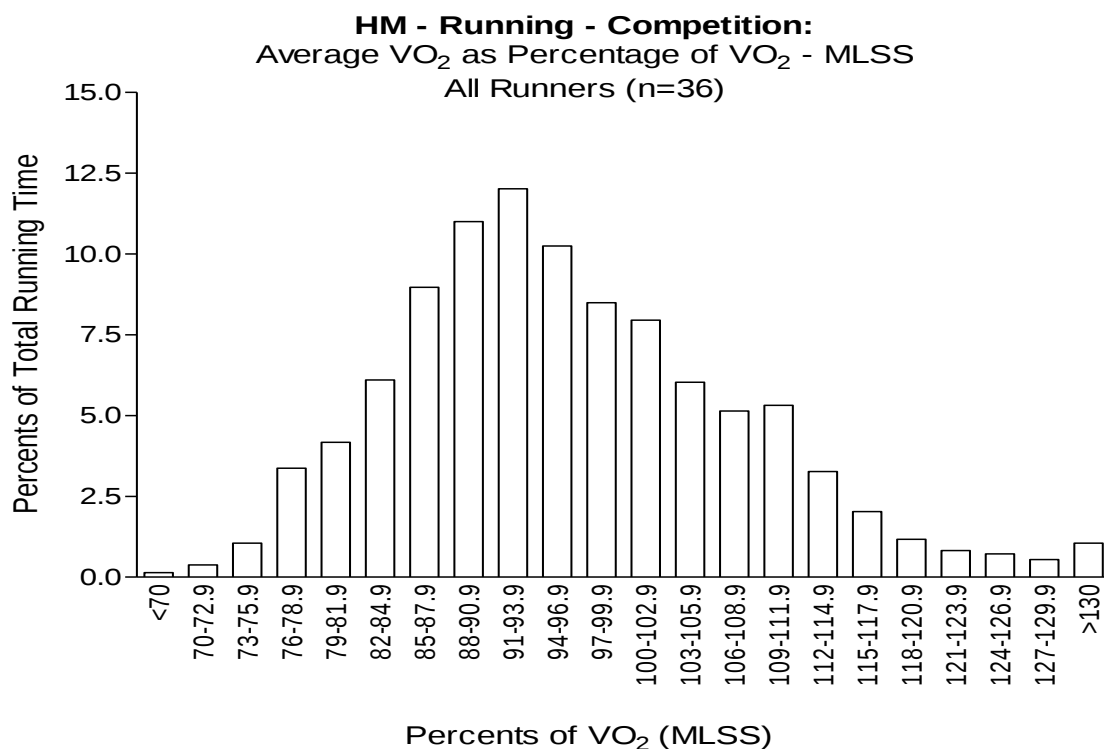


Abb. 10: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO_2 , die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Kollektiv: n= 36)

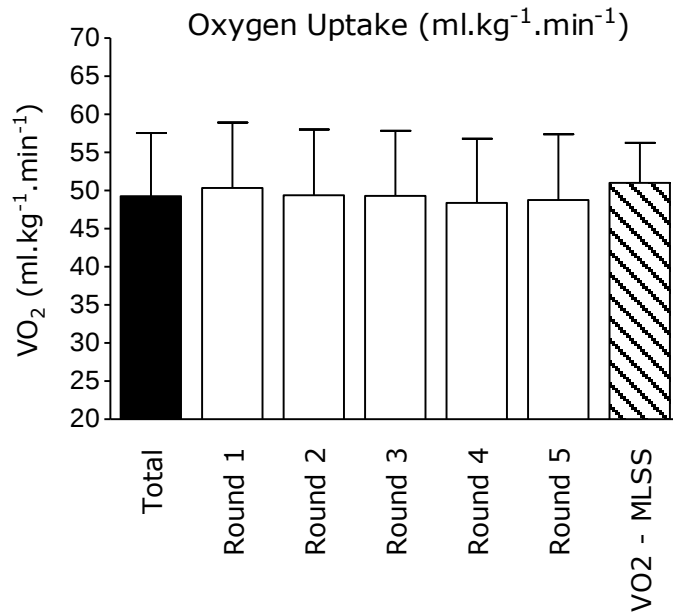


Abb. 11: Sauerstoffaufnahme (in $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Kollektiv: $n=36$)

Tab. 60: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable VO_2 (MW Kollektiv: $n=36$)

Variables	T VO_2	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=36)						
Mittelwert	49,3	50,3	49,4	49,3	48,4	48,8
SD	8,3	8,6	8,6	8,5	8,4	8,7
Min	40,6	40,1	37,3	39,2	38,4	37,5
Max	84,7	87,5	85,4	84,0	82,9	82,7

T VO_2 = Sauerstoffaufnahme über die gesamte Laufzeit (in $\text{ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$); 1-5 Round = Sauerstoffaufnahme in der 1-5 Runde; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 61: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: $n=36$)

Variables ($n=36$)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	$p = 0,100$	$p = 0,079$	$p = 0,001$	$p = 0,006$
2 Round	$p = 0,100$	-	$p = 0,907$	$p = 0,087$	$p = 0,269$
3 Round	$p = 0,079$	$p = 0,907$	-	$p = 0,110$	$p = 0,323$
4 Round	$p = 0,001$	$p = 0,087$	$p = 0,110$	-	$p = 0,539$
5 Round	$p = 0,006$	$p = 0,269$	$p = 0,323$	$p = 0,539$	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

Kollektiv: HR

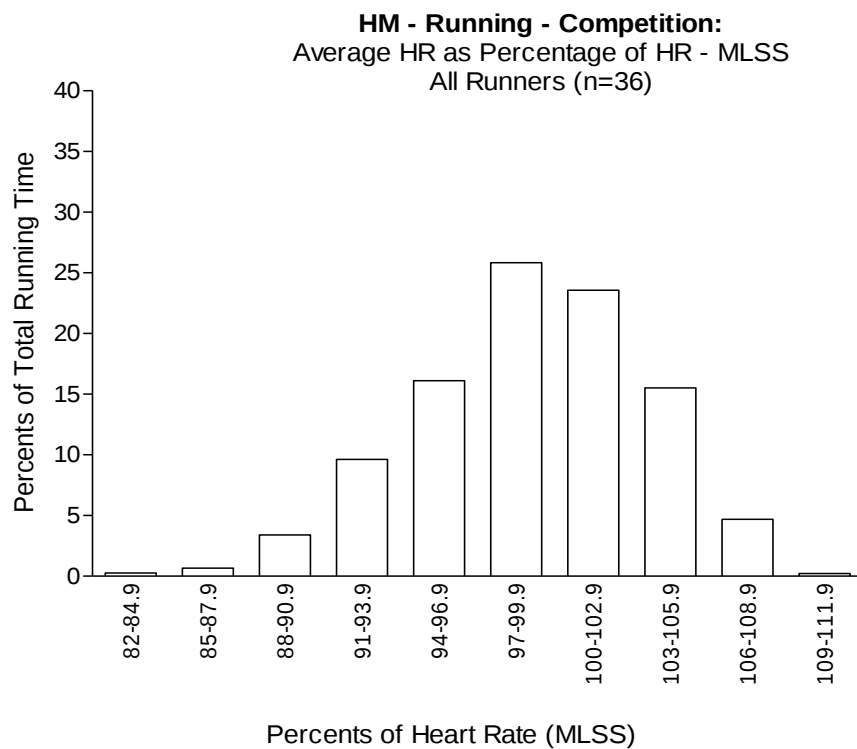


Abb. 12: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Kollektiv: $n=36$)

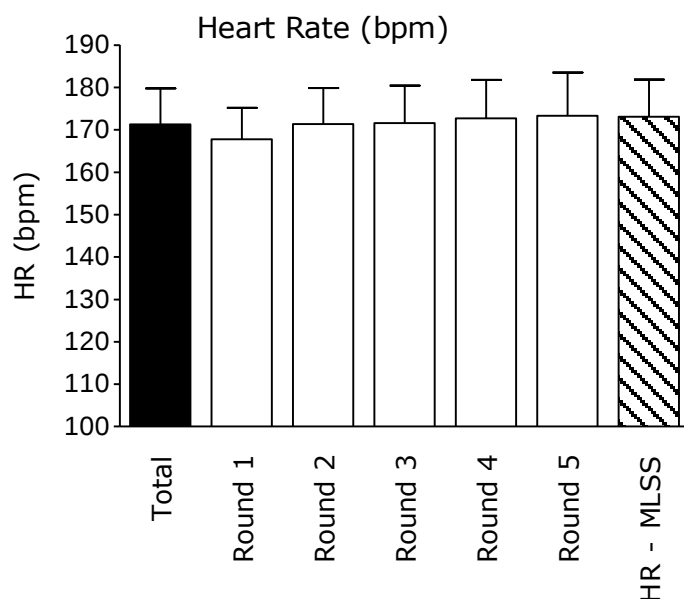


Abb. 13: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Kollektiv: n= 36)

Tab. 62: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable HR (MW Kollektiv: n= 36)

Variables	T _{HR}	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=36)						
Mittelwert	171	168	171	172	173	173
SD	8	7	9	9	9	10
Min	151	147	149	150	155	153
Max	190	182	189	192	196	197

T_{HR} = Herzfrequenz über die gesamte Laufzeit (in Schlägen pro Minute); 1-5 Round = Herzfrequenz über 1-5 Runde; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 63: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: n= 36)

Variables (n=36)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
2 Round	p = 0,000	-	p = 0,770	p = 0,064	p = 0,007
3 Round	p = 0,000	p = 0,770	-	p = 0,117.	p = 0,016
4 Round	p = 0,000	p = 0,064	p = 0,117	-	p = 0,388
5 Round	p = 0,000	p = 0,007	p = 0,016	p = 0,388	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

Kollektiv: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$

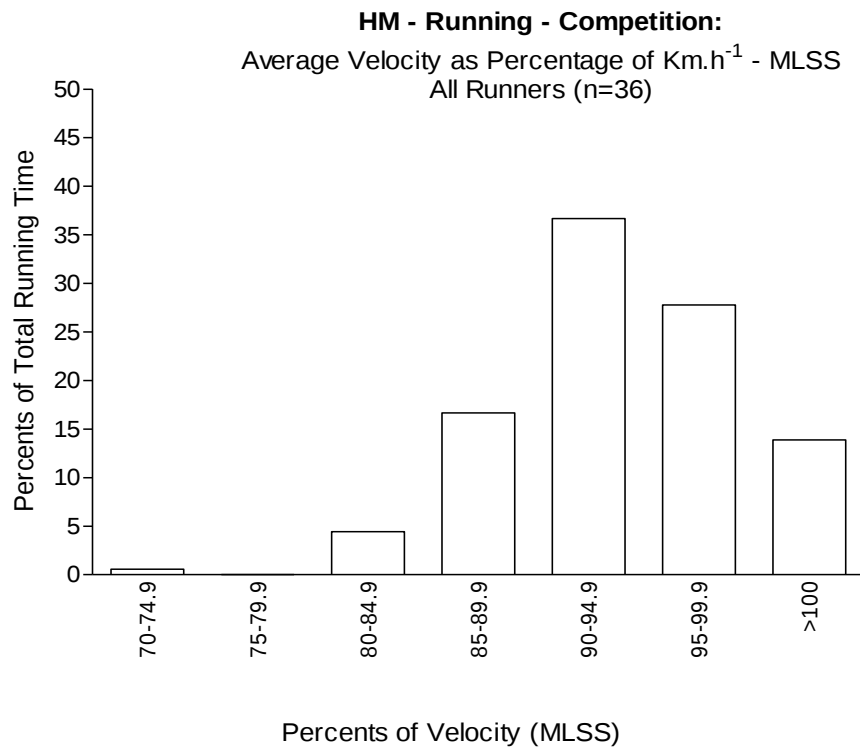


Abb. 14: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Kollektiv: n= 36)

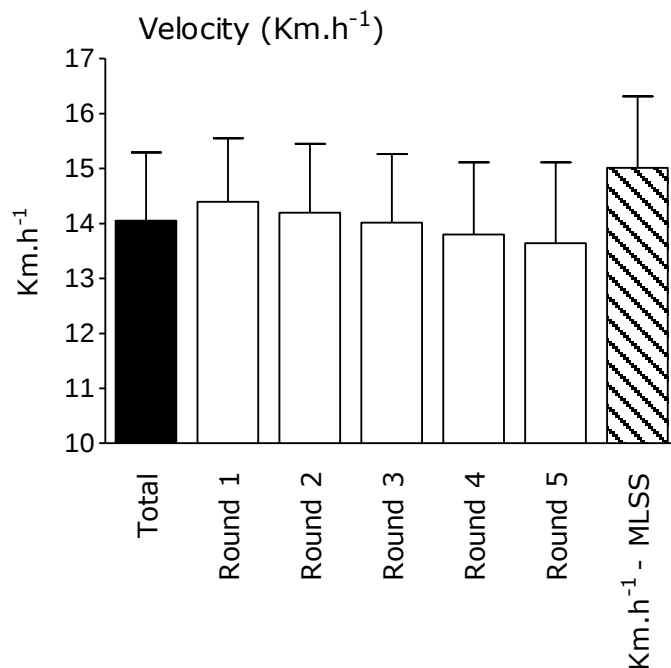


Abb. 15: Geschwindigkeit ($\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Kollektiv: n= 36)

Tab. 64: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ (MW Kollektiv: $n=36$)

Variables	T $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=36)						
Mittelwert	14,1	14,4	14,2	14,0	13,8	13,6
SD	1,2	1,2	1,3	1,2	1,3	1,5
Min	11,4	12,2	11,2	11,0	10,7	10,5
Max	17,9	18,1	17,9	17,9	17,8	18,1

T $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Kilometer pro Stunde über die gesamte Laufzeit; 1-5 Round = Kilometer pro Stunde in der 1-5 Runde; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 65: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: $n=36$)

Variables (n=36)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	p = 0,061	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
2 Round	p = 0,061	-	p = 0,087	p = 0,000	p = 0,000
3 Round	p = 0,000	p = 0,087	-	p = 0,035	p = 0,000
4 Round	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,035	-	p = 0,140
5 Round	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,140	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

Kollektiv: Min·km⁻¹

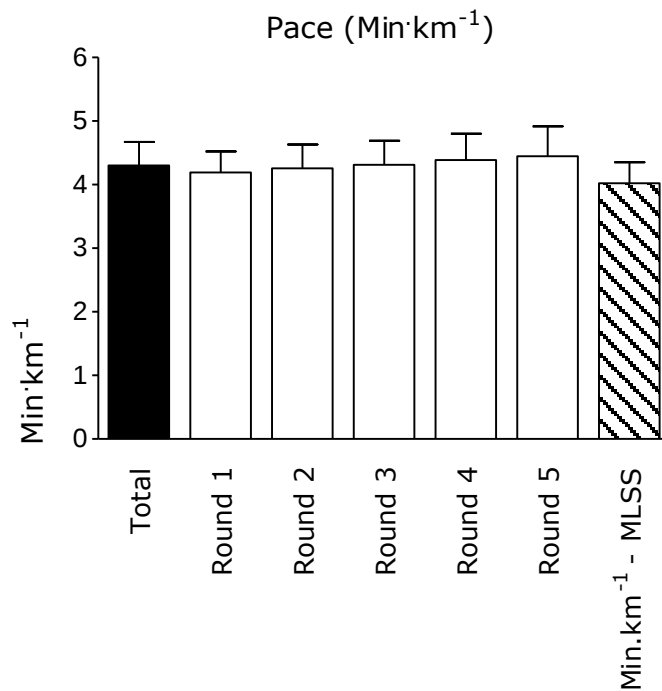


Abb. 16: Min·km⁻¹ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Kollektiv: n= 36)

Tab. 66: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Min·km⁻¹ (MW Kollektiv: n= 36)

Variables T _{Min.km-1}	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round	
(n=36)						
Mittelwert	4,30	4,19	4,26	4,31	4,39	4,45
SD	0,37	0,33	0,38	0,38	0,42	0,47
Min	3,35	3,32	3,36	3,36	3,38	3,32
Max	5,29	4,90	5,37	5,43	5,58	5,69

T Min·km⁻¹= Minuten pro Kilometer über die gesamte Laufzeit; 1-5 Round = Minuten pro Kilometer in der 1-5Runde; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 67: Vergleich der $\text{Min} \cdot \text{km}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: $n=36$)

Variables (n=36)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	$p = 0,071$	$p = 0,001$	$p = 0,000$	$p = 0,000$
2 Round	$p = 0,071$	-	$p = 0,123$	$p = 0,000$	$p = 0,000$
3 Round	$p = 0,001$	$p = 0,123$	-	$p = 0,036$	$p = 0,000$
4 Round	$p = 0,000$	$p = 0,000$	$p = 0,036$	-	$p = 0,091$
5 Round	$p = 0,000$	$p = 0,000$	$p = 0,000$	$p = 0,091$	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

Kollektiv: Laktat

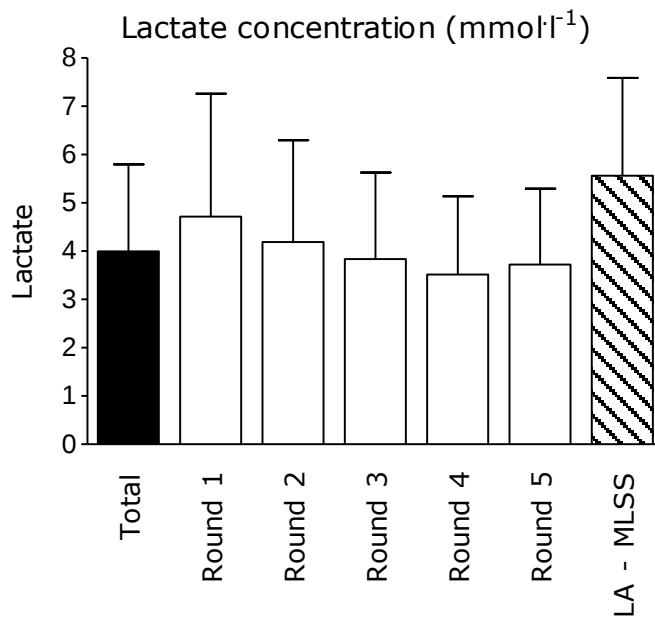


Abb. 17: Laktat Konzentration (in $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$) in den fünf Runden mit den MLSS-Feldtest-Wert. (Kollektiv: $n=36$)

Tab. 68: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Laktat (MW Kollektiv: n= 36)

Variables	T _{LA}	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=36)						
Mittelwert	4,0	4,7	4,2	3,8	3,5	3,7
SD	1,8	2,6	2,1	1,8	1,6	1,6
Min	1,8	1,5	1,4	1,6	1,6	1,3
Max	9,9	10,5	10,4	10,0	9,7	9,6

T_{LA} = Laktat über die gesamte Laufzeit (in mmol.l⁻¹); 1-5 Round = Laktat in 1-5 Runde; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 69: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: n= 36)

Variables (n=36)	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
1 Round	-	p = 0,011	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
2 Round	p = 0,011	-	p = 0,083	p = 0,001	p = 0,024
3 Round	p = 0,000	p = 0,083	-	p = 0,126	p = 0,591
4 Round	p = 0,000	p = 0,001	p = 0,126	-	p = 0,320
5 Round	p = 0,000	p = 0,024	p = 0,591	p = 0,320	-

1-5 Round = 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

7.9 Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 1

Cluster 1: VO_2

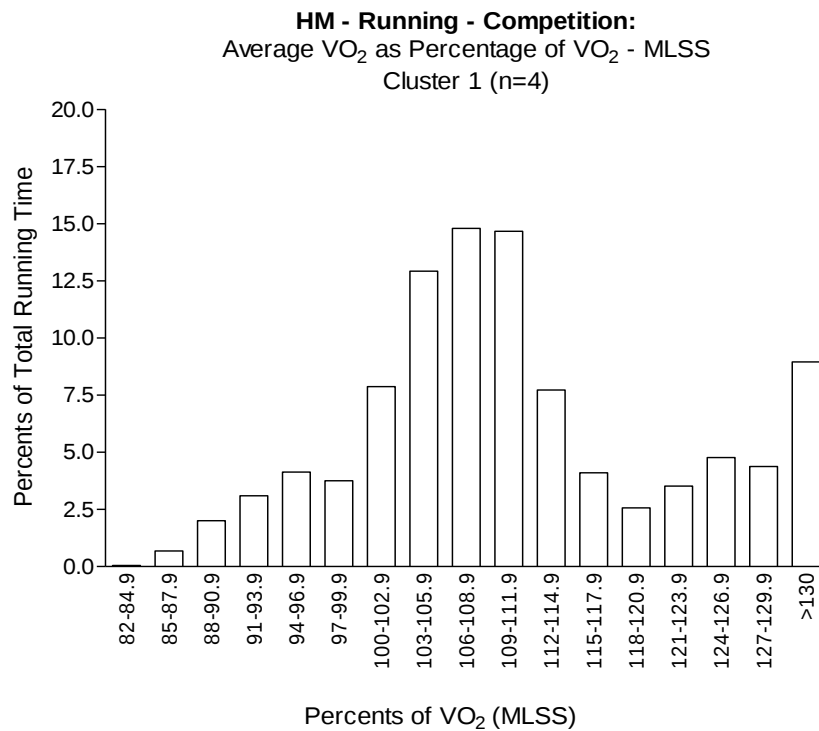


Abb. 18: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO_2 MLSS , die im MLSS -Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 1: n= 4)

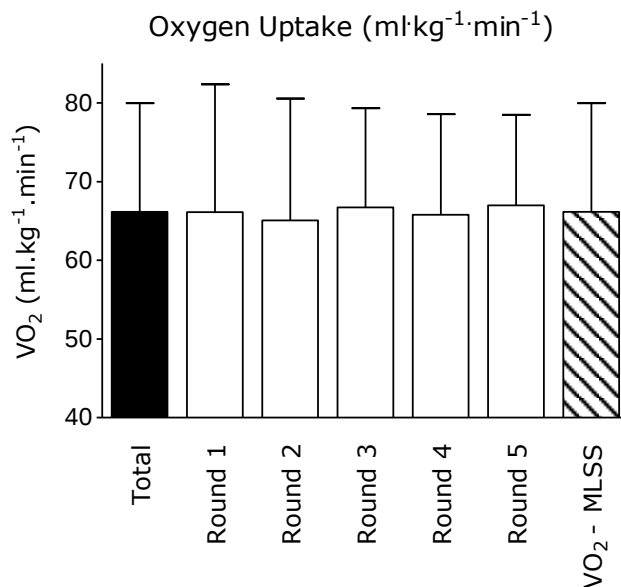


Abb. 19: Sauerstoffaufnahme (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS -Feldtest-Wert. (Cluster 1: n= 4)

Tab. 70: Mittelwert der Studienvariable VO₂ über 5 Runden (MW Cluster 1: n= 4)

Variables	T _{VO2}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	66,1	66,1	65,1	66,7	65,8	67,0
SD	13,8	16,2	15,5	12,6	12,8	11,5
Min	53,3	50,0	50,2	56,4	54,1	56,1
Max	84,7	87,5	85,4	84,0	82,9	82,7

T_{VO2} = mittlere Sauerstoffaufnahme über die gesamten fünf Runden (in ml·kg⁻¹·min⁻¹); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 71: Vergleich der VO₂ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: n= 4)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,509	p = 0,716	p = 0,834	p = 0,596
Round 2	p = 0,509	-	p = 0,313	p = 0,649	p = 0,244
Round 3	p = 0,716	p = 0,313	-	p = 0,568	p = 0,867
Round 4	p = 0,834	p = 0,649	p = 0,568	-	p = 0,462
Round 5	p = 0,596	p = 0,244	p = 0,867	p = 0,462	-

Round 1-5= 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 1: HR

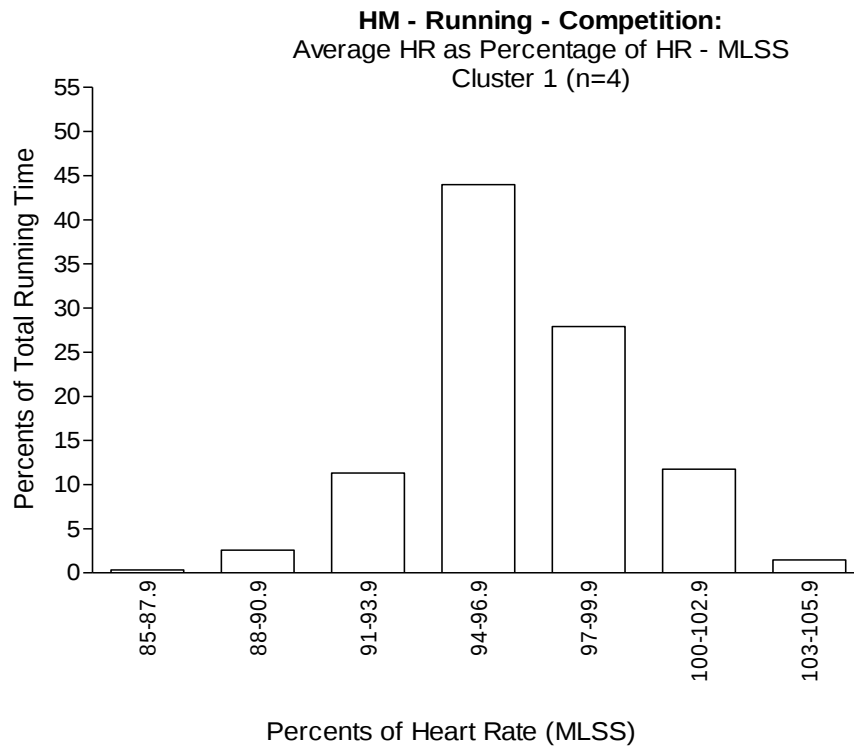


Abb. 20: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 1: n= 4)

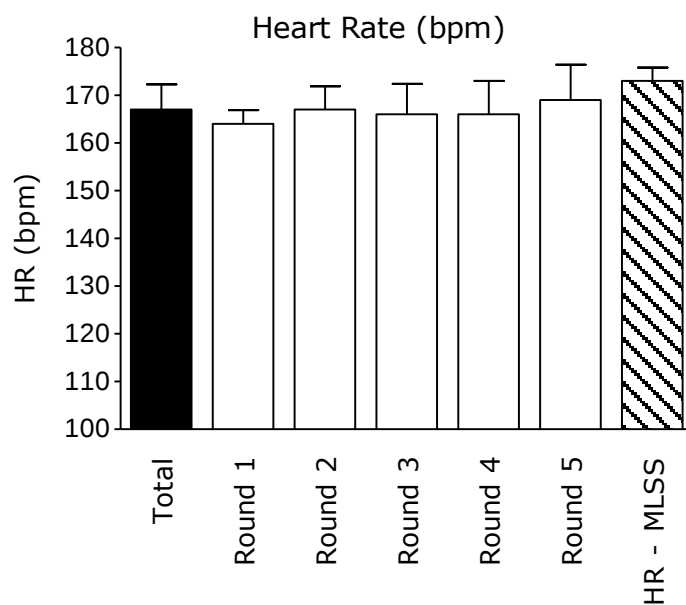


Abb. 21: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 1: n= 4)

Tab. 72: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 1: n= 4)

Variables	T _{HR}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	167	164	167	166	166	169
SD	5	3	5	6	7	7
Min	162	161	163	160	159	160
Max	173	168	174	175	176	178

T_{HR} = mittlerer Wert der Herzfrequenz über die gesamten fünf Runden (in Schlägen pro Minute); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 73: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: n= 4)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,150	p = 0,312	p = 0,310	p = 0,032
Round 2	p = 0,150	-	p = 0,640	p = 0,642	p = 0,394
Round 3	p = 0,312	p = 0,640	-	p = 0,997	p = 0,197
Round 4	p = 0,310	p = 0,642	p = 0,997	-	p = 0,198
Round 5	p = 0,032	p = 0,394	p = 0,197	p = 0,198	-

Round 1-5= 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 1: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$

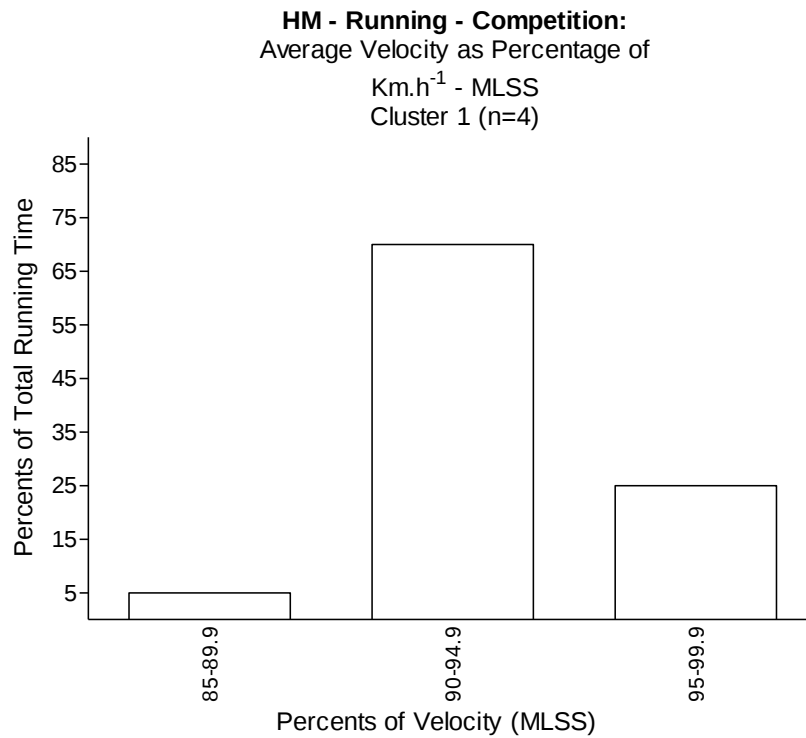


Abb. 22: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 1: n= 4)

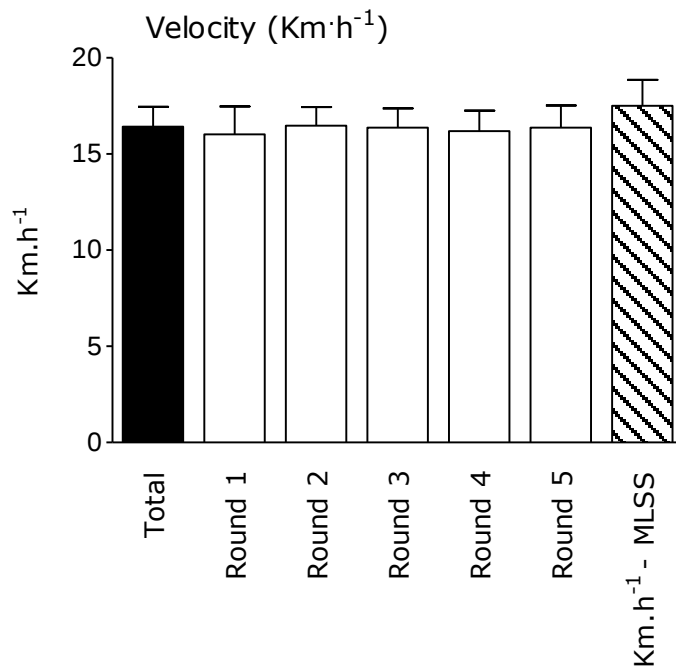


Abb. 23: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 1: n= 4)

Tab. 74: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 1: $n=4$)

Variables	$T_{\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}}$		Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
($n=4$)							
Mittelwert	16,42	16,03		16,47	16,37	16,19	16,38
SD	1,04	1,45		0,98	1,0	1,06	1,14
Min	15,72	14,68		15,77	15,75	15,50	15,79
Max	17,93	18,08		17,87	17,87	17,76	18,08

$T_{\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}}$ = mittlere Geschwindigkeit über die gesamten fünf Runden (in $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 75: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: $n=4$)

Variables ($n=4$)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	$p = 0,099$	$p = 0,191$	$p = 0,541$	$p = 0,180$
Round 2	$p = 0,099$	-	$p = 0,692$	$p = 0,268$	$p = 0,720$
Round 3	$p = 0,191$	$p = 0,692$	-	$p = 0,464$	$p = 0,971$
Round 4	$p = 0,541$	$p = 0,268$	$p = 0,464$	-	$p = 0,443$
Round 5	$p = 0,180$	$p = 0,720$	$p = 0,971$	$p = 0,443$	-

Round 1-5= 1-5 Runde (Signifikanz Überprüfung)

Cluster 1: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$

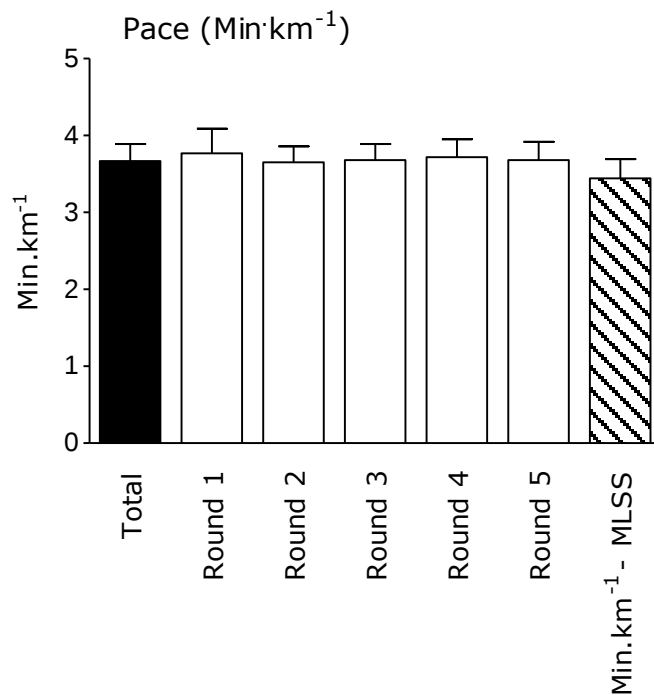


Abb. 24: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 1: $n=4$)

Tab. 76: Mittelwert der Studienvariable $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 1: $n=4$)

Variables	T _{Min.km-1}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	3,67	3,77	3,65	3,68	3,72	3,68
SD	0,22	0,32	0,21	0,21	0,23	0,24
Min	3,82	4,09	3,80	3,81	3,87	3,8
Max	3,35	3,32	3,36	3,36	3,38	3,32

T_{Min.km-1} = mittleres Tempo über die gesamten fünf Runden (in $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 77: Vergleich der Min km^{-1} im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: $n=4$)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,087	p = 0,163	p = 0,457	p = 0,165
Round 2	p = 0,087	-	p = 0,715	p = 0,296	p = 0,708
Round 3	p = 0,163	p = 0,715	-	p = 0,486	p = 0,992
Round 4	p = 0,457	p = 0,296	p = 0,486	-	p = 0,492
Round 5	p = 0,165	p = 0,708	p = 0,992	p = 0,492	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 1: Laktat

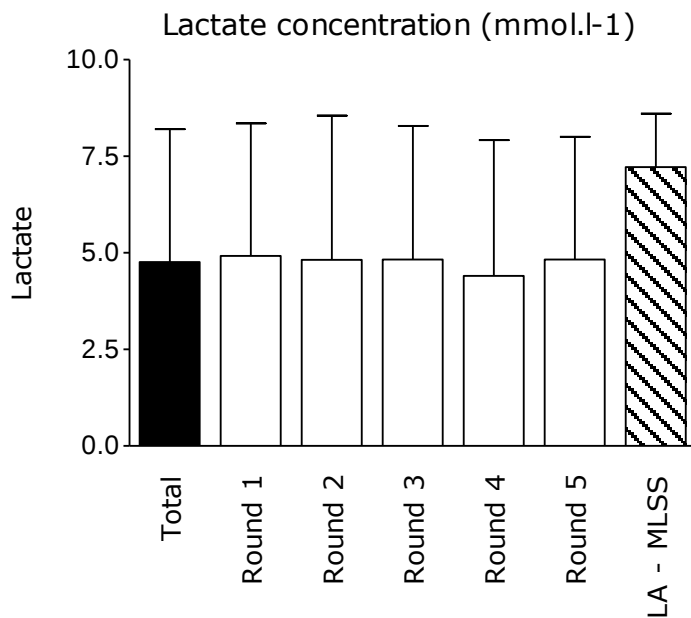


Abb. 25: Laktat Konzentration (in mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 1: $n=4$)

Tab. 78: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 5 Runden (MW Cluster 1: n= 4)

Variables	T _{LA}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	4,8	4,9	4,8	4,8	4,4	4,8
SD	3,4	3,4	3,7	3,5	3,5	3,2
Min	2,9	2,3	2,7	2,8	2,3	2,9
Max	9,9	10,0	10,4	10,0	9,7	9,6

T_{LA} = mittlerer Laktatwert über die gesamten fünf Runden (in mmol.l⁻¹); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 79: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: n= 4)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,776	p = 0,792	p = 0,160	p = 0,803
Round 2	p = 0,776	-	p = 0,983	p = 0,250	p = 0,972
Round 3	p = 0,792	p = 0,983	-	p = 0,242	p = 0,989
Round 4	p = 0,160	p = 0,250	p = 0,242	-	p = 0,237
Round 5	p = 0,803	p = 0,972	p = 0,989	p = 0,237	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

7.10 Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 2

Cluster 2: VO₂

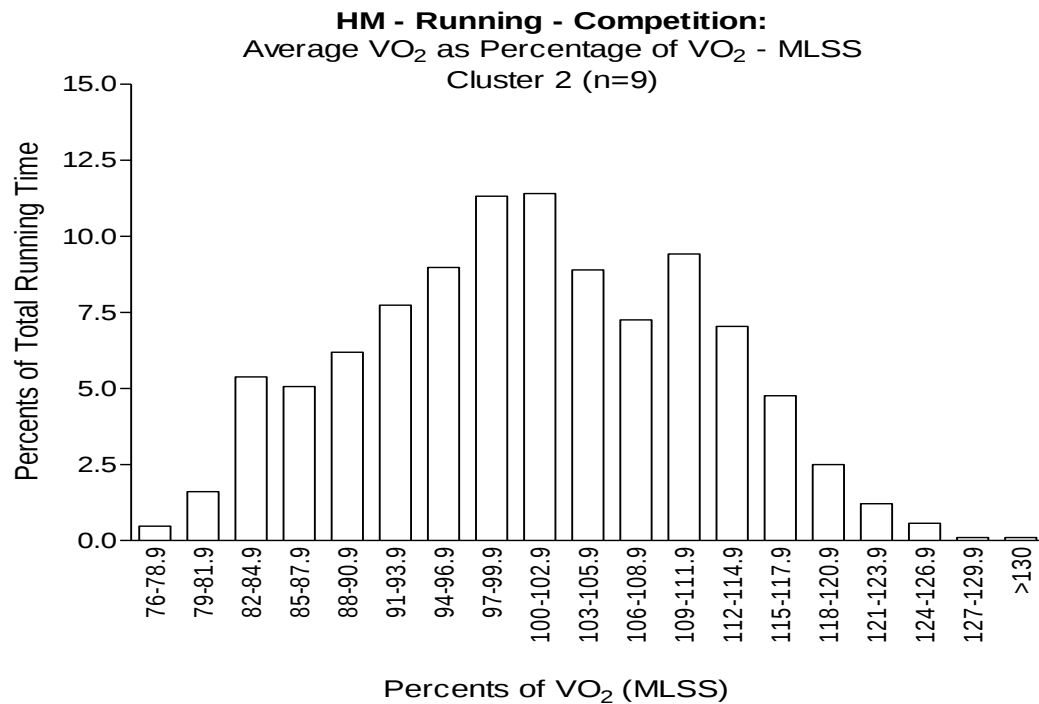


Abb. 26: Prozentuelle Verteilung der VO₂ (in ml·kg⁻¹·min⁻¹) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO₂, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 2: n= 9)

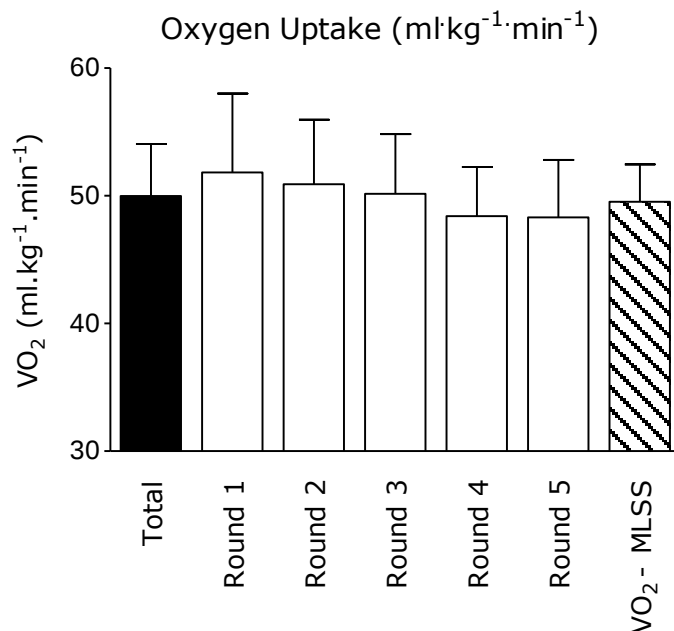


Abb. 27: Sauerstoffaufnahme (in ml·kg⁻¹·min⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 2: n= 9)

Tab. 80: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 2: n= 9)

Variables	T VO_2	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)						
Mittelwert	50,0	51,8	50,9	50,2	48,4	48,3
SD	4,1	6,2	5,0	4,7	3,8	4,5
Min	41,5	40,1	40,2	40,0	42,7	40,9
Max	54,8	61,6	56,0	56,9	56,1	55,6

T VO_2 = mittlere Sauerstoffaufnahme über die gesamten fünf Runden (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 81: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: n= 9)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,489	p = 0,211	p = 0,013	p = 0,011
Round 2	p = 0,489	-	p = 0,568	p = 0,063	p = 0,055
Round 3	p = 0,211	p = 0,568	-	p = 0,187	p = 0,167
Round 4	p = 0,013	p = 0,063	p = 0,187	-	p = 0,947
Round 5	p = 0,011	p = 0,055	p = 0,167	p = 0,947	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 2: HR

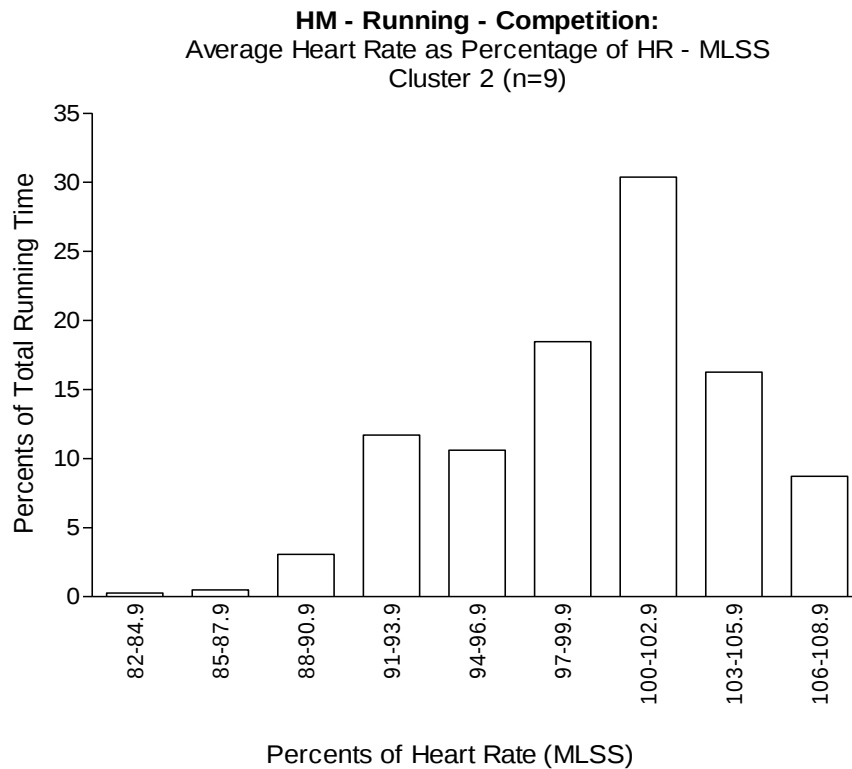


Abb. 28: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 2: n= 9)

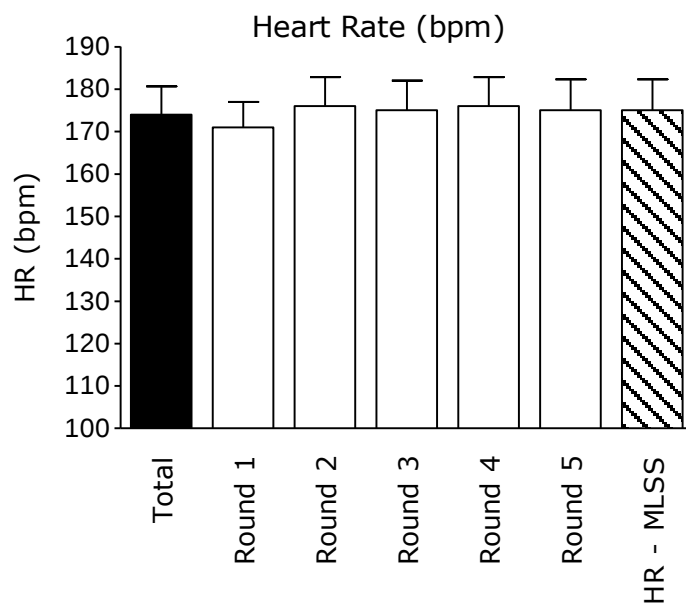


Abb. 29: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 2: n= 9)

Tab. 82: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 2: n= 9)

Variables	T _{HR}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)						
Mittelwert	174	171	176	175	176	175
SD	7	6	7	7	7	7
Min	166	163	166	166	166	165
Max	188	182	189	189	189	189

T_{HR} = mittlere Herzfrequenz über die gesamten fünf Runden (in Schlägen pro Minute); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 83: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: n= 9)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
Round 2	p = 0,000	-	p = 0,748	p = 0,689	p = 0,915
Round 3	p = 0,000	p = 0,748	-	p = 0,472	p = 0,830
Round 4	p = 0,000	p = 0,689	p = 0,472	-	p = 0,613
Round 5	p = 0,000	p = 0,915	p = 0,830	p = 0,613	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 2: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$

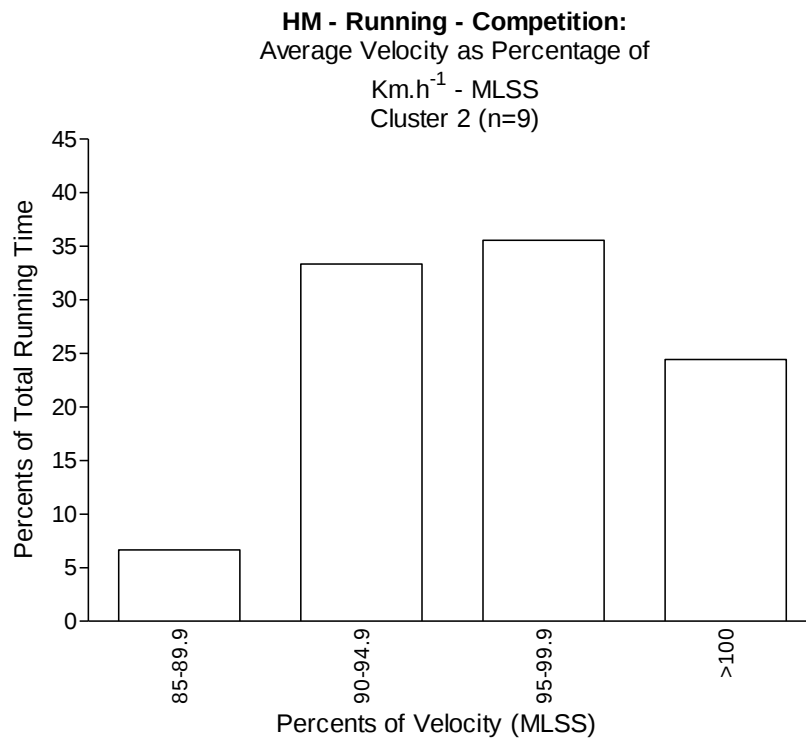


Abb. 30: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 2: n= 9)

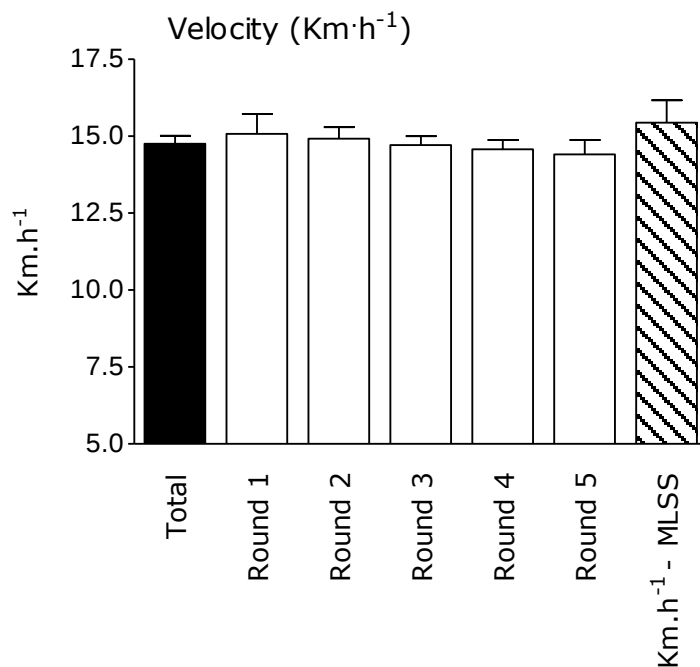


Abb. 31: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 2: n= 9)

Tab. 84: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 2: $n=9$)

Variables	T _{Km.h-1}		Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)							
Mittelwert	14,75	15,08		14,92	14,71	14,58	14,41
SD	0,27	0,64		0,38	0,3	0,3	0,47
Min	14,4	14,06		14,4	14,41	14,26	13,38
Max	15,2	15,94		15,34	15,39	15,04	14,89

$T_{\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}}$ = mittlere Geschwindigkeit über die gesamten fünf Runden (in $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 85: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: $n=9$)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	$p = 0,344$	$p = 0,037$	$p = 0,006$	$p = 0,000$
Round 2	$p = 0,344$	-	$p = 0,235$	$p = 0,056$	$p = 0,006$
Round 3	$p = 0,037$	$p = 0,235$	-	$p = 0,446$	$p = 0,094$
Round 4	$p = 0,006$	$p = 0,056$	$p = 0,446$	-	$p = 0,347$
Round 5	$p = 0,000$	$p = 0,006$	$p = 0,094$	$p = 0,347$	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 2: Min.km^{-1}

