



DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

"Auswirkungen eines stark ermüdenden
desmodromischen Krafttrainings auf die
Kraftleistungsfähigkeit"

verfasst von / submitted by

Andreas Lahmer

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree
of

Magister der Naturwissenschaft (Mag. rer. nat.)

Wien, 2017 / Vienna, 2017

Studienkennzahl lt. Studienblatt /
degree programme code as it appears on
the student record sheet:

A 190 884 482

Studienrichtung lt. Studienblatt /
degree programme as it appears on
the student record sheet:

Lehramtsstudium
UF Informatik UF Bewegung und Sport

Betreut von / Supervisor:

Univ. – Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meinem Betreuer Univ.- Prof. Mag. Dr. Harald Tschan für die von Anfang an außerordentlich gute und stets freundliche Zusammenarbeit und Unterstützung bedanken.

Des Weiteren gilt mein Dank auch dem Team der Abteilung Trainingswissenschaften am Zentrum für Sportwissenschaft und Universitätssport, die die Durchführung dieser Studie ermöglichten und auch stets hilfsbereit und unterstützend zur Seite standen.

Dank gilt vor allem auch meinen Eltern, die mir dieses Studium ermöglichten, meinen Geschwistern, meiner Freundin und allen anderen Freunden und Freundinnen, Kollegen und Kolleginnen, die mich stets auf diesem Weg durch das Studium unterstützten und ermutigten.

Ein besonderer Dank gilt auch jenen Probanden und Probandinnen, die freiwillig bei dieser Studie mitwirkten und somit eine Durchführung der Studie ermöglichten.

Zusammenfassung

Mithilfe eines desmodromisches Krafttrainings ist es möglich, eine vollständige Erschöpfung der muskulären ATP-Vorräte und somit eine völlige Auslastung der an der Bewegung beteiligten Muskelfasern zu erzielen. In dieser Studie wird untersucht, ob ein stark ermüdendes desmodromisches Krafttraining die isometrische Kraftleistungsfähigkeit direkt danach bzw. nach einer 30-minütigen Pause signifikant beeinflusst.

Zielsetzung:

Den Einfluss von desmodromischen Krafttrainings auf die Leistungsbereitschaft mittels verschiedener Parameter der Kraftleistungsfähigkeit (Isometrischer Maximalkraft, Kraftbildungsgeschwindigkeit (Rate-of-Force-Development), durchschnittliche isometrische Kraft in 4s) zu untersuchen.

Methodik:

Die Studie umfasst insgesamt 21 Personen (12m/9w) mit Krafttrainingserfahrung. Nach einem standardisierten Aufwärmen absolvieren die Personen ein stark ermüdendes, desmodromisches Krafttraining (Legpress). Anschließend folgt eine 30-minütige Regenerationsphase, in der die Personen auf einer Massageliege ruhen. Insgesamt gibt es 3 Messzeitpunkte für die Messung der Kraftleistungsparameter und dem subjektiven Befinden, vor dem Krafttraining (0), direkt danach (1) und nach der Regenerationsphase (2). Die statistische Auswertung wurde mittels SPSS 24.0 durchgeführt.

Ergebnisse:

Es wurden im Rahmen dieser Studie signifikante Unterschiede für fast alle untersuchten Parameter zwischen der ersten und der zweiten und auch zwischen der ersten und der dritten isometrischen Messung festgestellt. Zwischen der ersten und der dritten Messung konnten jedoch für die Kraftbildungsgeschwindigkeit keine signifikanten Unterschiede mehr festgestellt werden.

Geschlechtsspezifische Unterschiede bei der Leistungsminderung wurden nur für die Durchschnittskraft von 0-4s und für die Maximalkraft festgestellt, jedoch traten diese nur absolut und nicht relativ zur Masse auf.

Bei der Untersuchung der Beinkraftdifferenzen zwischen den isometrischen Messungen konnten für den Parameter der Beindurchschnittskraftdifferenz von 0-4s sowohl absolute als auch relativ zur Masse signifikante Unterschiede festgestellt werden. Das heißt die im ermüdeten Zustand direkt nach dem desmodromischen Training aufgetretenen

Beindurchschnittskraftdifferenzen in 4s unterscheiden sich signifikant von den Beindurchschnittskraftdifferenzen in 4s im ausgeruhten Zustand.

Bei der Analyse des Zusammenhangs zwischen dem subjektiven Oberschenkelmuskelbefinden und den isometrischen Maximalkraftwerten konnten keine signifikanten Korrelationen gefunden werden.

Bezüglich der Unterschiede zwischen exzentrischer und konzentrischer Leistungsminderung beim desmodromischen Training konnte festgestellt werden, dass zwischen dem ersten und dem zweiten bzw. dem ersten und dem dritten Satz für fast alle Parameter signifikante Unterschiede auftraten.