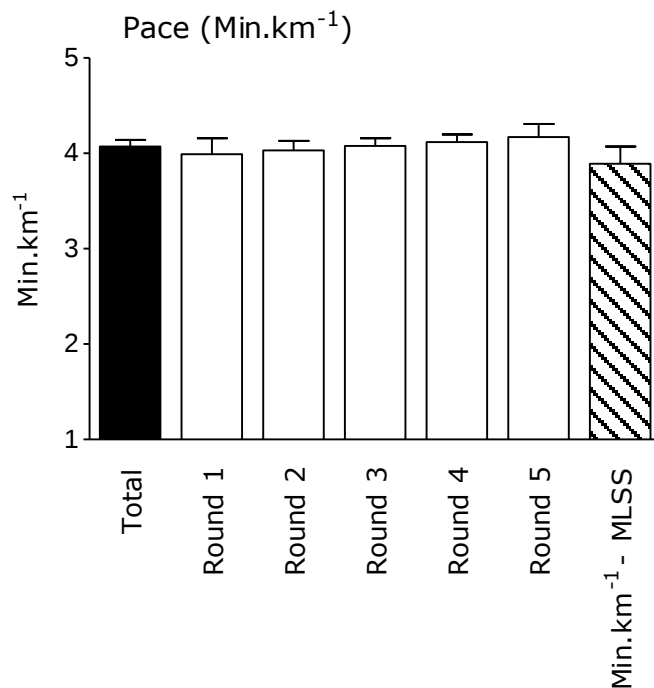


Abb. 32: Min.km^{-1} in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 2: $n=9$)

Tab. 86: Mittelwert der Studienvariable Min.km^{-1} über 5 Runden (MW Cluster 2: $n=9$)

Variables	$T_{\text{Min.km}^{-1}}$	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)						
Mittelwert	4,07	3,99	4,03	4,08	4,12	4,17
SD	0,07	0,17	0,1	0,08	0,08	0,14
Min	4,17	4,27	4,17	4,16	4,21	4,48
Max	3,95	3,76	3,91	3,9	3,99	4,03

$T_{\text{Min.km}^{-1}}$ = mittleres Tempo über die gesamten fünf Runden (in Min.km^{-1}); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 87: Vergleich der Min km^{-1} im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: $n=9$)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,415	p = 0,055	p = 0,010	p = 0,001
Round 2	p = 0,415	-	p = 0,254	p = 0,062	p = 0,006
Round 3	p = 0,055	p = 0,254	-	p = 0,446	p = 0,082
Round 4	p = 0,010	p = 0,062	p = 0,446	-	p = 0,313
Round 5	p = 0,001	p = 0,006	p = 0,082	p = 0,313	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 2: Laktat

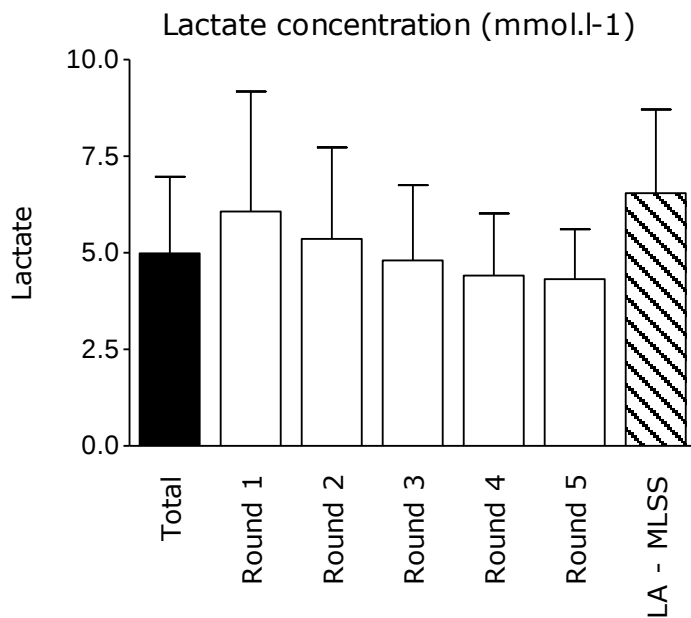


Abb. 33: Laktat Konzentration (in mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 2: $n=9$)

Tab. 88: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 5 Runden (MW Cluster 2: n= 9)

Variables	T _{LA}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)						
Mittelwert	5,0	6,1	5,4	4,8	4,4	4,3
SD	2,0	3,1	2,4	2,0	1,6	1,3
Min	2,1	1,8	1,9	1,8	1,9	3,0
Max	7,9	10,5	8,4	7,6	6,7	6,6

T_{LA} = mittlerer Laktatwert über die gesamten fünf Runden (in mmol.l-1); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 89: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: n= 9)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,122	p = 0,008	p = 0,001	p = 0,001
Round 2	p = 0,122	-	p = 0,226	p = 0,044	p = 0,029
Round 3	p = 0,008	p = 0,226	-	p = 0,395	p = 0,301
Round 4	p = 0,001	p = 0,044	p = 0,395	-	p = 0,851
Round 5	p = 0,001	p = 0,029	p = 0,301	p = 0,851	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

7.11 Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 3

Cluster 3: VO₂

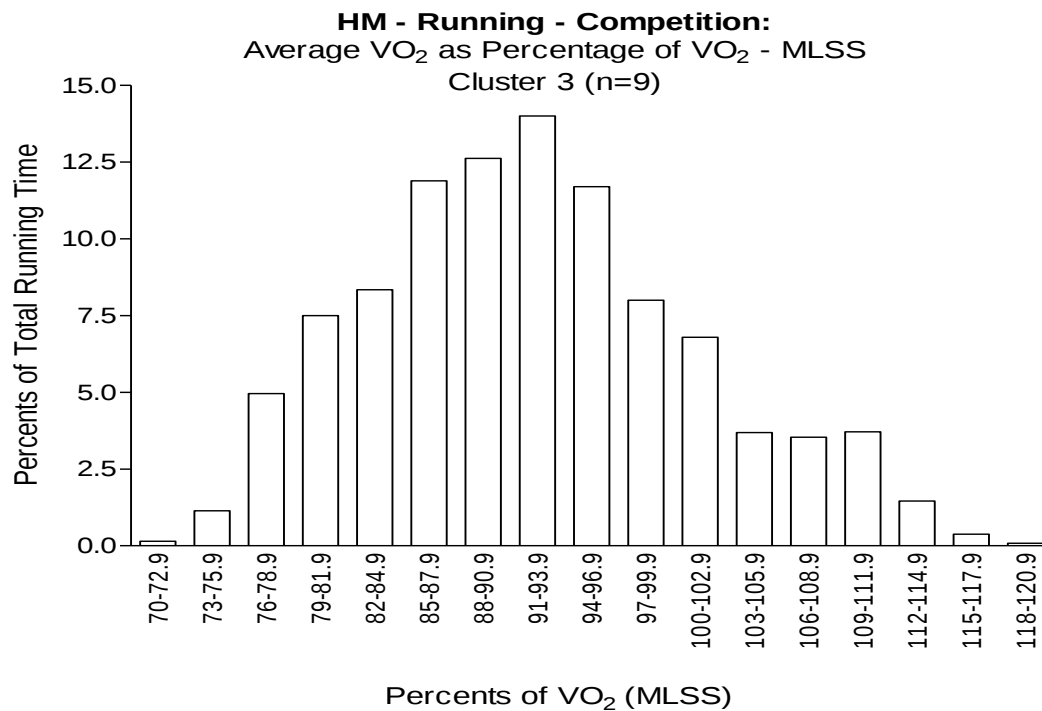


Abb. 34: Prozentuelle Verteilung der VO₂ (in ml.kg⁻¹.min⁻¹) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO₂, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 3: n= 9)

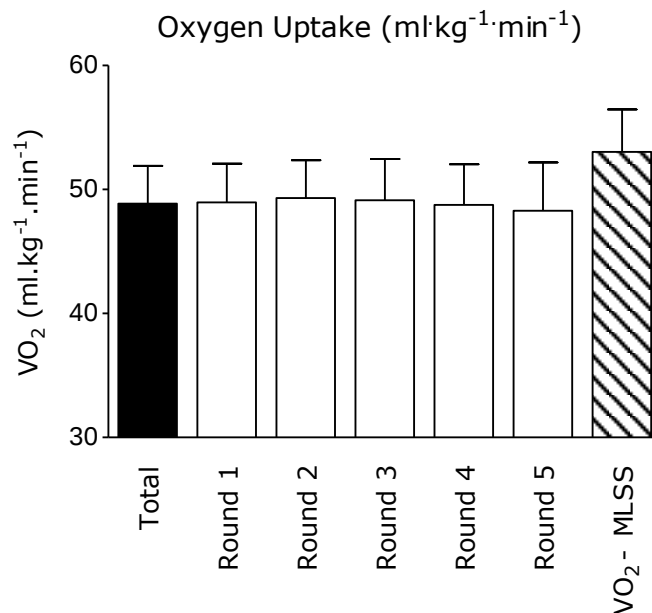


Abb. 35: Sauerstoffaufnahme (in ml.kg⁻¹.min⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 3: n= 9)

Tab. 90: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 3: $n=9$)

Variables	T_{VO_2}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)						
Mittelwert	48,9	49,0	49,3	49,1	48,8	48,3
SD	3,0	3,1	3,0	3,3	3,3	3,9
Min	44,5	45,0	44,7	43,7	43,8	42,2
Max	53,2	53,5	53,2	52,5	54,0	54,6

T_{VO_2} = mittlere Sauerstoffaufnahme über die gesamten fünf Runden (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 91: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: $n=9$)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	$p = 0,633$	$p = 0,822$	$p = 0,786$	$p = 0,348$
Round 2	$p = 0,633$	-	$p = 0,800$	$p = 0,455$	$p = 0,161$
Round 3	$p = 0,822$	$p = 0,800$	-	$p = 0,620$	$p = 0,247$
Round 4	$p = 0,786$	$p = 0,455$	$p = 0,620$	-	$p = 0,502$
Round 5	$p = 0,348$	$p = 0,161$	$p = 0,247$	$p = 0,502$	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 3: HR

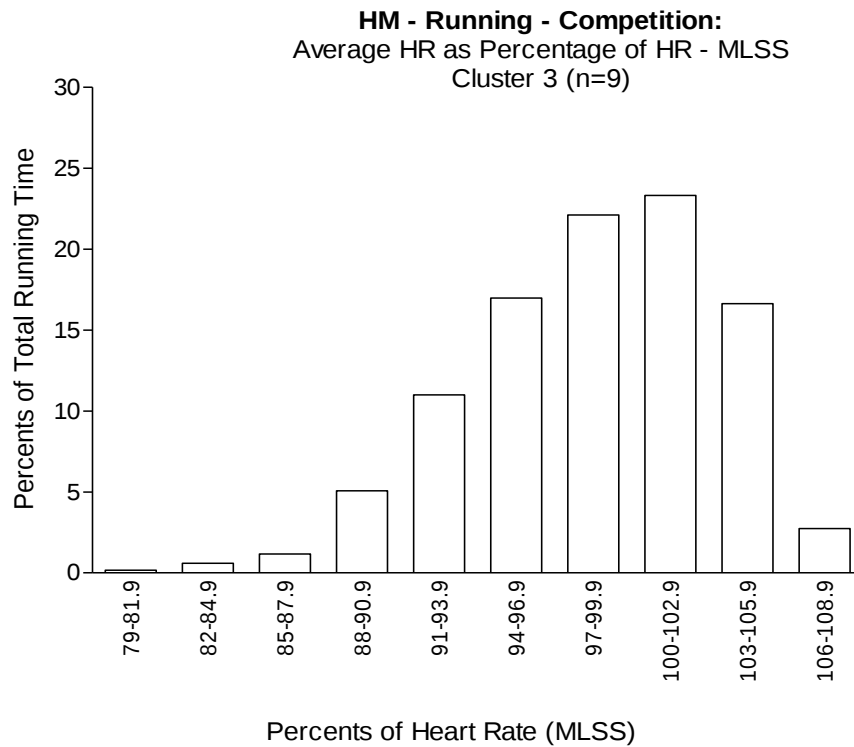


Abb. 36: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 3: n= 9)

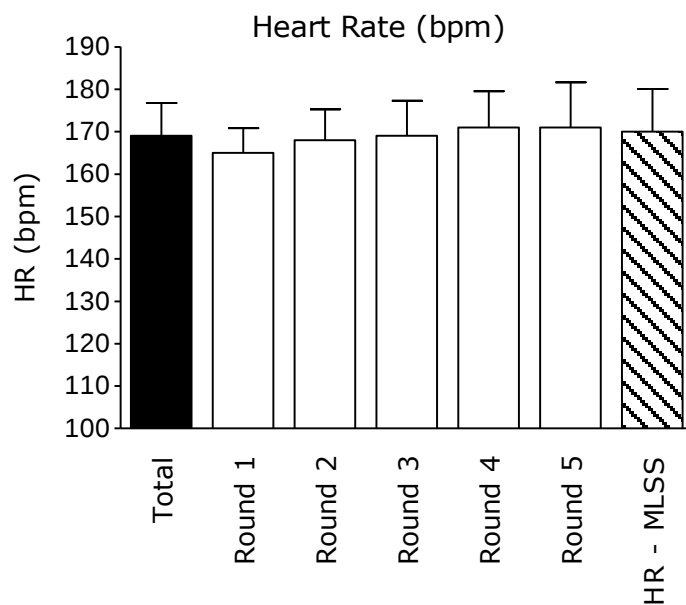


Abb. 37: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 3: n= 9)

Tab. 92: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 3: n= 9)

Variables	T _{HR}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)						
Mittelwert	169	165	168	169	171	171
SD	8	6	7	8	9	11
Min	160	154	162	160	161	153
Max	185	177	185	186	186	190

T_{HR} = mittlere Herzfrequenz über die gesamten fünf Runden (in Schlägen pro Minute); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 93: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: n= 9)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,047	p = 0,015	p = 0,001	p = 0,001
Round 2	p = 0,047	-	p = 0,616	p = 0,159	p = 0,087
Round 3	p = 0,015	p = 0,616	-	p = 0,357	p = 0,216
Round 4	p = 0,001	p = 0,159	p = 0,357	-	p = 0,746
Round 5	p = 0,001	p = 0,087	p = 0,216	p = 0,746	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 3: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$

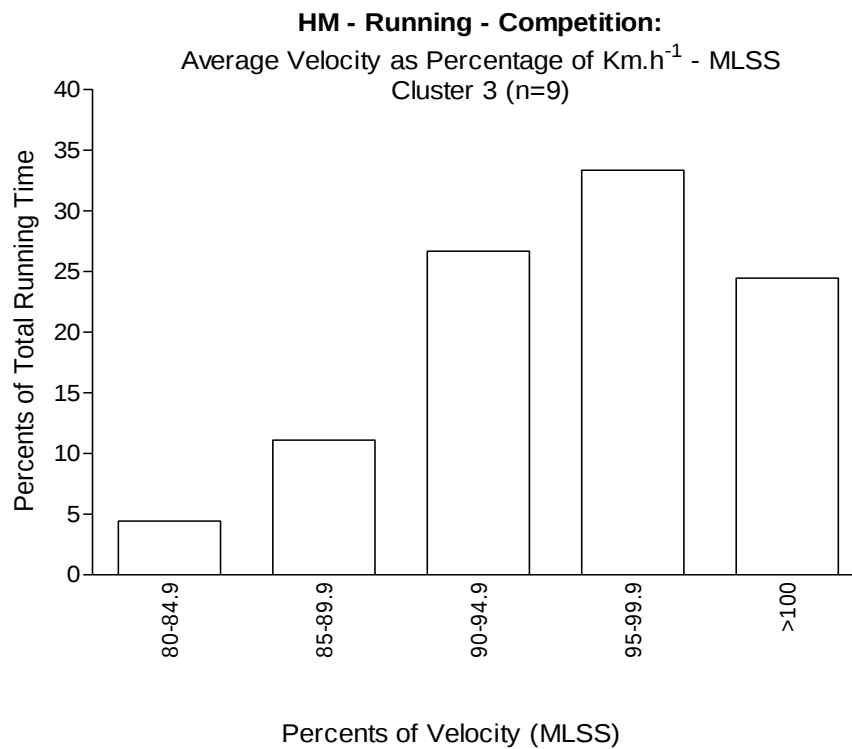


Abb. 38: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 3: n= 9)

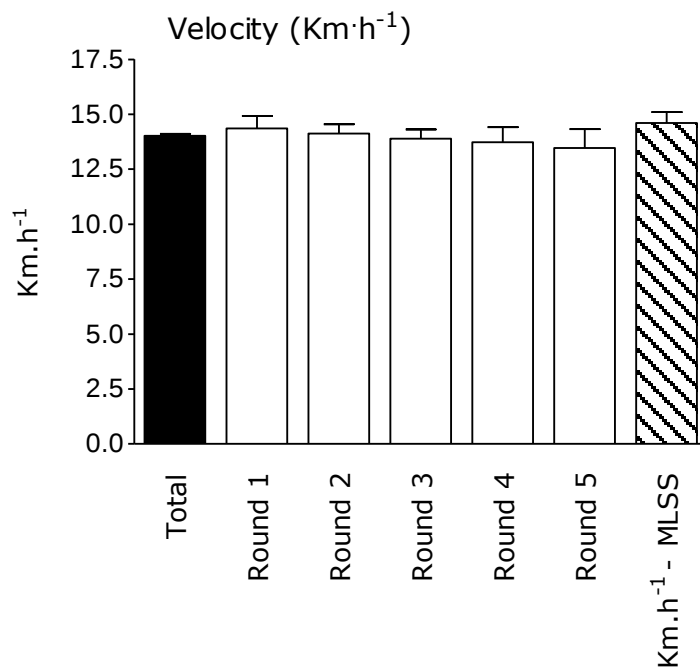


Abb. 39: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 3: n= 9)

Tab. 94: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 3: $n = 9$)

Variables	$T_{\text{Km.h-1}}$	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)						
Mittelwert	14,02	14,35	14,12	13,89	13,73	13,47
SD	0,09	0,58	0,43	0,42	0,69	0,86
Min	13,89	13,68	13,39	12,85	12,18	11,76
Max	14,17	15,28	14,89	14,26	14,74	14,33

$T_{\text{Km.h-1}}$ = mittlere Geschwindigkeit über die gesamten fünf Runden (in $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 95: Vergleich der $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: $n = 9$)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	$p = 0,330$	$p = 0,054$	$p = 0,011$	$p = 0,001$
Round 2	$p = 0,330$	-	$p = 0,318$	$p = 0,099$	$p = 0,008$
Round 3	$p = 0,054$	$p = 0,318$	-	$p = 0,499$	$p = 0,075$
Round 4	$p = 0,011$	$p = 0,099$	$p = 0,499$	-	$p = 0,256$
Round 5	$p = 0,001$	$p = 0,008$	$p = 0,075$	$p = 0,256$	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 3: Min·km⁻¹

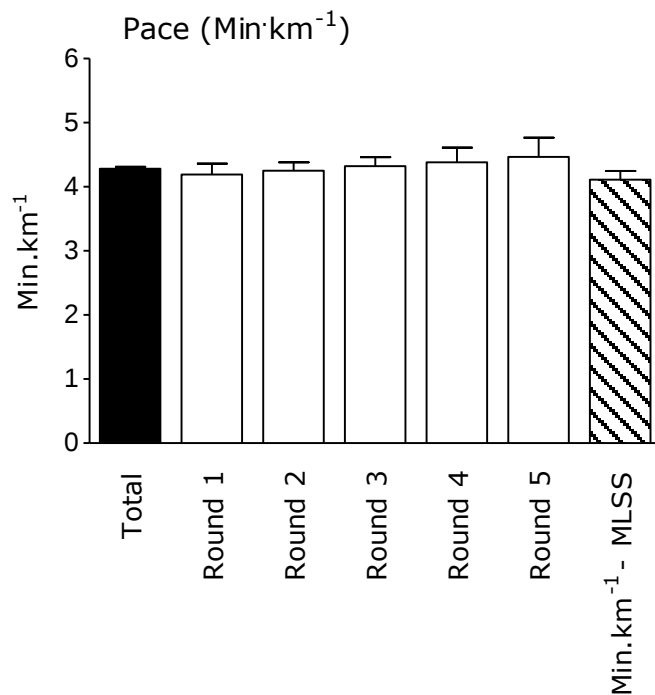


Abb. 40: Min·km⁻¹ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 3: n= 9)

Tab. 96: Mittelwert der Studienvariable Min·km⁻¹ über 5 Runden (MW Cluster 3: n= 9)

Variables	T _{Min.km-1}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Mittelwert	4,28	4,19	4,25	4,32	4,38	4,47
SD	0,03	0,17	0,13	0,14	0,23	0,3
Min	4,32	4,39	4,48	4,67	4,93	5,1
Max	4,24	3,93	4,03	4,21	4,07	4,19

T_{Min.km-1} = mittleres Tempo über die gesamten fünf Runden (in Min·km⁻¹); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 97: Vergleich der Min km^{-1} im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: $n=9$)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	$p = 0,387$	$p = 0,075$	$p = 0,014$	$p = 0,001$
Round 2	$p = 0,387$	-	$p = 0,342$	$p = 0,094$	$p = 0,005$
Round 3	$p = 0,075$	$p = 0,342$	-	$p = 0,453$	$p = 0,052$
Round 4	$p = 0,014$	$p = 0,094$	$p = 0,453$	-	$p = 0,218$
Round 5	$p = 0,001$	$p = 0,005$	$p = 0,052$	$p = 0,218$	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 3: Laktat

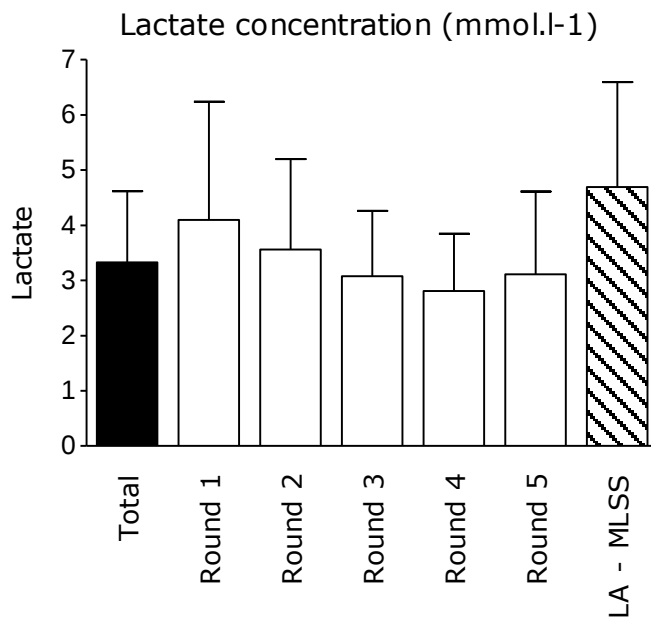


Abb. 41: Laktat Konzentration (in mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Werte. (Cluster 3: $n=9$)

Tab. 98: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 4 Runden (MW Cluster 3: n= 9)

Variables	T _{LA}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=9)						
Mittelwert	3,3	4,1	3,6	3,1	2,8	3,1
SD	1,3	2,1	1,6	1,2	1,0	1,5
Min	2,2	2,1	2,4	2,2	1,7	1,3
Max	6,3	9,4	7,8	6,0	4,5	5,6

T_{LA} = mittlerer Laktatwert über die gesamten fünf Runden (in mmol l⁻¹); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 99: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: n= 9)

Variables (n=9)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,244	p = 0,031	p = 0,008	p = 0,036
Round 2	p = 0,244	-	p = 0,291	p = 0,106	p = 0,326
Round 3	p = 0,031	p = 0,291	-	p = 0,559	p = 0,939
Round 4	p = 0,008	p = 0,106	p = 0,559	-	p = 0,510
Round 5	p = 0,036	p = 0,326	p = 0,939	p = 0,510	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

7.12 Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 4

Cluster 4: VO_2

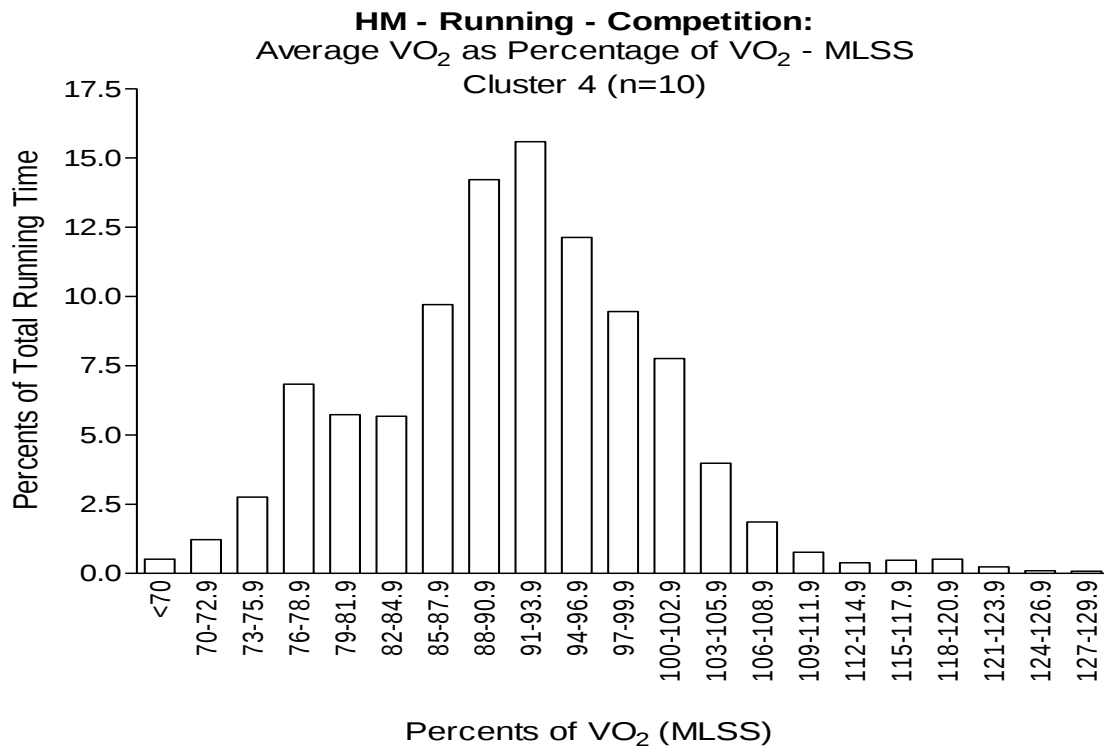


Abb. 42: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO_2 , die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 4: n= 10)

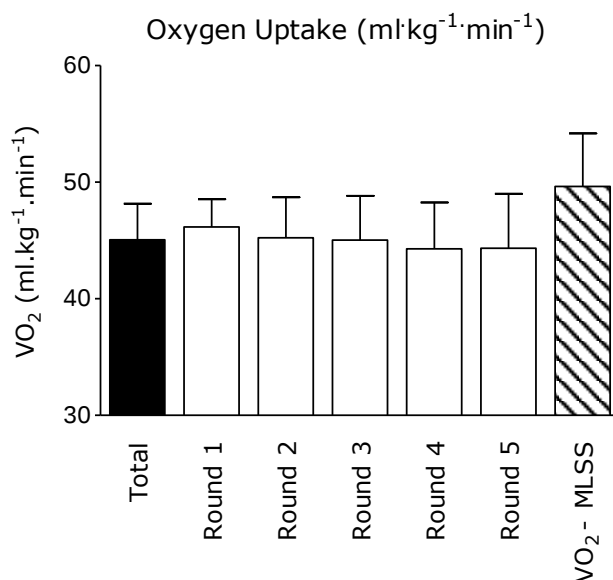


Abb. 43: Sauerstoffaufnahme (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 4: n= 10)

Tab. 100: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 4: $n=10$)

Variables	T_{VO_2}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=10)						
Mittelwert	45,1	46,2	45,2	45,0	44,3	44,3
SD	3,1	2,4	3,5	3,8	4,0	4,7
Min	41,7	42,0	40,2	39,2	38,4	39,0
Max	50,3	50,3	50,2	51,0	51,3	52,4

T_{VO_2} = mittlere Sauerstoffaufnahme über die gesamten fünf Runden (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 101: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: $n=10$)

Variables (n=10)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,403	p = 0,318	p = 0,099	p = 0,107
Round 2	p = 0,403	-	p = 0,869	p = 0,403	p = 0,425
Round 3	p = 0,318	p = 0,869	-	p = 0,501	p = 0,526
Round 4	p = 0,099	p = 0,403	p = 0,501	-	p = 0,969
Round 5	p = 0,107	p = 0,425	p = 0,526	p = 969	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 4: HR

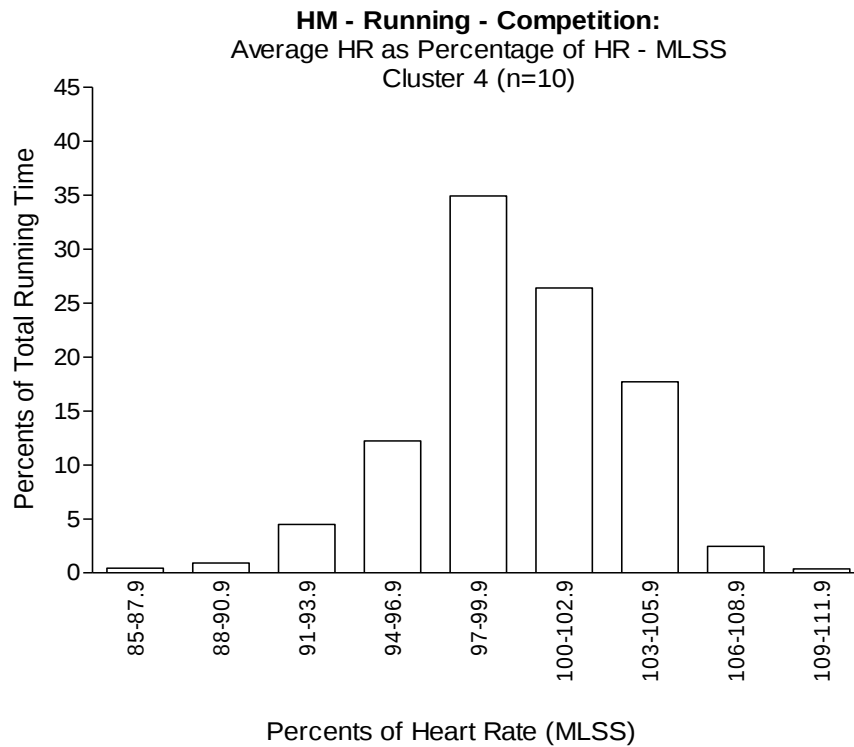


Abb. 44: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 4: n= 10)

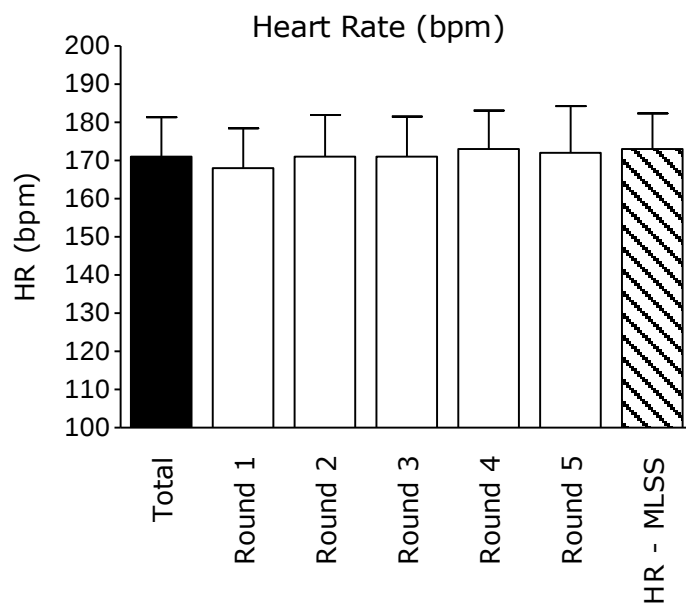


Abb. 45: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 4: n= 10)

Tab. 102: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 4: n= 10)

Variables	T _{HR}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=10)						
Mittelwert	171	168	171	171	173	172
SD	10	10	11	11	10	12
Min	151	147	149	150	155	153
Max	185	182	186	184	187	192

T_{HR} = mittlere Herzfrequenz über die gesamten fünf Runden (in Schlägen pro Minute); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 103: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: n= 10)

Variables (n=10)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,044	p = 0,057	p = 0,004	p = 0,015
Round 2	p = 0,044	-	p = 0,910	p = 0,311	p = 0,643
Round 3	p = 0,057	p = 0,910	-	p = 0,262	p = 0,565
Round 4	p = 0,004	p = 0,311	p = 0,262	-	p = 0,579
Round 5	p = 0,015	p = 0,643	p = 0,565	p = 0,579	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 4: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$

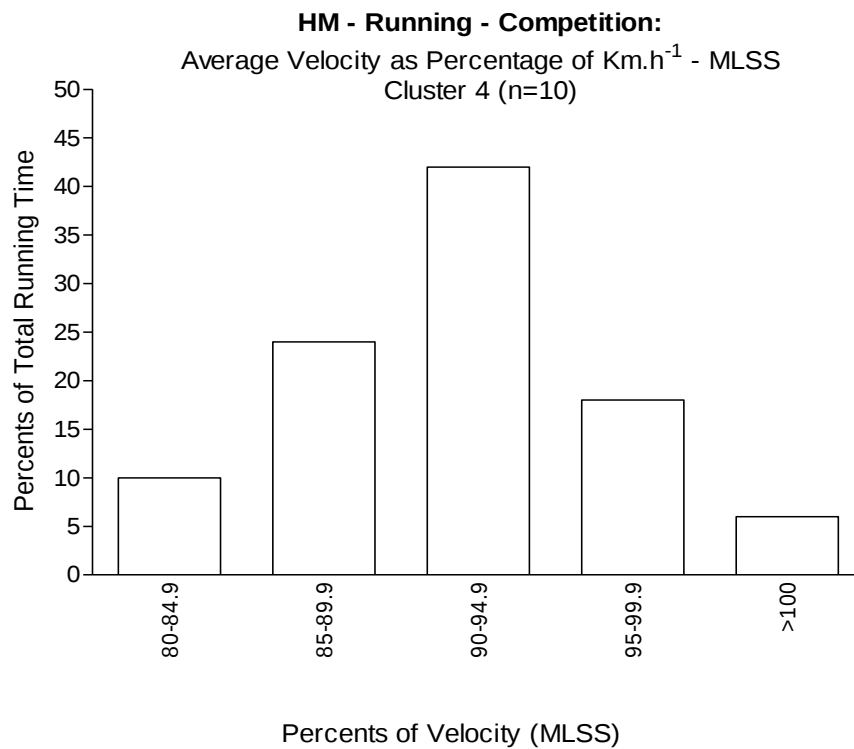


Abb. 46: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 4: n= 10)

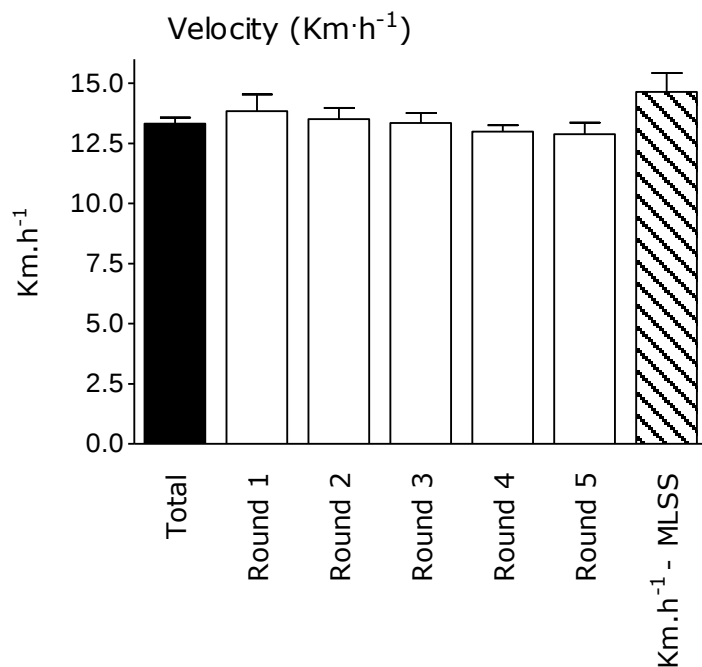


Abb. 47: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 4: n= 10)

Tab. 104: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 4: $n=10$)

Variables	$T_{\text{Km.h-1}}$	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=10)						
Mittelwert	13,33	13,84	13,51	13,35	13	12,89
SD	0,25	0,7	0,47	0,42	0,26	0,48
Min	12,96	12,77	13,06	12,71	12,45	11,86
Max	13,75	14,89	14,65	14,22	13,32	13,72

$T_{\text{Km.h-1}}$ = mittlere Geschwindigkeit über die gesamten fünf Runden (in $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 105: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: $n=10$)

Variables (n=10)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	$p = 0,116$	$p = 0,023$	$p = 0,000$	$p = 0,000$
Round 2	$p = 0,116$	-	$p = 0,455$	$p = 0,018$	$p = 0,005$
Round 3	$p = 0,023$	$p = 0,455$	-	$p = 0,093$	$p = 0,033$
Round 4	$p = 0,000$	$p = 0,018$	$p = 0,093$	-	$p = 0,621$
Round 5	$p = 0,000$	$p = 0,005$	$p = 0,033$	$p = 0,621$	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 4: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$

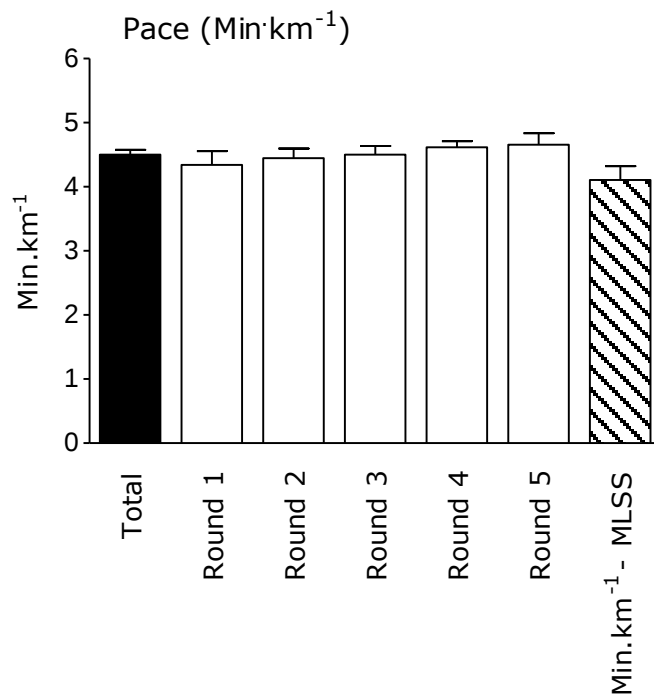


Abb. 48: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 4: $n=10$)

Tab. 106: Mittelwert der Studienvariable $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 4: $n=10$)

Variables	$T_{\text{Min.km}^{-1}}$	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=10)						
Mittelwert	4,5	4,34	4,45	4,5	4,62	4,66
SD	0,08	0,22	0,15	0,14	0,09	0,18
Min	4,63	4,7	4,59	4,72	4,82	5,06
Max	4,37	4,03	4,1	4,22	4,5	4,37

$T_{\text{Min.km}^{-1}}$ = mittleres Tempo über die gesamten fünf Runden ($\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 107: Vergleich der Min km^{-1} im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: $n = 10$)

Variables (n=10)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,152	p = 0,034	p = 0,000	p = 0,000
Round 2	p = 0,152	-	p = 0,466	p = 0,018	p = 0,004
Round 3	p = 0,034	p = 0,466	-	p = 0,090	p = 0,025
Round 4	p = 0,000	p = 0,018	p = 0,090	-	p = 0,556
Round 5	p = 0,000	p = 0,004	p = 0,025	p = 0,556	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 4: Laktat

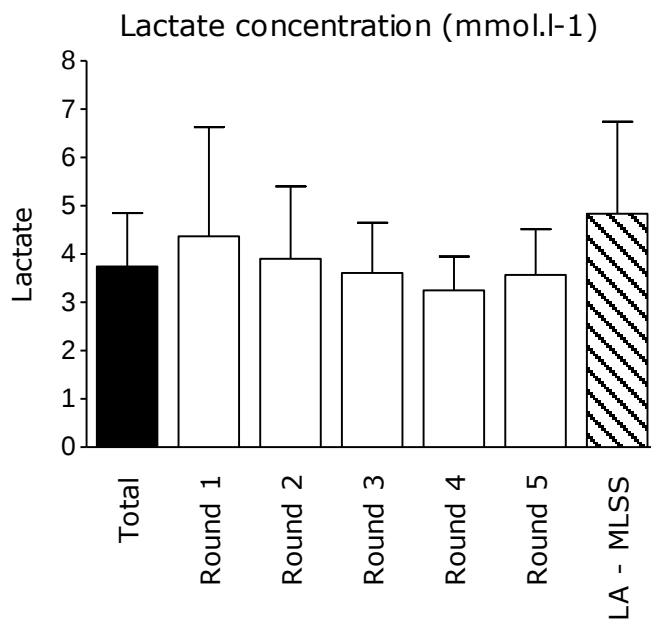


Abb. 49: Laktat Konzentration (in mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 4: $n = 10$)

Tab. 108: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 4 Runden (MW Cluster 4: n= 10)

Variables	T _{LA}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=10)						
Mittelwert	3,7	4,4	3,9	3,6	3,3	3,6
SD	1,1	2,3	1,5	1,0	0,7	1,0
Min	1,9	1,5	1,4	1,9	2,2	2,1
Max	5,1	8,3	6,4	5,1	4,2	4,9

T_{LA} = mittlerer Laktatwert über die gesamten fünf Runden (in mmol l⁻¹); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 109: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: n= 10)

Variables (n=10)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,276	p = 0,083	p = 0,013	p = 0,069
Round 2	p = 0,276	-	p = 0,503	p = 0,142	p = 0,448
Round 3	p = 0,083	p = 0,503	-	p = 0,415	p = 0,930
Round 4	p = 0,013	p = 0,142	p = 0,415	-	p = 0,467
Round 5	p = 0,069	p = 0,448	p = 0,930	p = 0,467	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

7.13 Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Cluster 5

Cluster 5: VO_2

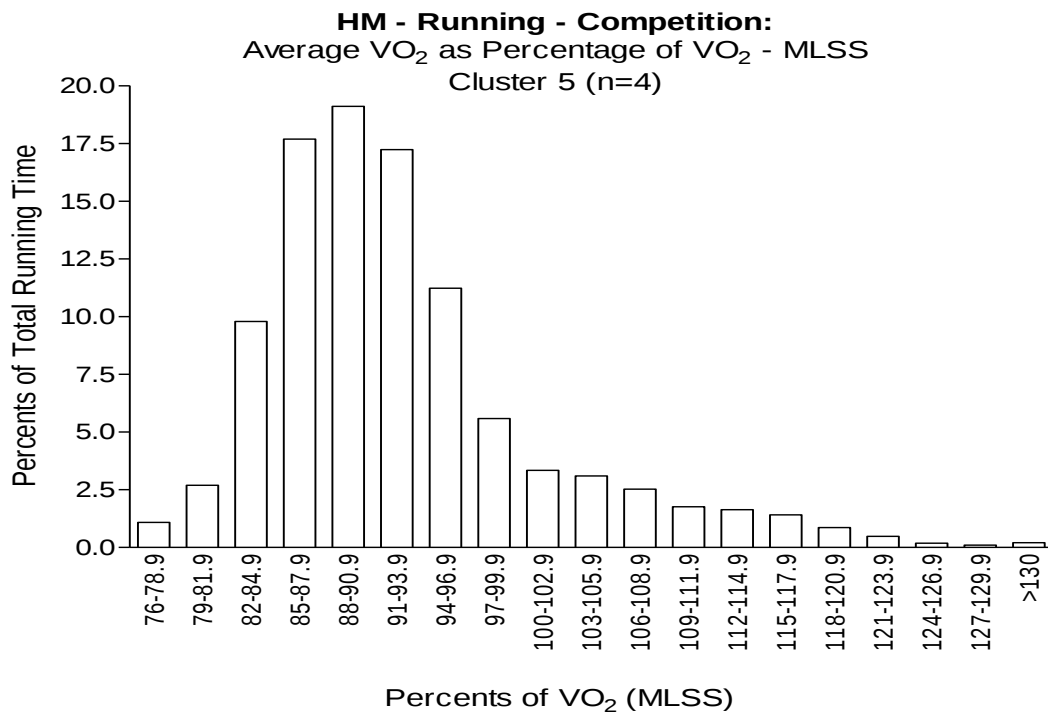


Abb. 50: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO_2 MLSS, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 5: n= 4)

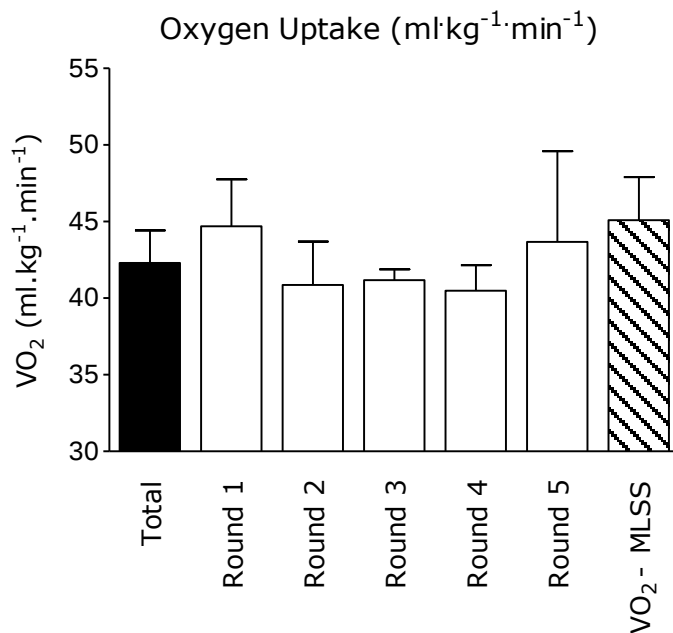


Abb. 51: Sauerstoffaufnahme (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 5: n= 4)

Tab. 110: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 5: $n=4$)

Variables	T_{VO_2}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	42,3	44,7	40,9	41,2	40,5	43,7
SD	2,1	3,1	2,8	0,7	1,7	5,9
Min	40,6	40,7	37,3	40,4	38,9	37,5
Max	45,4	47,5	43,5	42,1	42,7	51,6

T_{VO_2} = mittlere Sauerstoffaufnahme über die gesamten fünf Runden (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 111: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: $n=4$)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,110	p = 0,139	p = 0,082	p = 0,649
Round 2	p = 0,110	-	p = 0,890	p = 0,868	p = 0,232
Round 3	p = 0,139	p = 0,890	-	p = 0,761	p = 0,285
Round 4	p = 0,082	p = 0,868	p = 0,761	-	p = 0,178
Round 5	p = 0,649	p = 0,232	p = 0,285	p = 0,178	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 5: HR

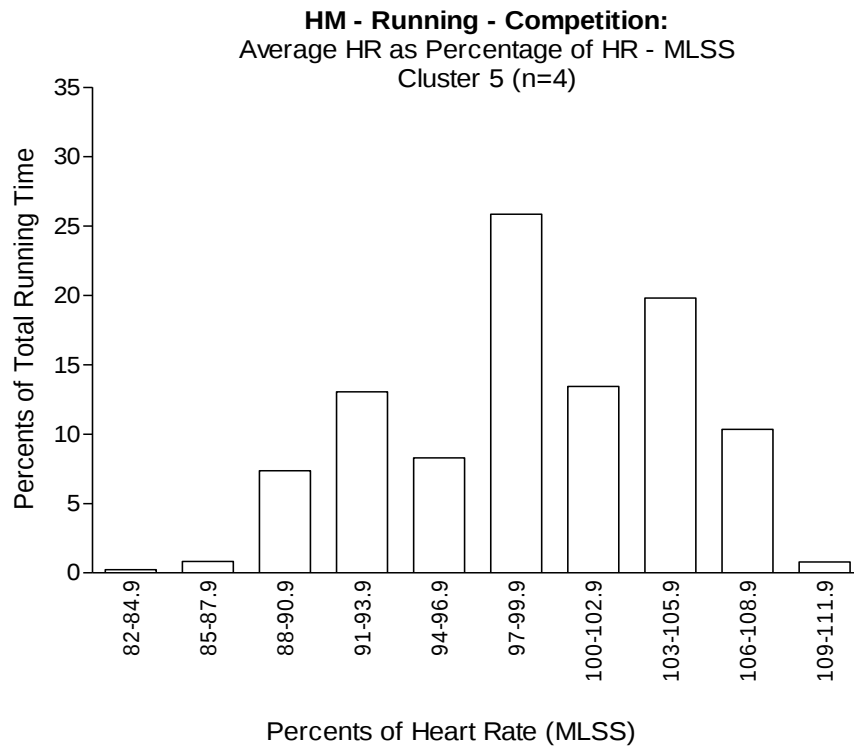


Abb. 52: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 5: n= 4)

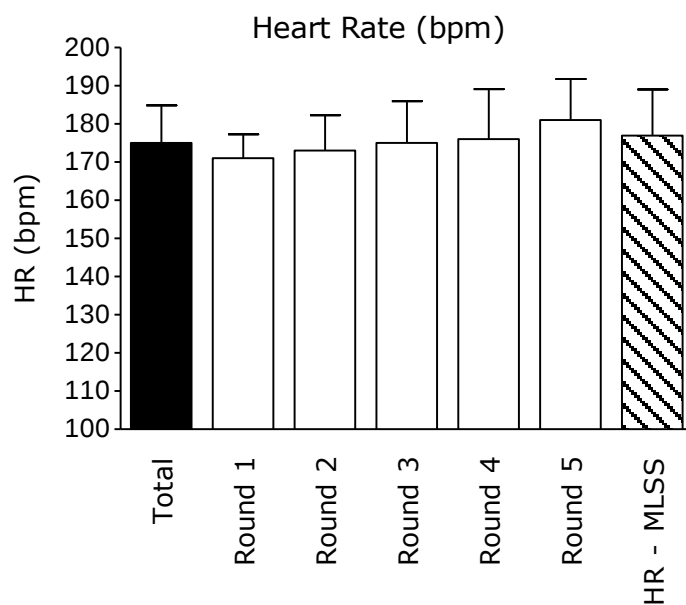


Abb. 53: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 5: n= 4)

Tab. 112: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 5: n= 4)

Variables	T _{HR}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	175	171	173	175	176	181
SD	10	6	9	11	13	11
Min	170	165	167	168	168	172
Max	190	180	187	192	196	197

T_{HR} = mittlere Herzfrequenz über die gesamten fünf Runden (in Schlägen pro Minute); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 113: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: n= 4)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,383	p = 0,106	p = 0,053	p = 0,002
Round 2	p = 0,383	-	p = 0,418	p = 0,239	p = 0,008
Round 3	p = 0,106	p = 0,418	-	p = 0,696	p = 0,038
Round 4	p = 0,053	p = 0,239	p = 0,696	-	p = 0,077
Round 5	p = 0,002	p = 0,008	p = 0,038	p = 0,077	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 5: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$

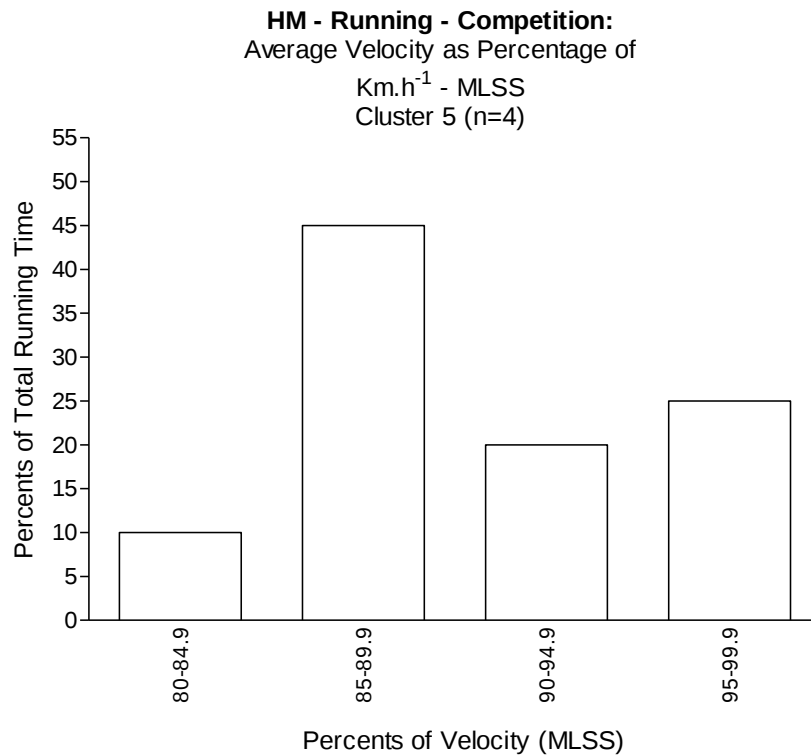


Abb. 54: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 5: n= 4)

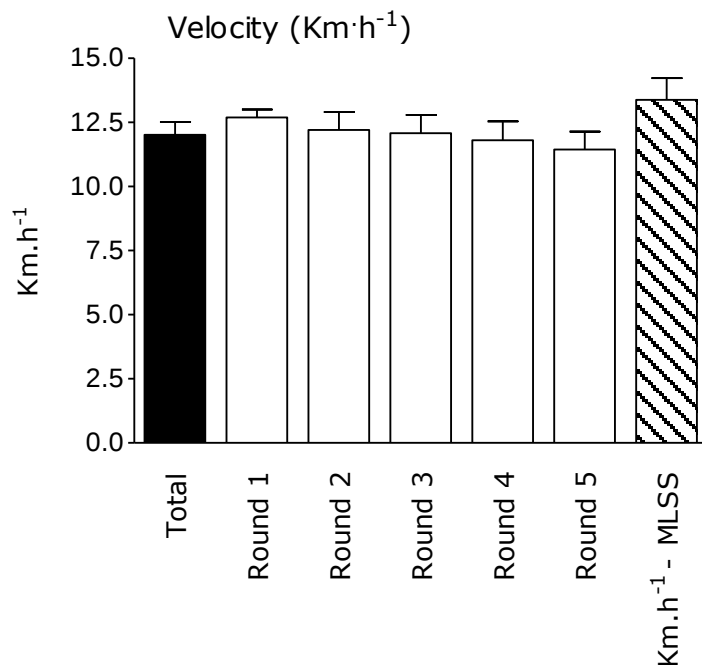


Abb. 55: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 5: n= 4)

Tab. 114: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 5: $n=4$)

Variables	$T_{\text{km.h-1}}$	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	12,02	12,69	12,21	12,08	11,81	11,45
SD	0,5	0,32	0,7	0,71	0,73	0,69
Min	11,35	12,25	11,17	11,05	10,75	10,55
Max	12,51	13,02	12,68	12,61	12,42	12,23

$T_{\text{km.h-1}}$ = mittlere Geschwindigkeit über die gesamten fünf Runden (in $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 115: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: $n=4$)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	$p = 0,167$	$p = 0,087$	$p = 0,020$	$p = 0,003$
Round 2	$p = 0,167$	-	$p = 0,699$	$p = 0,253$	$p = 0,042$
Round 3	$p = 0,087$	$p = 0,699$	-	$p = 0,437$	$p = 0,084$
Round 4	$p = 0,020$	$p = 0,253$	$p = 0,437$	-	$p = 0,301$
Round 5	$p = 0,003$	$p = 0,42$	$p = 0,084$	$p = 0,301$	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 5: $\text{Min} \cdot \text{km}^{-1}$

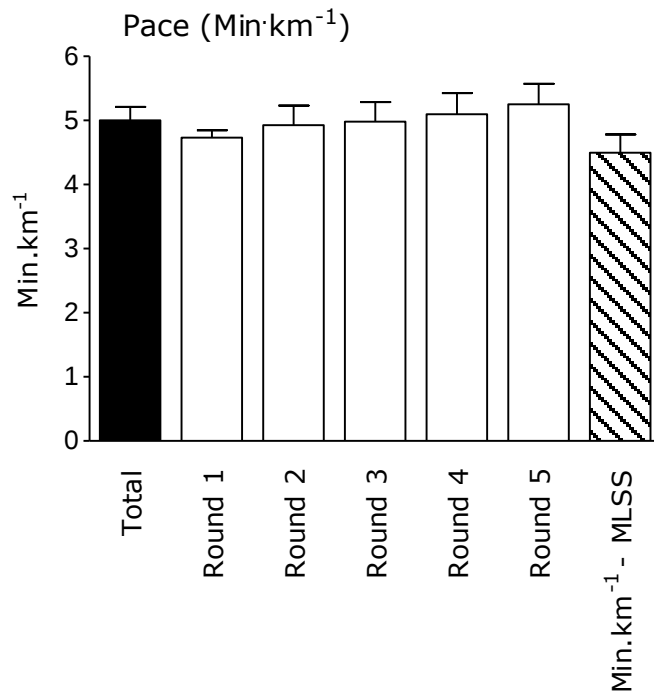


Abb. 56: $\text{Min} \cdot \text{km}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 5: $n = 4$)

Tab. 116: Mittelwert der Studienvariable $\text{Min} \cdot \text{km}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 5: $n = 4$)

Variables T _{Min.km-1}		Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	5	4,73	4,93	4,98	5,1	5,25
SD	0,21	0,12	0,3	0,31	0,33	0,32
Min	5,29	4,9	5,37	5,43	5,58	5,69
Max	4,8	4,61	4,73	4,76	4,83	4,91

T_{Min.km-1} = mittleres Tempo über die gesamten fünf Runden (in $\text{Min} \cdot \text{km}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 117: Vergleich der Min km^{-1} im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: $n = 4$)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	$p = 0,216$	$p = 0,123$	$p = 0,033$	$p = 0,005$
Round 2	$p = 0,216$	-	$p = 0,729$	$p = 0,292$	$p = 0,054$
Round 3	$p = 0,123$	$p = 0,729$	-	$p = 0,469$	$p = 0,100$
Round 4	$p = 0,033$	$p = 0,292$	$p = 0,469$	-	$p = 0,320$
Round 5	$p = 0,005$	$p = 0,054$	$p = 0,100$	$p = 0,320$	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

Cluster 5: Laktat

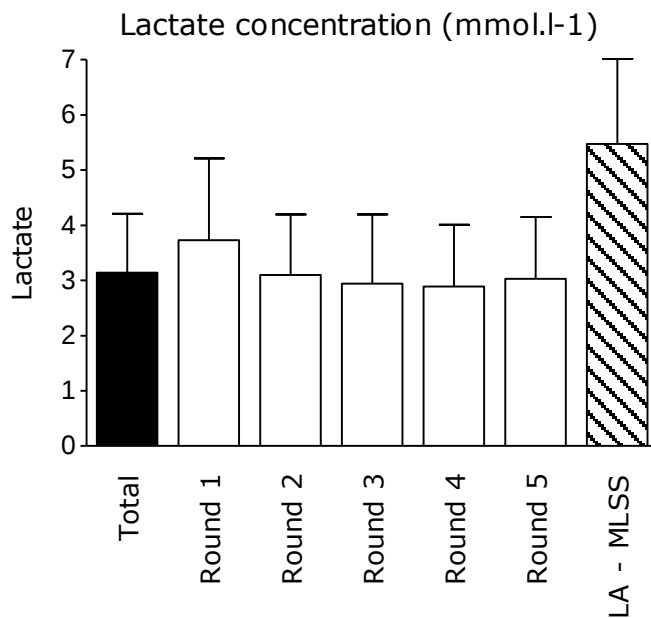


Abb. 57: Laktat Konzentration (in mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 5: $n = 4$)

Tab. 118: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 4 Runden (MW Cluster 5: n= 4)

Variables	T _{LA}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(n=4)						
Mittelwert	3,1	3,7	3,1	2,9	2,9	3,0
SD	1,1	1,5	1,1	1,3	1,1	1,1
Min	1,8	1,8	1,6	1,6	1,6	2,1
Max	4,3	5,4	4,2	4,5	4,2	4,6

T_{LA} = mittlerer Laktatwert über die gesamten fünf Runden (in mmol l⁻¹); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 119: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: n= 4)

Variables (n=4)	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
Round 1	-	p = 0,209	p = 0,124	p = 0,102	p = 0,169
Round 2	p = 0,209	-	p = 0,750	p = 0,666	p = 0,893
Round 3	p = 0,124	p = 0,750	-	p = 0,910	p = 0,853
Round 4	p = 0,102	p = 0,666	p = 0,910	-	p = 0,765
Round 5	p = 0,169	p = 0,893	p = 0,853	p = 0,765	-

Round 1-5= 1-5 Runden (Signifikanz Überprüfung).

7.14 Mittelwerte der Felddaten über die Intensität - Case

Mehrmaliger EM und WM - Teilnehmer im Berglauf und Orientierungslauf, 7 – facher schweizerischer Meister im Berglauf und Orientierungslauf.

Case: VO₂

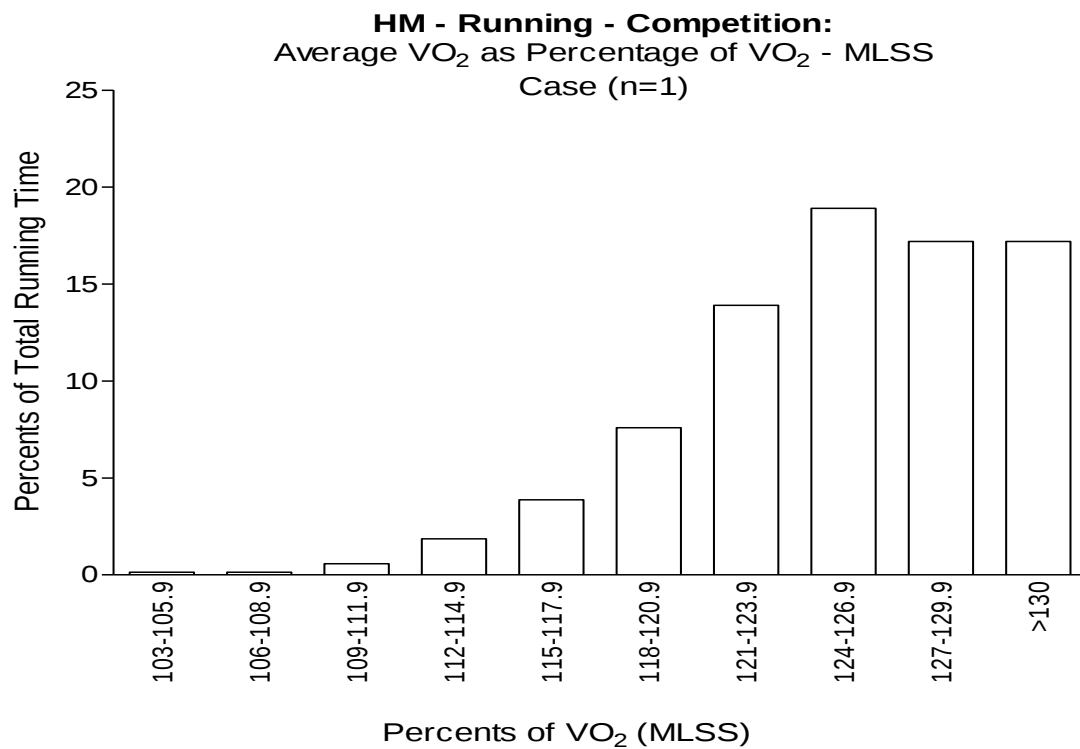


Abb. 58: Prozentuelle Verteilung der VO₂ (in ml·kg⁻¹·min⁻¹) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO₂, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Case: n= 1)

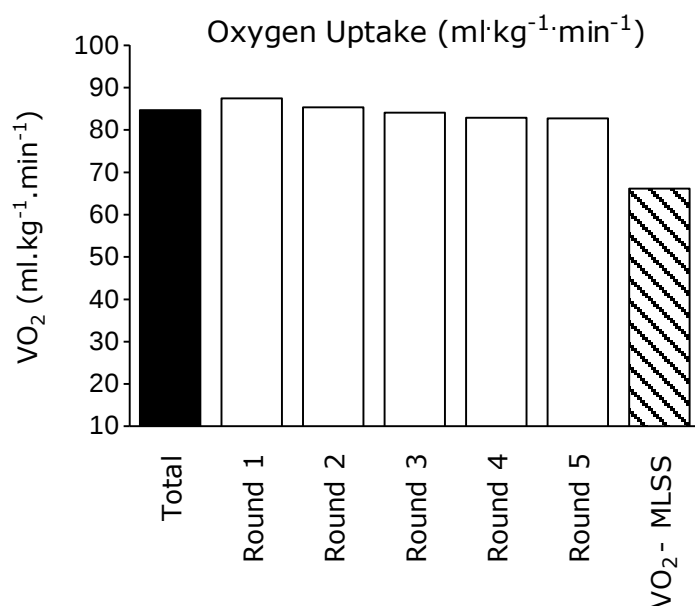


Abb. 59: Sauerstoffaufnahme (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: $n=1$)

Tab. 120: Mittelwerte der Studienvariable VO_2 (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) über 5 Runden (MW Case: $n=1$)

Variables	T VO_2	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(Case)						
Mittelwert	83,3	81,0	84,5	83,9	83,2	82,8
SD	3,5	5,4	3,0	2,7	2,4	3,3
Min	70,8	72,2	75,2	73,2	72,9	70,8
Max	89,9	89,9	89,2	89,8	87,3	89,3

T VO_2 = mittlere Sauerstoffaufnahme über die gesamten fünf Runden (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Case: HR

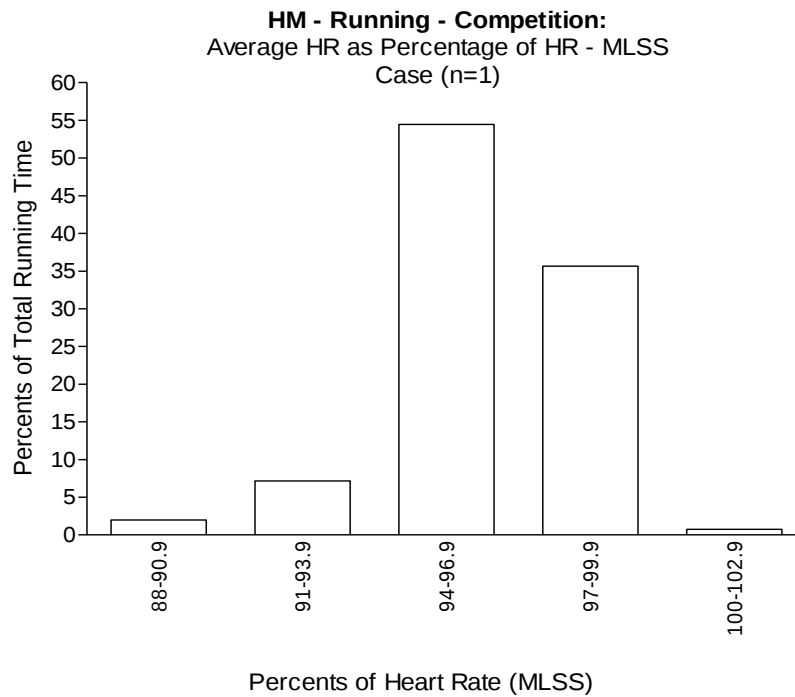


Abb. 60: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Case: n= 1)

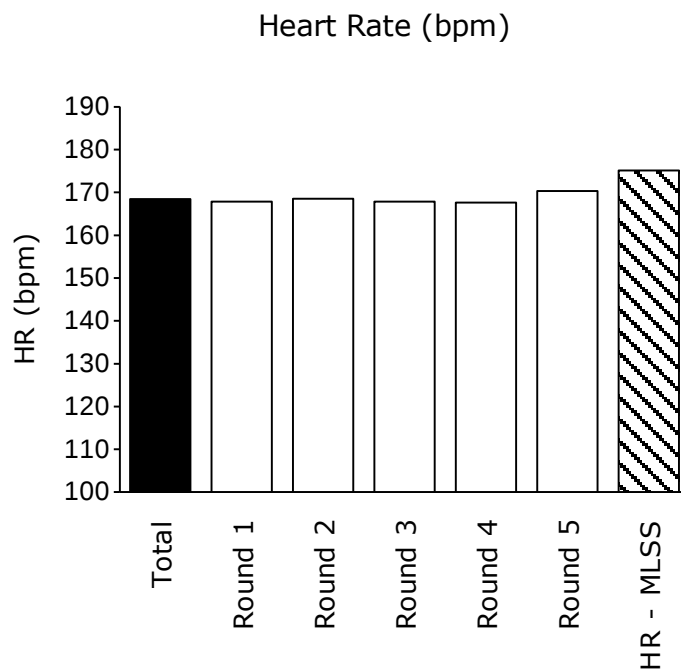


Abb. 61: HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1)

Tab. 121: Mittelwerte der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Case : n= 1)

Variables	T _{HR}	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(Case)						
Mittelwert	168	165	168	168	168	170
SD	3	4	2	3	3	3
Min	156	157	159	156	157	160
Max	176	173	172	172	172	176

T_{HR} = mittlere Herzfrequenz über die gesamten fünf Runden (in Schlägen pro Minute); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Case: Km·h⁻¹

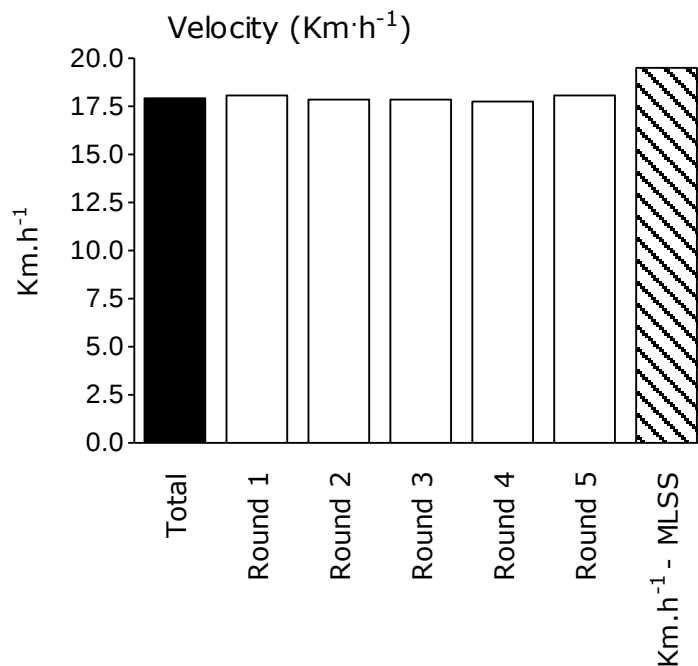


Abb. 62: Km·h⁻¹ in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1)

Tab. 122: Mittelwerte der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Case: $n= 1$)

Variables	$T_{\text{Km.h-1}}$	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(Case)						
Mittelwert	17,93	18,08	17,87	17,87	17,76	18,08
Min	17,80	-	-	-	-	-
Max	18,10	-	-	-	-	-

$T_{\text{Km.h-1}}$ = mittlere Geschwindigkeit über die gesamten fünf Runden (in $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Case: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$

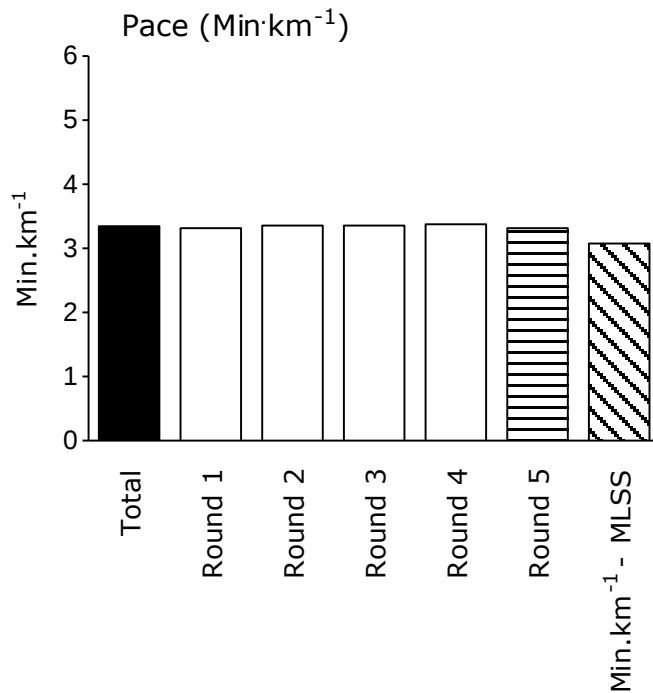


Abb. 63: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: $n= 1$)

Tab. 123: Mittelwerte der Studienvariable $\text{Min} \cdot \text{km}^{-1}$ über 5 Runden (MW Case: $n = 1$)

Variables	$T_{\text{Min.km-1}}$	Round 1	Round 2	Round 3	Round 4	Round 5
(Case)						
Mittelwert	3,35	3,32	3,36	3,36	3,38	3,32
Min	3,32	-	-	-	-	-
Max	3,38	-	-	-	-	-

$T_{\text{Min.km-1}}$ = mittleres Tempo über die gesamten fünf Runden (in $\text{Min} \cdot \text{km}^{-1}$); Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Runden; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Case: Laktat

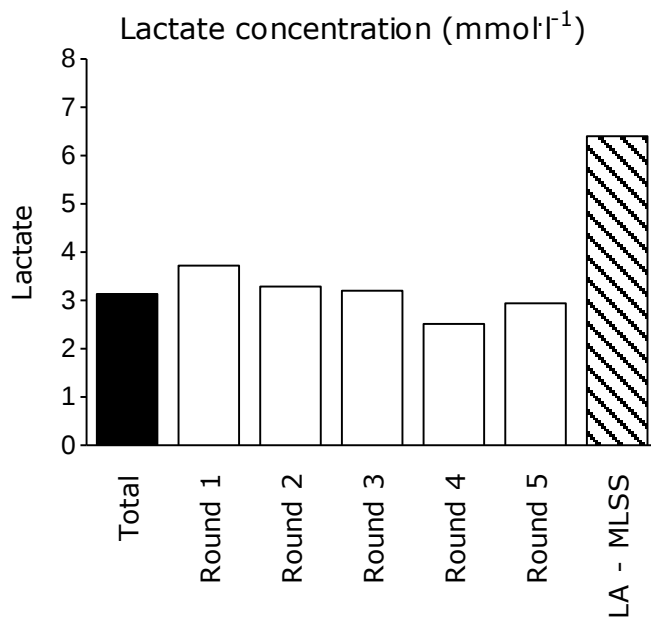


Abb. 64: Laktat Konzentration (in $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$) in den 5 Runden mit dem MLSS-Wert. (Case: $n = 1$)

Tab. 124: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwerte der Studienvariable Laktat (MW Case: n= 1)

Variables	T _{LA}	1 Round	2 Round	3 Round	4 Round	5 Round
(n=36)						
Mittelwert	3,1	3,7	3,3	3,2	2,5	2,9
Min	2,5	-	-	-	-	-
Max	3,7	-	-	-	-	-

T_{LA} = Laktat über die gesamte Laufzeit (in mmol.l⁻¹); 1-5 Round = Laktat in 1-5 Runde; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

8 Ergebnisse der MLSS - Felddaten (Pichler)

In diesem Kapitel werden die Daten vom MLSS-Test behandelt.

8.1 Mittelwerte aller MLSS - Tests (Maximales Laktat Steady State)

Gesamtes Kollektiv

Tab. 125: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; gesamtes Kollektiv n=36)

Variables (n=36)	X ± SD	Min	Max
Km·h ⁻¹	15,0 ± 1,3	12,5	19,5
Min·km ⁻¹	4,02 ± 0,33	3,08	4,80
HR	173 ± 8	158	190
LA	5,6 ± 2,0	1,9	11,5
VO ₂	51,0 ± 5,3	41,7	66,2
VE	111 ± 12	92	136
RER	0,97 ± 0,07	0,84	1,21

Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹·min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Einzelne Cluster

Tab. 126: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 1 n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Km·h ⁻¹	17,5 $\pm$ 1,4	16,5	19,5
Min·km ⁻¹	3,44 $\pm$ 0,25	3,08	3,64
HR	173 $\pm$ 3	170	175
LA	7,2 $\pm$ 1,4	5,9	9,0
VO ₂	59,1 $\pm$ 6,4	53,6	66,2
VE	124 $\pm$ 6	118	132
RER	0,98 $\pm$ 0,07	0,90	1,05

Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 127: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 2 n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Km·h ⁻¹	15,4 $\pm$ 0,7	14,5	16,5
Min·km ⁻¹	3,89 $\pm$ 0,18	3,64	4,12
HR	175 $\pm$ 7	163	186
LA	6,6 $\pm$ 2,2	4,4	11,5
VO ₂	49,5 $\pm$ 2,9	44,3	55,0
VE	112 $\pm$ 13	98	136
RER	0,96 $\pm$ 0,07	0,86	1,08

Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 128: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 3 n=9)

Variables (n=9)	X $\pm$ SD	Min	Max
Km·h ⁻¹	14,6 $\pm$ 0,5	14,0	15,5
Min·km ⁻¹	4,11 $\pm$ 0,14	3,87	4,29
HR	170 $\pm$ 10	158	188
LA	4,7 $\pm$ 1,9	2,2	8,2
VO ₂	53,0 $\pm$ 3,4	47,4	58,1
VE	107 $\pm$ 9	92	117
RER	0,94 $\pm$ 0,05	0,86	1,03

Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 129: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 4 n=10)

Variables (n=10)	X $\pm$ SD	Min	Max
Km·h ⁻¹	14,7 $\pm$ 0,8	13,5	16,0
Min·km ⁻¹	4,11 $\pm$ 0,22	3,75	4,44
HR	1173 $\pm$ 9	159	186
LA	4,8 $\pm$ 1,9	1,9	8,3
VO ₂	49,6 $\pm$ 4,6	41,7	55,4
VE	113 $\pm$ 13	96	131
RER	0,97 $\pm$ 0,07	0,84	1,21

Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 130: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 5 n=4)

Variables (n=4)	X $\pm$ SD	Min	Max
Km·h ⁻¹	13,4 $\pm$ 0,9	12,5	14,5
Min·km ⁻¹	4,50 $\pm$ 0,28	4,14	4,80
HR	177 $\pm$ 12	162	190
LA	5,5 $\pm$ 1,6	3,4	6,8
VO ₂	45,1 $\pm$ 2,8	42,3	47,6
VE	105 $\pm$ 12	92	117
RER	0,98 $\pm$ 0,05	0,91	1,03

Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

CASE

Tab. 131: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Case n=1)

Variables (n=1)	X $\pm$ SD
Km·h ⁻¹	19,5
Min·km ⁻¹	3,08
HR	175 $\pm$ 5
LA	6,4
VO ₂	66,2 $\pm$ 3,4
VE	132 $\pm$ 11
RER	1,05 $\pm$ 0,03

Km·h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); Min·km⁻¹= Tempo (in min/km); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l·min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

8.2 Vergleich der Cluster im MLSS und im Halbmarathon

In diesem Kapitel werden die fünf Cluster untereinander verglichen. Als Parameter werden LA, VO_2 , HR, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, VE, RER, Zeit verwendet und auch die Parameter vom Halbmarathon in Beziehung zu den MLSS-Werten gesetzt. In den Tabellen sind der Mittelwert, die Standardabweichung, der kleinste und größte Wert von jedem Cluster zu finden. Ebenfalls werden die Signifikanzen zwischen den Clustern mittels Kreuztabelle präsentiert.

8.2.1 MLSS – Werte

Tab. 132: Mittelwerte aller Studienvariablen vom MLSS im Überblick

Variables	Kollektiv (n=36)	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	15,0±1,3	17,5±1,4	15,4±0,7	14,6±0,5	14,7±0,8	13,4±0,9
VO_2	51,0±5,3	59,01±6,36	49,55±2,92	53,04±3,43	49,63±4,56	45,09±2,81
VE	111±12	124±6	112±13	107±9	113±13	105±12
LA	5,6±2,0	7,2±1,4	6,5±2,2	4,7±1,9	4,8±1,9	5,5±1,5
HR	173±8	173±3	175±7	170±10	173±9	177±12
RER	0,97±0,07	0,98±0,07	0,96±0,07	0,94±0,05	0,96±0,09	0,98±0,05

$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Geschwindigkeit (km/h); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemminutenvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 133: Mittelwert der Studienvariable HR im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	173	175	170	173	177
SD	3	7	10	9	12
Min	170	163	156	159	162
Max	175	186	188	188	190

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 134: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	17,5	15,4	14,6	14,7	13,4
SD	1,4	0,7	0,5	0,8	0,9
Min	16,5	14,5	14,0	13,5	12,5
Max	19,5	16,5	15,5	16,0	14,5

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 135: Vergleich der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ im MLSS bei den einzelnen Clustern in Cluster 1-5)

Variables (n=36)	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Cluster 1	-	p = 0,001	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,001	-	p = 0,319	p = 0,210	p = 0,001
Cluster 3	p = 0,000	p = 0,193	-	p = 0,999	p = 0,094
Cluster 4	p = 0,000	p = 0,210	p = 0,999	-	p = 0,072
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,001	p = 0,094	p = 0,072	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

Tab. 136: Mittelwert der Studienvariable VE im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	124	112	107	113	105
SD	6	13	9	13	12
Min	118	96	92	96	92
Max	131	136	117	131	117

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 137: Mittelwert der Studienvariable LA im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	7,2	6,5	4,7	4,8	5,5
SD	1,4	2,2	1,9	1,9	1,5
Min	5,9	4,4	2,2	1,9	3,4
Max	9,0	11,5	8,2	8,3	6,8

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 138: Mittelwert der Studienvariable VO₂ im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	59,01	49,55	53,04	49,63	45,09
SD	6,36	2,92	3,43	4,56	2,81
Min	53,56	44,30	47,44	41,73	42,32
Max	66,16	54,95	58,08	55,43	47,58

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 139: Vergleich der Studienvariable VO₂ im MLSS bei den einzelnen Cluster

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
(n=36)	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Cluster 1	-	p = 0,003	p = 0,113	p = 0,003	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,003	-	p = 0,363	p = 0,999	p = 0,360
Cluster 3	p = 0,113	p = 0,363	-	p = 0,363	p = 0,019
Cluster 4	p = 0,003	p = 0,999	p = 0,363	-	p = 0,326
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,360	p = 0,018	p = 0,326	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

Tab. 140: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in % vom MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Mittelwert	111,2	101,0	92,5	91,2	94,0
SD	12,0	8,0	8,2	7,2	4,9
Min	99,5	84,7	79,8	77,9	87,2
Max	128,0	111,5	108,8	101	98,7

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 141: Mittelwert der Studienvariable RER im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Mittelwert	0,98	0,96	0,94	0,96	0,98
SD	0,07	0,07	0,05	0,09	0,05
Min	0,90	0,86	0,86	0,84	0,91
Max	1,05	1,08	1,03	1,12	1,03

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Signifikanzen:

Bei den Variablen LA, RER, HR, VE unterscheiden sich die Cluster im MLSS nicht signifikant voneinander.

8.2.2 Halbmarathon - gesamte Laufzeit

Tab. 142: Mittelwert aller Studienvariablen vom Halbmarathon im Überblick

Variables	Kollektiv (n=36)	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Time	90,76±7,86	77,32±4,66	85,86±1,57	90,31±0,55	95,06±1,63	105,48±4,46
Km.h ⁻¹	14,1±1,2	16,4±1,0	14,7±0,3	14,0±0,1	13,3±0,5	12,0±0,5
VO ₂	49,3±8,3	66,16±13,80	49,99±4,06	48,87±3,04	45,06±3,09	42,30±2,13
VE	102±13	112±7	102±18	99±12	99±14,5	97±11
LA	4,0±1,8	4,8±3,4	5,0±2,0	3,3±1,3	3,8±1,1	3,1±1,1
HR	171±8	176±5	174±7	169±8	171±10	175±10
RER	0,97±0,07	0,87±0,12	0,99±0,06	0,96±0,05	0,95±0,03	0,96±0,05

Km.h⁻¹= Geschwindigkeit (km/h); HR = Herzfrequenz pro Minute; LA= Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹); VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml.kg⁻¹min⁻¹); VE = Atemminutenvolumen (l.min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio.

Tab. 143: Mittelwert der Studienvariable Km.h⁻¹ über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	16,4	14,7	14,0	13,3	12,0
SD	1,0	0,3	0,1	0,5	0,5
Min	15,7	14,4	13,9	13,0	11,4
Max	17,9	15,2	14,2	13,7	12,5

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 144: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in % vom MLSS über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	93,9	95,6	96,0	91,2	89,9
SD	1,9	3,6	3,2	4,3	2,5
Min	92,0	90,4	90,7	85,4	86,3
Max	95,7	100,2	100,3	99,7	91,9

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 145: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	167	174	169	171	175
SD	5	7	8	10	10
Min	162	166	160	151	170
Max	173	188	185	185	190

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 146: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	96,6	99,8	99,4	98,9	99,3
SD	1,7	4,2	3,4	3,2	5,1
Min	95,3	91,7	93,1	92,7	93,0
Max	99,0	105,4	104,2	102,9	105,4

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 147: Mittelwert der Studienvariable LA über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	4,8	5,0	3,3	3,7	3,1
SD	3,4	2,0	1,3	1,1	1,1
Min	2,9	2,0	2,2	1,9	1,8
Max	9,9	7,8	6,3	5,1	4,3

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 148: Mittelwert der Studienvariable VO₂ über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	66,16	49,99	48,87	45,06	42,30
SD	13,80	4,06	3,04	3,09	2,13
Min	53,31	41,47	44,47	41,73	40,64
Max	84,67	54,76	53,18	50,32	45,41

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 149: Vergleich der Studienvariable VO₂ im Halbmarathon der einzelnen Cluster

Variables (n=36)	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Cluster 1	-	p = 0,000	p = 0,000.	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,000	-	p = 0,991	p = 0,283	p = 0,140
Cluster 3	p = 0,000	p = 0,991	-	p = 0,535	p = 0,264
Cluster 4	p = 0,000	p = 0,283	p = 0,535	-	p = 0,902
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,140	p = 0,264	p = 0,902	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

Tab. 150: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	77,32	85,86	90,31	95,06	105,48
SD	4,66	1,57	0,55	1,63	4,46
Min	70,58	83,26	89,35	92,83	101,15
Max	80,50	87,92	91,13	97,66	111,50

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 151: Vergleich der Halbmarathonzeit in min der einzelnen Cluster

Variables (n=36)	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Cluster 1	-	p = 0,000	p = 0,000.	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,000	-	p = 0,003	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 3	p = 0,000	p = 0,003	-	p = 0,001	p = 0,000
Cluster 4	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,001	-	p = 0,000
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

Tab. 152: Mittelwert der Studienvariable VE über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	112	102	99	99	97
SD	7	18	12	14,5	11
Min	105	78	82	73,9	88
Max	121	134	116	123,5	111

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 153: Mittelwert der Studienvariable RER über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	0,87	0,99	0,96	0,95	0,96
SD	0,12	0,06	0,05	0,03	0,05
Min	0,76	0,92	0,87	0,90	0,92
Max	1,03	1,12	1,04	0,99	1,02

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

8.2.3 Halbmarathon aufgeteilt auf die einzelnen Cluster

8.2.3.1 Runde 1

Tab. 154: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	16,0	15,1	14,3	13,8	12,7
SD	1,5	0,6	0,6	0,7	0,3
Min	14,7	14,1	13,7	12,7	12,2
Max	18,1	15,9	15,3	14,9	13,0

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 155: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	91,6	97,8	98,2	94,6	95,1
SD	3,5	4,7	4,1	4,2	4,6
Min	86,3	90,7	91,6	88,5	88,3
Max	93,9	103,3	104,2	101,4	98,0

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 156: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	95,1	97,6	97,3	97,1	96,9
SD	1,0	3,9	5,3	3,5	6,3
Min	94,2	90,5	88,1	90,0	90,4
Max	96,2	102,8	104,9	101,7	105,2

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 157: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	164	171	165	168	171
SD	3	6	6	11	6
Min	161	163	154	147	165
Max	168	182	177	182	180

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 158: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	4,9	6,1	4,1	4,4	3,7
SD	3,4	3,1	2,1	2,3	1,5
Min	2,3	1,8	2,1	1,5	1,8
Max	10,0	10,5	9,4	8,3	5,4

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 159: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	112	102	97	100	97
SD	7	18	18	16	11
Min	106	78	74	74	82
Max	122	134	122	130	109

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 160: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	0,89	1,00	0,99	0,98	0,91
SD	0,11	0,05	0,06	0,04	0,03
Min	0,76	0,94	0,89	0,92	0,86
Max	1,01	1,11	1,09	1,06	0,93

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Die Cluster unterscheiden sich in der Studienvariable RER nicht signifikant voneinander, außer das Cluster 1 vom Cluster 2 mit einem p-Wert von 0,019 in Runde 1, $p=0,036$ in Runde 2, $p=0,038$ in Runde 3, $p=0,009$ in Runde 4 und $p=0,030$ in Runde 5.

Tab. 161: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	66,1	51,8	48,7	46,2	44,7
SD	16,2	6,2	3,1	2,4	3,0
Min	50,0	40,1	45,0	42,0	40,7
Max	87,5	61,6	53,5	50,3	47,5

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Bezogen auf die relative Sauerstoffaufnahme unterscheidet sich nur das Cluster 1 von Cluster 2-5, die restlichen Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Tab. 162: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in % vom MLSS in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	110,8	104,7	92,7	93,9	99,7
SD	16,1	11,5	8,4	11,2	12,6
Min	93,3	85,3	80,7	78,4	85,8
Max	132,2	119	106,2	116,3	112,2

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 163: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	15,88	16,82	17,67	18,33	89,9
SD	1,37	0,73	0,70	0,92	2,5
Min	14,00	15,88	16,57	17,00	86,3
Max	7,25	18,0	18,50	19,83	91,9

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 164: Vergleich der Rundenzeit von Runde 1 in min der einzelnen Clustern

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
(n=36)	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Cluster 1	-	p = 0,373	p = 0,011	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,373	-	p = 0,230	p = 0,004	p = 0,000
Cluster 3	p = 0,011	p = 0,230	-	p = 0,450	p = 0,001
Cluster 4	p = 0,000	p = 0,004	p = 0,450	-	p = 0,022
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,022	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

8.2.3.2 Runde 2

Tab. 165: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Mittelwert	16,5	14,9	14,1	13,5	12,2
SD	1,0	0,4	0,4	0,5	0,7
Min	15,8	14,4	13,4	13,1	11,2
Max	17,9	15,3	14,9	14,6	12,7

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 166: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Mittelwert	94,2	96,7	96,7	92,4	91,4
SD	2,3	4,2	3,9	4,0	4,3
Min	91,6	91,5	92,2	86,3	88,4
Max	96,6	101,8	102,7	100,3	95,8

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 167: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	97,0	100,4	99,2	99,0	98,1
SD	1,7	4,8	3,9	3,5	5,1
Min	95,3	91,9	92,6	91,6	91,5
Max	99,3	106,9	104,4	103,3	103,9

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 168: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	167	176	168	171	173
SD	5	7	7	11	9
Min	163	166	162	149	167
Max	174	189	185	186	187

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 169: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	4,8	5,4	3,6	3,9	3,1
SD	3,7	2,4	1,6	1,5	1,1
Min	2,7	1,9	2,4	1,4	1,6
Max	10,4	8,4	7,8	6,4	4,2

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 170: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	114	108	100	101	93
SD	6	17	15	15	11
Min	107	84	81	75	78
Max	122	135	117	131	105

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 171: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	0,88	0,99	0,97	0,97	0,97
SD	0,12	0,06	0,06	0,04	0,03
Min	0,76	0,92	0,87	0,89	0,92
Max	1,05	1,12	1,06	1,03	0,98

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 172: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	65,1	50,9	49,3	45,2	40,9
SD	15,5	5,0	3,0	3,5	2,8
Min	50,2	40,2	44,7	40,2	37,3
Max	85,4	56,0	53,2	50,1	43,5

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 173: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in % vom MLSS in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	109,1	102,9	93,4	91,5	90,6
SD	14,8	9,7	9,1	7,2	2,0
Min	93,8	85,2	80,3	77,9	88,1
Max	129,0	112,6	112,1	101,4	92,8

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 174: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	15,41	16,98	17,94	18,76	20,79
SD	0,88	0,44	0,54	0,62	1,26
Min	14,17	16,5	17,00	17,28	19,97
Max	16,05	17,6	18,90	19,38	22,67

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 175: Vergleich der Rundenzeit von Runde 2 in min der einzelnen Clustern

Variables (n=36)	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Cluster 1	-	p = 0,005	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,005	-	p = 0,042	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 3	p = 0,000	p = 0,042	-	p = 0,096	p = 0,000
Cluster 4	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,096	-	p = 0,000
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

8.2.3.3 Runde 3

Tab. 176: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	16,4	14,7	13,9	13,4	12,1
SD	1,0	0,3	0,4	0,4	0,7
Min	15,8	14,4	12,9	12,7	11,0
Max	17,9	15,4	14,3	14,2	12,6

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 177: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	93,6	95,4	95,1	91,3	90,4
SD	2,0	3,2	34,2	4,1	3,9
Min	91,6	90,8	88,6	85,1	86,9
Max	96,2	99,8	101,9	100,5	95,8

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 178: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	96,4	100,2	99,7	98,9	99,3
SD	2,4	4,5	3,4	3,4	5,9
Min	94,6	92,1	94,1	92,2	92,1
Max	99,9	105,9	104,0	103,6	106,2

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 179: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	166	175	169	171	175
SD	6	7	8	11	11
Min	160	166	160	150	168
Max	175	189	186	184	192

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 180: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	4,8	4,8	3,1	3,6	2,9
SD	3,5	1,9	1,2	1,0	1,3
Min	2,8	1,8	2,2	1,9	1,6
Max	10,0	7,6	6,0	5,1	4,5

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 181: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	113	110	101	100	96
SD	7	15	14	15	12
Min	105	90	83	76	88
Max	122	136	126	125	113

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 182: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	0,88	0,99	0,96	0,94	0,97
SD	0,13	0,06	0,06	0,03	0,06
Min	0,76	0,91	0,86	0,90	0,92
Max	1,05	1,09	1,05	1,00	1,06

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 183: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	65,7	50,2	49,1	45,0	41,2
SD	12,6	4,7	3,3	3,8	0,7
Min	56,4	40,0	43,7	39,2	40,4
Max	84,0	56,9	52,5	51,0	42,0

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 184: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in % vom MLSS in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	112,3	101,4	93,0	91,0	91,6
SD	9,9	9,1	9,0	5,6	5,1
Min	105,4	85,3	78,5	79,3	86,4
Max	127,0	113,3	110,6	98,8	97,7

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 185: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	15,51	17,22	18,24	18,97	21,02
SD	0,90	0,35	0,58	0,59	1,30
Min	14,17	16,45	17,75	17,80	20,08
Max	16,07	17,57	19,7	19,92	22,92

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 186: Vergleich der Rundenzeit von Runde 3 in min der einzelnen Clustern

Variables (n=36)	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Cluster 1	-	p = 0,002	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,002	-	p = 0,024	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 3	p = 0,000	p = 0,024	-	p = 0,158	p = 0,000
Cluster 4	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,158	-	p = 0,000
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

8.2.3.4 Runde 4

Tab. 187: Mittelwert der Studienvariable Km·h⁻¹ in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	16,2	14,6	13,7	13,0	11,8
SD	1,1	0,3	0,7	0,3	0,7
Min	15,5	14,3	12,2	12,5	10,7
Max	17,8	15,0	14,7	13,3	12,4

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 188: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	92,6	94,6	94,1	88,9	88,3
SD	1,8	4,7	5,6	5,0	3,3
Min	91,1	87,4	84,0	80,3	85,7
Max	94,9	100,3	100,2	98,3	92,7

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 189: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	96,4	100,5	100,6	99,4	99,8
SD	2,8	4,4	3,0	5,1	6,5
Min	93,9	91,7	96,1	90,5	91,9
Max	100,3	105,7	104,8	107,0	106,8

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 190: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	166	176	171	173	176
SD	7	7	9	10	13
Min	160	166	161	155	168
Max	176	189	186	187	196

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 191: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	4,4	4,4	2,8	3,3	2,9
SD	3,5	1,6	1,0	0,7	1,1
Min	2,3	1,9	1,7	2,2	1,6
Max	9,7	6,7	4,5	4,2	4,2

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 192: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	109	109	99	97	96
SD	7	14	13	16	13
Min	104	94	86	71	86
Max	119	136	123	119	115

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 193: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	0,84	0,99	0,94	0,93	0,97
SD	0,14	0,07	0,06	0,04	0,07
Min	0,72	0,90	0,86	0,88	0,91
Max	1,03	1,12	1,01	1,02	1,07

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 194: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	65,8	48,4	48,8	44,3	40,5
SD	12,8	3,8	3,3	4,0	1,7
Min	54,1	42,7	43,8	38,4	38,9
Max	82,9	56,1	54,0	51,3	42,7

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 195: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in % vom MLSS in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	110,7	97,9	92,2	89,5	89,9
SD	10,3	8,5	7,6	7,4	3,3
Min	101,0	83,9	81,7	76,7	85,7
Max	125,3	111,6	107,3	100,0	93,7

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 196: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	15,69	17,37	18,48	19,49	21,50
SD	0,96	0,36	0,99	0,40	1,40
Min	14,23	16,83	17,17	19,00	20,38
Max	16,33	17,75	20,78	20,33	23,55

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 197: Vergleich der Rundenzeit von Runde 4 in min der einzelnen Clustern

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
(n=36)	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Cluster 1	-	p = 0,009	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,009	-	p = 0,039	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 3	p = 0,000	p = 0,039	-	p = 0,062	p = 0,000
Cluster 4	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,062	-	p = 0,001
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,001	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

8.2.3.5 Runde 5

Tab. 198: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Mittelwert	16,4	14,4	13,5	13,0	11,5
SD	1,1	0,5	0,9	0,5	0,7
Min	15,8	13,4	11,8	11,9	10,6
Max	18,0	14,9	14,3	13,7	12,3

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 199: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
	(n=4)	(n=9)	(n=9)	(n=10)	(n=4)
Mittelwert	93,6	93,5	92,3	88,3	85,7
SD	1,5	4,5	6,8	7,2	5,0
Min	92,7	86,3	81,1	74,1	81,1
Max	95,9	99,3	100,2	97,9	92,8

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 200: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	98,0	100,3	100,9	99,4	102,4
SD	3,0	4,1	3,6	5,1	3,3
Min	94,5	92,5	95,6	90,5	98,1
Max	101,9	105,7	105,7	107,0	106,1

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 201: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	169	175	171	172	181
SD	7	7	11	12	11
Min	160	165	153	153	172
Max	178	189	190	192	197

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 202: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	4,8	4,3	3,1	3,6	3,0
SD	3,2	1,3	1,5	0,9	1,1
Min	2,9	2,9	1,3	2,1	2,1
Max	9,6	6,6	5,6	4,9	4,6

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 203: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	111	108	101	97	105
SD	9	14	9	17	13
Min	102	90	87	71	89
Max	119	134	118	123	115

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 204: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	0,85	0,99	0,93	0,92	0,97
SD	0,12	0,08	0,05	0,05	0,08
Min	0,75	0,90	0,87	0,84	0,90
Max	1,02	1,15	1,00	1,02	1,07

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 205: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	67,0	48,3	48,3	44,3	43,7
SD	11,5	4,5	3,9	4,7	5,9
Min	561	40,9	42,2	39,0	37,5
Max	82,7	55,6	54,6	52,4	51,6

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 206: Mittelwert der Studienvariable VO₂ in % vom MLSS in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	112,9	97,7	91,3	89,8	91,8
SD	8,8	8,9	8,6	9,9	8,3
Min	104,8	83,9	77,9	72,2	87,2
Max	125,0	110,7	107,8	103,2	104,4

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 207: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)

Variables	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Mittelwert	15,51	17,58	18,87	19,66	22,17
SD	1,00	0,60	1,28	0,75	1,40
Min	14,00	17,00	17,67	18,45	20,70
Max	16,03	18,92	21,53	21,35	24,00

Mittelwert = mittlerer Wert innerhalb der Cluster; SD = Standardabweichung; Min = kleinster Wert; Max = größter Wert.