Es waren signifikante Korrelationen für die Leistungsminderung vom ersten zum dritten Satz des desmodromischen Trainings und für die Leistungsminderung von der ersten zur zweiten isometrischen Messung feststellbar. Dabei fiel auf, dass exzentrisch für alle getesteten Parameter signifikante Korrelationen von mittlerer Stärke auftraten. Auffällig war, dass im Gegensatz dazu, für die Leistungsminderung der Kraftbildungsgeschwindigkeit bei den isometrischen Messungen verglichen mit den konzentrischen Leistungsminderungen der Parameter des desmodromischen Trainings keinerlei signifikante Korrelationen auftraten.

Schlussfolgerungen:

Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass sich durch die Regenerationspause vor allem die Werte der Kraftbildungsgeschwindigkeit verbessern, jedoch nicht die Maximalkraftwerte bei den isometrischen Kraftmessungen.

Dadurch, dass die geschlechtsspezifischen Unterschiede für die Durchschnittskraft von 0-4s und für die Maximalkraft nicht relativ zur Masse auftraten, kann man davon ausgehen, dass keine geschlechtsspezifischen Unterschiede für die isometrische Leistungsminderung existieren.

Die Beindurchschnittskraftdifferenzen sind im ermüdeten Zustand und im ausgeruhten Zustand unterschiedlich groß.

Das subjektive Oberschenkelmuskelbefinden hat keine Aussagekraft für die Maximalkraftwerte der isometrischen Messungen.

Die Ermüdung während dem desmodromischen Training ist für die exzentrische und konzentrische Arbeitsweise der Muskeln nicht gleich groß.

Die Ergebnisse der Korrelationen zwischen der Leistungsminderung der isometrischen Messungen und der Leistungsminderung des desmodromischen Krafttrainings lassen vermuten, dass Zusammenhänge vor allem exzentrisch existieren.

Abstract

With the help of desmodromic strength training it's possible to achieve a complete exhaustion of the supply of ATP and a full innervation of the involved muscle fibres.

In this study the influence of desmodromic training on regeneration and the recovering of the maximum isometric strength is researched (1) immediately and (2) after 30 minutes.

Objectives:

The aim is to proof the influence of a desmodromic strength training on recovering the maximum capability with some different parameters of power capacity (isometric maximum force, rate-of-force-development, average isometric force in 4s).

Methods:

The study includes 21 (12m/9w) people with experience in strength training. After a standardized warming up the people do a very tiring desmodromic training (legpress). Afterwards there is a phase of regeneration for 30 minutes. Overall there are three measure points where the parameters of sporting prowess and the subjective muscle complaints are measured. The first measure point takes part before the strength training (0), the second one is directly after the training (1) and the third one is directly after the phase of regeneration (2). Statistical evaluations are performed by SPSS 24.0.

Results:

In the study significant differences were found for almost all parameters between the first and the second isometric measurements. Between the first and the third measurement no significant differences could be detected for the rate of force development.

Gender-specific differences in the reduction of performance were found only for the average force of 0-4s and for the maximal strength. But they were detected only absolutely and not relatively to the body weight.

In the investigation of the force differences in the legs significant differences were detected for the mean force of 0-4s. These differences were found absolutely and relatively to the body weight. This means that the leg differences of the mean force 0-4s in a rested state are significantly different from the leg differences of the mean force 0-4s in a fatigued state.

No significant correlations were found in the analysis of the correlation between the subjective evaluations of the muscle condition and the isometric maximum force values.

Regarding to the differences between eccentric and concentric performance reduction in a desmodromic training, significant differences for almost all parameters occurred between the first and second and the first and third set.

Significant correlations were found between the performance reduction in desmodromic training and the performance reduction in isometric measurements. All significant correlations of medium strength occurred eccentrically. In contrast no significant correlations were found between the reduction of rate-of-force-development in isometric measurements and concentric performance reduction in desmodromic training.

Conclusion:

The results of this study suggest that the regeneration pause improves the values of the rate-of-force-development but not the maximal strength values for the isometric measurements.

Due to the fact that the gender-specific differences for the average force of 0-4s and for the maximal strength were not measured relatively to the mass, one can assume that no gender-specific differences exist for the isometric performance reduction.

The legs average strength differences are different in the fatigued state and in the rested state.

The subjective evaluation of the muscle condition has no significance for the maximum force values of the isometric measurements.

Fatigue during the desmodromic training is different in eccentric and concentric tasks.

The results of the correlations between the performance reduction in isometric measurements and performance reduction of desmodromic strength training suggest that the correlations exist mainly for the eccentric tasks in the desmodromic training.