Tab. 208: Vergleich der Rundenzeit von Runde 5 in min der einzelnen Clustern

Variables (n=36)	Cluster 1 (n=4)	Cluster 2 (n=9)	Cluster 3 (n=9)	Cluster 4 (n=10)	Cluster 5 (n=4)
Cluster 1	-	p = 0,011	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 2	p = 0,011	-	p = 0,062	p = 0,000	p = 0,000
Cluster 3	p = 0,000	p = 0,062	-	p = 0,422	p = 0,000
Cluster 4	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,422	-	p = 0,001
Cluster 5	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,000	p = 0,001	-

Cluster 1-5 = 1-5 Cluster (Signifikanz Überprüfung).

Signifikanzüberprüfungen:

Bei den Variablen LA, VE und HR konnten wir in allen Runden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Cluster feststellen.

9 Sauerstoffumsatz, Korrelationen und Prozentuelle Darstellung der Feldparameter (Puggl)

Der Parameter „Sauerstoffumsatz“ stellt jenen Parameter dar, welcher eine Belastung des Organismus ohne die Beine darstellt.

9.1 Korrelation MLSS - Parameter vs. Laufzeit

Bei der Korrelation MLSS - Parameter vs. Feldparameter, werden jene Variablen vom MLSS - Test (HR, VE, VO_2 , $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, LA, Alter, Gewicht, BMI) mit der Variable Laufzeit des Feldtests verglichen. Hierbei wird die gesamte Laufzeit vom Feld über 5 Runden, die VO_2 Total (gesamte Sauerstoffaufnahme im Feld über 5 Runden), die $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ Total (gesamt geleistete Geschwindigkeit im Feld über 5 Runden) und die $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ Total (gesamt geleistetes Lauftempo im Feld über 5 Runden) herangezogen.

Tab. 209: Korrelation der MLSS - Parameter (HR, VO_2 , VE, RER, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, LA, Alter, Gewicht, BMI) vs. der Laufzeit im Feld (in Minuten) (MW Kollektiv: n= 36)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD	r	p
HR	173 $\pm$ 9	0,06	0,743
VO_2	51,0 $\pm$ 5,3	- 0,62	0,000
VE	111 $\pm$ 12	- 0,37	0,028
RER	0,97 $\pm$ 0,07	- 0,14	0,408
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	15,0 $\pm$ 1,3	- 0,85	0,000
LA	5,6 $\pm$ 2,0	- 0,32	0,058
Alter	36 $\pm$ 6	0,05	0,775
Gewicht	71,3 $\pm$ 7,0	0,49	0,003
BMI	22,4 $\pm$ 1,6	0,42	0,011

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; HR = Herzfrequenz pro Minute; VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); VE = Atemzugvolumen ($\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio; $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert; LA = Blutlaktatkonzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$); Alter = in Jahren; Gewicht = in kg; BMI = Body Mass Index in $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

9.2 Korrelation MLSS - Parameter vs. HR HM

Tab. 210: Korrelation der MLSS-Parameter (VO_2 , $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$) vs. der HR Total (gesamte Herzfrequenz über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: $n=36$)

Variables (n=36)	$\bar{X} \pm \text{SD}$	r	p
VO_2	$51,0 \pm 5,3$	- 0,18	0,305
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	$15,0 \pm 1,3$	- 0,09	0,572

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert.

9.3 Korrelation MLSS - Parameter vs. VO_2 HM

Tab. 211: Korrelation der MLSS-Parameter (VO_2 , $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$) vs. der VO_2 Total (gesamte Sauerstoffaufnahme über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: $n=36$)

Variables (n=36)	$\bar{X} \pm \text{SD}$	r	p
VO_2	$51,0 \pm 5,3$	0,74	0,000
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	$15,0 \pm 1,3$	0,82	0,000

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert.

9.4 Korrelation MLSS - Parameter vs. VE HM

Tab. 212: Korrelation der MLSS-Parameter (VO_2 , $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$) vs. der VE Total (gesamtes Atemminutenvolumen über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: $n=36$)

Variables (n=36)	$\bar{X} \pm \text{SD}$	r	p
VO_2	$51,0 \pm 5,3$	0,11	0,527
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	$15,0 \pm 1,3$	0,29	0,089

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert.

9.5 Korrelation MLSS - Parameter vs. RER HM

Tab. 213: Korrelation der MLSS-Parameter (VO_2 , $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$) vs. dem RER Total (gesamten Respiratory Exchange Ratio über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: $n=36$)

Variables (n=36)	$\bar{X} \pm \text{SD}$	r	p
VO_2	$51,0 \pm 5,3$	- 0,39	0,018
$\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$	$15,0 \pm 1,3$	- 0,44	0,007

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$); $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert.

9.6 Korrelation der MLSS - Parameter vs. Km.h⁻¹ HM

Tab. 214: Korrelation der Laborparameter (VO₂, Km.h⁻¹) vs. Km.h⁻¹ Total (gesamten Kilometer pro Stunde welche über 5 Runden geleistet werden) (MW Kollektiv: n=36)

Variables (n=36)	X ± SD	r	p
VO ₂	51,0 ± 5,3	0,64	0,000
Km.h ⁻¹	15,0 ± 1,3	0,89	0,000

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in ml.kg⁻¹.min⁻¹); Km.h⁻¹ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert.

9.7 Korrelation der MLSS - Parameter vs. Laktat HM

Tab. 215: Korrelation der Laborparameter (VO₂, Km.h⁻¹) vs. Laktat Total (MW Kollektiv: n=36)

Variables (n=36)	X ± SD	r	p
VO ₂	51,0 ± 5,3	0,18	0,294
Km.h ⁻¹	15,0 ± 1,3	0,24	0,160

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in ml.kg⁻¹.min⁻¹); Km.h⁻¹ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert.

9.8 Korrelation MLSS - Parameter vs. Feldparameter

Tab. 216: Korrelation der MLSS - Parameter (HR, VO₂, VE, RER, Km.h⁻¹, LA) vs. derselben Feldparameter (MW Kollektiv: n= 36)

Variables (n=36)	X ± SD _{MLSS}	X ± SD _{HM}	r	p
HR	173 ± 9	171 ± 8	0,74	0,000
VO ₂	51,0 ± 5,3	49,3 ± 8,3	0,73	0,000
VE	111 ± 12	102 ± 13	0,73	0,000
RER	0,97 ± 0,07	0,95 ± 0,07	- 0,13	0,442
Km.h ⁻¹	15,0 ± 1,3	14,1 ± 1,2	0,88	0,000
LA	5,6 ± 2,0	4,0 ± 1,8	0,47	0,004

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; HR = Herzfrequenz pro Minute; VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in ml.kg⁻¹.min⁻¹); VE = Atemzugvolumen (l.min⁻¹); RER = Respiratory Exchange Ratio; Km.h⁻¹ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert; LA = Blutlaktatkonzentration (in mmol.l⁻¹).

9.9 Korrelation Laufzeit HM – Feldtest vs. Laufzeit HM - Bestzeit

Tab. 217: Korrelation der Laufzeit im HM - Feldtest (in min) vs. Laufzeit HM - Bestzeit (in min) (MW Kollektiv: n=36)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD	r	p
HM - Bestzeit	85,28 $\pm$ 8,4		
HM - Feldtest	90,76 $\pm$ 7,9	0,82	0,000

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; HM-Bestzeit = in Minuten; HM-Feldtest = in Minuten.

9.10 Korrelation Laufzeit HM – Feldtest vs. der Trainingsparameter

Tab. 218: Korrelation der Laufzeit im HM - Feldtest (in min) vs. der Trainingsparameter (Laufkilometer/Woche, WNTZ- Wochen-Nettotrainingszeit und HM-Erfahrung- Anzahl der bereits absolvierten Halbmarathons) (MW Kollektiv: n=36)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD	r	p
Lauf-km/Wo	60 $\pm$ 28	-0,49	0,002
WNTZ	336 $\pm$ 149	-0,37	0,024
HM-Erfahrung	12 $\pm$ 14	-0,08	0,635

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; HM-Bestzeit = in Minuten; HM-Feldtest = in Minuten.

9.11 Unterschiede MLSS - Parameter vs. Feldparameter

Tab. 219: Unterschiede der MLSS - Parameter (HR, VO_2 , VE, RER, $Km \cdot h^{-1}$, LA) vs. derselben Feldparameter (gesamte Sauerstoffaufnahme über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: n= 36)

Variables (n=36)	X $\pm$ SD _{MLSS}	X $\pm$ SD _{HM}	p
HR	173 $\pm$ 9	171 $\pm$ 9	0,095
VO_2	51,0 $\pm$ 5,3	49,3 $\pm$ 8,3	0,007
VE	111 $\pm$ 12	102 $\pm$ 13	0,000
RER	0,97 $\pm$ 0,07	0,95 $\pm$ 0,07	0,460
$Km \cdot h^{-1}$	15,0 $\pm$ 1,3	14,1 $\pm$ 1,2	0,000
LA	5,6 $\pm$ 2,0	4,0 $\pm$ 1,8	0,000

X = mittlerer Wert; SD = Standardabweichung; r = Zusammenhang; p = Signifikanz; HR = Herzfrequenz pro Minute; VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme am MLSS-Wert (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$); VE = Atemzugvolumen ($l \cdot min^{-1}$); RER = Respiratory Exchange Ratio; $Km \cdot h^{-1}$ = Kilometer pro Stunde am MLSS-Wert; LA = Blutlaktatkonzentration (in $mmol \cdot l^{-1}$).

9.12 Prozentuelle Darstellung der Halbmarathon - Feldparameter im Vergleich zu den MLSS - Werten

Die nächsten Tabellen zeigen die erreichten Prozente in der Gegenüberstellung von Halbmarathon – Feldparameter (Mittelwerte der gesamten Laufzeit) und MLSS – Parameter.

9.12.1 Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Kollektiv

Prozentueller Vergleich der im Feldtest maximal erbrachten Werte mit den dazugehörigen MLSS - Werten.

Tab. 220: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Kollektiv: n= 36)

Variables (n = 36)	X ± SD	Min	Max
P HR	99,0 ± 3,6	91,7	105,4
P VO ₂	96,5 ± 10,0	77,9	128,0
P Km·h ⁻¹	93,7 ± 4,1	85,4	100,3
P LA	77,4 ± 33,9	29,5	178,9

P HR = Herzfrequenz in Prozent (Vergleich MLSS); P VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹·min⁻¹) in Prozent (Vergleich MLSS); P Km·h⁻¹ = Kilometer pro Stunde in Prozent (Vergleich MLSS); P LA = Blutlaktatkonzentration (mmol.l⁻¹) in Prozent (Vergleich MLSS).

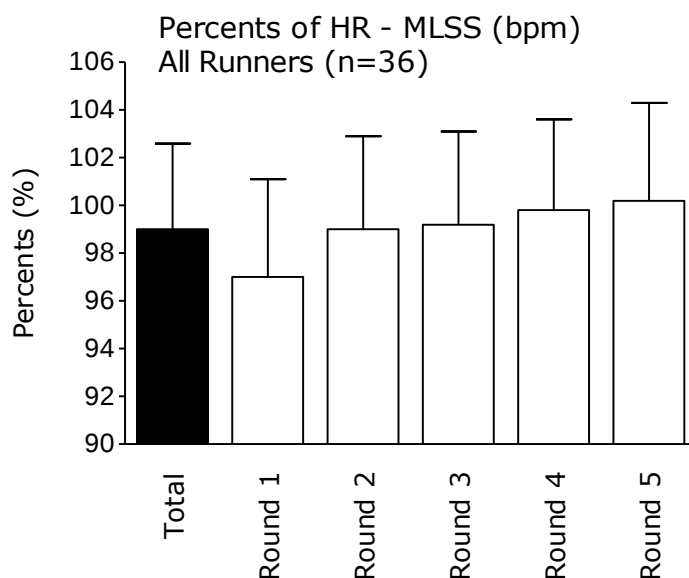


Abb. 65: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Kollektiv: n= 36)

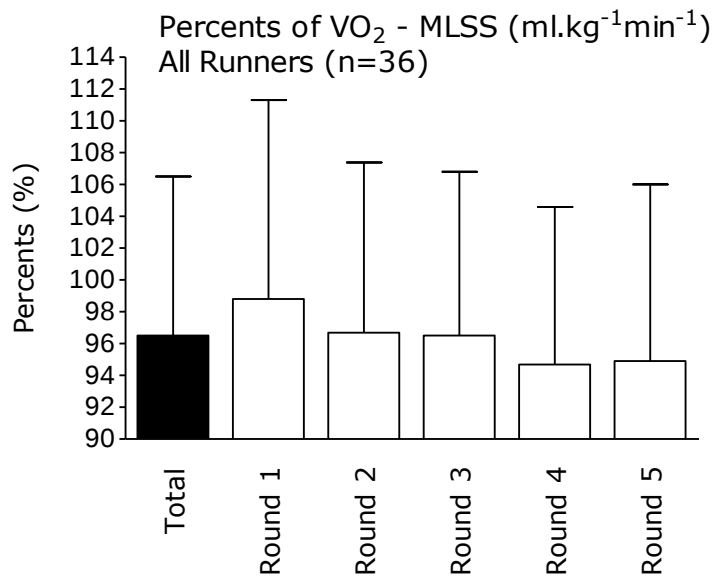


Abb. 66: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Kollektiv: n= 36)

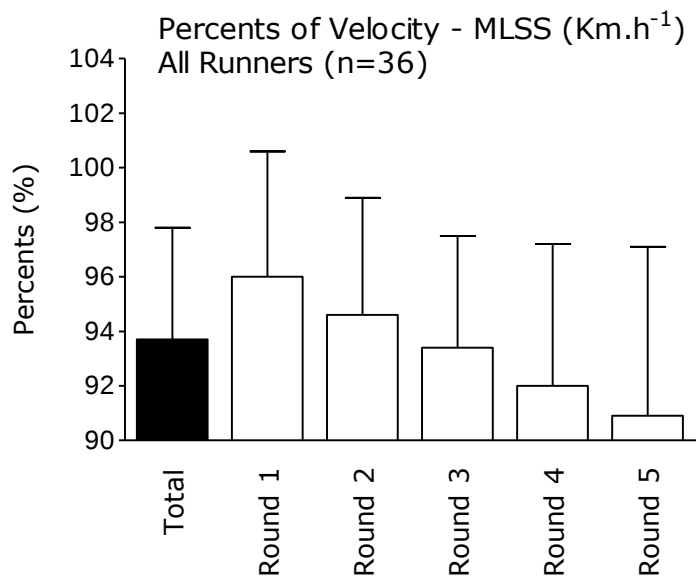


Abb. 67: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit ($\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Kollektiv: n= 36)

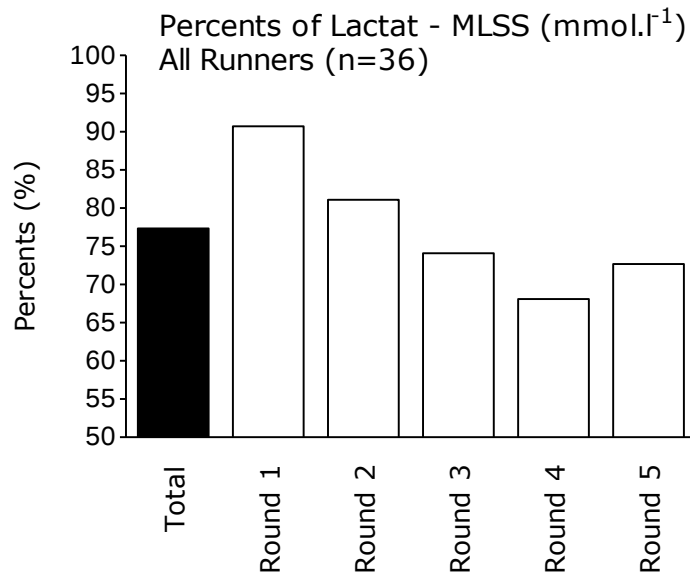


Abb. 68: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Kollektiv: n= 36)

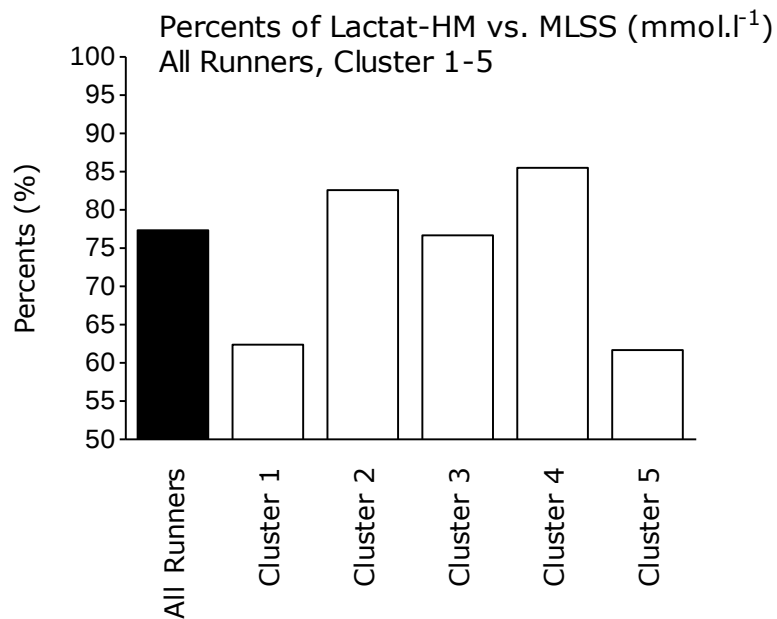


Abb. 69: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) beim Kollektiv und Cluster 1-5 mit dem jeweiligen MLSS-Test-Wert.

9.12.2 Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Cluster 1

Tab. 221: Prozentuelle Darstellung erbrachten Leistung im Feld im Verhältnis zu den MLSS-Werten. (Cluster 1: n= 4)

Variables (n = 4)	X $\pm$ SD	Min	Max
P HR	96,6 $\pm$ 1,7	95,3	99,0
P VO ₂	111,2 $\pm$ 12,0	99,5	128,0
P Km·h ⁻¹	93,9 $\pm$ 1,9	92,0	95,7
P LA	62,4 $\pm$ 32,4	38,4	110,2

P HR = Herzfrequenz in Prozent (Vergleich MLSS); P VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹·min⁻¹) in Prozent (Vergleich MLSS); P Km·h⁻¹ = Kilometer pro Stunde in Prozent (Vergleich MLSS); P LA = Blutlaktatkonzentration (mmol·l⁻¹) in Prozent (Vergleich MLSS).

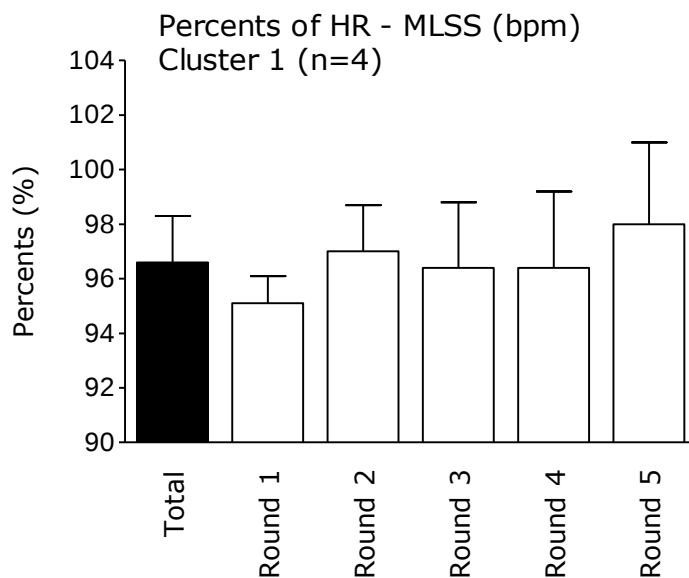


Abb. 70: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 1: n= 4)

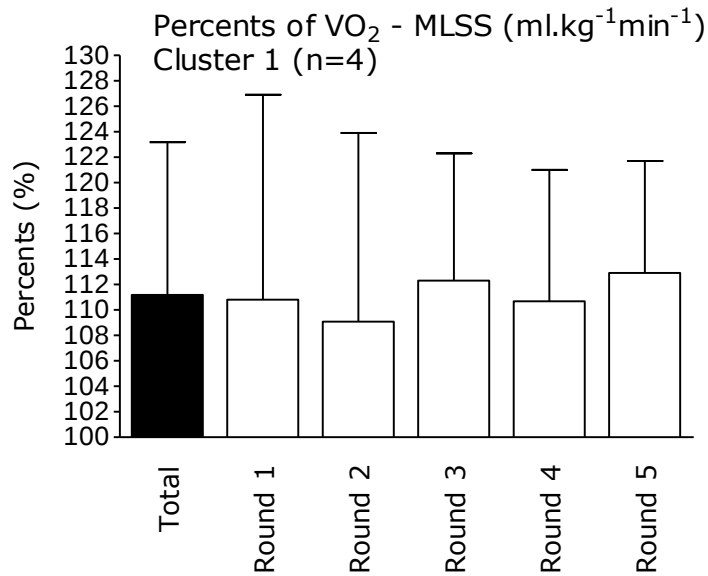


Abb. 71: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 1: n= 4)

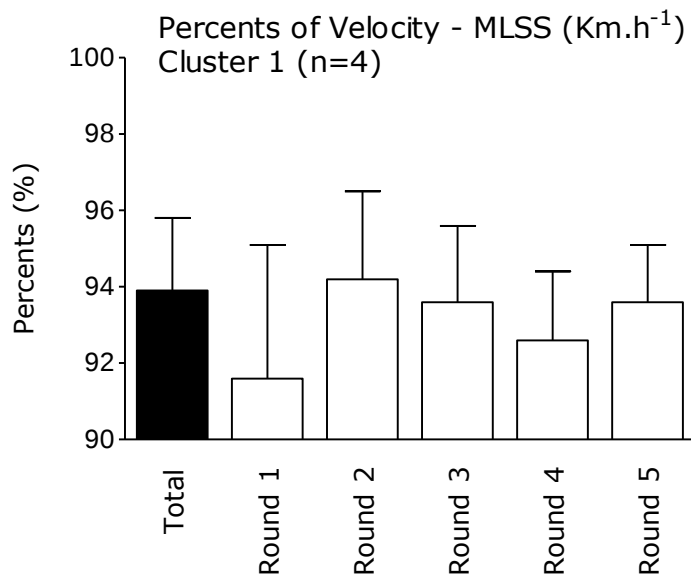


Abb. 72: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit ($\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 1: n= 4)

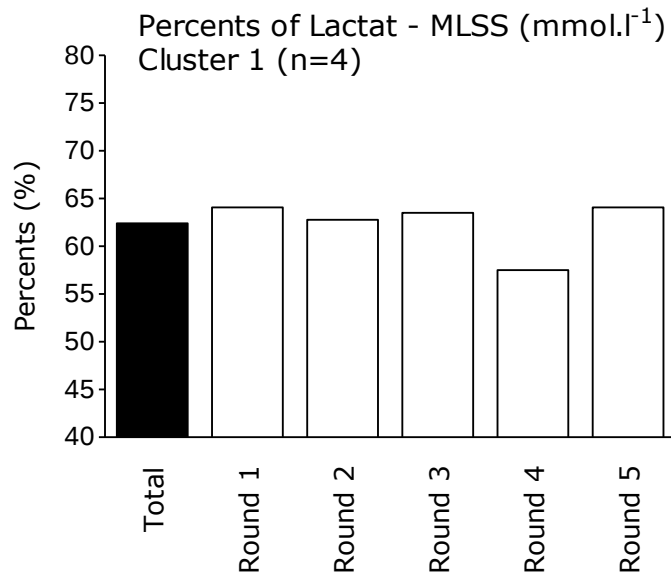


Abb. 73: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol.l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 1: n= 4)

9.12.3 Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Cluster 2

Tab. 222: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Cluster 2: n= 9)

Variables (n = 9)	X $\pm$ SD	Min	Max
P HR	99,8 $\pm$ 4,2	91,7	105,4
P VO ₂	101,0 $\pm$ 8,0	84,7	111,5
P Km·h ⁻¹	95,6 $\pm$ 3,6	90,4	100,2
P LA	82,6 $\pm$ 43,8	29,5	178,9

P HR = Herzfrequenz in Prozent (Vergleich MLSS); P VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$) in Prozent (Vergleich MLSS); P Km·h⁻¹ = Kilometer pro Stunde in Prozent (Vergleich MLSS); P LA = Blutlaktatkonzentration (mmol.l^{-1}) in Prozent (Vergleich MLSS).

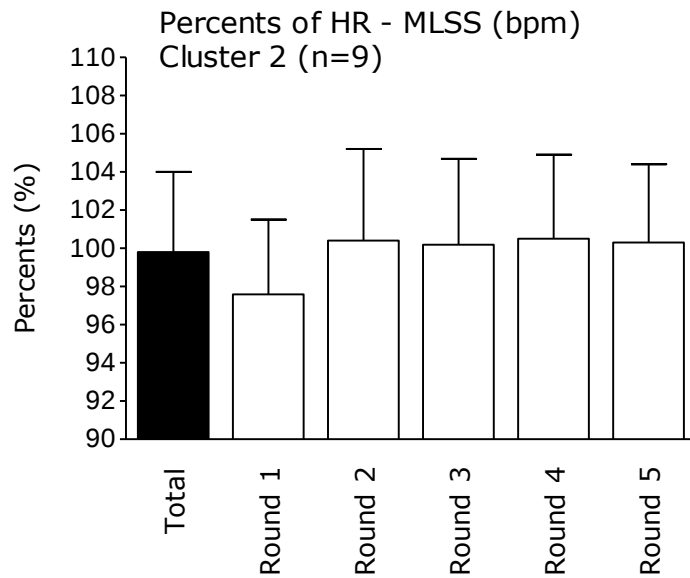


Abb. 74: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 2: n= 9)

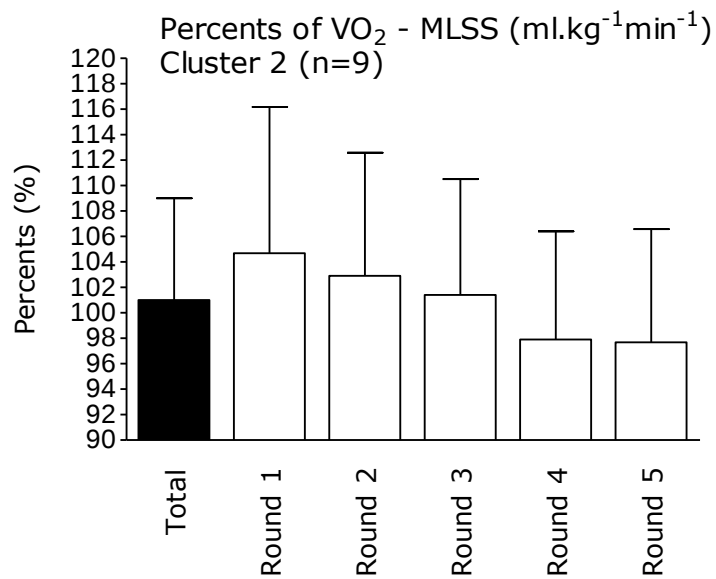


Abb. 75: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 2: n= 9)

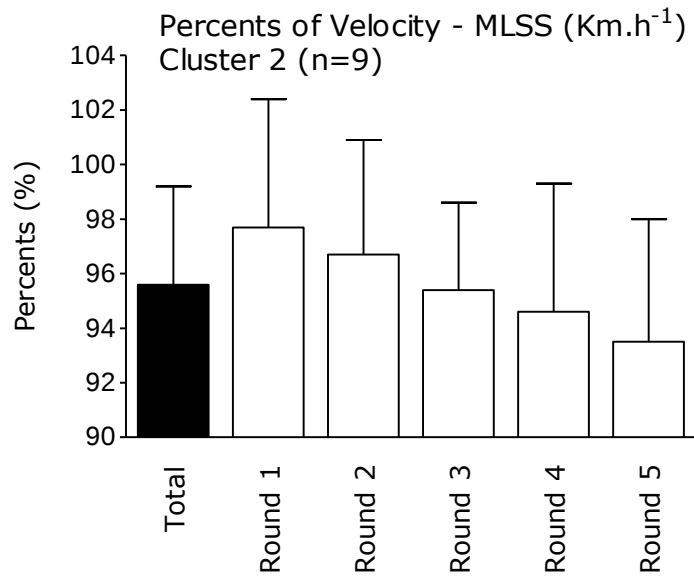


Abb. 76: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit (Km.h^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 2: n= 9)

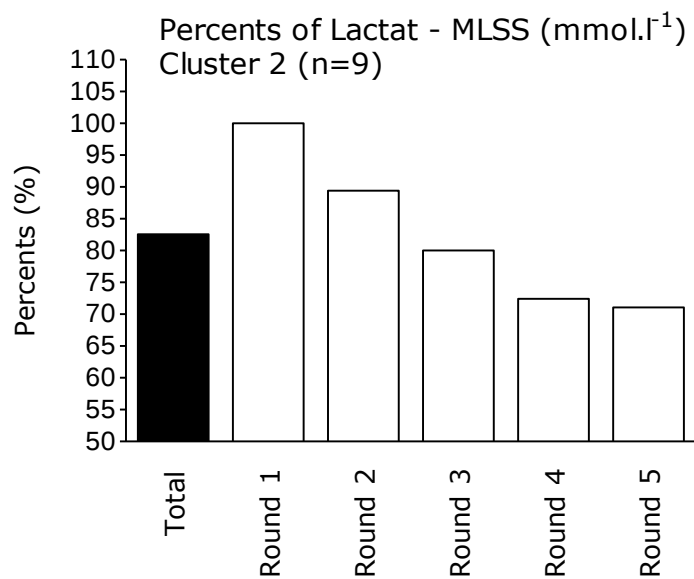


Abb. 77: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol.l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 2: n= 9)

9.12.4 Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Cluster 3

Tab. 223: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Cluster 3: n= 9)

Variables (n = 9)	X $\pm$ SD	Min	Max
P HR	99,4 $\pm$ 3,4	93,1	104,2
P VO ₂	92,5 $\pm$ 8,2	79,8	108,8
P Km·h ⁻¹	96,0 $\pm$ 3,2	90,7	100,3
P LA	76,7 $\pm$ 27,7	43,8	120,9

P HR = Herzfrequenz in Prozent (Vergleich MLSS); P VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹·min⁻¹) in Prozent (Vergleich MLSS); P Km·h⁻¹ = Kilometer pro Stunde in Prozent (Vergleich MLSS); P LA = Blutlaktatkonzentration (mmol·l⁻¹) in Prozent (Vergleich MLSS).

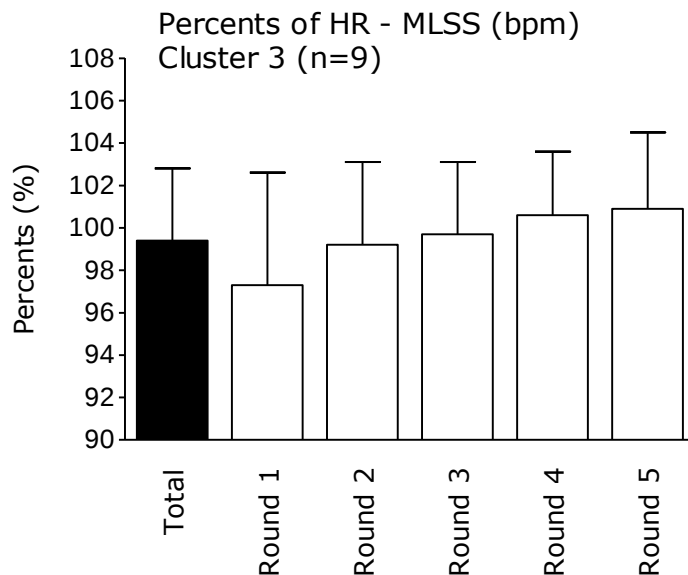


Abb. 78: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 3: n= 9)

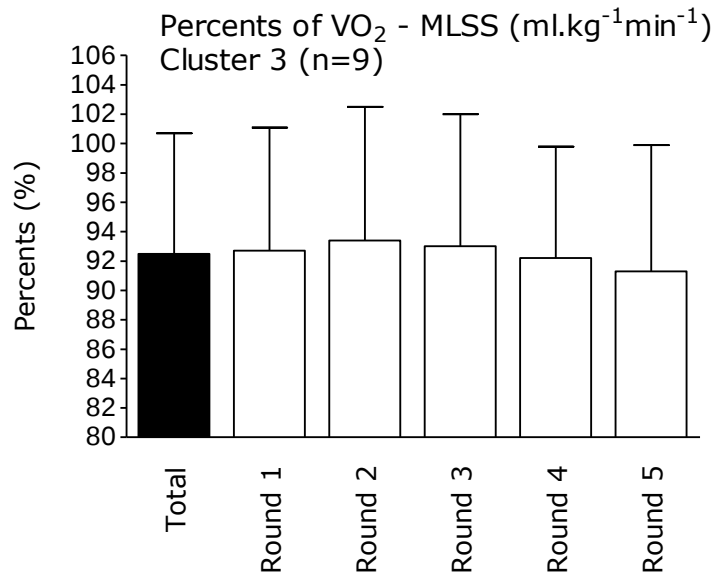


Abb. 79: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 3: n= 9)

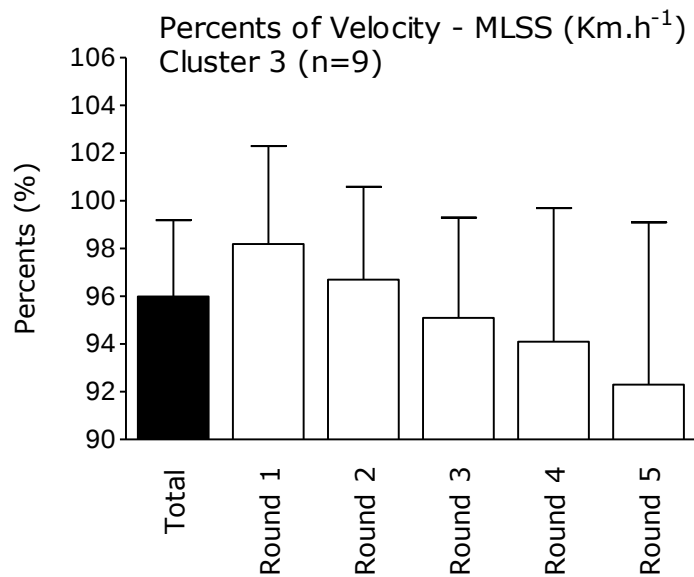


Abb. 80: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit ($\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 3: n= 9)

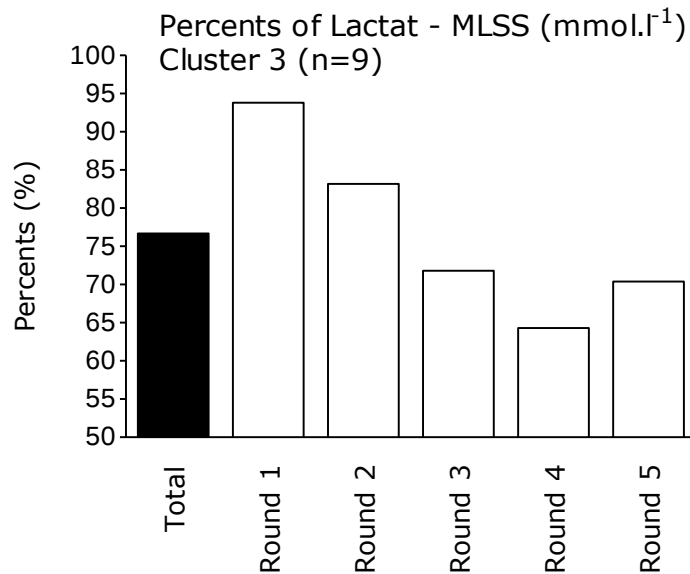


Abb. 81: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol.l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 3: n= 9)

9.12.5 Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert – Cluster 4

Tab. 224: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Cluster 4: n= 10)

Variables (n = 10)	X $\pm$ SD	Min	Max
P HR	98,9 $\pm$ 3,2	92,7	102,9
P VO ₂	91,2 $\pm$ 7,2	77,9	101,0
P Km·h ⁻¹	91,2 $\pm$ 4,3	85,4	99,7
P LA	85,5 $\pm$ 33,2	44,3	141

P HR = Herzfrequenz in Prozent (Vergleich MLSS); P VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$) in Prozent (Vergleich MLSS); P Km·h⁻¹ = Kilometer pro Stunde in Prozent (Vergleich MLSS); P LA = Blutlaktatkonzentration (mmol.l^{-1}) in Prozent (Vergleich MLSS).

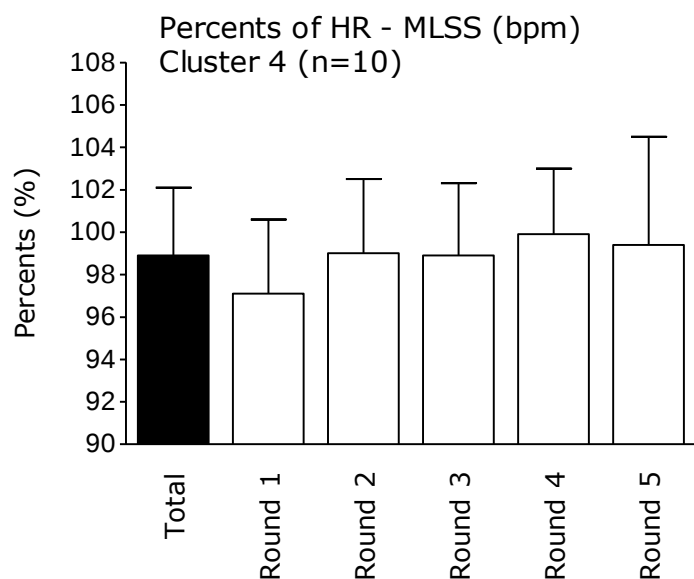


Abb. 82: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 4: n= 10)

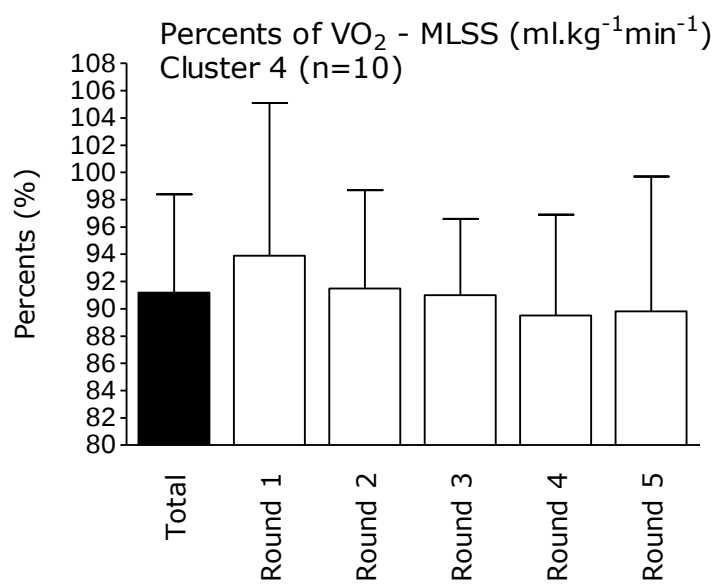


Abb. 83: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 4: n= 10)

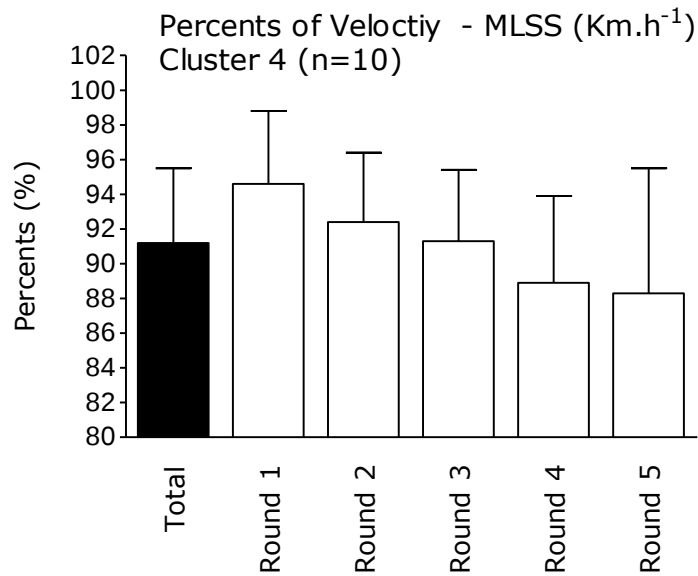


Abb. 84: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit - $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 4: n= 10)

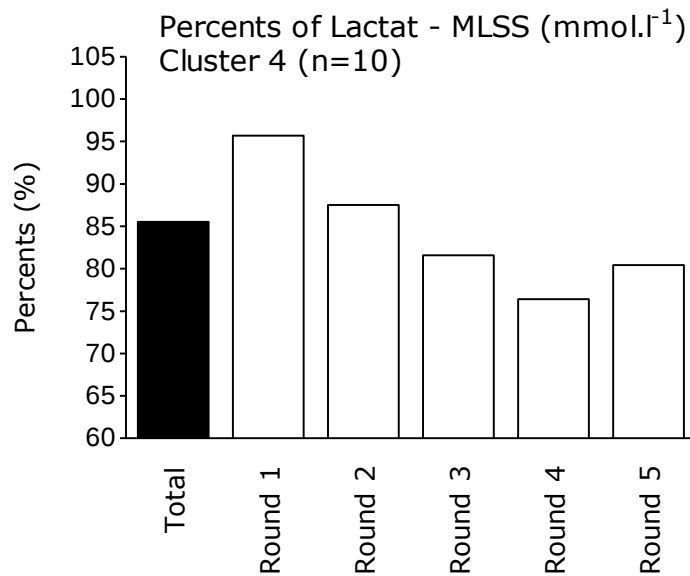


Abb. 85: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 4: n= 10)

9.12.6 Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert – Cluster 5

Tab. 225: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Cluster 5: n= 4)

Variables (n = 4)	X $\pm$ SD	Min	Max
P HR	99,3 $\pm$ 5,1	93,0	105,4
P VO ₂	94,0 $\pm$ 4,9	87,2	98,7
P Km·h ⁻¹	89,9 $\pm$ 2,5	86,3	91,9
P LA	61,7 $\pm$ 30,3	34,3	102,3

P HR = Herzfrequenz in Prozent (Vergleich MLSS); P VO₂ = relative Sauerstoffaufnahme (ml·kg⁻¹·min⁻¹) in Prozent (Vergleich MLSS); P Km·h⁻¹ = Kilometer pro Stunde in Prozent (Vergleich MLSS); P LA = Blutlaktatkonzentration (mmol·l⁻¹) in Prozent (Vergleich MLSS).

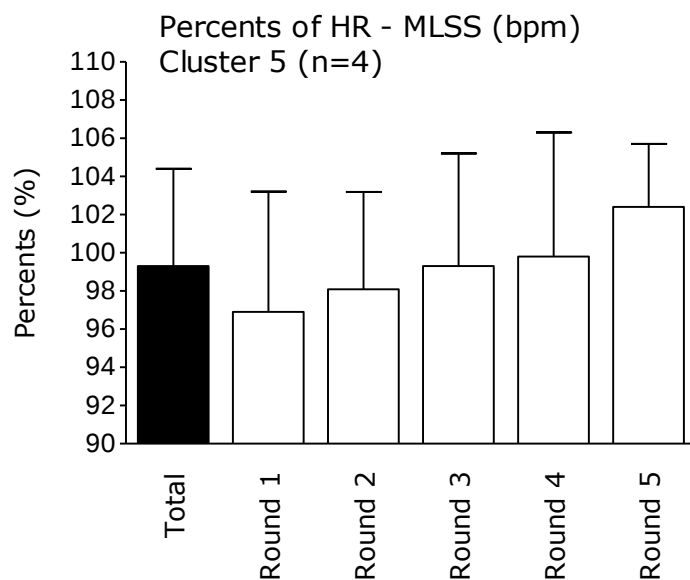


Abb. 86: Prozentuelle Darstellung der HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 5: n= 4)

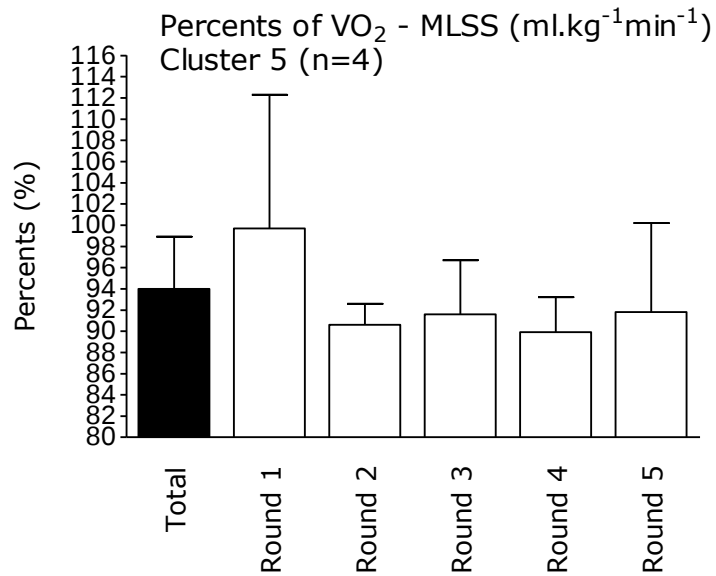


Abb. 87: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 5: n= 4)

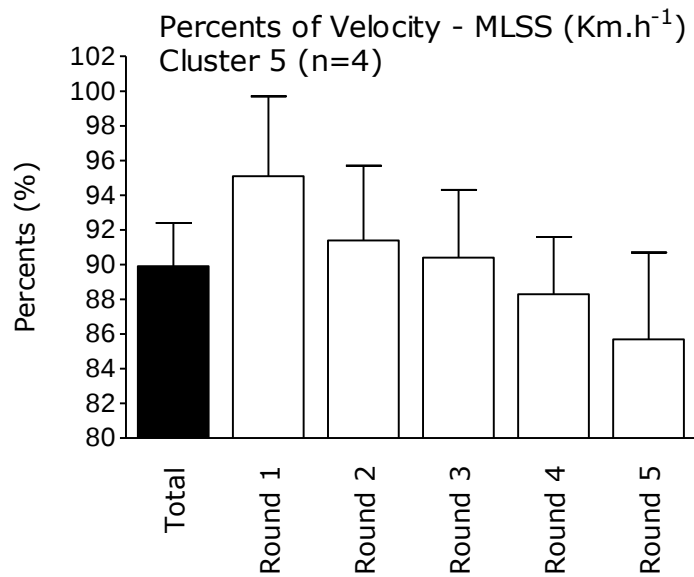


Abb. 88: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit ($\text{Km} \cdot \text{h}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 5: n= 4)

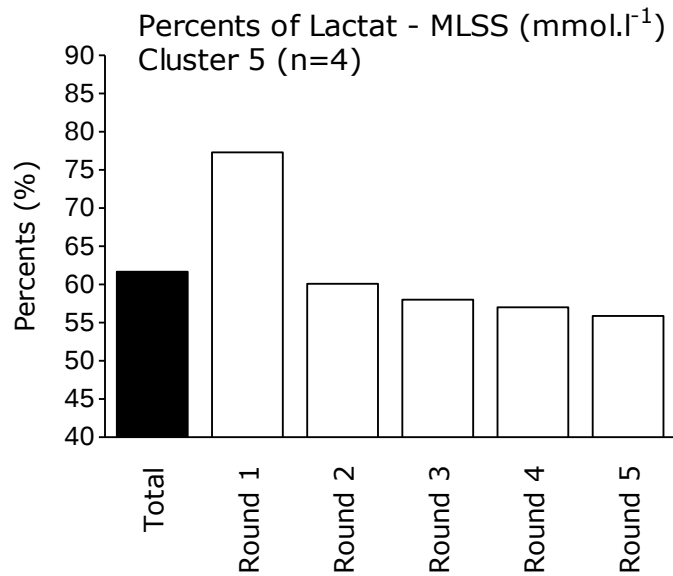


Abb. 89: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol.l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 5: n= 4)

9.12.7 Prozentuelle Darstellung der Feldparameter am MLSS – Wert - Case

Tab. 226: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Prozent Case: n= 1)

Variables (n = 1)	X
P HR	96,2
P VO_2	128,0
P Km.h^{-1}	92,0
P LA	49,0

P HR = Herzfrequenz in Prozent (Vergleich MLSS); P VO_2 = relative Sauerstoffaufnahme ($\text{ml.kg}^{-1}\text{min}^{-1}$) in Prozent (Vergleich MLSS); P Km.h^{-1} = Kilometer pro Stunde in Prozent (Vergleich MLSS); P LA = Blutlaktatkonzentration (mmol.l^{-1}) in Prozent (Vergleich MLSS).