INHALTSVERZEICHNIS

DANKSAGUNG.....	2
ZUSAMMENFASSUNG.....	3
ABSTRACT	5
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	13
1. EINLEITUNG.....	14
1.1. PERSÖNLICHER ZUGANG	14
1.2. PROBLEMBESCHREIBUNG.....	14
1.3. FORSCHUNGSFRAGEN	17
1.4. ÜBERBLICK ÜBER DIE KAPITEL	17
1.5. VORGANGSWEISE.....	18
1.6. RELEVANZ IN DER FORSCHUNG	18
2. METHODISCHER AUFBAU	21
2.1. STUDIENTEILNEHMER.....	21
2.1.1. ANZAHL DER STUDIENTEILNEHMER UND STUDIENTEILNEHMERINNEN	21
2.1.2. REKRUTIERUNG	21
2.1.3. EINSCHLUSS- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN	21
2.1.4. ANALYSE DER STUDIENTEILNEHMER UND STUDIENTEILNEHMERINNEN	22
2.2. STUDIENDESIGN	22
2.2.1. ZEITLICHER ABLAUF.....	22
2.2.2. SPORTTAUGLICHKEITSUNTERSUCHUNG	24
2.2.3. AUFWÄRMEN	24
2.2.4. ISOMED 2000.....	24
2.2.4.1. EINSTELLUNGEN AM ISOMED 2000.....	24
2.2.4.2. MESS- UND TRAININGSPROGRAMM.....	28
2.2.4.2.1. ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFTMESSUNGEN.....	29
2.2.4.2.2. DESMODROMISCHES TRAINING	31
2.2.5. VISUELLE ANALOGSKALA (VAS)	35
2.2.6. RUHEPHASE.....	35
2.2.7. ERNÄHRUNG VOR UND WÄHREND DER TESTUNG	36
2.3. UNTERSUCHTE PARAMETER	36

2.3.1.	SUBJEKTIVES BEFINDEN DER VORDEREN OBERSCHENKELMUSKULATUR (VAS)	36
2.3.2.	ISOMETRISCHE MESSUNGEN (ISO1, ISO2 & ISO3)	37
2.3.2.1.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT	37
2.3.2.2.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE (RELATIVKRAFT)	38
2.3.2.3.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT BZW. KRAFTANSTIEG (RATE OF FORCE DEVELOPMENT RFD, EXPLOSIVKRAFT)	38
2.3.2.4.	DURCHSCHNITTLICHE KRAFT IN 4S	43
2.3.2.5.	DURCHSCHNITTLICHE KRAFT RELATIV ZUR MASSE IN 4S.....	44
2.3.3.	DESMODROMISCHES TRAINING (KT)	45
2.3.3.1.	MAXIMALKRAFT	47
2.3.3.2.	MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE.....	48
2.3.3.3.	MAXIMALLEISTUNG	49
2.3.3.4.	MAXIMALLEISTUNG RELATIV ZUR MASSE.....	51
2.3.3.5.	DURCHSCHNITTSLEISTUNG.....	52
2.3.3.6.	DURCHSCHNITTSLEISTUNG RELATIV ZUR MASSE.....	53
2.3.3.7.	ARBEIT	53
2.3.3.8.	ARBEIT RELATIV ZUR MASSE.....	55
2.4.	DATENVERARBEITUNG UND AUFZEICHNUNG.....	55
3.	ERGEBNISSE.....	59
3.1.	TESTPERSONEN	59
3.2.	SUBJEKTIVES BEFINDEN DER VORDEREN OBERSCHENKELMUSKULATUR	61
3.3.	ISOMETRISCHE MESSUNGEN (ISO1, ISO2 & ISO3)	63
3.3.1.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT	63
3.3.1.1.	GESAMTE STICHPROBE	63
3.3.1.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE	65
3.3.2.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE (RELATIVKRAFT)	69
3.3.2.1.	GESAMTE STICHPROBE	69
3.3.2.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE	70

3.3.3.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT BZW. KRAFTANSTIEG (RATE OF FORCE DEVELOPMENT RFD, EXPLOSIVKRAFT).....	73
3.3.3.1.	GESAMTE STICHPROBE	73
3.3.3.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	76
3.3.4.	DURCHSCHNITTSKRAFT IN 4S.....	80
3.3.4.1.	GESAMTE STICHPROBE	80
3.3.4.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	82
3.3.5.	DURCHSCHNITTSKRAFT IN 4S RELATIV ZUR MASSE	86
3.3.5.1.	GESAMTE STICHPROBE	86
3.3.5.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	88
3.4.	DESMODROMISCHES TRAINING	91
3.4.1.	MAXIMALKRAFT	91
3.4.1.1.	GESAMTE STICHPROBE	91
3.4.1.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	94
3.4.2.	MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE.....	99
3.4.2.1.	GESAMTE STICHPROBE	99
3.4.2.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	101
3.4.3.	MAXIMALLEISTUNG	103
3.4.3.1.	GESAMTE STICHPROBE	104
3.4.3.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	106
3.4.4.	MAXIMALLEISTUNG RELATIV ZUR MASSE.....	110
3.4.4.1.	GESAMTE STICHPROBE	110
3.4.4.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	112
3.4.5.	DURCHSCHNITTSLEISTUNG.....	114
3.4.5.1.	GESAMTE STICHPROBE	115
3.4.5.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	117
3.4.6.	DURCHSCHNITTSLEISTUNG RELATIV ZUR MASSE.....	121
3.4.6.1.	GESAMTE STICHPROBE	121
3.4.6.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	122
3.4.7.	ARBEIT	125
3.4.7.1.	GESAMTE STICHPROBE	126
3.4.7.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE.....	128
3.4.8.	ARBEIT RELATIV ZUR MASSE.....	132

3.4.8.1.	GESAMTE STICHPROBE	132
3.4.8.2.	GESCHLECHTERGETRENNTE STICHPROBE	133
4.	AUSWERTUNG UND DISKUSSION DER FORSCHUNGSFRAGEN	137
4.1.	ISOMETRISCHE LEISTUNGSMINDERUNG DURCH DESMODROMISCHES TRAINING.....	137
4.1.1.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT	139
4.1.2.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE.....	139
4.1.3.	DURCHSCHNITTSKRAFT IN 4S.....	140
4.1.4.	DURCHSCHNITTSKRAFT IN 4S RELATIV ZUR MASSE	140
4.1.5.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT PEAK RFD ₅₀	141
4.1.6.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT RFD ₀₋₅₀	141
4.1.7.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT RFD ₅₀₋₁₀₀	142
4.1.8.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT RFD ₁₀₀₋₂₀₀	142
4.1.9.	FAZIT.....	143
4.2.	GESCHLECHTSSPEZIFISCHE UNTERSCHIEDE BEI DER ISOMETRISCHEN LEISTUNGSMINDERUNG.....	144
4.2.1.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT	145
4.2.2.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE.....	145
4.2.3.	DURCHSCHNITTSKRAFT IN 4S.....	145
4.2.4.	DURCHSCHNITTSKRAFT IN 4S RELATIV ZUR MASSE	145
4.2.5.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT PEAK RFD ₅₀	146
4.2.6.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT PEAK RFD ₀₋₅₀	146
4.2.7.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT PEAK RFD ₅₀₋₁₀₀	146
4.2.8.	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT PEAK RFD ₁₀₀₋₂₀₀	147
4.2.9.	FAZIT.....	147
4.3.	UNTERSCHIEDE BEI DEN ISOMETRISCHEN BEINKRAFTDIFFERENZEN ZWISCHEN DEN MESSUNGEN	148
4.3.1.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT	148
4.3.2.	ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE.....	149
4.3.3.	ISOMETRISCHE DURCHSCHNITTSKRAFT	149
4.3.4.	ISOMETRISCHE DURCHSCHNITTSKRAFT RELATIV ZUR MASSE.....	149
4.3.5.	FAZIT.....	150

4.4.	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN SUBJEKTIVEN BEFINDEN DER OBERSCHENKELMUSKULATUR UND DER ISOMETRISCHEN MAXIMALKRAFT	151
4.4.1.	KORRELATION ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT & VAS.....	152
4.4.2.	KORRELATION ISOMETRISCHE MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE & VAS.....	152
4.4.3.	FAZIT.....	152
4.5.	UNTERSCHIEDE ZWISCHEN EXZENTRISCHER UND KONZENTRISCHER LEISTUNGSMINDERUNG WÄHREND DES DESMODROMISCHEN TRAININGS	153
4.5.1.	MAXIMALKRAFT	154
4.5.2.	MAXIMALKRAFT RELATIV ZUR MASSE.....	154
4.5.3.	DURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG.....	154
4.5.4.	DURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG RELATIV ZUR MASSE.....	154
4.5.5.	ARBEIT	155
4.5.6.	ARBEIT RELATIV ZUR MASSE.....	155
4.5.7.	FAZIT.....	155
4.6.	ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DER LEISTUNGSMINDERUNG DES DESMODROMISCHEN TRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	156
4.6.1.	KORRELATION DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALKRAFT DES KRAFTTRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALKRAFT DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	156
4.6.2.	KORRELATION DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALKRAFT DES KRAFTTRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALEN KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	157
4.6.3.	KORRELATION DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALLEISTUNG DES KRAFTTRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALKRAFT DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	157
4.6.4.	KORRELATION DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALLEISTUNG DES KRAFTTRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALEN	

	KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	158
4.6.5.	KORRELATION DER LEISTUNGSMINDERUNG DER DURCHSCHNITTSLEISTUNG DES KRAFTTRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALKRAFT DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	158
4.6.6.	KORRELATION DER LEISTUNGSMINDERUNG DER DURCHSCHNITTSLEISTUNG DES KRAFTTRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALEN KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	159
4.6.7.	KORRELATION DER LEISTUNGSMINDERUNG DER ARBEIT DES KRAFTTRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALKRAFT DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	159
4.6.8.	KORRELATION DER LEISTUNGSMINDERUNG DER ARBEIT DES KRAFTTRAININGS UND DER LEISTUNGSMINDERUNG DER MAXIMALEN KRAFTBILDUNGSGESCHWINDIGKEIT DER ISOMETRISCHEN MESSUNGEN	160
4.6.9.	FAZIT	160
5.	ZUSAMMENFASSUNG	162
	LITERATURVERZEICHNIS	164
	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	168
	TABELLENVERZEICHNIS	170
	ANHANG	173
	ANAMNESEBOGEN ZUR ERHEBUNG DER RISIKOFAKTOREN	177
	LEBENS LAUF	179
	ERKLÄRUNG	180