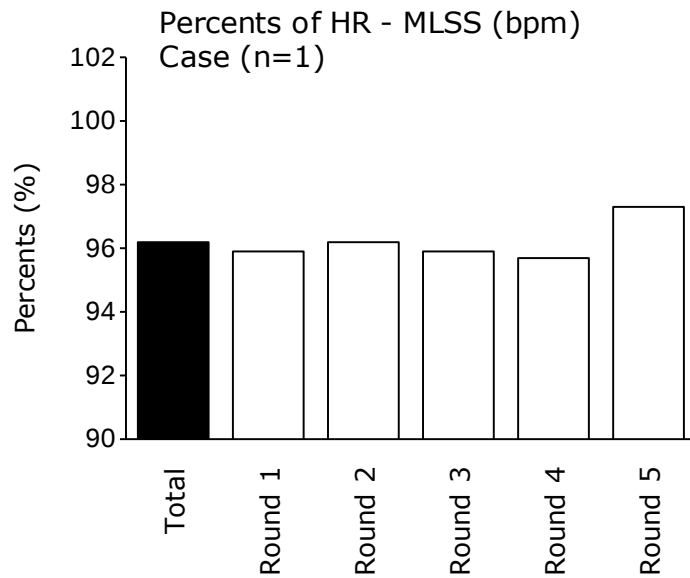


Abb. 90: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1)

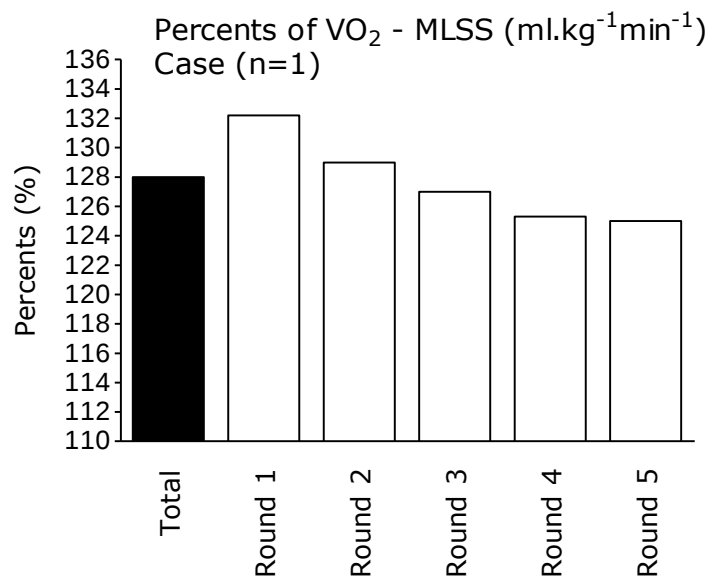


Abb. 91: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1)

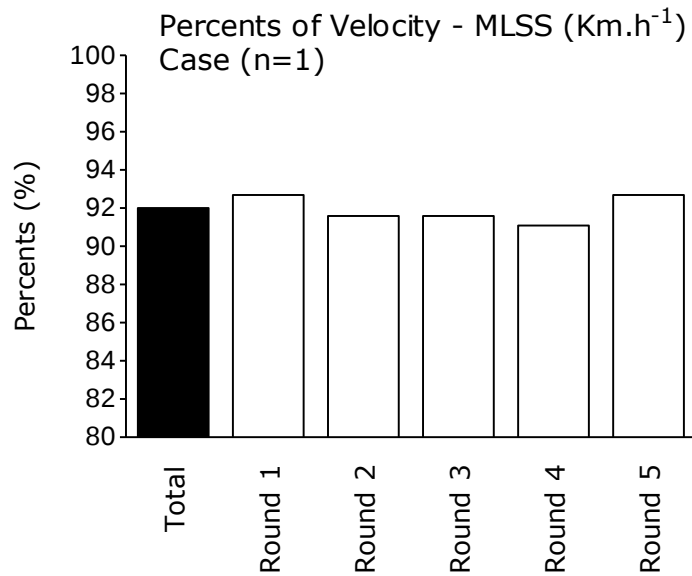


Abb. 92: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit (Km.h^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1)

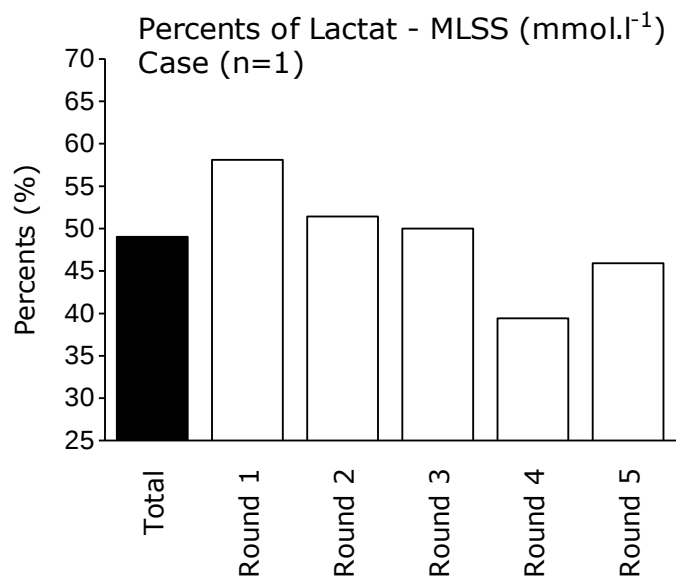


Abb. 93: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol.l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1)

10 Diskussion

Die Ergebnisse werden im Diskussionsteil auf zwei Teile aufgeteilt. Der erste Teil beschäftigt sich mit den Parametern Herzfrequenz, Laufgeschwindigkeit und Laktat. Im zweiten Diskussionsteil werden die spiroergometrischen Parameter (VO_2 , VE, RER) genauer betrachtet.

Hierbei handelt es sich überwiegend um eine deskriptive Arbeit, darum wird die Diskussion nicht mit allen Werten durchgeführt. Es werden vor allem die Werte genauer betrachtet, welche am Aussagekräftigsten sind. Diese Werte werden dann mit aktueller Literatur verglichen. Die anderen Werte der einzelnen Parameter dienen vor allem der besseren Veranschaulichung der Sportart – Langstreckenlauf und werden zusätzlich noch in Abbildungen und Tabellen im Ergebnisteil deskriptiv dargestellt.

11 Diskussion (Pichler)

Im ersten Teil werden die Parameter Zeit, Geschwindigkeit, Herzfrequenz und Laktat sowohl im Halbmarathon also auch im MLSS genauer betrachtet. Diese Parameter werden zwischen den Clustern verglichen, der Verlauf im Halbmarathon wird beobachtet und Zusammenhänge vom MLSS zum Halbmarathon werden gesucht. Das *Cluster 1* besteht aus vier sehr guten Läufern mit internationaler Rennerfahrung, im *Cluster 2* sind neun gute Läufer, die bereits an nationalen Wettkämpfen teilgenommen haben und dem *Cluster 3* wurden durch die Clusteranalyse neun mittelmäßige Läufer mit nationaler Rennbeteiligung zugeteilt. Das *Cluster 4* besteht aus zehn schwächeren Läufern mit nationaler Rennerfahrung und das *Cluster 5* aus vier Hobbyläufern. Die erste Variable, die beschrieben wird, ist die Zeit, sowohl die Gesamtzeit für den Halbmarathon, als auch die einzelnen Runden, also die Gesamtdistanz aufgeteilt in 5 Teilabschnitte, und die Cluster im Vergleich. Ebenso wird in diesem Zuge der Zusammenhang den anthropometrischen Daten, den Trainingsdaten und der Wettkampferfahrung gezogen. Danach wird auf die Geschwindigkeit eingegangen, die im Halbmarathon zwar mit der Zeit einhergeht, jedoch im MLSS nicht, da jeder Proband die gleiche Zeit (30 Minuten) mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten lief. Die beiden Tempi, im MLSS und vom Halbmarathon werden miteinander in Verbindung gebracht. Im Anschluss daran werden die Variablen Herzfrequenz und Laktat genauer beschrieben, wieder im Runden- und Clustervergleich und Zusammenhang MLSS und Halbmarathon. Da im Zuge der Studie keine

Maximaldaten von den Parametern: Herzfrequenz, Laktat und Geschwindigkeit ermittelt wurden, wird das MLSS 100 % gleich gesetzt und dadurch die Intensität des Halbmarathons bezogen auf das MLSS dargestellt.

11.1 Zeit

Im Durchschnitt liefen die Probanden den Halbmarathon in einer Zeit von 1h 31 min $\pm$ 8 min, der schnellste Läufer bewältigte die Distanz in 1 h 10 min und der langsamste in 1 h 51 min. Zum Vergleich: der österreichische Rekord bei den Männern für den Halbmarathon wurde im Jahr 2007 von Günter Weidlinger mit 1:01:42 aufgestellt. Der Weltrekord liegt seit 2010 bei 58:23 min, gelaufen von Zersenay Tadese in Lissabon.

Aufgrund der Inhomogenität der Läufer wurden alle Probanden in 5 Gruppen aufgeteilt. Als Kriterium wurde die Zeit des Halbmarathon-Feldtests herangezogen. Das *Cluster 1* erzielte eine durchschnittliche Halbmarathonzeit von 77,32 $\pm$ 4,66 min, das *Cluster 2* 85,86 $\pm$ 1,57 min, das *Cluster 3* 90,31 $\pm$ 0,55 min, das *Cluster 4* 95,06 $\pm$ 1,63 min und das *Cluster 5* 105,48 $\pm$ 4,46 min. Die Unterschiede sind alle signifikant zwischen den Clustern (siehe Tab 148 und 149).

Billat et al. testeten 1993 10 Probanden, welche durchschnittlich in einer Zeit von 1h 12 min (=72min) die Halbmarathondistanz bewältigten. Die Werte lagen über den der Probanden der vorliegenden Studie, jedoch gibt es zu bedenken, dass sie ohne mobile Spirometrie und es sich um eine Bestzeit handelt. Die durchschnittliche Bestzeit der Athleten der hier präsentierten Studie beträgt: 85 $\pm$ 8min. Der Case ist seine Halbmarathonbestzeit im Jahr 2011 mit 67 min gelaufen. (siehe Tab. 2 und 3)

Im Jahr 2004 testeten Billat et al. ein kleineres Kollektiv (n=9) von Ausdauersportlern mit Bestzeiten im Halbmarathon von 83 $\pm$ 5 min, den Probanden der vorliegenden Arbeit also sehr ähnlich.

Williams & Nute (1983) testeten zehn Probanden in einem Halbmarathon-wettkampf, ähnlich wie in der vorliegenden Studie, jedoch wurden vier längere Runden absolviert um die Halbmarathondistanz zu erreichen und es wurde keine mobile Spirometrie verwendet.. Die durchschnittliche Zeit betrug von den wettkampferfahrenen Hobbyläufern 95min, also gleichzusetzten mit dem Cluster 4. An dieser Stelle sei aber auch erwähnt, dass von den

zehn Probanden zwei Frauen mit einer Zeit von 101 min und 107 min bei den Mittelwertberechnungen mit einbezogen wurden.

Wie auch in Tab. 3 ersichtlich besteht ein Zusammenhang zwischen der angegebenen Halbmarathonbestzeit und der Zeit vom Feldtest, $r=0,82$ und $p<0,000$. Die Bestzeiten sind durchschnittlich fünf Minuten schneller angegeben worden als die erreichten Halbmarathonzeiten mit mobiler Spirometrie. Gründe dafür sind die 1,5 kg schwere Ausstattung (mobile Spirometrie inklusive Rucksack) und die fehlenden Gegner bzw. die hundertprozentige Wettkampfsituation. Die Daten der Bestzeiten wurden mittels Protokoll erhoben (siehe Anhang). Einige davon sind aber schon einige Jahre her, das bedeutet, dass die Bestzeit nicht bei allen Läufern dem aktuellen Leistungsstand entspricht.

11.1.1 Zusammenhang mit den Anthropometrischen Daten

Im Hinblick auf die anthropometrischen Daten findet man bei den Variablen Gewicht ($p=0,003$) und BMI (kg/m^2) ($p=0,011$) einen signifikanten Zusammenhang mit der Laufzeit. (siehe Tab.3).

Die Variablen im MLSS wurde ebenfalls mit der Laufzeit in Verbindung gesetzt, dabei erhielten wir einen signifikanten Zusammenhang zur Geschwindigkeit ($p=0,000$; $r=-0,85$). Die Herzfrequenz und die Laktatwerte im MLSS korrelieren nicht mit der Laufzeit (siehe Tab. 207).

Hagan et al. (1987) fanden einen positiven Zusammenhang zwischen Marathonlaufzeit und dem BMI und dem Körpergewicht heraus. Der Korrelationseffizient $r=0,52$ (BMI) und $r=0,49$ (Gewicht in kg) stimmt mit der hier vorliegenden Studie $r=0,42$ (BMI) und $r=0,49$ (Gewicht) beinahe überein und ist auch in beiden Fällen signifikant. Man muss allerdings berücksichtigen, dass die Läufer die doppelte Distanz bewältigen. Es ist jedoch anzunehmen, dass dies auch bei Halbmarathonläufern eintritt. Die Autoren teilten das Kollektiv in zwei Gruppen, erfahrene und unerfahrene Läufer (als erfahren galten die Probanden bereits ab 3 absolvierten Wettkämpfen mit dieser Distanz) und stellten bei der Gruppe mit Wettkampferfahrung einen weit größeren Zusammenhang zwischen Laufleistung und BMI ($r=0,7$) fest, als bei den Probanden ohne Wettkampferfahrung. Das Ergebnis war jedoch nicht signifikant. Diese Aussage widerspricht dem Ergebnis der hier präsentierten Studie, da ebenfalls Athleten mit Erfahrungswerten (durchschnittlich 10 Halbmarathons) getestet wurden. Nur 8 Athleten absolvierten bislang nur einen oder zwei

Halbmarathons und somit der Zusammenhang zwischen Laufzeit und BMI größer als $r=0,42$ sein müsste.

Campbell et al. (1985) stellten bei ihrem Kollektiv von 89 Probanden einen mittelmäßigen negativen Zusammenhang zwischen Laufgeschwindigkeit und BMI (kg/m^2) fest ($r=-0,41$). Je höher der BMI desto langsamer ist die Laufgeschwindigkeit im Halbmarathon. Sie gaben nach den Laufkilometern pro Woche den BMI als zweitgrößten Prädiktor der Wettkampfleistung an. Die Körpergröße hatte auch bei diesen Ergebnissen, genauso wie in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Einfluss.

11.1.2 Zusammenhang mit den Trainingsdaten und der Wettkampferfahrung

Das Kollektiv der hier präsentierten Studie gab im Protokoll an durchschnittlich 60 ± 28 Laufkilometer pro Woche zurück zu legen (Selbstangaben- siehe Anhang), dies steht im negativen Zusammenhang mit der Laufzeit. Je mehr Kilometer im Training gelaufen werden, desto kürzer ist die Laufzeit im Halbmarathon ($r=-0,49$ und $p=0,002$).

Die Wochennettotrainingszeit (WNTZ) weist ebenfalls einen negativen, aber sehr schwachen Zusammenhang ($r=-0,37$) mit der Laufleistung auf. Im Durchschnitt trainieren die Probanden 336 ± 149 min in der Woche. Der Case hat mit 540 min WNTZ und 120 Laufkilometer pro Woche das höchste Trainingspensum und auch die beste Halbmarathonzeit.

Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der bereits absolvierten Halbmarathonwettkämpfe und der Laufzeit ist nicht signifikant. Durchschnittlich wurden 12 ± 14 Wettkämpfe dieser Distanz bereits bestritten. (siehe Tab 2 und 3)

11.1.3 Zusammenhang mit dem Alter

Das Durchschnittsalter der Probanden beträgt 31 Jahre. Das *Cluster 1* ist durchschnittlich 32 Jahre alt, das *Cluster 2* und 3 36 Jahre, das *Cluster 4* 38 und das *Cluster 5* 33 Jahre. Bei der hier präsentierten Studie hatte das Alter weder einen Einfluss auf die Clustereinteilung noch ist ein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Laufzeit, und demnach auch MLSS-Geschwindigkeit zu erkennen.

Beneke et al. kamen im Jahr 2000 zur gleichen Erkenntnis in einer Studie am Fahrradergometer, welche 73 männliche Probanden im Alter von 9-32 Jahre untersuchten.

Das Maximum der Leistungsfähigkeit wurde in der ersten Hälfte der dritten Lebensdekade gefunden, in der sich auch die meisten Sportler unseres Kollektivs befinden.

Almarwaey et al. (2004) testeten 25 Jugendliche im Alter von durchschnittlich 16 Jahren und fanden das MLSS naher der in der Literatur angegebenen fixen Schwelle von 2 mmol.l⁻¹. Die Geschwindigkeit bei 4mmol war um fast 2 km.h⁻¹ höher als die im MLSS. Die Studie wurde am Laufband unter Laborbedingungen durchgeführt. Zwischen Jugendlichen und Erwachsenen gibt es also einen Unterschied die Laktatschwellen betreffend.

11.1.4 Aufteilung in 5 Runden- Gesamtkollektiv

Die erste Runde lief das Kollektiv durchschnittlich in $17,7 \pm 1,38$ min (Minimum: 14 min, Maximum: 20,7 min), die zweite in $17,96 \pm 1,58$ min (Min: 14,14 min; Max: 20,67 min), die dritte in einer Zeit von $18,19 \pm 1,6$ min (Min: 14,17 min; Max: 22,92), die vorletzte Runde in $18,51 \pm 1,75$ min (Min: 14,25 min; Max: 23,55 min) und die letzte im Mittel von $18,76 \pm 2,0$ min (Min: 14; Max: 24 min) (siehe Tab 14).

Die erste Runde weist einen signifikanten Unterschied in Bezug zur Runde 3 ($p=0,001$), Runde 4 ($p=0,000$) und Runde 5 ($p=0,000$) auf, zur zweiten nicht ($p=0,071$). Die beiden nächstgelegenen Runden unterscheiden sich selten, erst die übernächste wird signifikant unterschiedlich. Das heißt die Zeit der Runde 2 unterscheidet sich weder signifikant von Runde 1 ($p=0,071$), noch von Runde 3 ($p=0,123$), aber von Runde 4 und 5 ($p=0,000$). Ebenso gibt es signifikante Unterschiede von der Runde 3 zur Runde 1 ($p=0,001$) und zur Runde 5 ($p=0,000$), aber nicht zur Runde 2 ($p=0,123$). Hier tritt ein Ausnahmefall ein: Runde 3 und 4 unterscheiden sich auch signifikant ($p=0,036$) (siehe Tab. 15).

Das Kollektiv wird pro Runde gleichmäßig um 0,2-0,3 min langsamer, es konnten also bei dieser Distanz noch keine Einbrüche verzeichnet werden, trotz fehlender Nahrungsaufnahme bzw. Kohlenhydratzufuhr.

Williams & Nute (1987) teilten den Halbmarathon in vier Runden und es war in keinen der vier getesteten Fälle eine regelmäßige Abnahme pro Runde zu verzeichnen. Bei zwei Probanden war sogar die letzte Runde schneller als die erste. Durchschnittlich variieren die Rundenzeiten um 10 bis 40 Sekunden ohne Muster, von Person zu Person unterschiedlich.

11.1.5 Aufteilung der 5 Runden- einzelnen Cluster

Die einzelnen Rundenzeiten wurden innerhalb der Cluster miteinander verglichen und es ist eine kontinuierliche Zunahme in allen Cluster mit einer Ausnahme zu beobachten. Das *Cluster 1* beginnt den Halbmarathon mit einer Rundenzeit von $15,88 \pm 1,37$ min, läuft die zweite Runde in $15,41 \pm 0,87$ min, die dritte in $15,51 \pm 0,9$ min, die vorletzte in $15,69 \pm 0,97$ min und beendet den Halbmarathon mit einer Rundenzeit von $15,51 \pm 1,0$ min, gleich schnell wie die Runde 3. Die Runde 1 als langsamste 4,26 km ist in unserem Kollektiv die Ausnahme und kommt in den weiteren Clustern nicht vor (siehe Tab. 22). Die Unterschiede der Rundenzeiten sind jedoch alle nicht signifikant, das heißt ein hohes Leistungsniveau geht mit einer konstanten Laufgeschwindigkeit einher und sehr gute Läufer können sich die Kraft sehr gut einteilen (siehe Tab. 23).

Die erste Runde im *Cluster 2* wird in $16,82 \pm 0,73$ min absolviert und die letzte in $17,58 \pm 0,60$ min. Pro Runde verliert diese Gruppe zwischen 0,15 - 0,26 min. Hier unterscheidet sich die erste Runde signifikant von den Runden 4 ($p=0,010$) und 5 ($p=0,001$) und die Runde 2 von der Runde 5 ($p=0,006$) (siehe Tab. 30 und 31).

Das *Cluster 3* beginnt mit $17,67 \pm 0,70$ min und verliert pro Runde zwischen 0,24 min - 0,39 min. Die letzte wird in durchschnittlich $18,87 \pm 1,28$ min absolviert. Signifikant unterscheidet sich nur die letzten von den übrigen Runden, zwischen Runde 4 und 5 sind also die Zeiteinbußen am höchsten (siehe Tab. 38 und 39). Die mittelmäßigen Läufer können also ihre Leistung bis zu den letzten 4,26 km mit nur kleinen Zeitverlusten halten und werden laufen die letzte Runde nochmal etwas langsamer.

Das *Cluster 4* läuft die erste Runde in $18,33 \pm 0,92$ min und wird danach kontinuierlich langsamer bis zu einer Zeit von $19,66 \pm 0,75$ min in Runde 5. In diesem Fall unterscheiden sich die Runde 4 und 5 signifikant von der ersten Runde ($p=0,000$) und auch von der zweiten Runde ($p=0,018$ und $p=0,004$). Die erste Runde unterscheidet sich noch signifikant von der dritten Runde ($p=0,034$) (siehe Tab. 46 und 47). In diesem Fall ist es ein kontinuierliches langsamer werden ohne wirklichen Einbruch.

Das *Cluster 5* absolviert die erste Runde in einer Zeit von $19,96 \pm 0,52$ min und die letzte Runde in $21,17 \pm 1,37$ min. Signifikante Unterschiede sind nur bei der Runde 4 ($p=0,033$) und Runde 5 ($p=0,005$) im Vergleich zur ersten zu erkennen. Die Hobbyläufer werden also schon etwas früher nochmals eine Spur langsamer (siehe Tab. 54 und 55).

11.1.6 Clustervergleich

In der ersten Runde unterscheidet sich das *Cluster 1* vom *Cluster 2* nicht signifikant, von den restlichen jedoch schon. *Cluster 2* unterscheidet sich auch nicht vom *Cluster 3* und *Cluster 3* nicht signifikant von *Cluster 4*, die restlichen Cluster in der ersten Runde sind signifikant unterschiedlich. *Cluster 5* ist die einzige Gruppe, welche sich signifikant von allen anderen in der ersten Rundenzeit unterscheidet (siehe Tab 15). Das bedeutet, dass einerseits die sehr Läufer mit internationaler Rennerfahrung etwas langsamer beginnen, um danach noch steigern zu können, und andererseits die guten Läufer mit nationaler Wettkampferfahrung zu schnell beginnen und danach ihre Leistung nicht halten können.

In den Runden 2-4 unterscheiden sich alle Cluster signifikant voneinander mit Ausnahme dem Unterschied von *Cluster 3* zu *Cluster 4*.

In der letzten Runde unterscheidet sich *Cluster 3* nicht signifikant vom *Cluster 2*. Anhand dieser Werte kann man erkennen, dass die schnellste und die langsamste Gruppe sich meist von den anderen unterscheiden, die Unterschiede in den mittleren Gruppen jedoch eher gering sind.

Der *Case* lief die erste Runde in 14,00 min, die beiden darauf folgenden in 14,17 min, wurde danach 5 Sekunden langsamer und in der letzten Runde war er mit 14,00 min wieder gleich schnell wie in der ersten Runde. Zum einen lässt sich eine konstantere Leistung und zum anderen noch vorhandene Kräfte auf den letzte 4,26 km interpretieren (siehe Tab. 57).

11.2 Geschwindigkeit

11.2.1 Halbmarathon

Mittels den GPS-Daten und der Rundenzeit wurde die Durchschnittsgeschwindigkeit für jede Runde und jeden Probanden ermittelt. Durch die Tatsache, dass die Strecke sehr flach war und die Herzfrequenzen nicht innerhalb einer Runde stark schwanken, ist eine konstante Laufgeschwindigkeit anzunehmen.

Das *Cluster 1* lief mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von $16,4 \pm 1,0 \text{ km.h}^{-1}$, das *Cluster 2* mit $14,7 \pm 0,3 \text{ km.h}^{-1}$, das *Cluster 3* mit $14,0 \pm 0,1 \text{ km.h}^{-1}$, das *Cluster 4* mit $13,3 \pm 0,5 \text{ km.h}^{-1}$ und das *Cluster 5* mit $12,0 \pm 0,5 \text{ km.h}^{-1}$ und unterschieden sich alle

signifikant voneinander (siehe Tab. 141). Unser Case absolvierte die 21,3 km mit einem Durchschnittstempo von fast 18 km.h^{-1} ($17,93 \text{ km.h}^{-1}$) in 1h 10 min (siehe Abb. 15 und 56).

Das durchschnittliche Tempo vom Gesamtkollektiv in der ersten Runde beträgt $14,4 \text{ km.h}^{-1}$ und nimmt pro Runde um $0,2 \text{ km.h}^{-1}$ ab. Die gemessene maximale Geschwindigkeit von $18,1 \text{ km.h}^{-1}$ beim ersten Cluster gemessen, sowohl in der ersten also auch in der letzten Runde. Die langsamste gemessene Durchschnittsgeschwindigkeit pro Runde beträgt $10,5 \text{ km.h}^{-1}$ (siehe Tab. 62). Die Signifikanzen gelten die gleichen wie bei den Rundenzeiten (siehe Tab. 63).

Billat et al. (1993) testeten 10 sub-elite Langstreckenläufer und ermittelten eine Durchschnittsgeschwindigkeit von $17,5 \text{ km.h}^{-1}$, also $1,1 \text{ km.h}^{-1}$ höher als das Cluster 1, jedoch $0,4 \text{ km.h}^{-1}$ niedriger als der Case.

Williams & Nute (1983) stellten bei ihren acht Läufern und zwei Läuferinnen eine durchschnittliche Geschwindigkeit von $13,4 \text{ km.h}^{-1}$ fest.

11.2.2 Aufteilung in Cluster und einzelnen Runden

Das *Cluster 1* beginnt die erste Runde mit $16,03 \pm 1,45 \text{ km.h}^{-1}$, steigert danach auf $16,47 \pm 0,98 \text{ km.h}^{-1}$, fällt in der dritten und vierten Runde ab auf $16,37 \pm 1,0 \text{ km.h}^{-1}$ und $16,19 \pm 1,06 \text{ km.h}^{-1}$, und läuft die letzte Runde nochmals mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von $16,38 \pm 1,14 \text{ km.h}^{-1}$. Der Bereich von Minimum zu Maximum ist in der ersten Runde mit $3,4 \text{ km.h}^{-1}$ am höchsten (siehe Tab. 72). Dieser Cluster unterscheidet sich zwischen den Runden nicht signifikant voneinander, läuft also sehr konstant (siehe Tab. 73).

Das *Cluster 2* läuft die erste Runde mit durchschnittlich $15,08 \pm 0,64 \text{ km.h}^{-1}$ und wird dann kontinuierlich langsamer bis zu einer Geschwindigkeit von $14,41 \pm 0,47 \text{ km.h}^{-1}$ (siehe Tab. 82, Abb. 31). Signifikant unterschiedlich sind nur Runde 1 von Runde 4 und 5 und Runde 2 von Runde 5 (siehe Tab. 83).

Das *Cluster 3* läuft die erste Runde mit $14,35 \pm 0,58 \text{ km.h}^{-1}$, und wird dann ebenfalls kontinuierlich langsamer bis zu einer Geschwindigkeit von $13,47 \pm 0,86 \text{ km.h}^{-1}$ in der letzten Runde (siehe Tab. 92 und Abb. 39). Signifikant sind die Unterschiede jedoch nicht (siehe Tab. 93).

Die 10 Läufer vom *Cluster 4* beginnen mit $13,84 \pm 0,7 \text{ km.h}^{-1}$ und werden auch gleichmäßig langsamer bis zu einer Geschwindigkeit von $12,89 \pm 0,48 \text{ km.h}^{-1}$ (siehe Tab. 94).

102 und Abb. 47). Signifikant unterscheiden sich nur die erste Runde von Runde 3-5 und Runde 2 von Runde 4-5 (siehe Tab. 103).

Das *Cluster 5* läuft zu Beginn $12,69 \pm 0,32 \text{ km.h}^{-1}$, in der zweiten Runde durchschnittlich $12,21 \pm 0,7 \text{ km.h}^{-1}$, in der dritten $12,08 \pm 0,71 \text{ km.h}^{-1}$ und die letzten beiden Runden in $11,81 \pm 0,73 \text{ km.h}^{-1}$ und $11,45 \pm 0,69 \text{ km.h}^{-1}$ (siehe Tab. 112 und Abb. 55). Signifikant unterschiedlich sind nur Runde 1 von Runde 4 und 5, und Runde 2 von 5, ähnlich wie beim Cluster 4 (siehe Tab. 113).

Nur die besten Läufer schaffen es die 21,3 km ohne Geschwindigkeitseinbußen zu absolvieren. Bei den restlichen 32 Läufern im Kollektiv nimmt die Geschwindigkeit von Runde zu Runde ab.

In der Studie von Williams & Nute im Jahr 1983 wurde bei zwei von vier Läufern eine Abnahme der Rundenzeit festgestellt, bei den anderen beiden eine Zu- und Abnahme – von Runde zu Runde unterschiedlich. Von diesen Läufern wurde die letzte Runde schneller als die erste gelaufen, dies entspricht also gegen den gefundenen Geschwindigkeitsverlauf. Bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von $13,4 \text{ km.h}^{-1}$, wurde die erste Runde zwischen $12,5$ und $14,0 \text{ km.h}^{-1}$, die zweite zwischen $12,5$ und $14,3 \text{ km.h}^{-1}$, die dritte zwischen $12,6$ und $14,0 \text{ km.h}^{-1}$ und die letzte zwischen $12,3$ und $14,2 \text{ km.h}^{-1}$ gelaufen.

11.2.3 Geschwindigkeit MLSS

Die Geschwindigkeit im MLSS wurde in km.h^{-1} vorgegeben. Zur besseren Orientierung für die Probanden wurden 400 m-Zeiten (1 Runde auf der Laufbahn) ermittelt und mittels Pfiffen akustisch vorgegeben.

Die Geschwindigkeit im MLSS lag zwischen $12,5$ - $19,5 \text{ km.h}^{-1}$. Das *Cluster 1* wies das Maximale Laktat Steady State bei $17,5 \pm 1,4 \text{ km.h}^{-1}$ auf, das *Cluster 2* bei $15,4 \pm 0,7 \text{ km.h}^{-1}$, das *Cluster 3* bei $14,6 \pm 0,5 \text{ km.h}^{-1}$, das *Cluster 4* bei $14,7 \pm 0,8 \text{ km.h}^{-1}$ und das *Cluster 5* bei $13,4 \pm 0,9 \text{ km.h}^{-1}$. Die schnellsten unterscheiden sich signifikant von allen anderen Clustern. Das Cluster 2 unterscheidet sich vom Cluster 5 signifikant. Der restlichen Gruppen nicht (siehe Tab. 132 und 133).

Sehr interessant ist die Tatsache, dass das *Cluster 3 und 4* beinahe dieselben Geschwindigkeiten im MLSS erreichen, obwohl sich ihre Halbmarathonzeit signifikant um 5 min unterscheidet. Autoren wie LaFontaine et al. (1981) beschreiben die Abhängigkeit

der MLSS-Geschwindigkeit von der Halbmarathonzeit, was bei uns nicht hundertprozentig zutrifft. Mögliche Erklärungen dafür sind die Tagesverfassung oder die zu geringe Abstufung der MLSS Geschwindigkeiten mit $0,5 \text{ km.h}^{-1}$. Eventuell ist es auch zu einer Adaptation bzw. Leistungssteigerung durch die Testserie gekommen. Die Streubreite des *Cluster 4* ist größer als des *Cluster 3*, es könnte sich also auch um einen einzelnen Ausreißer handeln.

In den Studie von LaFontaine et al. (1981) und Palmer et al. (1999) erreichten die am Laufband getesteten Probanden eine Geschwindigkeit von $15,5 \text{ km.h}^{-1}$ im MLSS.

Nach Urhausen et al. (1993) liegt die Intensität des MLSS bei 100% der individuellen anaeroben Schwelle oder darunter. Bei Geschwindigkeiten über dieser Schwelle übersteigt die Laktatproduktion die Laktatelimination. Die Autoren geben an, dass dies schon bei einer Intensitätssteigerung von 5% auftreten kann. Auch in der vorliegenden Studie wurde die Abstufung mit $0,5 \text{ km.h}^{-1}$ gewählt, da am Feld keine genauere Unterteilung möglich war.

Billat et al. (2004) testeten neun ausdauertrainierte Läufer und erhielten Geschwindigkeiten im MLSS von $13,8 \pm 1,5 \text{ km.h}^{-1}$, was unter dem der vorliegenden Studie und weiteren oben erwähnten anderen Autoren liegt. Nach einer sechs-wöchigen Trainingsperiode mit insgesamt 12 Trainingseinheiten konnte diese Gruppe ihr MLSS auf $15,2 \pm 1,3 \text{ km.h}^{-1}$ verbessern, das entspricht einer Steigerung von $4,2 \pm 3,9\%$ und das Ergebnis ist signifikant.

Priest & Hagan (1987) ermittelten bei 12 männlichen Athleten das MLSS bei durchschnittlich $13,5 \pm 2,7 \text{ km.h}^{-1}$. Die Läufer mit Wettkampferfahrung erreichten Geschwindigkeiten von $15,7 \pm 1,3 \text{ km.h}^{-1}$ und die Lauf-Unerfahrenen $11,4 \pm 2,0 \text{ km.h}^{-1}$. Nach einem sieben-wöchigen Training konnte das Kollektiv allgemein ihre Geschwindigkeit auf $15,1 \pm 2,1 \text{ km.h}^{-1}$ erhöhen, die Probanden mit Wettkampferfahrung auf $16,4 \pm 0,5 \text{ km.h}^{-1}$ und die Läufer ohne Wettkampferfahrung auf $13,7 \pm 2,2 \text{ km.h}^{-1}$. Die Verbesserung ist signifikant.

11.2.4 Intensität- Halbmarathon in Bezug zum MLSS- Gesamtkollektiv

Die 36 Athleten laufen die 21,3 km bei einer durchschnittlichen Intensität von 89,9-96,0 % des MLSS, der Mittelwert liegt bei $93,7 \pm 4,1\%$. Die beiden schwächeren Cluster erreichen nur eine Intensität von 89,9-91,2 % und die besseren 3 Cluster von 93,9-96 % des MLSS.

An dieser Stelle ist auch interessant zu erwähnen, dass nicht das beste Cluster mit der höchsten Intensität läuft, sondern das Cluster 3, die mittelmäßigen Läufer (siehe Tab. 142 und 216).

Die Geschwindigkeit vom Halbmarathon ist im gesamten Kollektiv bei 90-99,9% der MLSS-Geschwindigkeit, durchschnittlich bei 94% der Geschwindigkeit des MLSS. Nur 5% der Gesamtlaufzeit werden unter 85% des MLSS gelaufen und 15% über 100 des MLSS, Die erste Runde absolvieren die Läufer mit 96% des MLSS. Die Intensität wird von Runde zu Runde geringer bis zu 91% des MLSS auf den letzten 4,26 km (siehe Abb. 14 und 67).

11.2.5 Intensität- Halbmarathon in Bezug zum MLSS- einzelnen Cluster

Das *Cluster 1* weist 70% des Halbmarathons eine Intensität von 94-99,9% des MLSS auf. Davon werden 45% bei 94-96,9% der Geschwindigkeit des MLSS bewältigt. Die erste Runde wird mit einer relativ niedrigen Intensität von 91% gelaufen, und die vier Läufer erreichen dann in der zweiten Runde eine durchschnittliche Intensität von 94%, die restlichen drei Runden werden bei 92 - 93,5% des MLSS gelaufen (siehe Abb. 22 und 70).

Das *Cluster 2* absolviert die 21,3km mit einer Intensität bei 90 bis knapp über 100% des MLSS. Die erste Runde wird bei 97,5% der Geschwindigkeit im MLSS gelaufen und nimmt dann ab bis auf 93% des MLSS auf den letzten Kilometern (siehe Abb. 30 und 73).

Das *Cluster 3* läuft hauptsächlich mit einer Geschwindigkeit von 90 bis knapp über 100 % des MLSS, wie auch das *Cluster 2*. Es beginnt mit einer Intensität von 98%, und bis zum Ende sinkt dann ab auf 92% der MLSS-Geschwindigkeit (siehe Abb. 38 und 76).

Das *Cluster 4* läuft bei einer durchschnittlichen Intensität von 91% des MLSS. Die erste Runde wird bei 95%, die darauffolgenden Runden bei 93%, 92% und die letzten beiden bei knapp unter 90% der Geschwindigkeit im MLSS gelaufen. Die meiste Zeit (45%) befinden sie sich bei 90- 94,9 % des MLSS. 20% werden bei 95-99,9% und 25% bei 85-89,9% des MLSS absolviert. Ein kleiner Prozentsatz, also eine relativ kurze Zeitspanne wird auch unter 85,0% und knapp über 100% des MLSS gelaufen (siehe Abb. 46 und 77).

Das *Cluster 5* läuft den Halbmarathon bei durchschnittlich 90% der Geschwindigkeit des MLSS. Die erste Runde wird bei 95% gelaufen und nimmt dann bis zur letzten bis zu 85%

der Geschwindigkeit des MLSS ab. Beinahe die Hälfte dieser Distanz (45%) werden bei einer Intensität zwischen 85-89,9% des MLSS absolviert (siehe Abb. 54 und 82).

11.2.6 Der Zusammenhang zwischen MLSS und Feldtest - HM

Es besteht ein linearer Zusammenhang zwischen der Halbmarathonzeit/-Geschwindigkeit und der MLSS-Geschwindigkeit.

In den beiden unten stehenden Bland-Altman-Plots, ist der Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit im Halbmarathon und der Geschwindigkeit im MLSS ersichtlich.

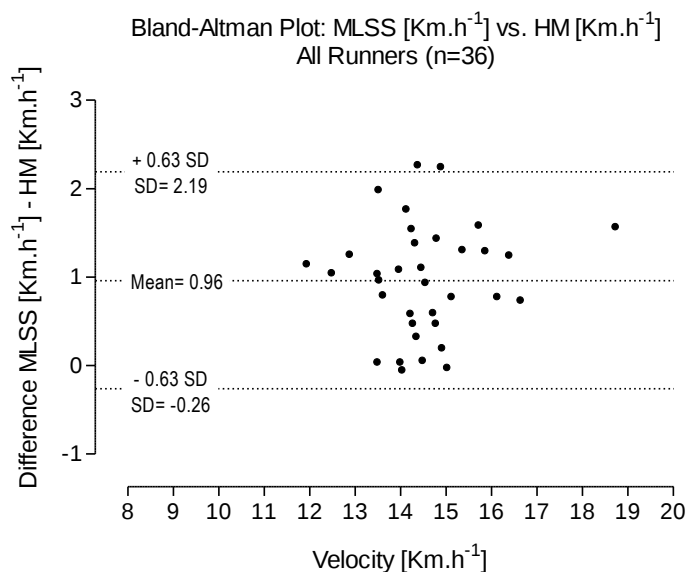
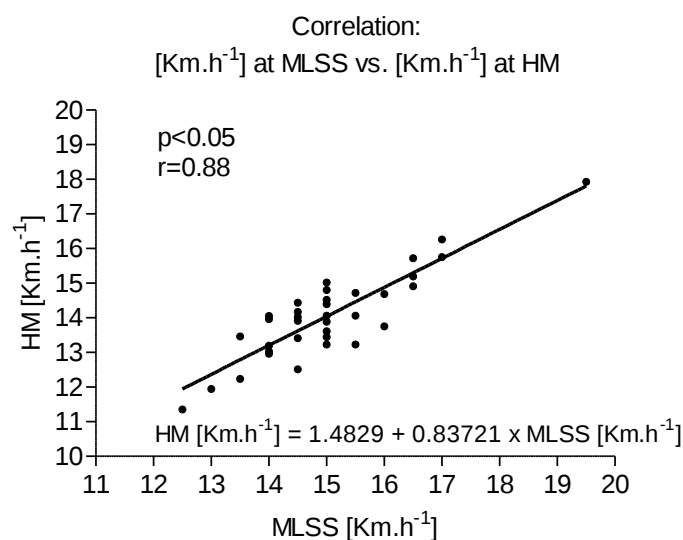


Abb. 94: Bland-Altman-Plots: Geschwindigkeit im Vergleich HM zu MLSS

Die obere Abbildung beschreibt die positive Korrelation mit einem Korrelationskoeffizient $r = 0,88$. Höhere Geschwindigkeiten im MLSS gehen mit höheren Geschwindigkeiten im Halbmarathon einher und umgekehrt. Die untere Grafik zeigt auf der x-Achse die Geschwindigkeit, und an der y-Achse die Differenz zwischen der Geschwindigkeit im MLSS und im Halbmarathon. Die mittlere Differenz liegt bei $0,96 \text{ km.h}^{-1}$, das bedeutet, dass die Geschwindigkeit im MLSS um 1 km.h^{-1} höher ist als im Halbmarathon, da sich die meisten Werte im positiven Bereich befinden. Der Ausreißer rechts oben zeigt den Case, bei dem die Abweichung mit 1 km.h^{-1} aber auch zutrifft. Alle Läufer befinden sich innerhalb der Standardabweichung.

Palmer et al. (1999) kamen zu dem Ergebnis, dass die Wettkampfgeschwindigkeit ein guter Prädiktor für die Geschwindigkeit im MLSS ist. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen auch die Aussage der Autoren, dass Langstreckenläufe ($>10\text{km}$) nahe der Intensität vom MLSS gelaufen werden.

LaFontaine et al. testeten im Jahr 1981 den Zusammenhang zwischen verschiedenen Laufdistanzen (3,22 km – 20 km) und dem MLSS und fanden eine starke Korrelation ($r = 0,91$) bei den 20 km heraus. In der vorliegenden Studie ist der Zusammenhang mit $r = 0,85$ nicht ganz so stark aber doch hoch. Die Autoren stellten fest, dass das MLSS aus der Wettkampfzeit eines 20 km Laufes ermittelt werden kann, sie stellten die Formel $\text{MSS} = 0,9593 (20 \text{ km pace in m.min}^{-1}) + 13,33$ auf, die auch als groben Richtwert für die Einschätzung der MSS Geschwindigkeit herangezogen wurde, jedoch in den meisten Fällen um fast 1 km.h^{-1} zu nieder war.

Vergleich der beiden Gleichungen zur Ermittlung des MLSS aus der Laufzeit des Halbmarathons bzw. Durchschnittsgeschwindigkeit eines 20 km - Wettkampfes. Beispielhaft werden zwei Geschwindigkeiten (12 und 15 km/h) für beide Varianten ausgerechnet.

Durchschnitts- geschwindigkeit		Halbmarathon- Laufzeit	Unsere Gleichung	LaFontaine et al.
Km/h	m/min	In min	MLSS (km/h)= $27,761 - 0,1405 \cdot \text{Zeit(in min)}$	MSS= $0,9593 (20\text{km pace in m/min}) + 13,33$
12	200	105 min	13,0 km/h	12,3 km/h
15	250	84 min	16km/h	15,2 km/h

Tab. 227: Vergleich unserer Gleichungen mit der Literatur (eigenen Darstellung)

Man sieht in Tab. 223, dass die ermittelten MLSS-Geschwindigkeiten etwas höher liegen als die von La Fontaine et al. (1981), dieses Problem trat auch bei den ersten Testungen auf, da die Geschwindigkeit zu niedrig angesetzt wurde.

Die größte Korrelation stellten die Autoren zwischen der Geschwindigkeit eines 8,05 km Laufes und der MLSS-Geschwindigkeit fest ($r=0,995$). Diese Studie aus den 80er Jahren hatte schon behauptet, dass man von der Wettkampfgeschwindigkeit auf die Geschwindigkeit im MLSS schließen kann und auch umgekehrt.

Billat et al. (2001) kamen zu dem Erkenntnis, dass sich die Geschwindigkeit im MLSS bei Topläufern nicht mehr unterscheidet, sondern hier nur mehr eine Differenz in der VO_{2max} zu erkennen ist. In seiner Studie wurden Marathonläufer mit einer Zeit von $< 2\text{ h } 11\text{ min}$ und $2\text{ h } 11\text{ min}$ bis $2\text{ h } 16\text{ min}$ untersucht. Die Autoren gaben aber auch an, dass die Geschwindigkeit im MLSS prinzipiell mit der Leistungsfähigkeit zusammenhängt, die Höhe der Laktatwerte allerdings nicht.

7 Jahre davor stellte Billat et al. (1994) fest, dass die Geschwindigkeit im MLSS und die Geschwindigkeit im Halbmarathon, bei einer homogenen Gruppe von 10 Läufern mit einer Halbmarathonzeit von $1\text{h}12\text{ min} \pm 2\text{min } 27\text{ s}$ mit $r=0,55$ und $p<0,07$ korreliert. Die Autoren gaben die Geschwindigkeit bei der VO_{2max} und die Geschwindigkeit im MLSS als beste Prädiktoren für die Halbmarathonleistung bei männlichen Langstreckenläufern an.

Beneke verglich im Jahr 2002 unterschiedliche Testmethoden zur Ermittlung des MLSS. Die Dauer der Methoden reichte von 15-45 min und der maximale Laktatanstieg von $0,02-0,1\text{ mmol.l}^{-1}$, d.h. von $0,4\text{ mmol.l}^{-1}$ bei einer Dauer von 20 min bis $1,5\text{ mmol.l}^{-1}$ bei einer Dauer von 45 min. Tests mit einer kürzeren Dauer wurden eher für Kinder entwickelt. Je nach Testmethode wurden unterschiedliche Geschwindigkeiten im MLSS erreicht und konnten nicht verglichen werden. Die Tests wurden alle 26 Athleten unter Laborbedingungen getestet um äußere Einflüsse zu vermeiden. Der Autor kam zu dem Entschluss, dass die beste Methode um das MLSS herauszufinden eine Dauer von 30 min aufweist und als Kriterium ein maximaler Laktatanstieg von maximal 1 mmol.l^{-1} ab der 10 min gewählt werden sollte. Genau dieses Testverfahren verwendeten wurde in der beschriebenen Studie verwendet.

11.3 Laktat

Das Blut für die Laktatauswertungen wurde nach jeder Runde, also alle 4,26 km aus dem Ohrläppchen abgenommen.

Um keine Verzerrungen in den Laktatwerte zu erhalten, wurden Athleten gebeten ihre Ernährung bezogen auf die Menge und die Nährstoffzusammensetzung am Testvortag und am Testtag über die gesamte Studiendauer zu standardisieren. Kontrolliert wurde dies mittels Ernährungsprotokoll.

Im Halbmarathon wurden Laktatwerte zwischen $1,3 - 10,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ mit einem Mittel von $4,0 \pm 1,8 \text{ mmol.l}^{-1}$ gemessen und bei den MLSS-Tests $1,9 - 11,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ ein Mittelwert von $5,57 \pm 2,03 \text{ mmol.l}^{-1}$ (siehe Tab. 66 und Abb. 17).

Urhausen et al. (1993) fanden bei 9 von 15 getesteten Athleten das MLSS bei einer Laktatkonzentration unter 3 mmol.l^{-1} .

11.3.1 Verlauf im Halbmarathon - Gesamtkollektiv

Nach den ersten 4,26 km des Halbmarathons hatten die Läufer Laktatwerte von $4,72 \pm 2,55 \text{ mmol.l}^{-1}$, nach der zweiten Runde viel es ab auf $4,19 \pm 2,1 \text{ mmol.l}$, danach auf $3,83 \pm 1,8 \text{ mmol.l}^{-1}$, $3,52 \pm 1,62 \text{ mmol.l}^{-1}$ und am Ende wurden Laktatwerte von $3,72 \pm 1,58 \text{ mmol.l}^{-1}$ beobachtet. Allgemein nimmt das Laktat von Runde zu Runde ab, was mit der Entleerung der Kohlenhydratspeicher zu erklären ist. Der leichte Anstieg am Ende lässt sich durch einen Schlusssprint erklären. Signifikant unterscheiden sich die erste Runde von allen anderen und die zweite Runde auch noch von der vierten und der letzten Runde. Das höchst gemessene Laktat war $10,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ in Runde 1 (siehe Abb. 17 und Tab. 66 und 67).

Williams & Nute (1983) nahmen bei vier ihrer zehn getesteten Athleten während einem Halbmarathon (4 x 5,27 km) alle Runden Blut vom Ohrläppchen ab um den Laktatverlauf ermitteln zu können. Bei drei der vier Probanden war die Laktatkonzentration immer über $4,0 \text{ mmol.l}^{-1}$ oder knapp darunter ($3,69\text{-}6,31 \text{ mmol.l}^{-1}$). Der vierte lief den Halbmarathon bei einer Blutlaktatkonzentration von $1,27 - 3,57 \text{ mmol.l}^{-1}$. Bei diesem kleinen Kollektiv steht ein höheres Laktat auch mit einer schlechteren Laufleistung in Verbindung. Das Laktat stieg oder fiel nicht kontinuierlich im Verlauf der 21,095 km, jedoch war stets ein Zusammenhang zwischen Rundenzeit bzw. Geschwindigkeit und Laktatkonzentration

gegeben. Je schneller die Runde gelaufen wurde, desto höher war das Laktat innerhalb der Messwerte jeder Person. Die Autoren stellten auch einen starken signifikanten Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit bei der 4 mmol.l⁻¹ Laktatschwelle und dem Renntempo fest ($r=0,89$). Die Laktatwerte in der letzten Runde waren bei allen Probanden die höchsten, obwohl die letzte Runde nicht immer die schnellste war, dies lässt auf einen Schlusssprint zurückführen. In der vorliegenden Studie wird jedoch nur ein geringer Anstieg in der letzten Runde nach einer kontinuierlichen Abnahme beobachtet. Möglicherweise ist die Motivation in einem echten Wettkampf mit Gegnern wie es in der Studie von Williams & Nute (1987) der Fall war für einen Schlusssprint höher, da es um Platzierungen geht. Jedoch wurden aus diesem Grund nur bei 4 von 10 Athleten während des Wettkampfes abgenommen, da die Athleten keinem Zeitverlust unterliegen möchten. Die Halbmarathonzeiten waren enger mit der Geschwindigkeit bei einer Laktatkonzentration von 4 mmol.l⁻¹ als der VO₂ max korreliert.

11.3.2 Clustervergleich

Der Mittelwert vom *Cluster 1* über den Halbmarathon beträgt 4,8 mmol.l⁻¹, das *Cluster 2* lief bei 5 mmol.l⁻¹, das *Cluster 3* bei durchschnittlich 3,3 mmol.l⁻¹, das *Cluster 4* bei 3,7 mmol.l⁻¹ und das *Cluster 5* mit 3,1 mmol.l⁻¹ (siehe Tab. 145).

Interessant ist, dass bei den schnellsten Athleten, das *Cluster 1*, die Laktatwerte bis auf Runde 4 konstant bei 4,8-4,9 mmol.l⁻¹ lagen und sich nicht signifikant unterscheiden (siehe Tab. 76 und 77) und beim *Cluster 2* die Laktatwerte von Runde zu Runde kontinuierlich abnahmen ($6,1 \pm 3,1$ mmol.l⁻¹ - $4,3 \pm 1,3$ mmol.l⁻¹) (siehe Tab. 86). Signifikant unterschiedlich sind die Werte von Runde 1 zu Runde 3-5 und Runde 2 von Runde 4-5 (siehe Tab. 87).

Die Laktatwerte der letzten drei Gruppen, *Cluster 3-5*, nahmen bis zur 4. Runde ab und dann wieder leicht zu (siehe Abb. 25).

Im *Cluster 3* wurden am Anfang Werte von $4,1 \pm 2,2$ mmol.l⁻¹ ermittelt, danach sank das Laktat bis auf $2,8 \pm 1,0$ mmol.l⁻¹ in der Runde 4 und stieg dann wieder auf $3,1 \pm 1,5$ mmol.l⁻¹ (siehe Tab. 96). Signifikant unterscheidet sich nur die Runde 1 von den Runden 3-5 (siehe Tab. 97).

Im *Cluster 4* sank das Laktat von $4,4 \pm 2,3 \text{ mmol.l}^{-1}$ auf $3,3 \pm 0,7 \text{ mmol.l}^{-1}$ und stieg dann wieder auf $3,6 \pm 1,0 \text{ mmol.l}^{-1}$ (siehe Tab. 106). Signifikant unterschiedlich sind in dieser Gruppe nur die Werte der Runde 1 und Rund 4 (siehe Tab. 107). .

Die *Hobbyläufer* weisen relativ konstante Laktatwerte zwischen $2,9 - 3,7 \text{ mmol.l}^{-1}$ mit keinen signifikanten Rundenunterschieden auf (siehe Tab. 116 und 117, und Abb. 57).

Die Laktatwerte unterscheiden sich weder im Halbmarathon, noch in den einzelnen Runden und im MLSS signifikant zwischen den einzelnen Clustern.

Der Case lief den Halbmarathon bei durchschnittlich $3,1 \text{ mmol.l}^{-1}$ (siehe Tab. 122).

11.3.3 MLSS

Das Maximale Laktat Steady State hatte der Case bei einem Laktatwert von $6,4 \text{ mmol.l}^{-1}$, das *Cluster 1* bei $7,23 \pm 1,38 \text{ mmol.l}^{-1}$, das *Cluster 2* bei $6,55 \pm 2,16 \text{ mmol.l}^{-1}$, das *Cluster 3* lief mit $4,69 \pm 1,90 \text{ mmol.l}^{-1}$ Laktat, das *Cluster 4* mit $4,84 \pm 1,90 \text{ mmol.l}^{-1}$ und das *Cluster 5* $5,48 \pm 1,55 \text{ mmol.l}^{-1}$ Laktat im Blut (siehe Tab. 123-130 und 135). Die Gruppen unterscheiden sich im MLSS nicht signifikant voneinander.

Das Laktat beim MLSS-Test korreliert nicht mit der Laufzeit, jedoch mittelmäßig mit dem Laktat im Halbmarathon mit einem $r = 0,47$ ($p = 0,004$).

Fontana et al. schrieben im Jahr 2009, dass sich das Laktat gleich wie die Ventilation und die Herzfrequenz verhält: die Absolutwerte sind sehr unterschiedlich, betrachtet man aber die relativen Wert, findet man dieselben Werte im MLSS. Laut diesen Autoren liefen die Probanden im MLSS bei knapp unter 50% der maximalen Laktatkonzentration im Ausbelastungstest.

Beneke et al. (2000) prüften fixe Schwellenkonzepte und berichteten von einer Spanne der Laktatwerte von $2 - 8 \text{ mmol.l}^{-1}$ im MLSS. Dieselben Autoren stellten auch fest, dass die Höhe des Laktats von der Muskelmasse abhängt, die in der jeweiligen Sportart eingesetzt wird. Somit liegen die Werte im Rudern über den der Läufer und Radfahrer.

Billat et al. (2002) berichteten von einer Laktatkonzentration von $1,9 - 7,5 \text{ mmol.l}^{-1}$ im MLSS.

Urhausen et al. (1993) kamen zur Erkenntnis, dass die Laktatschwelle eines 45 min Ausdauerests bei ca. 4 mmol.l^{-1} liegt. Es wurden aber auch große inter-individuelle

Unterschiede festgestellt. In der hier präsentierten Studie wurden höhere Werte (1,9 - 11,5 mmol.l⁻¹; im Mittel: $5,57 \pm 2,03$ mmol.l⁻¹) beobachtet, besonders bei den besseren Läufern, möglicherweise liegt dies an der kürzeren Dauer der MLSS-Tests.

Zamparo et al. veröffentlichten im Jahr 2001 eine Studie, in der Langstreckenläufer selbst eine Geschwindigkeit für einen 1h-Lauf wählten, die bewältigte Strecke betrug im Mittel $13,6 \pm 1,4$ km. Die Herzfrequenz, das Laktat und die Geschwindigkeit wurden bestimmt. Das selbstgewählte Tempo und die durchschnittliche Herzfrequenz zeigten niedrigere Abweichungen verglichen mit der Geschwindigkeit und der Herzfrequenz bei der 4 mmol.l⁻¹ - Schwelle. Die Autoren geben an, noch andere Faktoren bei der Wahl der Wettkampfgeschwindigkeit zu berücksichtigen, als nur das Laktat.

Föhrenbach et al. beschrieb im Jahr 1987, dass die Laufgeschwindigkeit bei einem Laktatlevel von 2 - 3 mmol.l⁻¹ mit einer Intensität von 100% im Training oder Wettkampf gleichzusetzen ist. Die Ergebnisse der hier präsentierten Studie widerlegen diese Aussage.

Tanaka et al. (1984) kamen zum Ergebnis, das Laktatwerte von 4 mmol.l⁻¹ einer Intensität von 80-90% der VO₂ max entsprechen und mit der Geschwindigkeit eines 10 - 16 km Laufes korrelieren. Der Mittelwerte unserer Laktatwerte aller Gruppen und aller Runden beträgt genau 4 mmol.l⁻¹ und bestätigt somit diese Aussage.

Weitere Autoren wie Lechevalier et al. kamen 1986 durch ein Studie mit 31 Teilnehmern zum Entschluss, dass die Geschwindigkeit bei 4 mmol.l⁻¹ und die Geschwindigkeit, bei der längere Zeit gelaufen werden kann sehr stark zusammen hängen ($r=0,904$ und $p<0,01$).

Sid-Alt (1999) betonten, dass die Geschwindigkeit im MLSS ein besserer Richtwert als die Geschwindigkeit bei 4 mmol.l⁻¹. Somit ist das MLSS bei 4 mmol.l⁻¹ widerlegt und auch unser Ergebnis bestätigt dies.

In einer Studie von Priest & Hagan (1987) wurde die Geschwindigkeit im MLSS mit einer Geschwindigkeit bei 2,2 mmol.l⁻¹ Laktat gleichgesetzt. Unsere Ergebnisse beschreiben eine weit höhere Laktatkonzentration.

11.4 Herzfrequenz

Die Herzfrequenzwerte wurde durch ein Herzfrequenzmessgerät von Polar mittels Brustgurt ermittelt. Während der Pause zwischen den Runden wurde abgestoppt, um die reine Laufzeit heraus zu filtern.

Im Durchschnitt lief das Kollektiv den Halbmarathon mit 171 ± 8 Schläge pro Minute und den MLSS-Lauf mit 173 ± 9 Schlägen pro Minute. Die Werte im Clustervergleich weichen nicht weit voneinander ab (siehe Tab. 131).

Die Probanden der Studie von La Fontaine et al. (1981) hatten eine durchschnittliche Herzfrequenz von 162 ± 10 Schlägen im MLSS. Bei Palmer et al. (1999) gaben an, dass das MLSS durch die % der maximalen Herzfrequenz nicht vorhersagbar ist, was auch mit dem Ergebnis dieser Studie übereinstimmt.

11.4.1 Rundenvergleich und Intensität

Da keine Maximalwerte erhoben wurden, werden die Halbmarathonwerte auf das MLSS bezogen, das 100% gleichsetzt wird. In der ersten Runde lag die durchschnittliche Herzfrequenz bei 167 ± 7 Schläge pro Minute, was 97% des MLSS entspricht. In der zweiten Runde stieg sie auf 171 ± 9 Schläge pro Minute und 99% des MLSS. In der dritten und vierten Runde stieg die durchschnittliche Herzfrequenz erneut um 1 Schlag pro Minute. Die letzten Kilometer wiesen die 36 Probanden eine durchschnittliche Herzfrequenz von 173 auf, dies entspricht 100% des MLSS. Im Verlaufe eines Halbmarathons steigt die Herzfrequenz an und nähert sich am Ende den Werten des Maximalen Laktat Steady States (siehe Tab. 60 und Abb. 13 und 65).

Die erste Runde unterscheidet sich signifikant von allen anderen ($p=0,000$). Die Herzfrequenz steigt also zu Beginn etwas langsamer an und dann nur mehr sehr gering. Bei den letzten Kilometern steigt sie nochmals an und die letzte Runde unterscheidet sich somit von der zweiten ($p=0,007$) und dritten Runde ($p=0,016$) (siehe Tab. 61).

Beim Halbmarathon liefen die 36 Läufer jeweils 25% bei knapp unter 100% (97-99,9%) und 25% bei knapp über 100% (100-102,9%) des MLSS. Man kann also sagen, dass die Hälfte dieser Distanz ca. bei 100% der Werte im MLSS gelaufen wird. Weiter betrachtet ist die Herzfrequenz im Groben zwischen 88-109% des MLSS. Insgesamt haben wir Werte zwischen 76 –115% des MLSS gemessen, aber nur vereinzelt (siehe Abb. 12).

Das Cluster 2 und 3 läuft mit einer durchschnittlichen Intensität von über 99% des MLSS bezogen auf die Herzfrequenz. Das erste Cluster läuft mit dem geringsten Prozentsatz des MLSS, mit 96,6%. Das bedeutet, dass ein hohes Leistungsniveau mit einer geringeren Beanspruchung einhergeht. Es beschreibt auch, dass die Beanspruchung nicht nur von der Geschwindigkeit, sondern auch stark von der Laufzeit abhängig ist (siehe Tab. 144).

Der schnellste Athlet lief die 21,3 km bei 168 Schlägen pro Minute und 96% seines MLSS und die Geschwindigkeit vom MLSS bei 175 Schlägen pro Minute. Er lief die ersten vier Runden konstant mit einer HR von 168 und die letzte Runde mit 170 Schlägen pro Minute, das bedeutet das er die gesamte Distanz mit 96% seines MLSS absolvierte und nur in der letzten Runde auf 97% anstieg. Das heißt aber auch, dass die Herzfrequenz nicht zu hundert Prozent mit der Rundenzeit einhergeht, da seine erste und letzte Runde gleich schnell war und er dazwischen etwas langsamer wurde (siehe Tab 57, Abb. 61). Er lief also den Großteil des Halbmarathons mit einer Intensität von 94-99,9% und davon > 50% mit 94-96,9% des MLSS (siehe Abb. 60).

11.4.2 Die einzelnen Cluster

Die schnellsten Athleten hatten ihr MLSS bei 173 ± 3 Schlägen pro Minuten und liefen den Halbmarathon bei 97%, das 167 ± 5 Schlägen pro Minute entspricht.

Bei der ersten Runde erhielten im *Cluster 1* wir Werte von 164 ± 3 Schläge pro Minute (94% vom MLSS), danach stieg sie auf 167 ± 5 (97% des MLSS), die dritte und vierte Runde wurde mit 166 ± 6 Schlägen pro Minute absolviert, was 96% des MLSS entspricht und in der letzten Runde stieg die HF auf 169 ± 7 Schlägen pro Minute (98% des MLSS) (siehe Tab. 70 und 144).

Die Unterschiede zwischen den Runden sind alle nicht signifikant, mit der einer Ausnahme. Die 1. Runde unterscheidet sich im Cluster 1 signifikant von der 5. Runde ($p=0,032$) (siehe Tab. 71).

Insgesamt liefen die schnellsten vier Athleten 80% bei einer Intensität von 94-99,9% und davon 50% im Bereich 94-96,9% des MLSS (siehe Abb. 20).

Das *Cluster 2* begann mit einer Herzfrequenz von 174 ± 7 Schlägen pro Minute und die weiteren Runden wurden mit einer konstanten Herzfrequenz von 175 - 176 Schlägen pro

Minute gelaufen (siehe Tab. 80 und Abb. 29). Nur die erste Runde unterscheidet sich also signifikant von den restlichen 4 Runden (siehe Tab. 81).

Diese Gruppe lief den Halbmarathon bei einer Herzfrequenz von 91-108,9% des MLSS, den größten Teil allerdings über 100% des MLSS (siehe Abb. 28). Was bedeutet, dass für diese Gruppe die Geschwindigkeit über eine länger Zeit zu halten, der Faktor mit der hohen Beanspruchung ist.

Das *Cluster 3* absolvierten die erste Runde bei 165 ± 6 Schlägen pro Minute, Runde 2 und 3 bei 168-169 und Runde 4 und 5 bei 171 Schlägen pro Minute. Signifikant sind die Unterschiede nur zur ersten Runde (siehe Tab. 90 und 91, Abb. 37).

Dieses Cluster läuft den größten Teil des Halbmarathons um die 100% des MLSS (97-105,9%) bezogen auf die Herzfrequenz (siehe Abb. 36).

Das *Cluster 4* beginnt die erste Runde mit 168 ± 10 und läuft die weiteren 4 Runden bei 171-173 Schlägen pro Minute (siehe Tab. 100 und Abb. 45). Signifikant ist wie in den beiden Gruppen zuvor nur der Unterschied zur ersten Runde (siehe Tab. 101).

Ebenso wie beim Cluster 3 ist der Großteil der Herzfrequenz im Vergleich zur Herzfrequenz beim MLSS zwischen 97- und 105,9 Schlägen pro Minute (siehe Abb. 44).

Die vier schwächsten Läufer im *Cluster 5* haben in der ersten Runde eine durchschnittliche Herzfrequenz von 171 ± 6 Schlägen pro Minute, welche kontinuierlich auf 181 ± 11 Schlägen pro Minute in der letzten Runde ansteigt (siehe Tab. 110 und Abb. 53). Hier unterscheidet sich nur die 5. Runde von allen anderen signifikant im Gegenteil zum Cluster 2-4, wo sich nur die erste signifikant von den restlichen unterscheidet (siehe Tab. 111).

Insgesamt stieg die Herzfrequenz im *Cluster 5* von der ersten bis zur letzten Runde um 10 Schläge, in den restlichen Clustern nur um 4 - 6 Schläge (siehe Tab. 70, 80, 90, 100, 110).

11.4.3 Korrelation Halbmarathon mit MLSS

Die Herzfrequenz im MLSS korreliert nicht mit der Laufzeit, aber mit der Herzfrequenz im Halbmarathon. Der Zusammenhang ist mit $r=0,74$ relativ hoch. Je höher die Herzfrequenz im MLSS, desto höher ist sie auch im Halbmarathon. Die folgende Standardgerade kann auch verwendet werden um sie die „Sollherzfrequenz“ des Halbmarathons von der im MLSS zu errechnen. $THR = 47,976 + 0,71257 \cdot HF_{MLSS}$

Wenn man sich die Unterschiede zwischen den einzelnen Cluster näher anschaut, findet man weder im gesamten Halbmarathon, noch in den einzelnen Runden, noch im MLSS signifikante Unterschiede.

Einer der wenigen, der sich aufgewärmt hat, war der Case und konnte somit mit einer recht konstanten Herzfrequenz die 21,3 km durchlaufen.

Palmer et al. testeten im Jahr 1998 ein 1-Tages Protokoll zur Bestimmung des MLSS mit vier Prädiktoren: Herzfrequenz, RPE, Atemfrequenz und Geschwindigkeiten eines Rennens ≥ 5 km. Die Autoren beschrieben das MLSS bei 84,9% der maximalen Herzfrequenz. In anderen Literaturquellen ist eine Intensität von 87% der HR_{max} beschrieben (Snyder et al, 1994, Hoffmann et al. 1994). Snyder et al. (1994) gab auch an, das MLSS mittels % Satz der maximalen Herzfrequenz ermitteln zu können. Die durchschnittliche Herzfrequenz der Läufer lag im MLSS bei $90,58 \pm 0,9$ in der 10. Minute, $92,7 \pm 1,2\%$ in der 20. Minute und $95,0 \pm 1,3\%$ der HR_{max} in der 30 Minute, dem Ende der Belastung. Die Herzfrequenz steigt also während des MLSS leicht an und nähert sich der maximalen Herzfrequenz.

In unserer Studie wurde keine HR_{max} ermittelt, somit können wir die Halbmarathonwerte nur auf das MLSS (100%) beziehen. Aber wenn man bedenkt, dass dies ca. 87% sind, könnte man rein theoretisch auch Rückschlüsse auf die HR_{max} ziehen.

Urhausen et al. (1993) geben das MLSS bei 100-110% der individuellen Anaeroben Schwelle an.

Fontana et al. (2009) gaben eine prozentuelle Herzfrequenz der HR_{max} von knapp über 90% im MLSS an. Im Vergleich dazu liegt sie bei Radfahrern bei ca. 90% der HR_{max} , also beinahe derselbe Wert.

11.5 Zusammenfassung

Die Geschwindigkeit im MLSS korreliert positiv mit der Geschwindigkeit im Halbmarathon und ist im MLSS um durchschnittlich 1 km.h^{-1} höher. Jedoch waren in unserer Studie die Clusterunterscheide bei den MLSS-Geschwindigkeiten nicht signifikant. Von einer Geschwindigkeit im MLSS kann nur bedingt auf das Lauftempo im Halbmarathon geschlossen werden, da viele andere Faktoren wie Tagesverfassung, Streckenprofil, Wetterbedingungen, Nährstoffversorgung, um nur einige Beispiele zu nennen, eine Rolle spielen, aber es kann als Richtwert herangezogen werden.

Die besseren Läufer schaffen es die Geschwindigkeit im Halbmarathon konstanter zu halten als Läufer mit einer höheren Laufzeit. Bei diesen Athleten nimmt die Geschwindigkeit von Runde zu Runde ein wenig ab, wobei selten signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Runden beobachtet werden konnte. Das bedeutet, dass bei einer Distanz von 21,3 km grundsätzlich noch keine Leistungseinbußen, trotz fehlender Nährstoffzufuhr zu erwarten sind.

Das gesamte Kollektiv läuft den Halbmarathon durchschnittlich bei $4,0 \pm 1,8 \text{ mmol.l}^{-1}$, dieser Wert steht nicht im Zusammenhang mit der Laufzeit und gibt keine Aussagekraft über das Leistungsniveau. In Verbindung stehen nur die Laktatwerte vom Halbmarathon und MLSS. Lediglich die Nährstoffversorgung, besonders mit Kohlenhydraten, spielt bei der Höhe des Laktats eine Rolle. Fixen Schwellenkonzepten kann also widersprochen werden. Im Laufe des Halbmarathons nehmen die Laktatwerte kontinuierlich ab, bis auf einen kleinen Anstieg zum Schluss, aufgrund eines Schlussprints.

Die Herzfrequenz weist ähnlichen Charakter wie das Laktat auf. Die Absolutwerte sind kein Kriterium für die Leistungsfähigkeit. Nur die Relativwerte bezogen auf das Maximum, oder in unserem Fall bezogen auf das MLSS würde Aufschluss über Trainings- und Wettkampfindensitäten geben. Grundsätzlich wird der Halbmarathon bei knapp unter 100% der Herzfrequenz im MLSS gelaufen. Für Läufer mit wenig Wettkampferfahrung kann dieser eine gute Richtwert sein. Natürlich ist auch zu berücksichtigen, dass die Herzfrequenz auch stark Tagesverfassungen unterliegt.

Im Laufe des Halbmarathons nimmt die Herzfrequenz bis zu 10 Schläge zu. Die Beanspruchung bei einer Distanz knapp über 21 km ist zwar groß, und steigt auch bis zu

den letzten Kilometern, aber ist noch nicht so groß, dass diese nicht bis zum Ende aufrecht gehalten werden kann.

Als Conclusio kann man sagen, dass die von mir bearbeiteten Parameter: Laktat, Herzfrequenz und Geschwindigkeit im Halbmarathon mit denen im MLSS korrelieren. Am besten aber noch die Geschwindigkeit. Im Verlauf des Halbmarathons verändern sich diese drei Parameter stetig, aber nur gering. Das Laktat und die Geschwindigkeiten nehmen ab und die Herzfrequenz nimmt zu. Bei den besseren Läufern ist am ehesten eine konstante Leistung zu beobachten.

12 Diskussion (Puggl)

12.1 Halbmarathon - Feldtest

12.1.1 Laufzeit im Halbmarathon

Die gesamte Laufzeit vom *Kollektiv* (Tab. 10) beträgt durchschnittlich $90,76 \pm 7,86$ Minuten. Der Case erreicht wie erwartet die schnellste Endzeit mit 70,58 Minuten. Aus Cluster 5 kommt die langsamste Endzeit mit 111,50 Minuten.

Um einen besseren Einblick auf das Verhalten der gesamten Laufzeit zu erlangen, wird die Gesamtlaufzeit in fünf Einzelrunden unterteilt. Hierbei kann man feststellen, dass Runde 1. am schnellsten gelaufen wird und zwar mit einer Zeit von $17,7 \pm 1,38$ Minuten. Des Weiteren kann man erkennen, dass die Laufzeit aller weiteren vier Runden kontinuierlich abnimmt. In Runde 5. beträgt die Laufzeit nur mehr $18,76 \pm 2$ Minuten, sprich im Durchschnitt eine Minute langsamer als in Runde 1. (Tab. 16).

Anhand der statistischen Überprüfung kann man feststellen, dass sich Runde 1. von Runde 3. ($p=0,001$), 4. ($p=0,000$) und 5. ($p=0,000$) hoch signifikant unterscheidet. Zwischen der Runde 1. zu Runde 2. sowie von Runde 2. zu Runde 3. und Runde 4. zu Runde 5. ist kein signifikanter Unterschied festzustellen (Tab. 17).

Vom *Cluster 1* wird der Halbmarathon im Durchschnitt in einer Laufzeit von $77,3 \pm 4,66$ Minuten absolviert (Tab. 18). Dabei gibt es eine Streuung der Werte zwischen 70,58 Minuten und 80,50 Minuten. Schaut man sich nun die Laufzeiten in den jeweiligen einzelnen Runden an, dann kann man erkennen, dass Runde 1. die langsamste Laufzeit mit 15,88 Minuten aufweist. In Runde 2. wird die schnellste Laufzeit mit 15,41 Minuten gemessen, danach steigt diese bis zur Runde 4. stetig bis 15,69 Minuten an. In Runde 5. ist aber eine tendenzielle Verbesserung der Laufzeit auf 15,51 Minuten zu beobachten, welche dieselbe Laufzeit wie in Runde 3. mit 15,51 Minuten widerspiegelt. Es scheint daher den Läufern möglich zu sein, nochmals ihre Kräfte mobilisieren zu können um schnellere Rundenzeiten absolvieren zu können (Tab. 24, Abb. 4).

Bei der Überprüfung der Signifikanz der einzelnen Runden wurde beobachtet, dass sich die fünf Runden voneinander nicht signifikant unterscheiden (Tab. 25).

Im *Cluster 2* werden im Durchschnitt Laufzeiten von $85,86 \pm 1,57$ Minuten erreicht (Tab. 24). Die Streuung beläuft sich hier zwischen 83,26 Minuten und 87,92 Minuten. Bei näherer Betrachtung der Laufzeiten in den jeweiligen fünf Runden, kann man eine leichte Reduzierung der Laufzeit in den Runden erkennen. In Runde 1. findet man noch Laufzeiten von 16,82 Minuten vor, jedoch erreichen die Läufer in Runde 5. nur noch Laufzeiten von 17,58 Minuten (Tab. 32, Abb. 5).

Bei der Signifikanz Überprüfung unterscheiden sich Runde 1. von Runde 4. mit einer Signifikanz von ($p = 0,010$) und Runde 5 ($p = 0,001$). Außerdem unterscheidet sich Runde 2. von Runde 5. mit einer Signifikanz von ($p = 0,006$). Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Runden 2. – 4. (Tab. 33).

Im *Cluster 3* laufen die Läufer im Mittel Zeiten um $90,31 \pm 0,55$ Minuten (Tab. 34). Die Streuung beträgt hier 89,35 Minuten bis 91,13 Minuten. Dabei stellt man fest, dass das Kollektiv der Probanden mit einer absolvierten Laufzeit von 90,76 Minuten annähernd dem Cluster 3 entspricht. Auch hier wird wieder eine Reduzierung der Laufzeiten von Runde 1. mit 17,67 Minuten bis Runde 5. mit 18,87 Minuten festgestellt (Tab. 40, Abb. 6).

Bei der Signifikanz Überprüfung unterscheiden sich Runde 1. von Runde 4. mit einer Signifikanz von ($p = 0,014$) und Runde 5 ($p = 0,001$). Unter anderem unterscheidet sich Runde 2. von Runde 5. mit einer Signifikanz von ($p = 0,005$). Es gibt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Runden 2. – 4. (Tab. 41).

Im *Cluster 4* ergeben sich im Durchschnitt Laufzeiten von $95,06 \pm 1,63$ Minuten (Tab. 42). Die Werte der Laufzeiten streuen hier von 92,83 Minuten bis 97,66 Minuten. Die Laufzeiten der einzelnen Runden reduzieren sich auch hier von 18,33 Minuten auf 19,66 Minuten. Den größten Abfall der Rundenzeit kann man von Runde 3. mit 18,97 Minuten auf Runde 4. mit 19,49 Minuten feststellen (Tab. 48, Abb. 7).

Bei der Signifikanz Überprüfung unterscheiden sich Runde 1. von Runde 3. Mit einer Signifikanz von ($p = 0,034$), Runde 4. ($p = 0,000$) und Runde 5 ($p = 0,000$). Außerdem unterscheidet sich Runde 2. von Runde 4. ($p = 0,018$) und Runde 5. mit einer Signifikanz von ($p = 0,004$). Auch Runde 3. unterscheidet sich von Runde 5. signifikant ($p = 0,025$), (Tab. 49).

Im *Cluster 5* laufen die Läufer im Mittel Zeiten um $105,48 \pm 4,46$ Minuten (Tab. 50). Hierbei erkennt man innerhalb dieses Clusters große Unterschiede. Die Werte streuen zwischen 101,15 Minuten und 111,50 Minuten. Runde 1. wird in einer Zeit von 19,96 Minuten, Runde 2. mit 20,79 Minuten, Runde 3. mit 21,02 Minuten, Runde 4. mit 21,50 und Runde 5. mit 22,17 gelaufen. Dabei erkennt man einen relativ großen Zeitunterschied von Runde 1. mit 19,96 Minuten zu Runde 5. mit 22,17 Minuten von 2,21 Minuten (Tab. 56, Abb. 8).

Die Signifikanz Überprüfung weist jedoch nur Unterschiede zwischen Runde 1. von Runde 4. mit einer Signifikanz von ($p = 0,033$) und Runde 5. ($p = 0,005$) auf. Zwischen den anderen Runden wurde keine Signifikanz festgestellt (Tab. 57).

Der *Case* benötigt für die Zurücklegung des Halbmarathons über fünf Runden 70,58 Minuten (Tab. 58). Diese Laufzeit ist auch die schnellste von allen gemessenen. Er läuft in Runde 1. 14 Minuten. Runde 2. und Runde 3. absolviert er in 14,17 Minuten. Für Runde 4. braucht er 14,25 Minuten. In der letzten Runde 5. benötigt er dieselbe Laufzeit wie in Runde 1. mit 14 Minuten. Die Laufzeiten weichen untereinander nur sehr gering voneinander ab, welches auf ein nahezu konstantes Lauftempo aufgrund der langen Lauferfahrung rückzuführen ist (Tab. 59, Abb. 9).

Zieht man die statistische Signifikanz der gesamten Laufzeit über die fünf Runden zwischen den fünf Clustern in Betracht, so bestehen zwischen allen fünf Clustern untereinander hoch signifikante Unterschiede ($p = 0,000$).

Variationen der Laufgeschwindigkeit gehen insgesamt mit längeren Laufzeiten einher. Daher sollte immer darauf geachtet werden, dass insgesamt die Geschwindigkeit ziemlich gleichmäßig gehalten wird.

12.1.2 Sauerstoffaufnahme (VO_2 in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$)

Anhand des Parameters der Sauerstoffaufnahme VO_2 im Feldtest aller Probanden kann man einen Mittelwert von $49,3 \pm 8,3 \text{ ml} \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ (Tab. 10) feststellen. Dies lässt sich nahezu mit der Studie von Smekal et al. (2003) vergleichen, der in seiner Studie 11 Elite Orientierungsläufer mit einer durchschnittlichen VO_2 von $56,4 \pm 4,5 \text{ ml} \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ während eines simulierten Orientierungslauf – Wettkampfes testete.

Zur Beurteilung der allgemeinen Ausdauerleistungsfähigkeit wird die Kapazität der maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_{2\text{max}}$) herangezogen. Um die individuelle Leistungsfähigkeit eines Athleten besser bestimmen zu können, benötigt man unter der maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_{2\text{max}}$) auch die submaximalen Werte der Sauerstoffaufnahme wie z.B. die Sauerstoffaufnahme im Maximalen Laktat Steady State ($\text{VO}_{2\text{ MLSS}}$) (Hollman und Hettinger 1990, Zintel 1990). Der Einsatz der mobilen Ergospirometrie ermöglicht qualitativ und quantitativ die Reaktionen und das Zusammenspiel von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel während einer Belastung zu analysieren (Smekal et al. 2001, 2003a, 2003b, Wonisch et al. 2003, Hollmann et al. 2006). Über die kontinuierliche Messung der hier erwähnten leistungsphysiologischen Parameter lässt sich eine Differenzierung leistungslimitierender Systeme erarbeiten (Wonisch et al. 2003, Pokan et al. 2004).

Tab. 228: Maximale Sauerstoffaufnahme im Labor bzw. Feld für Mittel- und Langstreckenläufer aus der aktuellen Literatur. Gesammelte eigene Darstellung.

Autor	Level	(n)	VO ₂ Max	Testat
Costill (1970)	High Level	3	75,6 ± 3,4	Laufband
Costill et al. (1973)	Amateur	16	66,6 ± 8,7	Laufband
Volkov et al. (1975)	Amateur	4	60,8 ± 3,2	Laufband
LaFontaine et al. (1981)	Amateur	7	66,1 ± 6,8	Laufband
Léger et al (1986)	Amateur	311	61,3 ± 6,1	Laufband
Reybrouck et al. (1986)	Amateur	11	57,5 ± 7,1	Laufband
Haverty et al. (1988)	Amateur	11	57,2 ± 4,6	Laufband
Lacour et al. (1990)	Elite	27	71,3 ± 4,5	Feldtest
Ramsbottom et al. (1992)	Amateur	8	60 ± 4,3	Feldtest
Padilla et al. (1992)	Elite	24	71,9 ± 4,2	Feldtest
Billat et al. (1994)	Elite	14	69,4 ± 3,7	Laufband
Billat et al. (1994)	Elite	38	71,4 ± 5,5	Laufband
Billat et al. (1995)	High Level	16	75,5 ± 5,3	Laufband
Billat et al. (1999)	Elite	8	71,2 ± 5,0	Laufband
Slawinsky et al. (2001)	Amateur	6	61,2 ± 6,0	Laufband
Meyer et al. (2003)	Amateur	18	63,5 ± 6,6	Laufband
Meyer et al. (2003)	Amateur	18	63,3 ± 7,0	Feldtest
Smekal et al. (2003)	Elite	11	67,9 ± 3,8	Laufband
Kilding et al. (2005)	Amateur	16	60,2 ± 1,5	Laufband
Midgley et al. (2006)	Amateur	5	61,0 ± 3,1	Laufband
Hamilton et al. (2006)	Amateur	10	66,0 ± 7,0	Laufband
Leti et al. (2012)	Amateur	14	60,8 ± 5,7	Feldtest

Level = Leistungsvermögen; High Level = Internationale Läufer; Elite = Nationale Läufer; Amateur = Hobbyläufer; (n) = Anzahl der Probanden; VO₂ Max = Maximal erbrachte relative Sauerstoffaufnahme in ml·kg⁻¹·min⁻¹.

Für den Halbmarathonstest ergeben sich auf die Sauerstoffaufnahme (VO₂) bezogen, folgende aufgelistete Werte:

Die Sauerstoffaufnahme (VO₂) des *Kollektivs* (Tab. 10) beträgt über die gesamte Laufzeit 49,3 ± 8,3 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Der Case hat während des Halbmarathons wie erwartet mit 83,3 ml·kg⁻¹·min⁻¹ die höchste Sauerstoffaufnahme. Der tiefste Durchschnittswert war mit 40,6 ml·kg⁻¹·min⁻¹ im Cluster 5. angesiedelt. Das ergibt einen Unterschied zwischen dem

schnellsten und dem langsamsten Läufer von $42,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, sprich der Case hat eine durchschnittliche Sauerstoffaufnahme von mehr als doppelt so viel wie der langsamste Proband.

Nun kann man einen annähernd gleichmäßigen Verlauf, Tendenz leicht abnehmend, der Sauerstoffaufnahme (VO_2) über die gesamten fünf Runden erkennen. Runde 1. wird mit der höchsten gemessenen Sauerstoffaufnahme von $50,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ zurückgelegt. Des Weiteren kann man erkennen, dass die VO_2 bis zu Runde 4. leicht aber stetig abnimmt und von Runde 4. mit $48,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (zugleich auch tiefster Wert) zu Runde 5. auf $48,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ wieder leicht ansteigt.

Wie beobachtet verhält sich nun die Laufzeit der einzelnen Runden nahezu umgekehrt zur Sauerstoffaufnahme. Das möchte im Durchschnitt heißen, umso schneller die Laufzeit, desto höher ist die Sauerstoffaufnahme VO_2 (Tab. 60, Abb. 11).

Im *Cluster 1* findet man VO_2 Werte über die gesamte Laufzeit von $66,1 \pm 13,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ vor (Tab. 70). Die Werte streuen dabei zwischen $53,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und $84,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Sieht man sich nun die einzelnen Runden bezüglich der Sauerstoffaufnahme genauer an, so erkennt man, dass die VO_2 von $66,1 \pm 16,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ welche in Runde 1. gemessen wird, höher ist als jene VO_2 von $65,1 \pm 15,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ der Runde 2. und jene VO_2 von $65,8 \pm 12,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ der Runde 4. Höhere Sauerstoffaufnahmen wurden lediglich in Runde 3. mit $66,7 \pm 12,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und die höchste in Runde 5. mit $67,0 \pm 11,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ festgestellt. Der höchste Wert spiegelt sich auch in der Laufzeit wider, welcher sich zwischen Runde 4. und Runde 5. auch nur um 0,2 Minuten unterscheidet (Tab. 70, Abb. 19).

Im *Cluster 2* werden für die Sauerstoffaufnahme VO_2 Werte über die gesamte Laufzeit von $50 \pm 4,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ festgestellt (Tab. 80). Die Streuung beläuft sich hier zwischen $41,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und $54,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Hierbei kann man einen stetigen VO_2 – Abfall von Runde 1. mit einer VO_2 von $51,8 \pm 6,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ bis Runde 5. mit $48,3 \pm 4,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ beobachten. Runde 2. hat einen Wert von $50,9 \pm 5,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und Runde 3. sinkt auf $50,2 \pm 4,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ab. Zwischen Runde 4. mit $48,4 \pm 3,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und Runde 5. mit $48,3 \pm 4,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ treten ähnlich hohe Werte auf (Tab. 80, Abb. 27).

Im *Cluster 3* treten Durchschnittswerte der VO_2 von $48,9 \pm 3,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ auf (Tab. 90). Die Werte der VO_2 streuen hier von $44,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ bis $53,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Die Schwankungen der Durchschnittswerte pro Runde sind sehr gering. Dabei wird in Runde 1. eine VO_2 von $49,0 \pm 3,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ beobachtet, welche in Runde 2. auf einen Wert von $49,3 \pm 3,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ leicht ansteigt. Ab Runde 3. ($49,1 \pm 3,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) beginnt die VO_2 wieder auf tiefere Werte, in Runde 4. ($48,8 \pm 3,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) und Runde 5. ($48,3 \pm 3,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), kontinuierlich zu sinken (Tab. 90, Abb. 35).

Im *Cluster 4* treten durchschnittliche Werte der VO_2 von $45,1 \pm 3,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ auf (Tab. 100). Die Streuung hält sich hier zwischen $41,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und $50,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ fest. Auch in diesem Cluster findet ein leichter kontinuierlicher Abfall der Sauerstoffaufnahme über die gesamte Laufzeit der fünf Runden statt. Runde 1. wird mit einer VO_2 von $46,2 \pm 2,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ begonnen, ehe sich die Werte in Runde 2. ($45,2 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) und Runde 3. ($45,0 \pm 3,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) absenken. Die Werte in Runde 4. ($44,3 \pm 4,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) und Runde 5. ($44,3 \pm 4,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) bleiben nahezu auf demselben Level (Tab. 100, Abb. 43)

Im *Cluster 5* sind die Werte der Sauerstoffaufnahme VO_2 mit $42,3 \pm 2,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ am niedrigsten Level (Tab. 110). Hierbei streuen diese Werte zwischen $40,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und $45,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Am Ende von Runde 1. findet man eine durchschnittliche VO_2 von $44,7 \pm 3,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ vor, danach beginnt in Runde 2. der Wert auf $40,9 \pm 2,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ rapide zu sinken ehe die VO_2 in Runde 3. wieder leicht auf $41,2 \pm 0,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ansteigt. Diese Abflachung der Sauerstoffaufnahme geht auch in Runde 4. mit $40,5 \pm 1,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ weiter von statten, doch in Runde 5. wird die VO_2 mit $43,7 \pm 5,9 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ wieder auf einen höheren Wert angehoben. Dies könnte auf eine zu schlechte Einschätzung des eigenen Leistungsvermögens dieses Clusters rückzuführen sein (Tab. 110, Abb. 51).

Der *Case* hat mit einem Durchschnittswert von $83,3 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ die höchste aufgezeichnete Sauerstoffaufnahme über die gesamte Laufzeit des Halbmarathons zu verbuchen (Tab. 120). In Runde 1. erreicht dieser eine Sauerstoffaufnahme von $81,0 \pm 5,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Der Wert sinkt in Runde 2. auf $84,5 \pm 3,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und fällt in Runde 3. mit $83,9 \pm 2,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ weiter ab, ehe die Werte in Runde 4. ($83,2 \pm 2,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)

und Runde 5. ($82,8 \pm 3,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) annähernd auf gleicher Höhe bleiben (Tab. 120, Abb. 59).

Diese hohen Sauerstoffaufnahmen können mit jenen Werten der Studien von Astrand und Rodahl, 1977; Costill, 1979 und Davies und Thompson, 1979, verglichen werden. Diese Studien testeten Elite Langstreckenläufer mit VO_2 zwischen $70\text{-}80 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ während eines simulierten Halbmarathon - Wettkampfes. Die schnellste Laufzeit betrug dort 68 Minuten welche mit der schnellsten Laufzeit mit 70 Minuten in unserer Studie zu vergleichen ist. Hierbei traten beim Case durchschnittliche Sauerstoffaufnahmen während des HM – Feldtestes von $83,3 \pm 3,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ auf.

Untersucht man nun die jeweiligen Mittelwerte der Cluster 1 ($66,2 \pm 13,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), Cluster 2 ($50 \pm 4,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), Cluster 3 ($48,9 \pm 3,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), Cluster 4 ($45,1 \pm 3,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) und Cluster 5 ($42,3 \pm 2,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) statistisch auf Unterschiede, so kann man zwischen Cluster 1 und 2 ($p = 0,000$), Cluster 1 und 3 ($p = 0,000$), Cluster 1 und 4 ($p = 0,000$) und Cluster 1 und 5 ($p = 0,000$) hoch signifikante Unterschiede feststellen.

Die Läufer (Cluster) welche die kürzeste Laufzeit über die gesamte Strecke (auch einzelne Runden) erreichen, weisen auch eine signifikant höhere Sauerstoffaufnahme (VO_2) auf.

Werden nun die VO_2 und die $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über die gesamte Laufzeit aller Probanden verglichen, so kann man eine hoch signifikante Korrelation der beiden Feldparameter feststellen ($r = 0,83$ und $p = 0,000$). Diejenigen Probanden welche eine höhere VO_2 im Feldtest erbringen, erreichen demnach auch bessere Leistungen und laufen schnellere Runden- wie auch Gesamtlaufzeiten.

Williams & Nute (1983) testeten zehn Probanden in einem simulierten Halbmarathon – Wettkampf ($4 \times 5,27 \text{ km}$), ähnlich wie in der vorliegenden Studie, jedoch wurden vier längere Runden absolviert um die Halbmarathondistanz zu erreichen. Es wurde keine mobile Spiroergometrie durchgeführt sondern die Sauerstoffaufnahme wurde während des Halbmarathons immer am Ende jeder Runde mittels der „Douglas Sack Methode“ ermittelt. Dabei wurde ein Durchschnittswert der VO_2 mit $45,8 \pm 4,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ festgelegt. Dieser Wert der VO_2 ist zwar höher als jener im Feldtest gemessener Mittelwert von $49,3 \pm 8,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ im Kollektiv aber nahezu vergleichbar. Im Cluster 4 wurden auch Werte ($45,1 \pm 3,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) gemessen, welche denen der Studie von Williams und Nute (1983) gleichzusetzen sind.

Bei der Studie von Smekal et al. (2003) wurden während eines simulierten Orientierungslauf – Wettkampfes (Durchschnittliche Gesamtstreckenlänge 10,09 km) eine durchschnittliche Sauerstoffaufnahme von $56,4 \pm 4,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ festgestellt. Die $\text{VO}_{2\text{max}}$ welche im Labor bei einer Laufbandergometrie bis zur Ausbelastung eruiert wurde, belief sich auf $67,9 \pm 3,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. In dieser Studie nahmen 11 männliche Orientierungsläufer der Österreichischen Nationalmannschaft teil. Diese gemessene VO_2 im Feldtest kann man mit unserem getesteten Mittelwert von $49,3 \pm 8,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ im Kollektiv nahezu vergleichen. Im Cluster 1 wurde sogar eine höhere durchschnittliche VO_2 von $66,2 \pm 13,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ beobachtet als in der vorliegenden Studie von Smekal et al. (2003).

Diaz et al. (2008) stellte bei seiner Studie mit sechs Läufern im Amateurniveau bei einem Stufentest im Labor, eine durchschnittliche VO_2 von $3400 \pm 234 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ fest. Diese VO_2 wurde bei einer Laufgeschwindigkeit von $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ gemessen. Im Vergleich zu der vorliegenden Studie, lag die VO_2 bei einer durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit ($14,05 \pm 1,24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) vom Kollektiv bei einem Wert von $3490 \pm 421 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$.

Dabei führten diese zwei Serien von Ausbelastungstestungen mit der Spiroergometrie am Laufband durch: erste Serie mit dem Oxycon Mobile, die zweite Serie mit dem Oxycon Pro Standgerät, 3 min Aufwärmen mit $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, danach $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, dann Belastungszinkrement $1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ alle 2 Minuten bis zur Ausbelastung, ein Tag Pause zwischen den Testserien ohne Training, Aufzeichnung der VO_2 , VCO_2 , VE und RER bei jeder Geschwindigkeitsstufe ($9 - 17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Das Ziel dieser Studie war es Unterschiede in der Datenaufzeichnung der beiden Spiroergometrie-Einheiten herauszufinden.

Dabei lag die Endgeschwindigkeit bei allen Probanden bei $17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. Signifikante Unterschiede gab es lediglich bei der VO_2 bei den Geschwindigkeiten von $12 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ bis $17 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, jedoch keine Signifikanz bei $9 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ und $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ($p=0,09$). Signifikante Unterschiede gab es jedoch bei allen Geschwindigkeiten im RER außer bei $11 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. VE zeigte keine signifikanten Unterschiede während allen Geschwindigkeiten auf.

Diese Studie zeigte systematische Fehler des Oxycon Mobiles in den Parametern VO_2 und RER auf. Doch mit einer linearen Regressionsgleichung konnten diese Meßfehler ausgeglichen werden. Einige Studien konnten in vergangener Zeit auch von solch großen Fehlern in der VO_2 berichten (McLaughlin et al., 2001; Wideman et al., 1996), andere mit weniger hohen Fehlern (Crandall et al., 1994; Lothian et al., 1993; Peel and Utsey, 1993)

und jene mit keinen Unterschieden und gleichen Meßergebnissen (Hauswirth et al., 1997; Schulz et al., 1997).

12.1.3 Atemminutenvolumen (VE)

Das *Kollektiv* erweist über die gesamte Laufzeit ein Atemminutenvolumen (VE) von $103 \pm 13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 10). Der höchste erbrachte Wert der VE liegt bei $131 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und wurde im Cluster 2. gemessen. Den niedrigsten durchschnittlichen VE Wert wurde von einem Läufer aus dem Cluster 4. mit $74 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ erreicht.

Um einen näheren Einblick über die VE der gesamten Laufzeit zu gewinnen, werden nun die einzelnen Runden genauer beschrieben. Runde 1. wird mit einer VE von $101 \pm 16 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ absolviert. Des Weiteren ergibt sich folgendes Bild, dass Runde 2. mit einer höheren VE von $103 \pm 15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und Runde 3. mit der höchsten VE von $104 \pm 14 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ absolviert wird. In Runde 4. beträgt die VE $102 \pm 14 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und steigt in der letzten Runde 5. mit $103 \pm 14 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ wieder leicht an. Im Großen und Ganzen kann man sagen, dass die Läufer über die gesamte Laufzeit eine ziemlich konstante VE erreichen (Tab. 11-15).

Der *Cluster 1* erreicht eine VE über die gesamte Laufzeit von $112 \pm 7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 18). Dabei streuen die Werte zwischen $105 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und $121 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Sieht man sich nun die Runden einzeln an, so erkennt man, dass in Runde 1. eine VE von $112 \pm 7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ erreicht wird. In Runde 2. wird die höchste VE mit $114 \pm 6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ gemessen, ehe sich die VE in Runde 3. wieder auf $113 \pm 7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ absenkt. Des Weiteren fällt die VE in Runde 4. auf den niedrigsten Wert mit $110 \pm 7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ab und beläuft sich in Runde 5. auf $111 \pm 9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 19-23).

Im *Cluster 2* werden über die gesamte Laufzeit durchschnittliche VE Werte von $108 \pm 14 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ erreicht (Tab. 26). Der höchste gemessene VE Wert beträgt in diesem Cluster 2, wie auch vom Kollektiv, $131 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, der niedrigste VE Wert $89 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Hierbei kann man einen deutlichen Anstieg der VE von Runde 1. mit $102 \pm 18 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ auf Runde 2. mit $108 \pm 17 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ beobachten. In Runde 3. steigt die VE auf $110 \pm 15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ an, ehe diese in Runde 4. auf $109 \pm 14 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ abfällt. Die VE in Runde 5. erreicht denselben Wert mit $108 \pm 14 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ wie in Runde 2 (Tab. 27-31).

Der *Cluster 3* erreicht über die gesamte Laufzeit eine durchschnittliche VE von $99 \pm 12 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 34). Hierbei streuen die VE Werte zwischen $83 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und $116 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. In Runde 1. beträgt die VE $97 \pm 18 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ehe diese in Runde 2. auf $100 \pm 15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ansteigt. Die höchste VE wird in Runde 3. mit $101 \pm 14 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ erreicht und fällt in Runde 4. Leicht auf $99 \pm 13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ab. In der letzten Runde 5. steigt die VE mit $101 \pm 9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ nochmals auf denselben Wert wie in Runde 3. an. Hier wird ein relativ geringer Abfall der VE während der einzelnen Runden beobachtet (Tab. 35-39).

Im *Cluster 4* beträgt die VE über die gesamte Laufzeit $99 \pm 15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Die Werte streuen hier von $74 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ bis $124 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 42). In Runde 1. beobachtet man eine VE von $100 \pm 16 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, welche sich in Runde 2. auf $101 \pm 15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ erhöht. Runde 3. wird wieder wie Runde 1. mit $100 \pm 15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ absolviert. Die VE in Runde 4. mit $97 \pm 16 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und Runde 5. mit $97 \pm 17 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ bleiben gleich (Tab. 43-47).

Der *Cluster 5* weist über die gesamte Laufzeit eine durchschnittliche VE von $97 \pm 11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ auf (Tab. 50). Die höchste VE beläuft sich hier auf $111 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und die niedrigste auf $88 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. In Runde 1. beträgt die VE $97 \pm 11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ehe diese in Runde 2. auf $93 \pm 11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ absinkt. In Runde 3. ($96 \pm 12 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) und Runde 4. ($96 \pm 13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) steigt die VE wieder an. Dieser Wert steigt in Runde 5. nochmals auf $105 \pm 13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ an (Tab. 51-55).

Der *Case* hat einen Durchschnittswert der VE über die gesamte Laufzeit von $120 \pm 7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 58). In Runde 1. beträgt die VE $113 \pm 8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$, wie auch in Runde 2. ($122 \pm 4 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) und Runde 3. ($122 \pm 8 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$). Runde 4. mit einer VE von $119 \pm 7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und Runde 5. mit $119 \pm 6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ bleiben gleich hoch (Tab. 59).

Vergleicht man nun die jeweiligen Mittelwerte der Cluster 1 ($112 \pm 7 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$), Cluster 2 ($108 \pm 14 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$), Cluster 3 ($99 \pm 12 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$), Cluster 4 ($99 \pm 15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) und Cluster 5 ($97 \pm 11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$) miteinander, so kann man eine verringerte VE in der Hobbygruppe (Cluster 5), gegenüber der Elitegruppe (Cluster 1) feststellen. Daraus resultiert ein Unterschied zwischen Cluster 1 und Cluster 5 von $15 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ($= 13,4 \%$).

Wird nun die VE im Halbmarathon über die gesamte Laufzeit aller Probanden mit deren VO_2 auf Korrelation getestet, so ergibt dies einen signifikanten Zusammenhang von $r = 0,38$ ($p = 0,024$). Demnach geht eine hohe VO_2 mit einem hohen Atemminutenvolumen – VE einher.

Lang (1997) konnte bei einem Orientierungslauf mit einer durchschnittlichen Laufzeit von 57,7 Minuten ein Atemminutenvolumen – VE von $126 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ feststellen. Der Wert vom Case war dementsprechend mit $120 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ähnlich hoch angesiedelt.

Diaz et al. (2008) konnte bei einem Stufentest im Labor mit sechs Läufern im Amateurniveau, eine durchschnittliche VE von $102 \pm 13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ feststellen. Diese VE wurde bei einer Laufgeschwindigkeit von $14 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ gemessen. In unserer Studie lag die VE bei einer durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit ($14,05 \pm 1,24 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$) vom Kollektiv genauso bei einem Wert von $102 \pm 13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$.