Abkürzungsverzeichnis

ATP	Adenonsontriphosphat
AVG	Average
AW	Aufwärmen
CSV	Comma-separated values
Diff	Differenz
EX	Exzentrisch
F	Force / Kraft
ISO1	1. Isometrische Messung
ISO2	2. Isometrische Messung
ISO3	3. Isometrische Messung
KT	Krafttraining
KP	Kreatinphosphat
KON	Konzentrisch
MVC	Maximum voluntary contraction
P	Power / Leistung
RFD	Rate of Force Development (Kraftbildungsgeschwindigkeit)
RP	Ruhepause
SPSS	Superior Performing Software System (Statistik Programm)
VAS	Visuelle Analogskala
W	Work / Arbeit
wIRA	Water-filtered infrared-A

1. Einleitung

1.1. Persönlicher Zugang

Im meinem bis jetzt sehr von Sport geprägtem Leben und vor allem während meines Studiums lernte ich viele Prinzipien des sportlichen Trainings kennen. Dabei konnte ich mir viel Wissen bezüglich der von den Prinzipien abhängigen Abläufe, Inhalte, Methoden und Regeln aneignen. Natürlich sind nicht alle Prinzipien für alle Sportarten und Personen geeignet, was auch ich bereits erfahren musste. Ob ein Training effektiv ist, hängt sehr stark vom Individuum ab, da jede Person unterschiedliche Voraussetzungen hat und somit der gleiche Trainingsreiz natürlich unterschiedliche Reaktionen hervorrufen kann. Darüber hinaus musste auch ich schon oft erfahren, dass ein und dasselbe Training auch bei mir durchaus verschiedene Wirkungen hervorrief. Das zeigt ganz einfach, dass es nicht nur Unterschiede zwischen verschiedenen Personen gibt, sondern auch bei einer Person. Die Gründe dafür können sehr vielfältig sein, wie zum Beispiel der Trainingszustand, die Tageszeit, die Motivation und viele mehr.

Aber genau diese oft nicht einfach zu analysierenden Umstände machen aber gerade den Bereich der Trainingswissenschaft so spannend und interessant. Deshalb habe ich mich entschieden, eine Studie im Bereich der Trainingswissenschaft durchzuführen und darüber meine Diplomarbeit zu schreiben. Einerseits um noch mehr Wissen über Trainingsprozesse im speziellen Krafttraining zu erfahren und andererseits die einmalige Möglichkeit zu nutzen, um eine solche Studie auch mal selbst praktisch durchzuführen. Denn nur dadurch lernt man auch die Schwierigkeiten bzw. Herausforderungen, sei es organisatorischer Natur, wie z.B. die Planung, Durchführung und Auswahl der ProbandInnen, oder technischer Natur, wie z.B. die Bedienung der Geräte, Auswertung von Daten, ..., solch einer Studie kennen. Diese Herausforderungen werden von Außenstehenden oftmals unterschätzt oder gar nicht wahrgenommen.