12.1.4 Respiratory Exchange Ratio (RER)

Der RER vom *Kollektiv* beträgt über die gesamte Laufzeit $0,95 \pm 0,07$. Dabei liegen der höchste RER bei 1,12 und der niedrigste RER bei 0,76. Der Unterschied zwischen dem niedrigsten und dem höchsten gemessenen RER beträgt 0,36 (Tab. 10).

Für eine bessere Darstellung des Verhaltens des RER über die gesamte Laufzeit, wird dieser für jede einzelne Runde beschrieben. In Runde 1. beläuft sich der RER auf $0,97 \pm 0,07$, welches zugleich auch den höchsten Wert darstellt. Des Weiteren nimmt der RER in Runde 2. mit $0,96 \pm 0,07$ leicht ab und hält sich in Runde 3. mit $0,96 \pm 0,07$ auf dem gleichen Level. Der RER nimmt zu Runde 4. mit $0,94 \pm 0,08$ wieder leicht ab und bleibt bis zu Runde 5. mit $0,94 \pm 0,08$ gleich (Tab. 11-15).

Der *Cluster 1* hält im Durchschnitt über die gesamte Laufzeit einen RER von $0,87 \pm 0,12$ ein. Hierbei streuen die Werte zwischen 0,76 und 1,03. Dies ergibt eine Differenz vom höchsten zum niedrigsten RER mit einem Wert von 0,27 (Tab. 18).

Im Anbetracht der jeweiligen fünf Runden, kann man feststellen, dass der RER innerhalb der Runden leicht abnimmt und in der letzten Runde nochmals zunimmt. Der RER von Runde 1. liegt bei $0,89 \pm 0,11$. In Runde 2. fällt dieser auf $0,88 \pm 0,13$ ab. In Runde 3. beobachtet man einen RER von $0,87 \pm 0,13$ welcher in Runde 4. auf seinen niedrigsten

Wert mit $0,84 \pm 0,14$ abflacht ehe dieser in Runde 5. mit $0,85 \pm 0,12$ wieder leicht ansteigt (Tab. 19-23).

Im *Cluster 2* kann man durchschnittliche RER Werte über die gesamte Laufzeit von $0,99 \pm 0,06$ feststellen (Tab. 26). Der höchste hier gemessen Wert liegt bei 1,12 und der niedrigste Wert bei 0,92. Hier beobachtet man in Runde 1. einen RER von $1,01 \pm 0,05$ welcher in Runde 2. ($0,99 \pm 0,06$), Runde 3. ($0,99 \pm 0,06$), Runde 4. ($0,99 \pm 0,07$) und Runde 5. ($0,99 \pm 0,08$) gleich bleibt (Tab. 27-31).

Der *Cluster 3* erreicht durchschnittliche RER Werte von $0,96 \pm 0,05$ über die gesamte Laufzeit (Tab. 34). Die Werte streuen hier von 0,87 bis 1,04. Innerhalb der einzelnen Runden kann man einen leichten Abfall erkennen. In Runde 1. beobachtet man den höchsten Wert mit $0,99 \pm 0,06$. Danach fällt der RER in Runde 2. auf $0,97 \pm 0,06$ und weiter in Runde 3. auf $0,96 \pm 0,06$ ab. Runde 4. wird mit $0,94 \pm 0,06$ absolviert ehe der RER in Runde 5. auf seinen niedrigsten Wert mit $0,93 \pm 0,05$ abflacht (Tab. 35-39).

Im *Cluster 4* wird ein durchschnittlicher RER über die gesamte Laufzeit von $0,95 \pm 0,03$ aufgezeichnet (Tab. 42). Hier belaufen sich der höchste Wert auf 0,99 und der niedrigste Wert auf 0,90. Auch in diesem Cluster ist ein kontinuierlicher Abfall von Runde 1. zu Runde 5. festzustellen. Runde 1. beginnt mit einem RER von $0,98 \pm 0,04$ und fällt in Runde 2. auf $0,97 \pm 0,04$ ab. In Runde 3. kann man einen deutlichen Abfall auf einen RER von $0,94 \pm 0,03$ feststellen. Mit Runde 4. ($0,93 \pm 0,04$) und Runde 5. ($0,92 \pm 0,05$) fällt der RER weiter ab (Tab. 43-47).

Der *Cluster 5* bewältigt die gesamte Laufdistanz mit einem durchschnittlichen RER von $0,96 \pm 0,05$ (Tab. 50). Die Werte des RER streuen hier zwischen 0,92 und 1,02. Anfangs in Runde 1. wird mit einem RER von $0,91 \pm 0,03$ gestartet. Danach steigt der RER in Runde 2. auf $0,97 \pm 0,03$ an und bleibt in Runde 3. ($0,97 \pm 0,06$), Runde 4. ($0,97 \pm 0,07$) und Runde 5. ($0,97 \pm 0,08$) gleich hoch (Tab. 51-55).

Der Case hat über die gesamte Laufzeit einen RER von $0,76 \pm 0,04$ (Tab. 58). Der RER in Runde 1. beträgt $0,78 \pm 0,02$ und bleibt in Runde 2. mit $0,77 \pm 0,03$ konstant. In Runde 3. steigt der RER auf $0,78 \pm 0,03$ an ehe dieser in Runde 4. auf den Tiefstwert von $0,71 \pm 0,02$ abfällt. Runde 5. wird wieder mit einem höheren RER von $0,75 \pm 0,04$ absolviert (Tab. 59).

Innerhalb der jeweiligen Cluster unterscheidet sich lediglich Cluster 1 von Cluster 2 mit einer Signifikanz von ($p = 0,013$).

Bei der Studie von Lang (1997) wurden 11 gut ausdauertrainierte Orientierungsläufer mit einer durchschnittlichen VO_{2max} von $68 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$ getestet. Diese erreichten bei einer Laufzeit von 57,7 min einen RER von 0,93. Die Probanden erreichten in der vorliegenden Studie bei einer durchschnittlichen Laufzeit von 90,76 min einen vergleichbaren RER von 0,95.

Diaz et al. (2008) konnte bei seiner Studie mit sechs Läufern im Amateurniveau bei einem Stufentest im Labor, einen durchschnittlichen RER von $1,01 \pm 0,03$ feststellen. Dieser RER wurde bei einer Laufgeschwindigkeit von $14 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ gemessen. Im Vergleich zu unserer Studie lag der RER bei einer durchschnittlichen Laufgeschwindigkeit ($14,05 \pm 1,24 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$) vom Kollektiv bei einem Wert von $0,95 \pm 0,07$.

Leti, Mendelson, Laplaud und Flore (2012) untersuchten 14 Mittel- und Langstreckenläufer mit einer VO_{2max} von $60,8 \pm 5,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\text{min}^{-1}$. Diese Gruppe untersuchte nach einer Spiroergometrie im Labor, wie sich die Laufgeschwindigkeit bei einem RER von 1,00 verhält. Dabei konnte herausgefunden werden, dass die VO_2 bei einem RER von 1,00 unter der VT_1 ($0,90 \pm 0,05$) liegt aber mit $1,00 \pm 0,05$ fast genau an der VT_2 liegt. Daraus kann man Rückschlüsse auf das Wettkampftempo ziehen.

In der vorliegenden Studie lag der RER nur beim Cluster 2 mit $0,99 \pm 0,06$ an einem Wert von 1,00. Die anderen Cluster lagen darunter (Cluster 1: $0,87 \pm 0,12$, Cluster 3: $0,96 \pm 0,05$, Cluster 4: $0,95 \pm 0,03$ und Cluster 5: $0,96 \pm 0,05$).

12.1.5 Vergleich der Laufzeit vs. VO₂ im HM - Feldtest

Während die Laufzeit (17,7-18,76 min) im HM – Feldtest im *Kollektiv* leicht abnimmt bleibt die VO₂ (50,3-48,8 ml·kg⁻¹·min⁻¹) über die gesamten fünf Runden nahezu konstant. Im *Cluster 1* findet man folgendes Phänomen, dass die Laufzeiten von Runde zu Runde schneller werden (15,9-15,5 min) und dabei auch dessen VO₂ kontinuierlich in die Höhe steigt (66,1-67,0 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Der *Cluster 2* absolviert den HM – Feldtest aufsteigend von Runde 1 zu Runde 5 mit Laufzeiten von 16,8-17,58 Minuten, sprich dieser Cluster wird kontinuierlich langsamer. Dabei wurden Sauerstoffaufnahmen von 51,8-48,3 ml·kg⁻¹·min⁻¹ beobachtet. Im *Cluster 3* werden die Laufzeiten (17,67-18,87 min) je Runde auch langsamer, aber die VO₂ bleibt über die gesamte Testdauer mit 49,0-48,3 ml·kg⁻¹·min⁻¹ nahezu konstant. Die Laufzeiten betrugen im *Cluster 4* aufsteigend 18,33-19,66 min wobei die VO₂ mit 46,2-44,3 ml·kg⁻¹·min⁻¹ nur leicht abnahm. Auch im *Cluster 5* konnten ähnliche Verläufe der Laufzeiten (19,96-22,17 min) und deren VO₂ (44,7-43,7 ml·kg⁻¹·min⁻¹) aufgezeigt werden. Beim *Case* stieg die VO₂ (81,0-82,8 ml·kg⁻¹·min⁻¹) von Runde zu Runde sogar an, wobei man auch sagen muss, dass dieser die letzte Runde gleich schnell lief als die erste Runde und auch über den gesamten Feldtest sehr konstante Daten lieferte.

Für eine Erklärung dieses Ergebnisses vom Cluster 1 kann in Richtung Laufökonomie oder Effizienz gedeutet werden, welches man auch in der Studie von Conley und Krahenbuhl (1980) finden konnte.

Cavanagh und Kram (1982) konnten in deren Studie einen starken Zusammenhang von der Laufgeschwindigkeit und der nahezu konstant bleibenden Sauerstoffaufnahme in einem Feldtest feststellen.

Die größere Beanspruchung („physiological stress“) wird von Liedl et al. (1999) wie folgt begründet. Bei steigender Leistung ist die VO₂ nicht mehr in der Lage den benötigten VO₂ - Bedarf zu decken, dadurch entsteht ein sogenanntes VO₂ – Defizit. Andererseits bleibt die VO₂ bei abfallender Leistung ein wenig erhöht. Wird nun die Menge des VO₂ – Defizites von der zusätzlich aufgenommenen Sauerstoffmenge überstiegen, kommt es zu einen sogenannten Sauerstoffüberschuss („excess oxygen consumption“). Dieser Sauerstoffüberschuss führt nun dazu, dass die VO₂ bei einer konstanten Belastung kleiner als bei abwechselnder Belastung ist (z.B. Gegenwind).

12.1.6 Intensität (MLSS vs. HM - Feldtest)

Für eine bessere Darstellung der inneren Beanspruchung während eines Halbmarathons, werden die Feldwerte mit den MLSS-Testwerten verglichen. Um die Intensität zu bestimmen, wird die im Feldtest gemessene VO_2 über die gesamte Laufzeit der VO_{2MLSS} im MLSS-Test gegenübergestellt.

Das *Kollektiv* erreicht über den gesamten Wettkampf eine Intensität an der VO_{2MLSS} von $96,5 \pm 10\%$ (Tab. 220). Hierbei wird ersichtlich, dass über die gesamte Laufzeit die innere Beanspruchung hoch ist und nahezu am MLSS liegt.

Unterteilt man nun die gesamte Laufzeit in fünf Runden so stellt man fest, dass die Intensität kontinuierlich abnimmt. In Runde 1. sind es noch $99 \pm 12,5\%$, Runde 2. ($97 \pm 10,7\%$), Runde 3. ($97 \pm 10,3\%$), Runde 4, ($95 \pm 9,9\%$) und in Runde 5. ($95 \pm 11,1\%$) der VO_{2MLSS} (Abb. 66).

Im *Cluster 1* werden Intensitäten an der VO_{2MLSS} von $111,2 \pm 12\%$ gemessen (Tab. 221). Die Intensität liegt hier also deutlich über den der gemessenen VO_{2MLSS} . Welches bedeutet, dass während des gesamten Wettkampfes über der VO_{2MLSS} gelaufen wird.

In Runde 1. beträgt die Intensität an der VO_{2MLSS} $110,8 \pm 16,1\%$, Runde 2. ($109,1 \pm 14,8\%$), Runde 3. ($112,3 \pm 9,9\%$), Runde 4, ($110,7 \pm 10,3\%$) und in Runde 5. ($112,9 \pm 8,8\%$), (Abb. 71).

Der *Cluster 2* erreicht eine Intensität an der VO_{2MLSS} von $101 \pm 8\%$ (Tab. 222). Dieser Cluster verbringt den gesamten Wettkampf nahezu an der VO_{2MLSS} .

In Runde 1. sind es $104,7 \pm 11,5\%$, Runde 2. ($102,9 \pm 9,7\%$), Runde 3. ($101,4 \pm 9,1\%$), Runde 4, ($97,9 \pm 8,5\%$) und in Runde 5. ($97,7 \pm 8,9\%$) der VO_{2MLSS} (Abb. 75).

Im *Cluster 3* werden Intensitäten an der VO_{2MLSS} von $92,5 \pm 8,2\%$ gemessen (Tab. 223). Hierbei erreichen die Probanden über den gesamten Wettkampf nicht mehr das gemessene VO_{2MLSS} sondern liegen darunter.

In Runde 1. beträgt die Intensität an der VO_{2MLSS} $92,7 \pm 8,4\%$, Runde 2. ($93,4 \pm 9,1\%$), Runde 3. ($93 \pm 9\%$), Runde 4, ($92,2 \pm 7,6\%$) und in Runde 5. ($91,3 \pm 8,6\%$), (Abb. 79).

Der *Cluster 4* erreicht eine Intensität an der VO_{2MLSS} von $91,2 \pm 7,2\%$ (Tab. 224). Dies bedeutet, dass die Probanden mit $91,2 \pm 7,2\%$ von der VO_{2MLSS} den Wettkampf absolviert haben.

In Runde 1. sind es $93,9 \pm 11,2\%$, Runde 2. ($91,5 \pm 7,2\%$), Runde 3. ($91 \pm 5,6\%$), Runde 4, ($89,5 \pm 7,4\%$) und in Runde 5. ($89,8 \pm 9,9\%$) der VO_{2MLSS} (Abb. 83).

Im *Cluster 5* werden Intensitäten an der VO_{2MLSS} von $94 \pm 4,9\%$ gemessen (Tab. 225). Hier erreichen die Probanden nur mehr in Runde 1. das VO_{2MLSS} , die restlichen vier Runden liegen deutlich unter den gemessenen VO_{2MLSS} .

In Runde 1. beträgt die Intensität an der VO_{2MLSS} $99,7 \pm 12,6\%$, Runde 2. ($90,6 \pm 2\%$), Runde 3. ($91,6 \pm 5,1\%$), Runde 4, ($89,9 \pm 3,3\%$) und in Runde 5. ($91,8 \pm 8,4\%$), (Abb. 87).

Lediglich Cluster 1 läuft über die gesamte Laufzeit mit einem höheren Prozentanteil ($111,2 \pm 12\%$) der Sauerstoffaufnahme den Halbmarathon. Cluster 2 bewegt sich im Durchschnitt ziemlich genau mit $101 \pm 8\%$ an der VO_2 des MLSS. Die anderen drei Cluster bewegen sich unter der VO_2 des MLSS (Cluster 3: $92,5 \pm 8,2\%$, Cluster 4: $91,2 \pm 7,2\%$ und Cluster 5: $94 \pm 4,9\%$).

Die Signifikanz Überprüfung weist Unterschiede zwischen Runde 1. und Runde 3. mit einer Signifikanz von ($p = 0,005$), Runde 4. ($p = 0,002$) und Runde 5. ($p = 0,037$) auf. Zwischen den anderen Runden wurde keine Signifikanz festgestellt.

Der *Case* läuft über den gesamten Wettkampf mit der weitaus höchsten Intensität. Dieser erreicht 128 % seiner VO_{2MLSS} (Tab. 226). In Zahlen gesehen bedeutet dies, dass er im MLSS-Test eine VO_{2MLSS} von $66,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ erreicht und im Halbmarathon-Feldtest eine VO_{2HM} von $83,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

In Runde 1. sind es 132,2 %, Runde 2. (129 %), Runde 3. (127 %), Runde 4, (125,3 %) und in Runde 5. (125 %) der VO_{2MLSS} (Abb. 91).

Beim *Case* kann man noch eine deutlich höhere Intensität als bei Cluster 1 und Cluster 2 erkennen. Der *Case* läuft über die gesamte Laufzeit mit einer sehr hohen Intensität von 128 % seiner VO_2 gemessen an der VO_2 im MLSS. Anhand dieser sehr hohen Werte der VO_2 im Feldtest, kann man erahnen, welche hohen Belastungen in einem Wettkampf aufzufinden sind.

Durch die gemeinsame Beanspruchung der Arme und Beine kann von einer höheren Sauerstoffaufnahme die Rede sein, dies berichteten Astrad und Saltin 1961, Stenberg et al. 1967).

Mehrere Autoren haben sich mit der Sauerstoffaufnahme und dem Einsatz mehrerer Muskelpartien auseinandergesetzt (Vokac et al. 1975, Moldover und Downey 1983, Toner et al. 1983 und Taguchi und Horvath 1987). Diese untersuchten bei gleicher Leistung die Sauerstoffaufnahme einmal für die Arme und das andere mal mit den Beinen. Dabei wurde eine erhöhte VO_2 bei der Leistungserbringung mit den Armen festgestellt. Diese Erkenntnis schrieben sie der internen Arbeit („internal work“) der Muskeln zu. In weiteren Studien konnte dieses Ergebnis nicht bestätigt werden (Reybrouck et al. 1975).

In der Studie von Hoffmann et al. (1994) wurden zwei Cross Country Skifahrtechniken miteinander verglichen. Dabei konnte man höhere Sauerstoffaufnahmen bei jener Technik auffinden, wo mehr Muskelmasse beteiligt war. Die ganze Testserie fand unter gleicher Belastungsintensität („specified rating of perceived exertion“) statt.

Weitere Studien besagten, dass durch Vibrationen während verschiedener körperlicher Beanspruchungen eine erhöhte VO_2 hervorgerufen werden kann (Rittweger et al. 2001; Rittweger et al. 2002; Cochrane et al. 2008). Dies kann auch anhand der verschiedenen Laufstile der Probanden in unserer Studie veranschaulicht werden.

Smekal et al. (2003) konnte während eines simulierten Orientierungslauf – Wettkampfes (Durchschnittliche Gesamtstreckenlänge 10,09 km) eine durchschnittliche Intensität von $83 \pm 3,8\%$ von der $\text{VO}_{2\text{max}}$ und eine Intensität von $94,6 \pm 5,2\%$ VO_2 an der IAT feststellen. Dabei wurden in dieser Studie 11 männliche Orientierungsläufer der Österreichischen Nationalmannschaft getestet. In dieser Studie traten im Kollektiv ähnliche Werte der Intensität über den gesamten HM - Feldtest mit einer VO_2 am MLSS von $96,5 \pm 10\%$ auf.

Secher et al. (2006) berichtet, dass die Oberkörpermuskulatur fast so viel oder noch mehr VO_2 als die Beinmuskulatur aufnehmen kann. Daher wird bei einer schlechten Laufökonomie die VO_2 in Laufwettkämpfen hochschnellen. Diese höhere Beanspruchung könnte auch der Grund sein, warum manche Läufer viel höhere VO_2 Werte aufweisen als jene mit einer guten Laufökonomie.

Die oben angeführten Studien können einen besseren Einblick der hohen Sauerstoffaufnahmen über die gesamte Laufzeit veranschaulichen.

12.2 MLSS - Testungen

Das Maximale Laktat Steady State in Kombination mit der Messung der Atemgase stellt den „Goldstandard“ zur sportartspezifischen Bestimmung der anaeroben Schwelle bzw. der aeroben Leistungsfähigkeit dar.

In der Ausdauersportart Laufen, spielen die zwei Variablen wie maximale Sauerstoffaufnahme und der Bewegungsablauf eine entscheidende Rolle. Dahingehend beschreibt man die maximale Sauerstoffaufnahme im Ausdauerbereich als die wichtigste Variable und wird daher für die größtmögliche Leistung gesucht.

12.2.1 Sauerstoffaufnahme (VO₂)

Die Beanspruchung der Flussrate des aeroben Stoffwechsels wird über die Sauerstoffaufnahme – Messung festgelegt. Hierbei können je nach Geschlecht, Alter, Trainingszustand etc. individuelle Werte erreicht werden. In der Literatur wird der mögliche prozentuale Anteil der maximalen Sauerstoffaufnahme während der Belastungszeit wie folgt beschrieben. Ein hoch ausdauertrainierter Athlet kann eine Belastungsintensität entsprechend 100% VO_{2max} bis zu etwa 10 Minuten, eine Belastungsintensität entsprechend 95% VO_{2max} bis zu etwa 30 Minuten, eine Belastungsintensität entsprechend bis 85-90% VO_{2max} bis zu etwa 60 Minuten und eine Belastungsintensität entsprechend 80% VO_{2max} bis zu etwa zwei Stunden seiner maximalen Sauerstoffaufnahme einsetzen. Im Gegensatz dazu und zur besseren Veranschaulichung fällt beim Untrainierten bei Belastung der nutzbare Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme (%VO_{2max}) deutlich niedriger aus. Bei einer einstündigen Belastung kann der Untrainierte lediglich etwa 50% seiner VO_{2max} realisieren (Zintl et al. 2001, Hottenrott et al. 2008).

Für das *Kollektiv* der gesamten Probanden wurde beim Parameter der Sauerstoffaufnahme VO_{2MLSS} ein Mittelwert von $51 \pm 5,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 125) festgestellt. Dabei streuen diese Werte zwischen $41,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ und $66,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Dabei ergaben sich beim *Cluster 1* Werte der VO_{2MLSS} von $59,1 \pm 6,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 126). Hier ergibt sich eine Streuung der Werte von $53,6 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1}$ und $66,2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Im *Cluster 2* wurden Werte der VO_{2MLSS} von $49,5 \pm 2,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ mit einer Streuung zwischen $44,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ und $55 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ festgestellt (Tab. 127).

Der *Cluster 3* hatte eine durchschnittliche VO_{2MLSS} von $53 \pm 3,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Hierbei betrug die Streuung der Werte zwischen $47,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und $58,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Tab. 128).

Bei der VO_{2MLSS} des *Cluster 4* wurden Mittelwerte von $49,6 \pm 4,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ gemessen. Wobei sich die Streuung der Werte zwischen $41,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und $55,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ aufhielt (Tab. 129).

Die Werte vom *Cluster 5* ergeben eine VO_{2MLSS} von $45,1 \pm 2,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und einer Streuung der Mittelwerte zwischen $42,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ und $47,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Tab. 130).

Im Anbetracht auf den *Case* erreicht dieser eine VO_{2MLSS} von $66,2 \pm 3,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Tab. 131).

Werden nun die Werte der VO_2 im MLSS in den jeweiligen Clustern 1-5 miteinander verglichen, so kommt folgendes Ergebnis zum Vorschein: Cluster 1 unterscheidet sich in den Mittelwerten hoch signifikant von Cluster 2 ($p = 0,003$), Cluster 4 ($p = 0,003$) und Cluster 5 ($p = 0,000$). Außerdem unterscheidet sich noch Cluster 3 von Cluster 5 ($p = 0,019$) signifikant. Unter den anderen Clustern gibt es keine signifikanten Unterschiede.

Londeree und Ames (1975) fanden in dessen Studie heraus, dass eine hohe Korrelation zwischen der HR im MLSS und der relativen VO_2 im MLSS von 0,90 und 0,82 besteht.

LaFontaine, Londeree und Spath (1981) untersuchten in deren Studie, wie sich das MLSS in verschiedenen Laufdistanzen auswirkt. Dabei entsprach die VO_2 am MLSS einen Wert von $52,4 \pm 4,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Dieser Wert ist mit unserer durchschnittlichen VO_2 im MLSS mit einem Wert von $51 \pm 5,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ vergleichbar.

Haverty et al. (1988) konnte in seiner Studie mit 11 Läufern aus dem Amateurbereich und einer VO_{2max} $57,2 \pm 4,6 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ eine VO_2 im MLSS von $45,9 \pm 4,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ feststellen. Dieser Wert ist deutlich niedriger als unsere VO_2 mit $51,0 \pm 5,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ im MLSS.

Kilding et al. (2005) konnte in seiner Studie bei 16 gut trainierten Langstreckenläufern eine VO_2 an der V_T mit $49,4 \pm 1,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ feststellen. Diese Läufer hatten eine VO_{2max} von $60,2 \pm 1,5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. In unserer Studie fanden wir einen ähnlichen VO_2 Wert von $51,0 \pm 5,3 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ im MLSS auf.

Leti et al. (2012) fand in seiner Studie mit 14 Mittel- und Langstreckenläufer heraus, dass sich die VO_2 am VT_2 in einer Höhe von $54,5 \pm 7,4 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ befand. Im Vergleich war

in unserer Studie die VO_2 im MLSS bei $51 \pm 5,3 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ anzutreffen, wobei dabei Cluster 1 mit $59,1 \pm 6,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ höher war.

12.2.2 Atemminutenvolumen (VE)

Das *Kollektiv* der Probanden erreichte eine VE im Mittel von $111 \pm 12 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Die Mittelwerte ergaben eine Streuung von $92 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ bis $136 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 125).

Der *Cluster 1* hat ein mittleres VE von $124 \pm 6 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und eine Streuung zwischen $118 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ bis $132 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 126).

Die Werte der VE im *Cluster 2* sind im Durchschnitt $112 \pm 13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Dabei beträgt der kleinste Wert $98 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ und der größte Wert $136 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 127).

Der *Cluster 3* erreicht im Mittel eine VE von $107 \pm 9 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Die Streuung befindet sich hier zwischen $92 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ bis $117 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 128).

Im *Cluster 4* wurde ein Mittelwert der VE von $113 \pm 13 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ festgestellt. Die Mittelwerte bewegen sich in einem Bereich von $96 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ bis $131 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 129).

Die Mittelwerte des *Cluster 5* erreichen Werte von $105 \pm 12 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ mit einer Streuung von $92 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ bis $117 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tab. 130).

Außerdem wurden beim *Case* Werte von durchschnittlich $132 \pm 11 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ festgestellt (Tab. 131).

12.2.3 Respiratory Exchange Ratio (RER)

Das *Kollektiv* der gesamten Probanden erreichte ein RER im Durchschnitt von $0,97 \pm 0,07$. Die Werte bewegen sich zwischen 0,84 und 1,21 (Tab. 125).

Der *Cluster 1* hat ein mittleres RER von $0,98 \pm 0,07$ und eine Streuung zwischen 0,90 bis 1,05 (Tab. 126).

Die Werte des RER im *Cluster 2* sind im Durchschnitt $0,96 \pm 0,07$. Dabei beträgt der kleinste Wert 0,86 und der größte Wert 1,08 (Tab. 127).

Der *Cluster 3* erreicht im Mittel ein RER von $0,94 \pm 0,05$. Die Streuung befindet sich hier zwischen 0,86 und 1,03 (Tab. 128).

Im *Cluster 4* wurde ein Mittelwert des RER von $0,97 \pm 0,07$ festgestellt. Die Mittelwerte bewegen sich in einem Bereich von 0,84 bis 1,21 (Tab. 129).

Die Mittelwerte des *Cluster 5* erreichen Werte von $0,98 \pm 0,05$ mit einer Streuung von 0,91 bis 1,03 (Tab. 130).

Außerdem wurden beim *Case* Werte von durchschnittlich $1,05 \pm 0,03$ festgestellt (Tab. 131).

Leti et al. (2012) führte bei 14 Mittel- und Langdistanzstreckenläufern zwei Testserien von durch (erste Testserie: Maximaler Ausbelastungstest im Feld (Laufbahn) inkl. Spiroergometrie mittels Oxycon Mobile Pro, Jaeger, Hoechberg, Germany, (VO_2max , maximale Geschwindigkeit, ventilatorische Schwellen (VT, RCP), zweite Testserie: mehrere 30minütige konstante Geschwindigkeitstests zur Ermittlung des MLSS und deren Geschwindigkeit). Dabei unterschieden sich die Geschwindigkeiten bei RER 1,00 von den Geschwindigkeiten am RCP und der des MLSS kaum ($15,7 \pm 1,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $16,2 \pm 1,4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, $15,5 \pm 1,1 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$). Die gesamten Probanden erreichten in der durchgeführten Studie ein RER im Durchschnitt von $0,97 \pm 0,07$ welcher Wert nahezu dem RER von 1,00 von Leti et al. (2012) gleichzusetzen ist. Die Werte bewegten sich zwischen 0,84 und 1,21 (Tab. 125).

Diese Studie von Leti et al. (2012) demonstriert, dass jene Geschwindigkeit mit einem RER von 1,00, welche bei einem maximalen progressiven Feldtest ermittelt wurde, sich gut an die Geschwindigkeit vom MLSS anpasst. Positiver Aspekt dabei ist, dass die vielen dafür benötigten MLSS-Tests zur Ermittlung der MLSS-Geschwindigkeit nicht benötigt werden da man ja die Geschwindigkeit bei einem RER von 1,00 zur Trainingssteuerung heranziehen kann, welcher nahezu der MLSS –Geschwindigkeit gleichzusetzen ist. Dieses Resultat ist wichtig um die Trainingsintensität eines Athleten besser steuern und für ihn vom Labor ins Feld besser adaptieren zu können.

Es wurde wenig nennenswerte Literatur im Bereich der genauen Zuordnung des RER und der VE für diese Sportart gefunden.

12.2.4 Korrelationen Feldtest - HM vs. MLSS - Test

Bei der Korrelation MLSS – Parameter vs. Feldparameter werden im Kollektiv (n=36) die jeweiligen Variablen aus dem MLSS – Test (VE, VO_2 , $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$) mit der Variable Laufzeit des Feldtests verglichen. Hierbei wird die gesamte Laufzeit vom Feld über 5 Runden, die VO_2 Total (gesamte Sauerstoffaufnahme im Feld über 5 Runden) und die $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ Total (gesamt geleistete Geschwindigkeit im Feld über 5 Runden) herangezogen (Tab. 209).

Hierbei ergeben sich deutliche Signifikanzen mit hohen Korrelationen:

Vergleicht man nun die Laufzeit mit der VO_2 im MLSS so ergibt sich ein r von = -0,61 und einem p = 0,000 mit einer hohen Signifikanz. Für die Laufgeschwindigkeit im Feldtest ergibt sich ein r von = -0,85 und einem p = 0,000 mit ebenfalls hoher Signifikanz (Tab. 209). Im Vergleich dazu konnten Smekal et al. (2003) bei dessen Studie mit 11 Orientierungsläufern des österreichischen Nationalteams eine Korrelation zwischen der Laufzeit und der Laufgeschwindigkeit mit einem r von = 0,98 und einem p von = 0,001 beobachten.

Diese beiden Parameter können eine gute Prognose einer guten Laufzeit abgeben. Jene Probanden mit der höchsten VO_2 im MLSS sowie mit der schnellsten Laufgeschwindigkeit können im Feldtest die schnellsten Rundenzeiten laufen. Auch die Parameter VO_2 (r=0,82; p=0,000) und die Laufgeschwindigkeit im MLSS stehen in einen hohen signifikanten Zusammenhang (Tab. 211).

Haverty et al. (1988) testete in seiner Studie 11 Läufern aus dem Amateurbereich und führte dabei drei Testserien durch. Erste Serie: Ausbelastungstest am Laufband, 4 Minuten Aufwärmphase bei $2,41 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, Belastungssinkrement $0,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ alle 2 Minuten, Gould-9000 computerunterstützte Aufzeichnung der Atemgase (VO_2 , VE, VCO_2), alle 2 Minuten Blutabnahme aus der Fingerspitze, Herzfrequenzmessung mittels EKG (Hewlett Packard). Zweite Testserie: 20minütige MLSS-Tests, dabei durfte das Laktat von der 10-20 Minute nicht mehr als $0,2 \text{ mmol}\cdot\text{l}^{-1}$ und die Sauerstoffaufnahme nicht mehr als $0,2 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ansteigen. Dritte Testserie: 5 km Wettkampf zur Bestimmung der Laufgeschwindigkeit. Ziel war es eine Beziehung zwischen dem Laktat und der VO_2 im MLSS herauszufinden.

Alle der Testvariablen welche am Laufbandtest und im simulierten 5 km Wettkampf eruiert wurden (LT, RCP, Laktat im MLSS und der VO_2 im MLSS), unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Es ergaben sich hohe Korrelationen zwischen dem Laktat und der VO_2 im MLSS (r=0,90). Daraus kann man schließen, dass für eine gute

Wettkampfleistung (höhere Durchschnittsgeschwindigkeit) eine hohe Geschwindigkeit am RCP sowie im MLSS benötigt wird.

Vergleicht man nun auch noch die VO_2 Total im HM - Feldtest mit dem VO_2 im MLSS, so ergibt sich auch hier eine hohe Signifikanz von $r = 0,74$ und einem p von $= 0,000$. Auch für die Laufgeschwindigkeit ergibt sich eine hohe Signifikanz von $r = 0,82$ und einem $p = 0,000$ (Tab. 211).

Diejenigen Probanden mit der größten VO_2 Total im Feldtest – HM erreichen natürlich auch im MLSS – Test die höchste VO_2 ($r=0,73$; $p=0,000$) und auch die schnellste Laufgeschwindigkeit ($r=0,83$; $p=0,000$).

Auch die VO_2 im MLSS – Feldtest verglichen mit der Laufgeschwindigkeit im Feldtest ergeben mit einem r von $= 0,64$ ($p=0,000$) einen hoch signifikanten Zusammenhang (Tab. 214).

Die Werte der im MLSS – Test aufgezeichneten Parameter VO_2 und Km.h^{-1} können eine gute Prognose für eine hohe VO_2 im Feld und einer möglichst schnellen Laufzeit hervor sagen.

Faude, Kindermann und Meyer (2009) konnten in dessen Studie, wo diese 18 Studien bezüglich derer Korrelationen zwischen der VO_2 in verschiedenen langen Laufdistanzen (800 m – 42,195 km) und deren Laktatschwellen verglichen. Hierbei konnten sehr hohe Korrelationen bezüglich der simulierten Laufdistanzen festgestellt werden. Vor allem in den Distanzen 19,3 – 42,2 km konnten Zusammenhänge am LTP2 mit einem durchschnittlichen r von $= 0,68$ ausgewertet werden. Diese Signifikanz im Zusammenhang von der gesamten VO_2 Total und der VO_2 im MLSS ist unserem Wert mit $r = 0,73$ nahezu gleichzusetzen.

Bei der Studie von Leti et al. (2012) korrelierte die Geschwindigkeit bei RER 1,00 besser mit der Geschwindigkeit im MLSS ($r=0,79$, $p=0,001$) als mit der Geschwindigkeit am RCP ($r=0,73$, $p=0,002$). Im Vergleich dazu korrelierte die Geschwindigkeit in der vorliegenden Studie im MLSS mit jener im Feldtest (RER_{HM} 0,95) mit einem Wert von $r = 0,88$ und einem p von $= 0,000$.

12.3 Zusammenfassung

Durch den Einsatz der transportablen Spiroergometrie Einheit konnten interessante Aspekte bezüglich der Intensität beobachtet werden. Da zusätzlich zu den kardiopulmonalen und metabolischen Parametern auch noch die VO_2 , VE und RER aufgezeichnet wurden, lässt sich eine gute Prognose der inneren Beanspruchung und der äußeren Belastung voraussagen.

Im Feldtest – HM erreichen 36 % aller Probanden eine höhere durchschnittliche VO_2 gegenüber der im MLSS gemessenen VO_2 . Dies könnte auf eine schlechtere Laufökonomie (Gegenwind, Leistungseinbruch) im Feldtest gegenüber dem MLSS – Test rückzuführen sein. In den einzelnen Clustern ergeben sich durchschnittliche über die gesamten fünf Runden gemessene Intensitäten von 91,2 – 111,2 % von der VO_2 im MLSS. Der Case erreicht dabei eine Intensität von über 128 % der VO_2 im MLSS.

Vergleicht man nun die Laufgeschwindigkeit aller Probanden im Feldtest – HM mit der im MLSS – Test, so bringt das Kollektiv den Feldtest mit einer um 6,3 % niedrigeren Laufgeschwindigkeit hinter sich. Der Grund dafür könnte sein, dass beim MLSS – Test die Probanden die Laufgeschwindigkeit vorgegeben bekommen und diese dadurch auch besser halten können. Der andere Grund wäre, dass dieser Test nur 30 min dauert und auf einer immer gleichbleibenden Umgebung (400 m Laufbahn) stattfindet. Höhere Laufzeiten gehen daher auch mit einer schlechteren Selbsteinschätzung bezüglich der gewählten Laufgeschwindigkeit einher.

Die submaximalen Werte der Parameter, welche im MLSS – Test gemessen wurden (VO_2 , Km.h^{-1}), weisen eine hohe Korrelation mit denen im Feldtest sportartspezifischen Variablen auf.

Als Conclusio kann man behaupten, dass diese MLSS – Parameter (VO_2 , Km.h^{-1}) für eine Prognose bezüglich der Laufzeiten in einem Wettkampf herangezogen werden können und sowohl als auch in die Trainingssteuerung eingeplant werden kann.

Literaturverzeichnis (Pichler)

- Aigner, A., Muss, N. (1983). Wertigkeit einer nicht - invasiven Methode zur Bestimmung der anaeroben Schwelle unter Laborbedingungen und im Feldtest. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 9, 284-289.
- Almarwaey, O., Jones, A. and Tolfrey, K. (2003). Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. *Journal of Sports Science*, 22, 215-225.
- Beneke, R. (2003). Maximal lactate steady state concentration (MLSS): experimental and modelling approaches. *Eur J Appl. Physiol*, 88:361-369.
- Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol*, 89: 95-99.
- Beneke, R., Hütler, M., Leithäuser R. (1999). Maximal lactate-steady-state independent of performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1135-1139.
- Beneke, R., Leithäuser, R., Schwarz, V., und Heck, H. (2000). Maximales Laktat-steady-state bei Kindern und Erwachsenen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51:3, 100-104.
- Billat, V., Berhard, O., Pinoteau, J., Petit, B. and Koralsztein, J.P. (1993). Time to exhaustion at VO_2max and lactate steady velocity in sub elite long-distance runner. *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique*, 102, 215-219.
- Billat, V., Dalmay, F., Antonini, MT., et al. (1994). A method for determining the maximal steady state of blood lactate concentration from two levels of submaximal exercise. *Eur J Appl Physiol*; 69; 196-202.
- Billat, V., Demarle, A., Paiva, M., Koralsztein, J. P. (2002). Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (male and females). *Int J Sports Med*, 23, 336-341.
- Campell et al
- Clasing, D., Weicker, H., Böning, D. (1994). *Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T. (2009). Lactate Threshold Concepts. How Valid are They? *Sports Med*, 39(6), 469-490.
- Föhrenbach. B., Mader, A., Hollmann, W. (1987). Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *Int. J Sports Med*; 8, 11-8.
- Fontana, P., Boutellier, U., Knöpfli-Lenzin, C. (2009). Time to exhaustion at maximal lactate steady state is similar for cycling and running in moderately trained subjects. *Eur J Appl Physiol* 107:187-192.

- Garcin, M., Danel, M., Billat, V. (2008). Perceptual Responses in free vs. Constant pace exercise. *Int J Sports Med*, 29, 453-459.
- Hagan R.D., Upton, S.J., Ducan, J.J., Gettman, L.R. (1987). Marathon performance in relation to maximal aerobic power and training indices in female distance runners. *Brit.J.Sports Med.*, 21, 1, 3-7.
- Haverty, M., Kenney, W. L., Hodgson, J.L. (1988). Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. *Brit. J. Sports Med.*, 22, 51-54.
- Heck, H. (1990). Laktat in der Leistungsdiagnostik. Schorndorf: Hofmann Verlag.
- Heck, H., Hess, G., Mader, A. (1985). Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat – Schwellenkonzepten. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 1, 19-25.
- Hering G- Ströcker, F., Obert, A., Sautter, T. und Riehle, H. (2002). Die Voraussagegenauigkeit der Wettkampfzeit beim Halbmarathon durch Bestimmung des maximalen Laktat-Steady-States im Vergleich zur Selbsteinschätzung der Läufer. *Universität Konstanz Sportwissenschaft*.
- Hoffman, P., Pokan, R., Preidler, K. et al. (1994). Relationship between HR threshold, lactate turn point and myocardial function. *Int. J. Sports. Med.* 15:232-237.
- Kuphal, K.E., Potteigner, J.A., Frey, B.B. and Hise, M.P. (2003). Validation of a single-day maximal lactate steady state assessment protocol. *The journal of sports medicine and physical fitness*, 44:132-40.
- LaFontaine, T., Londeree, B. and Spath, W. (1981). The maximal steady state versus selected running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 13:3, 190-192.
- Lanao, J. E., Juan, A. F., Earnest, C. P., Foster, C., Lucia, A. (2005). How do endurance runners actually train. Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(3), 496-504.
- Leger, L. & Mercier, D. (1983). *Motricite Humaine* 2, 66-69.
- Leti, T., Mendelson, M., Laplaud, D., Flore, P. (2012). Prediction of maximal lactate steady state in runners with an incremental test on the field. *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 609-616.
- Midgley, A. W., Mc Naughton, L. R., Jones, A. M. (2007). Training to Enhance the Physiological Determinates of Long-Distance Running Performance. *Sports Med*, 37 (10), 857-880.
- Midgley, A. W., Mc Naughton, L. R., Wilkinson, M. (2005). The Relationship between the Lactate Turnpoint and the Time at VO₂max during a Constant Velocity Run to Exhaustion. *Int J Sports Med*, 27, 278-281.

- Palmer, A., Potteiger, J., Nau, K. and Tong, R. (1998). A 1-day maximal steady-state assessment protocol for trained runners. *MEDICINE & SCIENCE in SPORTS & EXERCISE*, 1336-1341.
- Priest, J.W. & Hagan, R.D. (1987). The effects of maximum steady state pace training on running performance. *Brit..J. Sports Med*, 21, 18-21.
- Reis, V. M., Silva, A. J., Ascensao, A., Duarte, J. A. (2005). Inclusion of exercise intensities above the lactate threshold in VO_2 / running speed regression does not improve the precision of accumulated oxygen deficit estimation in endurance – trained runners. *Journal of Sports Med Sci Science and Medicine*, 4, 455-462.
- Röcker, K., Schotte, O., Niess, A. M., Horstmann, T., Dickhuth, H. H. (1998). Predicting competition performance in long – distance running by means of treadmill test. *Med Sci Sports Exerc*, 30(10), 1552-1557.
- Seiler, K. S., Kjerland, G. O. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? *J Med Sci Sports*, 16, 49-56
- Sid-Ali, B., Vandewalle, H., Chair, K., Moreaux, A., and Monod, H. (1990). Lactate steady state velocity and distance-exhaustion time relationship in running. *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique*, 99, 297-301.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Lang, K., Tschan, H., Baron, R., ... Schmid, P. (1999). The heart rate turn point reliability and methodological aspects. *Med Sci Sports Exerc*, 31(6), 903-907.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Lang, K., Tschan, H., Baron, R., ... Bachl, N. (2003a). Respiratory gas exchange and lactate measures during competitive orienteering. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 682-689
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Lang, K., Tschan, H., Baron, R., ... Bachl, N. (2003b). Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles. *Eur J Appl Physiol*, 89(5), 489-495.
- Snyder, A.C., Woufle, T., Welsh, R., and Foster, C. (1994). A simplified approach to estimating the maximal lactate steady state. *Int. J. Sports Med*. 15:27-31.
- Tanaka, K., Metsuura Y., Matsuura, A., et al. (1984). A longitudinal assessment of anaerobic treshhold and distance-running performance. *Med Sci Sports Exerc*. 16, 276-82.
- Urhausen, A. (1993). Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady-state. *Int J Sports Med*, 34:134-9.
- Urhausen, A., Coen, B., Weiler, B., and Kindmann, W. (1993). Individul Anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int. J. Sports Med*. 14, 134-139.

Williams, C. and Nute, M. (1983). Some physiological demands of a Half-Marathon race on recreational runners. *Brit. J. Sports Med*, 14, 3, 152-161.

Wrage, A., Schröder, J., Ziegler, M., Reer, R., Braumann, K. M. (2005). Vergleich verschiedener Konzepte zur Bestimmung des maximalen Laktat – Steady – State. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56(7/8), 219-220.

Zapparo, P., Perini, R., Peano, C. et al (2001). The self selected speed of running in recreational long-distance runners. *Int J Sports Med*, 37:32-40.

Literaturverzeichnis (Puggl)

- Aigner, A., Muss, N. (1983). Wertigkeit einer nicht - invasiven Methode zur Bestimmung der anaeroben Schwelle unter Laborbedingungen und im Feldtest. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 9, 284-289.
- Arrese, A. L., Izquierdo, Munguia, D., Galindo, J. R. (2006). Physiological Associated with Marathon running performance in high – level male and female homogeneous groups. *Int J Sports Med*, 27, 289-295.
- Beneke, R., Huetler, M., Leithäuser, R. M. (2000). Maximal lactate – steady – state independent of performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(6), 1135-1139.
- Billat, V., Bernard, O., Pinoteau, J., Petit, B., Koralsztein, J. P. (1993). Time to exhaustion at VO_2max and lactate steady state velocity in sub elite long-distance runners. *Archives Internationales de Physiologie, de Biochimie et de Biophysique*, 102, 215-219.
- Billat, V., Renoux, J. C., Pinoteau, J., Petit, B., Koralsztein, J. P. (1994). Times to exhaustion at 100% of velocity at VO_2max and modeling of the time – limit / velocity relationship in elite long – distance runners. *Eur J Appl Physiol*, 69, 271-273.
- Billat, L. V., Koralsztein, J. P. (1996). Significance oft he Velocity at VO_2max and Time to Exhaustion at this Velocity. *Sports Med*, 22(2), 90-108.
- Billat, V., Demarle, A., Paiva, M., Koralsztein, J. P. (2002). Effect of training on the physiological factors of performance in elite marathon runners (male and females). *Int J Sports Med*, 23, 336-341.
- Clasing, D., Weicker, H., Böning, D. (1994). *Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Denoth, J., (2008). Theoretische Betrachtungen zur maximalen Leistung im Ausdauersport bei einem durch die maximale Sauerstoffaufnahme begrenzten Energieverbrauch. *Schweizerische Z. „Sportmed. und Sporttraumatologie“*, 56 (2), 77-81.
- Díaz, V., Benito, P. J., Peindado, A. B., Álvarez, M., Martín, C., Di Salvo, V., ... Calderón, F. J. (2008). Validation of new portable metabolic system during an incremental running test. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 532-536.
- Faude, O., Kindermann, W., Meyer, T. (2009). Lactate Threshold Concepts. How Valid are They? *Sports Med*, 39(6), 469-490.
- Garcin, M., Danel, M., Billat, V. (2008). Perceptual Responses in free vs. Constant pace exercise. *Int J Sports Med*, 29, 453-459.
- Haverty, M., Kenney, W. L., Hodgson, J.L. (1988). Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. *Brit. J. Sports Med.*, 22, 51-54.

- Heck, H., Hess, G., Mader, A. (1985). Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat – Schwellenkonzepten. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 1, 19-25.
- Heck, H., Hess, G., Mader, A. (1985). Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat – Schwellenkonzepten. *Dtsch. Z. Sportmed.*, 2, 40-52.
- Heck, H. (1990). Laktat in der Leistungsdiagnostik. Schorndorf: Hofmann Verlag.
- Hollmann, W., Strüder, H. K., Predel, H., Tagarakis, C. (2006). *Spiroergometrie*. Stuttgart: Schattauer Verlag.
- Hollmann, W., Strüder, H. K. (2009). *Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin*. (5 Auflage). Köln.
- Hottenrott, K., Neumann, G. (2008). *Methodik des Ausdauertrainings*. Schorndorf: Hofmann Verlag.
- Jost, H. (2003). *Laufen*. Hamburg: Rowohlt Verlag.
- Kilding, A. E., Winter, E. M., Fysh, M. (2006). A Comparison of Pulmonary Oxygen Uptake Kinetics in Middle- and Long – Distance Runners. *Int J Sports Med*, 27, 419-426.
- Kolb, H., Sobotka R., Werner R. (1996). *Trainingsbegleitende Untersuchungen für Elitesportler im Orientierungslauf*. Universitätssportzentrum Wien 1996.
- LaFontaine, T. P., Londeree, B. R., Spath, W. K. (1981). The maximal steady state versus selected running events. *Med Sci Sports Exerc*, 13(3), 190-192.
- Lanao, J. E., Juan, A. F., Earnest, C. P., Foster, C., Lucia, A. (2005). How do endurance runners actually train. Relationship with competition performance. *Med Sci Sports Exerc*, 37(3), 496-504.
- Lang, K. (1997). Orientierungslauf-Wettkampfsport Belastungsprofile anhand metabolischer und atmungsphysiologischer Parameter.
- Lepretre, P. M., Koralsztejn, J. P., Billat, V. (2004). Effect of exercise intensity on relationship between VO_2max and cardiac output. *Med Sci Exerc*, 37(4), 1357-1363.
- Leti, T., Mendelson, M., Laplaud, D., Flore, P. (2012). Prediction of maximal lactate steady state in runners with an incremental test on the field. *Journal of Sports Sciences*, 30(6), 609-616.
- Londeree, B.R., Ames, S.A. (1975). Maximal steady state versus state of conditioning. *Eur J Appl Physiol*, 34, 1-10.
- Marées, H. de. (2003). *Sportphysiologie*. Köln: Sport und Buch Strauß Verlag.
- Meyer, T., Welter, J. P., Scharhag, J., Kindermann, W. (2003). Maximal oxygen uptake during field running does not exceed that measured during treadmill exercise. *Eur J Appl Physiol*, 88, 387-389.