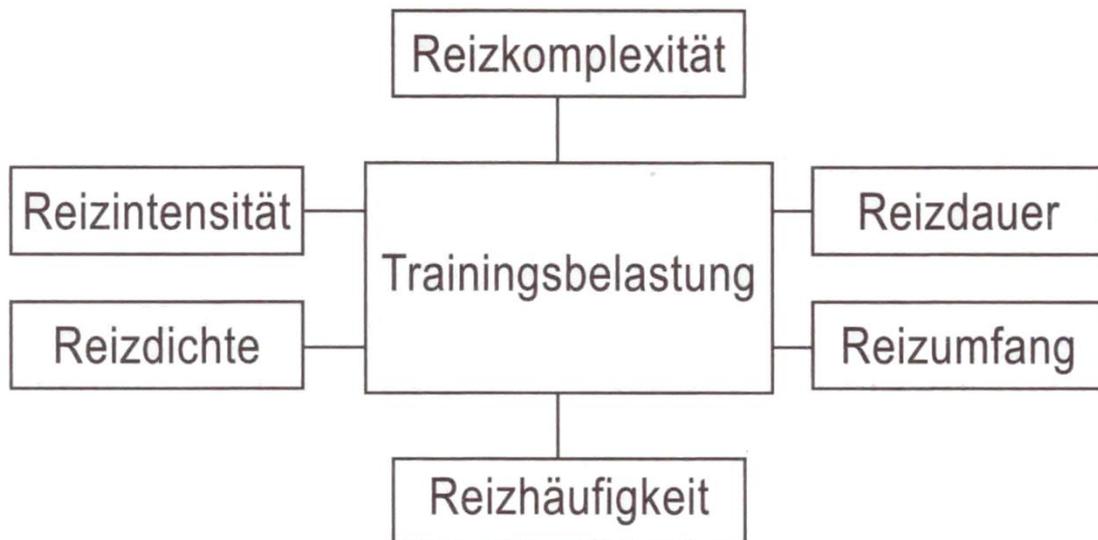
1.2. Problembeschreibung

Die positiven Effekte des Sporttreibens auf das Herz-Kreislaufsystem, auf das Immunsystem, auf die Muskulatur, auf die Knochendichte oder auch auf die Psyche sind allseits bekannt. Davon ausgeschlossen ist jedoch zumeist der Spitzen- bzw. Leistungssport, wo vor allem hartes, intensives Training, Wettkämpfe, Ziele und Leistung den Alltag bestimmen. Um den hohen Anforderungen und Zielen gerecht zu werden, reichen oft herkömmliche Trainingsmittel nicht mehr aus, um eine entsprechende Trainingsbelastung zu erzeugen, welche aber benötigt wird, um eine Leistungssteigerung

zu erzielen. Die Trainingsbelastung setzt sich laut Weineck (Weineck, 2010) aus folgenden Komponenten (siehe Abb. 1) zusammen:

- Reizintensität (Stärke des einzelnen Reizes)
- Reizdichte (zeitliches Verhältnis von Belastungs- und Erholungsphasen)
- Reizdauer (Einwirkungsdauer eines einzelnen Reizes bzw. einer Reizserie)
- Reizumfang (Dauer und Zahl der Reize pro Trainingseinheit)
- Trainingshäufigkeit (Zahl der Trainingseinheiten pro Tag bzw. pro Woche)
- Reizkomplexität (Komplexität des jeweiligen Reizes)

Darüber hinaus stellt Weineck (Weineck, 2010) klar: „Für die Qualität eines Trainings – Erzielung eines speziellen Trainingseffektes – ist die akzentuierte Auswahl der entsprechenden Belastungskomponenten von ausschlaggebender Wichtigkeit.“



*Abb. 1: Komponenten der Trainingsbelastung
(Weineck & Weineck, 2005, S. 27)*

Nicht nur, aber vor allem im Spitzensport sucht man immer wieder nach neuen Möglichkeiten, so effektiv wie möglich zu trainieren. Das heißt, man versucht mit möglichst geringem zeitlichem Aufwand den größtmöglichen Trainingseffekt zu erzielen.

Eine mögliche Trainingsart dafür kann ein desmodromisches Training sein, da es durch einen stetigen Druck gegen eine Widerstandsleiste zu einer vollständigen Erschöpfung der muskulären ATP-Vorräte und damit zur völligen Auslastung der für die Bewegung benötigten Muskelfasern kommt.

Laut Weineck (2010, S. 443) kommt man dadurch im Vergleich zu anderen Methoden am schnellsten zu einer ausgeprägten Muskelhypotrophie und es bewirkt auch noch bei austrainierten Athleten und Athletinnen beachtliche Kraftzuwächse. Ein weiterer Vorteil ist, dass dieses Training computergesteuert stattfindet und somit die Geschwindigkeit im Vorhinein variabel einstellbar, aber während der Ausführung stets konstant ist.

Der große Nachteil dabei ist, dass für diese Art von Training sehr teure Geräte notwendig sind und es somit nur wenig wissenschaftliche Studien zu den Auswirkungen eines desmodromischen Trainings gibt.

Des Weiteren ist auch die Thematik der Regeneration nach solch einem stark ermüdenden desmodromischen Training sehr interessant. Dabei ist vor allem die mit dem desmodromischen Training einhergehende Ermüdung bzw. auftretende Leistungsminderung aufschlussreich. Für die sportliche Ermüdung gibt es in der Literatur viele Definitionen. Der Autor Grigereit (Grigereit, 1996) definierte folgende Kernaussagen in Bezug auf sportliche Ermüdung:

- Ermüdung bedeutet eine Beeinträchtigung der Funktions- und Leistungsfähigkeit des Organismus
- Ermüdung ist reversibel
- Ermüdung entsteht als Folge der Beanspruchung physischer und/oder psychischer Funktionen des Organismus
- Ermüdung gilt als hinreichende, aber nicht notwendige Bedingung für beobachtbare Ermüdungszeichen auf physiologischer und psychologischer Ebene
- Ermüdung ist eine Folge der Dauer und Intensität der Beanspruchung.

Da es wenig bis gar keine Studien zur peripheren Ermüdung bzw. kurzzeitigen Regeneration in Verbindung mit einem desmodromischen Training gibt, liegt der Fokus ganz klar auf der Analyse der Leistungsminderung direkt nach solch einem Training.

Das Vorhaben in dieser Arbeit ist es, einerseits die grundsätzlichen Vorgänge eines desmodromischen Krafttrainings und der Regeneration nach intensiver Belastung mittels Literaturrecherche zu identifizieren und andererseits durch vergleichende Analysen von relevanten Studien einen Überblick zu schaffen. Anschließend werden die Ergebnisse aus der Literaturrecherche mit den Ergebnissen der Studie verglichen und analysiert.

Eine sehr interessante Fragestellung in diesem Zusammenhang ist auch noch, wie die Probanden und Probandinnen das allgemeine Befinden in der beteiligten Oberschenkelmuskulatur einschätzen und ob dieses vielleicht auch direkt mit der maximalen isometrischen Kraftleistungsfähigkeit zusammenhängt. Demnach würde das

subjektive Empfinden des Trainierenden/der Trainierenden einen wichtigen Input für die Trainingsplanung und -gestaltung liefern.

1.3. Forschungsfragen

Da ich mich in dieser Studie hauptsächlich mit verschiedenen Parametern zur maximalen Kraftleistungsfähigkeit vor und nach einem desmodromischen Krafttraining beschäftige, lautet meine primäre Forschungsfrage wie folgt:

- Führt ein desmodromisches Krafttraining zu einer signifikanten isometrischen Leistungsminderung direkt danach bzw. nach 30-minütiger Regenerationspause?

Weitere Forschungsfragen in dieser Arbeit sind:

- Treten bei der isometrischen Leistungsminderung geschlechtsspezifische Unterschiede auf?
- Ist ein Unterschied bei den isometrischen Beinkraftdifferenzen zwischen den verschiedenen Messungen (ISO1, ISO2, ISO3) erkennbar?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem subjektiven Befinden der Oberschenkelmuskulatur und der isometrischen Maximalkraft?
- Sind während des desmodromischen Trainings Unterschiede zwischen der exzentrischen und konzentrischen Leistungsminderung erkennbar?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Leistungsminderung des desmodromischen Trainings und der Leistungsminderung der isometrischen Kraftmessungen?

1.4. Überblick über die Kapitel

Diese Arbeit gliedert sich im Wesentlichen in einen Theorieteil, einen Praxisteil und einer Diskussion über die Ergebnisse im Praxisteil.

Der Theorieteil gliedert sich wiederum in zwei Blöcke: die Einleitung und den methodischen Aufbau der Studie. In der Einleitung werden der persönliche Zugang zum Thema, die Problemstellung, die Forschungsfragen und die Vorgangsweise kurz beschrieben. Darüber hinaus wird hier auch die Frage der Relevanz, sowohl in der Forschung als auch für die Praxis, gestellt.

Das letzte Kapitel im Theorieteil ist dem methodischen Aufbau gewidmet, wo Auskunft über die Studienteilnehmer, das Studiendesgin, den untersuchten Parameter und über die Datenverarbeitung und -aufzeichnung gegeben wird.

Während sich der Praxisteil voll und ganz mit der deskriptiven Darstellung der Daten und der statistischen Auswertung der Ergebnisse der Studie beschäftigt, werden in der abschließenden Diskussion die Ergebnisse vom Praxisteil und Theorieteil kritisch verglichen und zusammengefasst.

1.5. Vorgangsweise

Für die Literaturrecherche hab ich vor allem die Literatur Datenbanken PubMed, Spolit, Medline und natürlich die Fachbereichsbibliotheken der Universität Wien herangezogen. Das Hauptaugenmerk für die Recherche lag dabei auf Aktualität der Quellen.

Die Studie umfasst insgesamt 21 Personen (12m/9w) mit Krafttrainingserfahrung. Nach einem standardisierten Aufwärmen absolvieren die Personen ein stark ermüdendes, desmodromisches Krafttraining (Legpress). Anschließend folgt eine 30-minütige Regenerationsphase, in der die Personen auf einer Massageliege ruhen. Insgesamt gibt es 3 Messzeitpunkte für die Messung der Kraftleistungsparameter und dem subjektiven Befinden: vor dem Krafttraining (0), direkt danach (1) und nach der Regenerationsphase (2).

Die statistische Auswertung wurde mittels SPSS 24.0 durchgeführt.

1.6. Relevanz in der Forschung

Die generellen Faktoren und Zeichen für sportliche Ermüdung sind schon länger gut erforscht und untersucht. Bereits Findeisen (1980) beschreibt die subjektiven und objektiven Zeichen der Ermüdung. Dabei gilt es laut Friedrich (Friedrich, 2011, S. 32 ff.) zwischen einer zentralen und einer peripheren (muskulären) Ermüdung zu unterscheiden. Diese Arbeit wird sich rein nur mit der peripheren Ermüdung beschäftigen. Erkennbar ist die periphere Ermüdung nach Friedrich (Friedrich, 2011, S. 34) sowohl objektiv, Abnahme der Leistungsfähigkeit, als auch subjektiv, Schweregefühl und allgemeines Missemmpfinden der Muskulatur.