- Midgley, A. W., Mc Naughton, L. R., Wilkinson, M. (2005). The Relationship between the Lactate Turnpoint and the Time at VO_2max during a Constant Velocity Run to Exhaustion. *Int J Sports Med*, 27, 278-281.
- Midgley, A. W., Mc Naughton, L. R., Wilkinson, M. (2006). Is there an Optimal Training Intensity for Enhancing the Maximal Oxygen Uptake of Distance Runners? *Sports Med*, 36(2), 117-132.
- Midgley, A. W., Mc Naughton, L. R., Jones, A. M. (2007). Training to Enhance the Physiological Determinates of Long-Distance Running Performance. *Sports Med*, 37 (10), 857-880.
- Morton, R. H., Billat, V. (2000). Maximal endurance time at VO_2max . *Med Sci Sports Exerc*, 32(8), 1496-1504.
- Pokan, R., Förster, H., Hofmann, P., Hörtnagl, H., Ledl – Kurkowski, E., Wonisch, M. (Hrsg) (2004). *Kompandium der Sportmedizin, Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie*. Wien: Springer Verlag.
- Reis, V. M., Silva, A. J., Ascensao, A., Duarte, J. A. (2005). Inclusion of exercise intensities above the lactate threshold in VO_2 / running speed regression does not improve the precision of accumulated oxygen deficit estimation in endurance – trained runners. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 455-462.
- Röcker, K., Schotte, O., Niess, A. M., Horstmann, T., Dickhuth, H. H. (1998). Predicting competition performance in long – distance running by means of treadmill test. *Med Sci Sports Exerc*, 30(10), 1552-1557.
- Seiler, K. S., Kjerland, G. O. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? *J Med Sci Sports*, 16, 49-56.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Lang, K., Tschan, H., Baron, R., ... Schmid, P. (1999). The heart rate turn point reliability and methodological aspects. *Med Sci Sports Exerc*, 31(6), 903-907.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Lang, K., Tschan, H., Baron, R., ... Bachl, N. (2003a). Respiratory gas exchange and lactate measures during competitive orienteering. *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 682-689.
- Smekal, G., von Duvillard, S. P., Pokan, R., Lang, K., Tschan, H., Baron, R., ... Bachl, N. (2003b). Changes in blood lactate and respiratory gas exchange measures in sports with discontinuous load profiles. *Eur J Appl Physiol*, 89(5), 489-495.
- Tomasits & Haber (2007). *Leistungsphysiologie: Grundlagen für Trainer, Physiotherapeuten und Masseur*. Springer Wien New York.
- Trappe, H.J., Löllgen, H. (2000). Leitlinien zur Ergometrie. *Zeitschrift für Kardiologie*, 8, 821-837.

- William, L., Beaver, Karlman Wasserman, Whipp, B. J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol*, 60(6), 2020-2027.
- Wrage, A., Schröder, J., Ziegler, M., Reer, R., Braumann, K. M. (2005). Vergleich verschiedener Konzepte zur Bestimmung des maximalen Laktat – Steady – State. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 56(7/8), 219-220.
- Zintl, F., Eisenhut, A. (2001). *Ausdauertraining*. München: BLV.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Vergleich verschiedener Konzepte zur Bestimmung des MLSS am Laufband (Quelle: mod. n Beneke 2003, S.96)	16
Tab. 2: Anthropometrische Daten der Probanden (Kollektiv: n= 36)	27
Tab. 3: Korrelation der Anthropometrischen Daten (Alter, Gewicht, BMI) vs. der Laufzeit im Feld (in Minuten) (MW Kollektiv: n= 36)	28
Tab. 4: Trainings- und Wettkampfdaten der Probanden (Kollektiv: n= 36)	29
Tab. 5: Cluster 1 (Runners n=4)	31
Tab. 6: Cluster 2 (Runners n=9)	31
Tab. 7: Cluster 3 (Runners n=9)	32
Tab. 8: Cluster 4 (Runners n=10)	33
Tab. 9: Cluster 5 (Runners n=4)	33
Tab. 10: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)..	37
Tab. 11: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)	37
Tab. 12: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)	38
Tab. 13: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)	38
Tab. 14: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 24)	39
Tab. 15: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: n= 36)	39
Tab. 16: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Kollektiv: n= 36)	40
Tab. 17: Signifikanz Überprüfung der 5 Runden (MW Kollektiv: n= 36)	40
Tab. 18: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)	41
Tab. 19: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)	42
Tab. 20: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)	42
Tab. 21: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)	43
Tab. 22: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)	43
Tab. 23: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 1: n=4)	44
Tab. 24: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 1: n= 4)	45
Tab. 25: Vergleich der Rundenzeit im Halbmarathon (Cluster 1: n= 4)	45
Tab. 26: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)	46
Tab. 27: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)	46
Tab. 28: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)	47

Tab. 29: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)	47
Tab. 30: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)	48
Tab. 31: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 2: n=9)	48
Tab. 32: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 2; n= 9)	49
Tab. 33: Signifikanz Überprüfung der 4 Runden (MW Cluster 2: n= 9)	49
Tab. 34: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)	50
Tab. 35: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)	51
Tab. 36: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)	51
Tab. 37: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)	52
Tab. 38: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)	52
Tab. 39: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 3: n=9)	53
Tab. 40: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 3: n= 9)	54
Tab. 41: Signifikanzüberprüfung der 5 Runden (MW Cluster 3: n= 9)	54
Tab. 42: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)	55
Tab. 43: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)	55
Tab. 44: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)	56
Tab. 45: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)	56
Tab. 46: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)	57
Tab. 47: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 4: n=10)	57
Tab. 48: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 4: n= 10)	58
Tab. 49: Signifikanzüberprüfung der 5 Runden (Cluster 4: n= 10)	58
Tab. 50: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)	59
Tab. 51: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)	59

Tab. 52: Runde 2: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)	60
Tab. 53: Runde 3: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)	60
Tab. 54: Runde 4: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)	61
Tab. 55: Runde 5: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden: Cluster 5: n=4)	61
Tab. 56: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Zeit in Minuten (MW Cluster 5: n= 4)	62
Tab. 57: Vergleich der Rundenzeit im Halbmarathon (Cluster 5: n= 4)	62
Tab. 58: Alle 5 Runden: Mittelwert der Studienvariablen (MW Case: n= 1: Mittelwerte alle 5 Sekunden)	63
Tab. 59: Runde 1: Mittelwert der Studienvariablen (MW Case: n= 1: Mittelwerte alle 5 Sekunden)	64
Tab. 60: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable VO_2 (MW Kollektiv: n= 36)	66
Tab. 61: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: n= 36)	67
Tab. 62: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable HR (MW Kollektiv: n= 36)	68
Tab. 63: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: n= 36)	68
Tab. 64: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ (MW Kollektiv: n= 36)	70
Tab. 65: Vergleich der $Km \cdot h^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: n= 36)	70
Tab. 66: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable $Min \cdot km^{-1}$ (MW Kollektiv: n= 36)	71
Tab. 67: Vergleich der $Min \cdot km^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: n= 36)	72
Tab. 68: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwert der Studienvariable Laktat (MW Kollektiv: n= 36)	73
Tab. 69: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (Kollektiv: n= 36)	73
Tab. 70: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 1: n= 4)	75
Tab. 71: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: n= 4)	75
Tab. 72: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 1: n= 4)	77
Tab. 73: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: n= 4)	77
Tab. 74: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 1: n= 4)	79
Tab. 75: Vergleich der $Km \cdot h^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: n= 4)	79
Tab. 76: Mittelwert der Studienvariable $Min \cdot km^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 1: n= 4)	80
Tab. 77: Vergleich der $Min \cdot km^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: n= 4)	81
Tab. 78: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 5 Runden (MW Cluster 1: n= 4)	82
Tab. 79: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 1: n= 4)	82
Tab. 80: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 2: n= 9)	84
Tab. 81: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: n= 9)	84
Tab. 82: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 2: n= 9)	86
Tab. 83: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: n= 9)	86

Tab. 84: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 2: $n=9$).....	88
Tab. 85: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: $n=9$)....	88
Tab. 86: Mittelwert der Studienvariable $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 2: $n=9$) ..	89
Tab. 87: Vergleich der $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: $n=9$)	90
Tab. 88: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 5 Runden (MW Cluster 2: $n=9$).....	91
Tab. 89: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 2: $n=9$) ..	91
Tab. 90: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 3: $n=9$).....	93
Tab. 91: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: $n=9$)	93
Tab. 92: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 3: $n=9$)	95
Tab. 93: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: $n=9$).....	95
Tab. 94: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 3: $n=9$).....	97
Tab. 95: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: $n=9$)....	97
Tab. 96: Mittelwert der Studienvariable $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 3: $n=9$) ..	98
Tab. 97: Vergleich der $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: $n=9$)	99
Tab. 98: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 4 Runden (MW Cluster 3: $n=9$)....	100
Tab. 99: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 3: $n=9$)	100
Tab. 100: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 4: $n=10$)...	102
Tab. 101: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: $n=10$) .	102
Tab. 102: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 4: $n=10$)	104
Tab. 103: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: $n=10$)...	104
Tab. 104: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 4: $n=10$)	106
Tab. 105: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: $n=10$)	106
.....	106
Tab. 106: Mittelwert der Studienvariable $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 4: $n=10$)	107
.....	107
Tab. 107: Vergleich der $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: $n=10$)	108
.....	108
Tab. 108: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 4 Runden (MW Cluster 4: $n=10$)	109
Tab. 109: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 4: $n=10$)	109
.....	109
Tab. 110: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (MW Cluster 5: $n=4$).....	111
Tab. 111: Vergleich der VO_2 im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: $n=4$) ...	111
Tab. 112: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Cluster 5: $n=4$)	113
Tab. 113: Vergleich der HR im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: $n=4$).....	113
Tab. 114: Mittelwert der Studienvariable $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 5: $n=4$)..	115
Tab. 115: Vergleich der $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: $n=4$)	115
Tab. 116: Mittelwert der Studienvariable $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ über 5 Runden (MW Cluster 5: $n=4$)	116
.....	116
Tab. 117: Vergleich der $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: $n=4$)	117
.....	117
Tab. 118: Mittelwert der Studienvariable Laktat über 4 Runden (MW Cluster 5: $n=4$)..	118
Tab. 119: Vergleich des Laktats im Verlauf der einzelnen Runden (MW Cluster 5: $n=4$)	118
.....	118

Tab. 120: Mittelwerte der Studienvariable VO_2 (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) über 5 Runden (MW Case: n= 1).....	120
Tab. 121: Mittelwerte der Studienvariable HR über 5 Runden (MW Case : n= 1)	122
Tab. 122: Mittelwerte der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ über 5 Runden (MW Case: n= 1).....	123
Tab. 123: Mittelwerte der Studienvariable $Min \cdot km^{-1}$ über 5 Runden (MW Case: n= 1) ...	124
Tab. 124: Gesamtansicht der 5 Runden: Mittelwerte der Studienvariable Laktat (MW Case: n= 1)	125
Tab. 125: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; gesamtes Kollektiv n=36).....	125
Tab. 126: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 1 n=4)	126
Tab. 127: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 2 n=9)	126
Tab. 128: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 3 n=9)	127
Tab. 129: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 4 n=10)	127
Tab. 130: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Cluster 5 n=4)	128
Tab. 131: MLSS: Mittelwert der Studienvariablen (MW alle 5 Sekunden; Case n=1).....	128
Tab. 132: Mittelwerte aller Studienvariablen vom MLSS im Überblick	129
Tab. 133: Mittelwert der Studienvariable HR im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	130
Tab. 134: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	130
Tab. 135: Vergleich der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ im MLSS bei den einzelnen Clustern in Cluster 1-5).....	130
Tab. 136: Mittelwert der Studienvariable VE im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	131
Tab. 137: Mittelwert der Studienvariable LA im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	131
Tab. 138: Mittelwert der Studienvariable VO_2 im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	131
Tab. 139: Vergleich der Studienvariable VO_2 im MLSS bei den einzelnen Cluster.....	132
Tab. 140: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in % vom MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	132
Tab. 141: Mittelwert der Studienvariable RER im MLSS (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	132
Tab. 142: Mittelwert aller Studienvariablen vom Halbmarathon im Überblick.....	133
Tab. 143: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	133
Tab. 144: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in % vom MLSS über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	134

Tab. 145: Mittelwert der Studienvariable HR über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	134
Tab. 146: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	134
Tab. 147: Mittelwert der Studienvariable LA über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	135
Tab. 148: Mittelwert der Studienvariable VO_2 über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	135
Tab. 149: Vergleich der Studienvariable VO_2 im Halbmarathon der einzelnen Cluster ..	135
Tab. 150: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	136
Tab. 151: Vergleich der Halbmarathonzeit in min der einzelnen Cluster	136
Tab. 152: Mittelwert der Studienvariable VE über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	136
Tab. 153: Mittelwert der Studienvariable RER über 5 Runden (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	137
Tab. 154: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	137
Tab. 155: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	137
Tab. 156: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	138
Tab. 157: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	138
Tab. 158: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	138
Tab. 159: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	139
Tab. 160: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	139
Tab. 161: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	139
Tab. 162: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in % vom MLSS in Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	140
Tab. 163: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 1 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	140
Tab. 164: Vergleich der Rundenzeit von Runde 1 in min der einzelnen Clustern.....	141
Tab. 165: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	141
Tab. 166: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	141
Tab. 167: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	142

Tab. 168: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	142
Tab. 169: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	142
Tab. 170: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	143
Tab. 171: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	143
Tab. 172: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	143
Tab. 173: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in % vom MLSS in Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	144
Tab. 174: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 2 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	144
Tab. 175: Vergleich der Rundenzeit von Runde 2 in min der einzelnen Clustern.....	144
Tab. 176: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	145
Tab. 177: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	145
Tab. 178: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	145
Tab. 179: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	146
Tab. 180: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	146
Tab. 181: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	146
Tab. 182: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	147
Tab. 183: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	147
Tab. 184: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in % vom MLSS in Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	147
Tab. 185: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 3 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	148
Tab. 186: Vergleich der Rundenzeit von Runde 3 in min der einzelnen Clustern.....	148
Tab. 187: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	148
Tab. 188: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	149
Tab. 189: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	149
Tab. 190: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	149

Tab. 191: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	150
Tab. 192: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	150
Tab. 193: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	150
Tab. 194: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	151
Tab. 195: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in % vom MLSS in Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	151
Tab. 196: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 4 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	151
Tab. 197: Vergleich der Rundenzeit von Runde 4 in min der einzelnen Clustern.....	152
Tab. 198: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	152
Tab. 199: Mittelwert der Studienvariable $Km \cdot h^{-1}$ in % vom MLSS in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	152
Tab. 200: Mittelwert der Studienvariable HR in % vom MLSS in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	153
Tab. 201: Mittelwert der Studienvariable HR in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	153
Tab. 202: Mittelwert der Studienvariable LA in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	153
Tab. 203: Mittelwert der Studienvariable VE in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	154
Tab. 204: Mittelwert der Studienvariable RER in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	154
Tab. 205: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5).....	154
Tab. 206: Mittelwert der Studienvariable VO_2 in % vom MLSS in Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	155
Tab. 207: Mittelwert der Studienvariable Zeit in min für Runde 5 (Gesamtes Kollektiv aufgeteilt in Cluster 1-5)	155
Tab. 208: Vergleich der Rundenzeit von Runde 5 in min der einzelnen Clustern.....	155
Tab. 209: Korrelation der MLSS - Parameter (HR, VO_2 , VE, RER, $Km \cdot h^{-1}$, LA, Alter, Gewicht, BMI) vs. der Laufzeit im Feld (in Minuten) (MW Kollektiv: n= 36).....	156
Tab. 210: Korrelation der MLSS-Parameter (VO_2 , $Km \cdot h^{-1}$) vs. der HR Total (gesamte Herzfrequenz über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: n= 36).....	157
Tab. 211: Korrelation der MLSS-Parameter (VO_2 , $Km \cdot h^{-1}$) vs. der VO_2 Total (gesamte Sauerstoffaufnahme über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: n= 36)	157
Tab. 212: Korrelation der MLSS-Parameter (VO_2 , $Km \cdot h^{-1}$) vs. der VE Total (gesamtes Atemminutenvolumen über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: n= 36).....	157
Tab. 213: Korrelation der MLSS-Parameter (VO_2 , $Km \cdot h^{-1}$) vs. dem RER Total (gesamten Respiratory Exchange Ratio über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: n= 36).....	157

Tab. 214: Korrelation der Laborparameter (VO_2 , $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$) vs. $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ Total (gesamten Kilometer pro Stunde welche über 5 Runden geleistet werden) (MW Kollektiv: $n=36$)...	158
Tab. 215: Korrelation der Laborparameter (VO_2 , $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$) vs. Laktat Total (MW Kollektiv: $n=36$)	158
Tab. 216: Korrelation der MLSS - Parameter (HR, VO_2 , VE, RER, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, LA) vs. derselben Feldparameter (MW Kollektiv: $n= 36$).....	158
Tab. 217: Korrelation der Laufzeit im HM - Feldtest (in min) vs. Laufzeit HM - Bestzeit (in min) (MW Kollektiv: $n=36$)	159
Tab. 218: Korrelation der Laufzeit im HM - Feldtest (in min) vs. der Trainingsparameter (Laufkilometer/Woche, WNTZ- Wochen-Nettotrainingszeit und HM-Erfahrung- Anzahl der bereits absolvierten Halbmarathons) (MW Kollektiv: $n=36$)	159
Tab. 219: Unterschiede der MLSS - Parameter (HR, VO_2 , VE, RER, $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, LA) vs. derselben Feldparameter (gesamte Sauerstoffaufnahme über 5 Runden im Feld) (MW Kollektiv: $n= 36$)	159
Tab. 220: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Kollektiv: $n= 36$)	160
Tab. 221: Prozentuelle Darstellung erbrachten Leistung im Feld im Verhältnis zu den MLSS-Werten. (Cluster 1: $n= 4$)	163
Tab. 222: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Cluster 2: $n= 9$)	165
Tab. 223: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Cluster 3: $n= 9$)	168
Tab. 224: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Cluster 4: $n= 10$)	170
Tab. 225: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Cluster 5: $n= 4$)	173
Tab. 226: Prozentuelle Darstellung der MLSS - Werte im Verhältnis zur maximal erbrachten Leistung im Feld (Prozent Case: $n= 1$)	175
Tab. 227: Vergleich unserer Gleichungen mit der Literatur (eigenen Darstellung)	190
Tab. 228: Maximale Sauerstoffaufnahme im Labor bzw. Feld für Mittel- und Langstreckenläufer aus der aktuellen Literatur. Gesammelte eigene Darstellung.....	206

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Transportables Atemgasanalysegerät von der Firma Jaeger (Modell - Oxycon Mobile)	22
Abb. 2: GPS-Verlauf der Laufstrecke rund um den Wienerwaldsee	26
Abb. 3: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Kollektiv: $n = 36$) ..	40
Abb. 4: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 1: $n = 4$)....	44
Abb. 5: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 2: $n = 9$)....	49
Abb. 6: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 3: $n = 9$)....	53
Abb. 7: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 4: $n = 10$)..	58
Abb. 8: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Cluster 5: $n = 4$)....	62
Abb. 9: Darstellung der Laufzeit (in Minuten) für jede der 5 Runden (Case: $n = 1$)	64
Abb. 10: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO_2 , die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Kollektiv: $n = 36$) ...	65
Abb. 11: Sauerstoffaufnahme (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Kollektiv: $n = 36$)	66
Abb. 12: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Kollektiv: $n = 36$)	67
Abb. 13: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Kollektiv: $n = 36$)	68
Abb. 14: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $Km \cdot h^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $Km \cdot h^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Kollektiv: $n = 36$)	69
Abb. 15: Geschwindigkeit ($Km \cdot h^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Kollektiv: $n = 36$)	69
Abb. 16: $Min \cdot km^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Kollektiv: $n = 36$)	71
Abb. 17: Laktat Konzentration (in $mmol \cdot l^{-1}$) in den fünf Runden mit den MLSS-Feldtest-Wert. (Kollektiv: $n = 36$)	72
Abb. 18: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $VO_{2 \text{ MLSS}}$, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 1: $n = 4$)	74
Abb. 19: Sauerstoffaufnahme (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 1: $n = 4$)	74
Abb. 20: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 1: $n = 4$)	76
Abb. 21: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 1: $n = 4$)	76
Abb. 22: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $Km \cdot h^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $Km \cdot h^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 1: $n = 4$) ..	78
Abb. 23: $Km \cdot h^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 1: $n = 4$)	78
Abb. 24: $Min \cdot km^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 1: $n = 4$)	80
Abb. 25: Laktat Konzentration (in $mmol \cdot l^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 1: $n = 4$)	81
Abb. 26: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO_2 , die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 2: $n = 9$)	83

Abb. 27: Sauerstoffaufnahme (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 2: $n=9$).....	83
Abb. 28: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 2: $n=9$).....	85
Abb. 29: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 2: $n=9$).....	85
Abb. 30: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 2: $n=9$)..	87
Abb. 31: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 2: $n=9$).....	87
Abb. 32: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 2: $n=9$).....	89
Abb. 33: Laktat Konzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 2: $n=9$).....	90
Abb. 34: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO_2 , die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 3: $n=9$)	92
Abb. 35: Sauerstoffaufnahme (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 3: $n=9$).....	92
Abb. 36: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 3: $n=9$).....	94
Abb. 37: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 3: $n=9$).....	94
Abb. 38: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 3: $n=9$)..	96
Abb. 39: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 3: $n=9$).....	96
Abb. 40: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 3: $n=9$).....	98
Abb. 41: Laktat Konzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Werte. (Cluster 3: $n=9$).....	99
Abb. 42: Prozentuelle Verteilung der VO_2 (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO_2 , die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 4: $n=10$)	101
Abb. 43: Sauerstoffaufnahme (in $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 4: $n=10$).....	101
Abb. 44: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 4: $n=10$).....	103
Abb. 45: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 4: $n=10$).....	103
Abb. 46: Prozentuelle Verteilung der geleisteten $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 4: $n=10$)	105
Abb. 47: $\text{Km}\cdot\text{h}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 4: $n=10$).....	105
Abb. 48: $\text{Min}\cdot\text{km}^{-1}$ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 4: $n=10$).....	107
Abb. 49: Laktat Konzentration (in $\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 4: $n=10$).....	108

Abb. 50: Prozentuelle Verteilung der VO ₂ (in ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO ₂ MLSS, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 5: n= 4)	110
Abb. 51: Sauerstoffaufnahme (in ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Feldtest-Wert. (Cluster 5: n= 4)	110
Abb. 52: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Feldtest ermittelt wurde) (Cluster 5: n= 4).....	112
Abb. 53: Herzfrequenz in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 5: n= 4).....	112
Abb. 54: Prozentuelle Verteilung der geleisteten Km.h ⁻¹ im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene Km.h ⁻¹ , die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Cluster 5: n= 4)	114
Abb. 55: Km.h ⁻¹ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 5: n= 4)	114
Abb. 56: Min.km ⁻¹ in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 5: n= 4).....	116
Abb. 57: Laktat Konzentration (in mmol.l ⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Wert. (Cluster 5: n= 4).....	117
Abb. 58: Prozentuelle Verteilung der VO ₂ (in ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene VO ₂ , die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Case: n= 1)	119
Abb. 59: Sauerstoffaufnahme (in ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1).....	120
Abb. 60: Prozentuelle Verteilung der Herzfrequenz (in Schlägen pro Minute) im Feldtest über die gesamte Laufzeit (bezogen auf jene HR, die im MLSS-Test ermittelt wurde) (Case: n= 1)	121
Abb. 61: HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1)	121
Abb. 62: Km.h ⁻¹ in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1).....	122
Abb. 63: Min.km ⁻¹ in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: n= 1)	123
Abb. 64: Laktat Konzentration (in mmol.l ⁻¹) in den 5 Runden mit dem MLSS-Wert. (Case: n= 1)	124
Abb. 65: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Kollektiv: n= 36)	160
Abb. 66: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO ₂ (in ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Kollektiv: n= 36)	161
Abb. 67: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit (Km.h ⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Kollektiv: n= 36).....	161
Abb. 68: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol.l ⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Kollektiv: n= 36)	162
Abb. 69: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol.l ⁻¹) beim Kollektiv und Cluster 1-5 mit dem jeweiligen MLSS-Test-Wert.	162
Abb. 70: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 1: n= 4).....	163
Abb. 71: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO ₂ (in ml.kg ⁻¹ .min ⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 1: n= 4).....	164
Abb. 72: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit (Km.h ⁻¹) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 1: n= 4)	164

Abb. 73: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 1: $n = 4$)	165
Abb. 74: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 2: $n = 9$)	166
Abb. 75: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 2: $n = 9$)	166
Abb. 76: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit (Km h^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 2: $n = 9$)	167
Abb. 77: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 2: $n = 9$)	167
Abb. 78: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 3: $n = 9$)	168
Abb. 79: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 3: $n = 9$)	169
Abb. 80: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit (Km h^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 3: $n = 9$)	169
Abb. 81: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 3: $n = 9$)	170
Abb. 82: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 4: $n = 10$)	171
Abb. 83: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 4: $n = 10$)	171
Abb. 84: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit - Km h^{-1} in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 4: $n = 10$)	172
Abb. 85: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 4: $n = 10$)	172
Abb. 86: Prozentuelle Darstellung der HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 5: $n = 4$)	173
Abb. 87: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 5: $n = 4$)	174
Abb. 88: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit (Km h^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 5: $n = 4$)	174
Abb. 89: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Cluster 5: $n = 4$)	175
Abb. 90: Prozentuelle Darstellung der Herzfrequenz - HR (in Schlägen pro Minute) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: $n = 1$)	176
Abb. 91: Prozentuelle Darstellung der Sauerstoffaufnahme - VO_2 (in $\text{ml kg}^{-1} \text{min}^{-1}$) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: $n = 1$)	176
Abb. 92: Prozentuelle Darstellung der Geschwindigkeit (Km h^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: $n = 1$)	177
Abb. 93: Prozentuelle Darstellung der Blutlaktatkonzentration (mmol l^{-1}) in den fünf Runden mit dem MLSS-Test-Wert. (Case: $n = 1$)	177
Abb. 86: Bland-Altman-Plots: Geschwindigkeit im Vergleich HM zu MLSS.....	189

Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
HM	Halbmarathon
HR	heart rate (Herzfrequenz)
LA	Laktat
MLSS	Maximales Laktat Steady State
RER	Respiratory Exchange Ratio
VE	Ventilation
Min	Minimum
Max	Maximum
SD	Standard difference (Standardabweichung)
HF	Herzfrequenz
HF max	maximale Herzfrequenz
VO ₂	Sauerstoffaufnahme
VO ₂ max	maximale Sauerstoffaufnahme

Anhang

Datenblatt Halbmarathonlauf-Studie 2012

Persönliche Daten

Nachname *			
Vorname *			
Geburtsdatum			
Alter			
Körpergröße (cm)	cm		
Körpergewicht (kg)	kg		
Telefonnummer			
E-Mail			
Ernährungsweise	☐ Allesesser ☐ Vegetarier		
Sonstiges			

Trainingsanamnese

Lauftraining seit (Jahre):				
WNTZ	min. (Wöchentliche Netto Trainingszeit in Minuten – Laufen)			
Trainingszeit in Bereichen (min.)	REKOM (50-60% HF _{max}) 90%)	GA1 (60-70%) EB/SB (90-100%) Krafttraining	GA1/2 (70-80%) Sonstige Trainings	GA2 (80-)
Ruhepuls				
Laufkilometer pro Woche	km			
Marathonlauferfahrung	☐ Ja ☐ Nein Anzahl der Marathonläufe			
Marathonlaufzeit	Std. min. (schnellste Laufzeit) im Jahr			
Halbmarathonerfahrung	☐ Ja ☐ Nein Anzahl der HMarathonläufe			
Halbmarathonlaufzeit	Std. min. (schnellste Laufzeit) im Jahr			

Die Angaben dienen rein wissenschaftlichen Zwecken!

Die erhobenen Daten werden streng vertraulich behandelt und anonym ausgewertet.

Datenblatt – Feldtest 1 – Halbmarathonlaufdistanz Halbmarathonlauf-Studie 2012

Proband

Datum

Persönliche Daten

Nachname *	
Vorname *	
Persönliches Befinden	Ich fühle mich: sehr gut ☐ gut ☐ mittelmäßig ☐ schwach ☐ sehr schwach

Feldtest 1; Halbmarathonlaufdistanz; Wienerwaldsee Daten Allg.

Datum	
Uhrzeit	
Wetterbedingungen	☐ Sonne ☐ Wind ☐ Bewölkt ☐ Temperatur (°C) Luftfeuchtigkeit (%)
Essen vor dem Start	

Feldtest 1; Halbmarathonlaufdistanz; Wienerwaldsee Test

Start Test – Uhrzeit	
Rundenzeiten (min.)	☐ 1; _____ ☐ 2; _____ ☐ 3; _____ ☐ 4; _____ ☐ 5; _____
Pausenzeiten (min.)	☐ 1; _____ ☐ 2; _____ ☐ 3; _____ ☐ 4; _____
Herzfrequenz- Laktatabnahme (min ⁻¹)	☐ Vor Start; _____ ☐ 1; _____ ☐ 2; _____ ☐ 3; _____ ☐ 4; _____ ☐ 5; _____ ☐ Testende nach 4 min; _____
Finish Test - Uhrzeit	

Borg Skala: Testbeurteilung; Die Leistung wird nach dem Empfinden des Probanden mit einer Zahl ausgedrückt

1-2	Sehr leicht
3-4	Leicht
5-6	Mittel
7-8	Schwer
9-10	Sehr schwer

Datenblatt – Feldtest 2 – MLSS – Test – 30 min Halbmarathonlauf-Studie 2012

Proband

Datum

Persönliche Daten

Nachname *	
Vorname *	
Persönliches Befinden	Ich fühle mich: sehr gut ☐ gut ☐ mittelmäßig ☐ schwach ☐ sehr schwach ☐

Daten Allg.

Datum/Uhrzeit	
Ort	
Wetterbedingungen	☐ Sonne ☐ Wind ☐ Bewölkt Temperatur (°C)
Essen vor dem Start	

Test

Teststart und Nummer				
Start Test – Uhrzeit		Ende-Test-Uhrzeit		
Vorgegebene Geschwindigkeit		Rundenzeit (400m)		
Abweichungen				
Herzfrequenz/ Laktat		Herzfrequenz	Laktat	Stelle
	Vor Start			
	5 min			
	10 min			
	15 min			
	20 min			
	25 min			
	30 min			
	4 min nach Ende			
Nächster Test/Geschwindigkeit				

Borg Skala: Testbeurteilung;

Die Leistung wird nach dem Empfinden des Probanden mit einer Zahl ausgedrückt

Sehr leicht (1-2) ☐ Leicht (3-4) ☐ mittel (5-6) ☐ schwer (7-8) ☐ sehr schwer (9-10) ☐
--

Halbmarathon-Studie: genaue Infos und Ablauf

- **Halbmarathon am Wienerwaldsee**

- 5 Runden zu je 4,2195km
- mit mobiler Spiro, GPRS, Herzfrequenzmessung und Blutabnahme nach jeder Runde
- enge Laufbekleidung und Stirnband/Kappe mitbringen (für Marker an den Schläfen)
- Marker werden an Gelenke geklebt für die Videoanalyse
- Geschwindigkeit: so schnell wie möglich

- **MLSS - Test auf einer 400 m Laufbahn**

- Vorgegebene Geschwindigkeit 30 min durchlaufen
- Blutabnahme und Herzfrequenzmessung alle 5 min
- **Wichtig: 48h vor dem Test kein hartes, intensives Training durchführen**
- Wenn die Anreise mit dem Rad erfolgt, 30 min vor Teststart kommen um ein Ruhelaktat zu gewährleisten
- **Die Ernährung sollte am Tag vor der Testung und am Testtag immer gleich sein (zumindest Kohlenhydrat-, Eiweiß-, Fettverteilung, Flüssigkeitszufuhr)- bitte immer mitprotokollieren und zum Test mitnehmen oder per mail an lilli.pichler@gmx.at schicken!)** Das Ernährungsprotokoll so genau als möglich mit exakten Mengenangaben z.B. 150g, Handflächengroß, Tellergrößer etc.
- Bitte zum Test einen Herzfrequenzmesser (wenn vorhanden mit km/h-Anzeige) mitnehmen

- **30 min Lauf** auf einer 400 m Laufbahn mit mobiler Spiro an der MLSS - Schwelle!

WICHTIG:

- ✓ Training während der Testserie nicht viel verändern, gleich weiter trainieren wie zuvor und den 30 min Lauf als Training berücksichtigen!
- ✓ Zwischen den MLSS - Test sollten wenn möglich immer 2-3 Tage sein, nicht mehr und auch nicht weniger!
- ✓ Die MLSS - Test sind als kleine „Wettkämpfe“ zu sehen, somit wenn es möglich ist in einem ausgeruhten, ausgeschlafenen Zustand kommen!

Vielen DANK fürs Mitmachen und bei offenen Fragen einfach melden:

Lilli Pichler(0699/11083022; lilli.pichler@gmx.at)

Tom Puggl (0650/9413811; puggl_t@gmx.net)

ERNÄHRUNGSPROTOKOLL Tag vor der Testung

Name: _____

Datum: _____

Mahlzeiten	Zeit	Speise/Menge	Getränke
Frühstück			
Zwischen- mahlzeit			
Mittag			
Zwischen- mahlzeit			
Abend			
Spät- mahlzeit			

Sport (Art, Dauer, Intensität):

Sonstige Nahrungsergänzungsmittel (+ Menge):

ERNÄHRUNGSPROTOKOLL am Tag der Testung

Name: _____

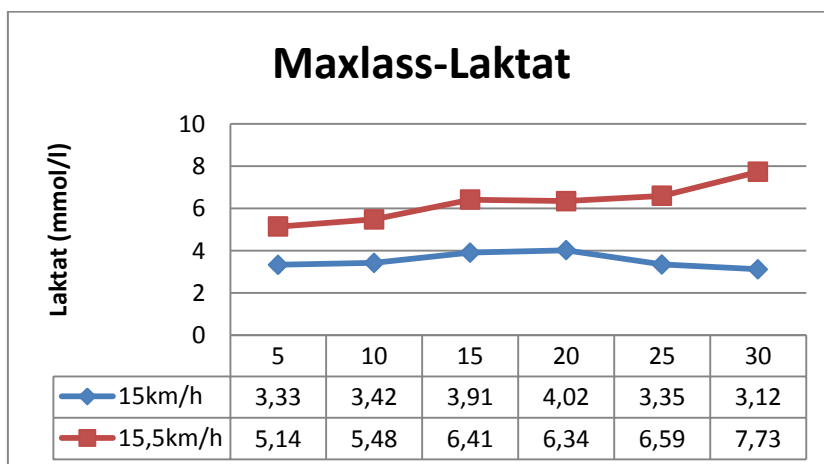
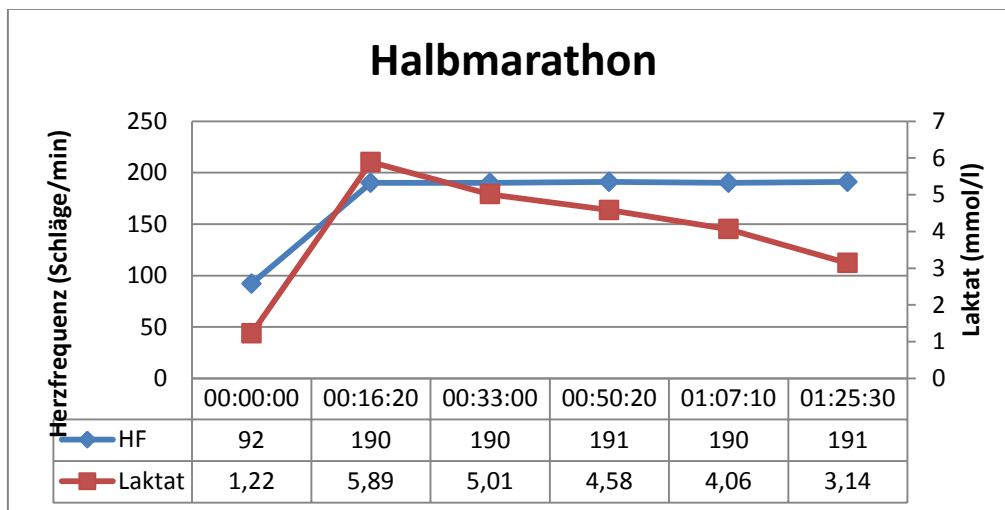
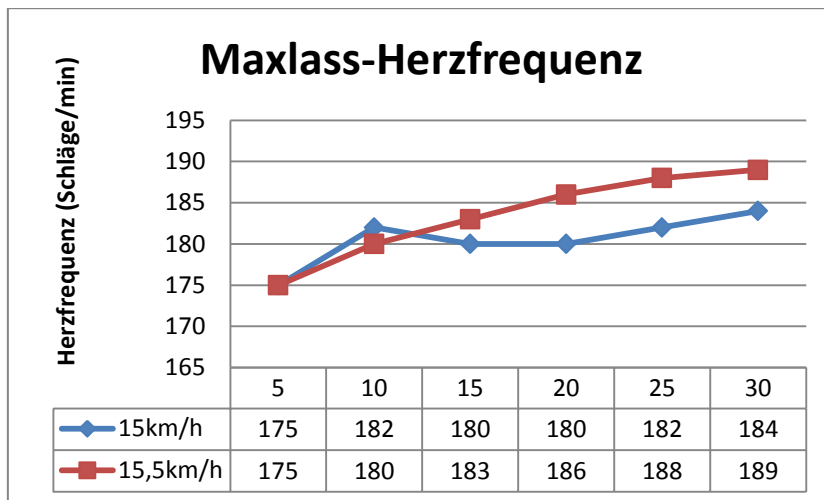
Datum: _____

Mahlzeiten	Zeit	Speise/Menge	Getränke
Frühstück			
Zwischen- mahlzeit			
Mittag			
Zwischen- mahlzeit			
Abend			
Spät- mahlzeit			

Sport (Art, Dauer, Intensität):

Sonstige Nahrungsergänzungsmittel (+ Menge):

AUSWERTUNGEN für die Probanden



Lebenslauf (Pichler)

Persönliche Daten:

Name: Elisabeth Pichler
Akademischer Grad: Bakk.rer.nat. Sportwissenschaften,
Bakk.rer.nat. Ernährungswissenschaften

Ausbildungen

2010 - 2013 Magisterstudium für Sportwissenschaft an der Universität
Wien / Österreich
Seit 2011 Masterstudium für Ernährungswissenschaft an der
Universität Wien
2007 – 2010 Bakkalaureatstudium für Sportwissenschaft an der
Universität Wien / Österreich (abgeschlossen)
2007 - 2011 Bakkalaureatsstudium für Ernährungswissenschaften an
der Universität Wien
1999 – 2007 Gymnasium Sachsenbrunn mit naturwissenschaftlichen
Schwerpunkt/ Kirchberg am Wechsel
2007 – 2003 Volksschule Kirchberg am Wechsel

Berufserfahrungen

Seit Jänner 2013 Ernährungsberaterin und Sportwissenschaftlerin im
Medizinischen Trainingszentrum Judenburg
Seit Oktober 2012 Studienassistentenstelle der Studienprogrammleitung im
Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport
Wien / Österreich
März- Juni 2012 Studienassistentenstelle in der Abt. für Sport und
Leistungsphysiologie im Zentrum für Sportwissenschaft
und Universitätssport Wien / Österreich
Seit 2012 Ernährungsberaterin und Personal Trainer bei „die
Personal Trainer“ und selbstständig
2010 - 2011 Trainerin und Ernährungsscoach im Sport- und
Gesundheitszentrum Aspang am Wechsel
2010 Mitarbeit Adipositasprojekt (Sportunion)
2010 Praktikum Kur- und Rehaszentrum Bad Pirawarth

Zusatzausbildungen

Mai 2012 Gewerbeschein Lebens- und Sozialberater eingeschränkt
auf ernährungs- und sportwissenschaftliche Beratung
Sept-Dez. 2012 Ausbildung zum Pilates Professional coach
Oktober 2011 Ausbildung zum Personal Trainer (die Personal Trainer)

Mai- Sept. 2011	Auslandsaufenthalt Manchester, UK mit Ausbildung zum Fitnesscoach
2010	Langlauflehrwart (BSPA- Graz)
2008 – 2009	Massagegrundausbildung (USI-Wien)
	Ausbildung zum Ernährungs- und Wellnesscoach (Bildungsforum Wien)
2008	Snowboardinstruktor (USI-Wien)
2004	Nordic Walking Instruktor

Sport

Langlaufen, Laufen, Radfahren, Pilates, Bouldern, Skitourn

Wien, April 2013

Lebenslauf (Puggl)

Persönliche Daten

Name: Thomas Puggl
Akademischer Grad: Bakk.rer.nat. Sportwissenschaften

Ausbildungen

2010 - 2013	Magisterstudium für Sportwissenschaft an der Universität Wien / Österreich
2007 – 2010	Bakkalaureatsstudium für Sportwissenschaft an der Universität Wien / Österreich (abgeschlossen)
2004 – 2005	Studienberechtigungsprüfung für Sportwissenschaften, KF - UNI Graz / Österreich
2000 – 2002	Studienberechtigungsprüfung, Studium „Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau“, TU – Graz / Österreich
1995 – 1999	Berufsschule für Kfz – Technik in Arnfels / Österreich
1994 – 1995	Polytechnischer Lehrgang (9. Schuljahr) in Oberzeiring / Österreich
1990 – 1994	Hauptschule in Oberzeiring / Österreich
1986 – 1990	Volksschule in St. Johann a./T. / Österreich

Berufserfahrungen

2011 - 2012	Studienassistentenstelle in der Abt. für Sport und Leistungsphysiologie im Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport Wien / Österreich
2003 – 2006	Pflasterer und LAP, Mike Hauswirth Natursteinarbeiten GmbH, Gstaad / Schweiz
2003	Servicefachangestellter, Hotel Alpine Lodge, Saanen / Schweiz
2002 – 2003	Sprachaufenthalt, Gastgewerbe, Australien
2002 – 2002	UN – Auslandsfriedenseinsatz, Militär / Kosovo
2000 – 2001	Kfz – Techniker, Porsche Graz Liebenau / Österreich
2000 – 2000	Monteur, Steyr Powertrain AG & Co KG, Graz / Österreich
1995 – 1999	Lehre als Kfz – Techniker und LAP / Österreich

Zusatzausbildungen

2011 - 2013	Hauptsponsoring von X-Bionic und X-Socks Anstellung bei Sport ACI Agent-Consultant- Importer GmbH als Promoter und Testläufer in Altenmarkt / Österreich
Seit 2010	Zusatzausbildung Sportphysiotherapie bei SPT-Education in Salzburg / Österreich und Magglingen / Schweiz
2007	Snowboardinstruktor / Ischgl / Österreich

Führerscheine

A, B, C, E, F und G

Sport

Ultralangstreckenlauf, Skilanglauf, Schwimmen, Snowboarden.

Wien, April 2013

Angaben zur Studierenden / zum Studierenden	
Matrikelnummer: 0030084	
Zuname: Puggl	Vorname(n): Thomas

„Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis“

Das Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit ist ein wesentlicher Bestandteil Ihres Studiums und soll Ihre Befähigung zur selbständigen sowie inhaltlich und methodisch korrekten Bearbeitung eines Themas nachweisen.

Über die fachspezifische Terminologie, Methodenwahl, Systematik etc. hinaus sind studienrechtliche Richtlinien und die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis zu beachten, die im Universitätsgesetz 2002, im studienrechtlichen Teil der Satzung und im Mitteilungsblatt der Universität Wien zu finden sind und bei Nichteinhaltung Konsequenzen nach sich ziehen.

Universitätsgesetz 2002:

Nichtigerklärung von Beurteilungen § 74. (2) Überdies ist die Beurteilung einer Prüfung, einer wissenschaftlichen Arbeit oder einer künstlerischen Master- oder Diplomarbeit mit Bescheid für nichtig zu erklären, wenn diese Beurteilung, insbesondere durch die Verwendung unerlaubter Hilfsmittel, erschlichen wurde.

Widerruf inländischer akademischer Grade § 89. Der Verleihungsbescheid ist vom für die studienrechtlichen Angelegenheiten zuständigen Organ aufzuheben und einzuziehen, wenn sich nachträglich ergibt, dass der akademische Grad insbesondere durch gefälschte Zeugnisse erschlichen worden ist.

Studienrechtlicher Teil der Satzung der Universität Wien:

Sicherung der guten wissenschaftlichen Praxis § 13b. (1) Studierende haben die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis einzuhalten (Richtlinie des Rektorats vom 31. Jänner 2006, Mitteilungsblatt der Universität Wien, Studienjahr 2005/06, 15. Stück, Nr. 112). Die Einhaltung ist, insbesondere zur Verhinderung eines Plagiats, zu kontrollieren. Nähere Bestimmungen trifft die bzw. der Studienpräses im Einvernehmen mit dem Rektorat und dem Senat.

(2) Ergibt sich, dass eine Studierende oder ein Studierender bei der Anfertigung einer wissenschaftlichen Arbeit in schwerwiegender Weise gegen die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis verstößt, trifft die oder der Studienpräses nach Rücksprache mit der Studienprogrammleiterin oder dem Studienprogrammleiter und der Betreuerin oder dem Betreuer die notwendigen Verfügungen, um sicherzustellen, dass die oder der Studierende in Zukunft die Regeln einhält. Die oder der Studienpräses kann insbesondere eine Änderung des Themas anordnen oder mehrere Themenvorschläge festlegen, aus denen die oder der Studierende zur Fortsetzung seiner Arbeit einen Vorschlag auszuwählen hat. Erforderlichenfalls ist anzuordnen, dass die oder der Studierende eine neue Arbeit zu einem anderen Thema aus einem anderen Fach des jeweiligen Studiums zu verfassen hat. Die Betreuerin oder der Betreuer ist auf ihr oder sein Verlangen von ihren oder seinen Verpflichtungen zu entbinden. (3) Wird nach positiver Beurteilung aufgedeckt, dass eine wissenschaftliche Arbeit den Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis widerspricht (insbesondere bei Vorliegen eines Plagiats), ist ein Verfahren zur Nichtigerklärung der Beurteilung nach § 74 Abs. 2 Universitätsgesetz 2002 durchzuführen. Wird die Beurteilung der wissenschaftlichen Arbeit für nichtig erklärt, ist in weiterer Folge eine bereits erfolgte Verleihung eines akademischen Grades gemäß § 89 Universitätsgesetz 2002 zu widerrufen. Im Falle, dass die oder der Studierende ihr oder sein Studium wiederaufnehmen oder fortsetzen will, gilt Abs. 2 entsprechend.

Verordnung, Richtlinie des Rektorats (Mbl. der Universität Wien, Studienjahr 05/06, vom 31.01.2006, 15. Stück, Nr. 112)

Ich verpflichte mich zur Einhaltung der Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis und nehme die gesetzlichen Grundlagen zur Kenntnis.

Datum Unterschrift der Antragstellerin / des Antragstellers

Angaben zur Studierenden / zum Studierenden	
Matrikelnummer: 0703737	
Zuname: Pichler	Vorname(n): Elisabeth

„Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis“

Das Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit ist ein wesentlicher Bestandteil Ihres Studiums und soll Ihre Befähigung zur selbständigen sowie inhaltlich und methodisch korrekten Bearbeitung eines Themas nachweisen.

Über die fachspezifische Terminologie, Methodenwahl, Systematik etc. hinaus sind studienrechtliche Richtlinien und die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis zu beachten, die im Universitätsgesetz 2002, im studienrechtlichen Teil der Satzung und im Mitteilungsblatt der Universität Wien zu finden sind und bei Nichteinhaltung Konsequenzen nach sich ziehen.

Universitätsgesetz 2002:

Nichtigerklärung von Beurteilungen § 74. (2) Überdies ist die Beurteilung einer Prüfung, einer wissenschaftlichen Arbeit oder einer künstlerischen Master- oder Diplomarbeit mit Bescheid für nichtig zu erklären, wenn diese Beurteilung, insbesondere durch die Verwendung unerlaubter Hilfsmittel, erschlichen wurde.

Widerruf inländischer akademischer Grade § 89. Der Verleihungsbescheid ist vom für die studienrechtlichen Angelegenheiten zuständigen Organ aufzuheben und einzuziehen, wenn sich nachträglich ergibt, dass der akademische Grad insbesondere durch gefälschte Zeugnisse erschlichen worden ist.

Studienrechtlicher Teil der Satzung der Universität Wien:

Sicherung der guten wissenschaftlichen Praxis § 13b. (1) Studierende haben die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis einzuhalten (Richtlinie des Rektorats vom 31. Jänner 2006, Mitteilungsblatt der Universität Wien, Studienjahr 2005/06, 15. Stück, Nr. 112). Die Einhaltung ist, insbesondere zur Verhinderung eines Plagiats, zu kontrollieren. Nähere Bestimmungen trifft die bzw. der Studienpräses im Einvernehmen mit dem Rektorat und dem Senat.

(2) Ergibt sich, dass eine Studierende oder ein Studierender bei der Anfertigung einer wissenschaftlichen Arbeit in schwerwiegender Weise gegen die Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis verstößt, trifft die oder der Studienpräses nach Rücksprache mit der Studienprogrammleiterin oder dem Studienprogrammleiter und der Betreuerin oder dem Betreuer die notwendigen Verfügungen, um sicherzustellen, dass die oder der Studierende in Hinkunft die Regeln einhält. Die oder der Studienpräses kann insbesondere eine Änderung des Themas anordnen oder mehrere Themenvorschläge festlegen, aus denen die oder der Studierende zur Fortsetzung seiner Arbeit einen Vorschlag auszuwählen hat. Erforderlichenfalls ist anzuordnen, dass die oder der Studierende eine neue Arbeit zu einem anderen Thema aus einem anderen Fach des jeweiligen Studiums zu verfassen hat. Die Betreuerin oder der Betreuer ist auf ihr oder sein Verlangen von ihren oder seinen Verpflichtungen zu entbinden. (3) Wird nach positiver Beurteilung aufgedeckt, dass eine wissenschaftliche Arbeit den Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis widerspricht (insbesondere bei Vorliegen eines Plagiats), ist ein Verfahren zur Nichtigerklärung der Beurteilung nach § 74 Abs. 2 Universitätsgesetz 2002 durchzuführen. Wird die Beurteilung der wissenschaftlichen Arbeit für nichtig erklärt, ist in weiterer Folge eine bereits erfolgte Verleihung eines akademischen Grades gemäß § 89 Universitätsgesetz 2002 zu widerrufen. Im Falle, dass die oder der Studierende ihr oder sein Studium wiederaufnehmen oder fortsetzen will, gilt Abs. 2 entsprechend.

Verordnung, Richtlinie des Rektorats (Mbl. der Universität Wien, Studienjahr 05/06, vom 31.01.2006, 15. Stück, Nr. 112)

Ich verpflichte mich zur Einhaltung der Regeln der guten wissenschaftlichen Praxis und nehme die gesetzlichen Grundlagen zur Kenntnis.

Datum Unterschrift der Antragstellerin / des Antragstellers