Die Faktoren für eine periphere Ermüdung können sehr breit gefächert sein. Ahonen (2003, S. 78) beschreibt diese in seinem Buch als 8 Ebenen in einem Ermüdungsschema:

- Stimmung und Motivation
- Muskelaktivität fördernde und hemmende Gebiete im Gehirn
- Rückenmark und davon ausgehende motorische Nerven
- Neuromuskuläre Verbindung
- Zellmembran der Muskulatur

- Sarkoplasmatisches Retikulum der Muskelzellen (=Kalziumspeicher)
- Aktivität von Kalziumionen bei Einleitung und Beendigung von Muskelkontraktionen
- Bildung und Auflösung von Querbrücken zwischen den Aktin- und Myosinfilamenten

Ist eine Ebene oder mehrere Ebenen eingeschränkt, so kommt es zu einer Ermüdung. Somit ist ersichtlich, dass Ermüdung ein komplexes Konstrukt ist und es schwierig ist, eine eintretende Ermüdung genau auf die Schweregrade der einzelnen Faktoren rückzuführen.

Prinzipiell können aber bestimmte Vorgänge (Friedrich, 2011, S. 36 ff.) beschrieben werden, welche zur Erklärung des peripheren Ermüdungsprozesses beitragen:

- Anhäufung von Substanzen (Laktat, Harnstoff, Gamma-Aminobuttersäure)
- Verarmung an Substanzen (Phosphaten, Eiweiße, Hormone & Enzyme)
- Veränderungen des physikochemischen Zustandes des Organismus (Veränderung der Membranpermeabilität, Veränderungen an den Zellorganellen, Veränderungen am Zellkern und Metaplasma)
- Veränderungen der Regulation (Zelluläre Ebene, Autonome Regulation, Zentrale Regulation)
- Transmitterermüdung

Zur effektiven Leistungsminderung nach einem stark ermüdenden desmodromischen Training gibt es wie eingangs erwähnt nur sehr wenige vergleichbare Studien. Es wurde die isometrische Leistungsminderung oftmals nur nach einem exzentrischen, konzentrischen oder isokinetischen Training untersucht. Gründe dafür sind wahrscheinlich die hohen Anschaffungskosten eines Geräts zum Ausführen von desmodromischen Trainingseinheiten. Darüber hinaus wurde häufig nur die längerfristige Regeneration der Leistungsfähigkeit, das heißt nach Stunden bzw. Tagen, untersucht. Um die Leistungsfähigkeit bzw. die periphere Ermüdung eines Muskels zu bestimmen, wird oftmals der Wert der MVC (maximum voluntary contraction), also der maximalen freiwilligen isometrischen Kontraktion, verwendet. Die periphere Ermüdung steigt laut Gandevia (Gandevia, 2001) immer progressiv an und hängt von der Dauer und Intensität des Trainings ab.

Konkrete Werte zur Leistungsminderung liefert die Studie von Froyd, Millet & Noakes (Froyd, Millet, & Noakes, 2013), wo ein isokinetisches Beinpresstraining durchgeführt

wurde. Vor dem Training, während des Trainings (nach Absolvierung von 20%, 40%, 60% und 80% des Trainings) und danach (<5s, 1min, 2min, 4min, 8min) wurde jeweils ein MVC-Test durchgeführt. Direkt nach dem Training hat sich der MVC-Wert um 50% verschlechtert, was durchaus eine signifikante Leistungsminderung darstellt. Interessant sind auch die relativen MVC-Werte nach einer Minute (59%), nach zwei Minuten (65%) und nach acht Minuten (73%), welche auf eine sehr rasche Regeneration und dadurch stetig ansteigende isometrische Leistungsfähigkeit hinweisen.

Ähnliche Ergebnisse in Bezug auf Leistungsminderung direkt nach einem stark ermüdenden Training liefert die Studie von Sayers & Clarkson (2001). Sie konnten eine Reduktion der isometrischen Leistungsfähigkeit anhand des MVC-Wertes um 57% feststellen. Im Gegensatz zu Froyd et al. (2013) führten Sayers & Clarkson (2001) ein rein exzentrisches Training an den Ellbogen an den Probanden durch.

Bezüglich geschlechtsspezifischer Unterschiede bei einer isometrischen Leistungsminderung gibt es auch verschiedene Studien (Clark, Manini, Thé, Doldo, & Ploutz-Snyder, 2003), (Fulco u. a., 1999) die eine signifikante geringere Ermüdung bei Frauen nach einem rein isometrischen Training zeigen. Im Gegensatz dazu konnten in der Studie von Hubal, Rubinstein, & Clarkson (2008) keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede bei der isometrischen Leistungsminderung bei einem exzentrischen Training festgestellt werden.

In weiterer Folge sollen noch mehr relevante Studien identifiziert und verglichen werden, um einen genaueren Überblick über den Forschungsstand zu gewinnen.

2. Methodischer Aufbau

Dieses Kapitel gibt Auskunft über die Studienteilnehmer, die Rahmenbedingungen, den Ablauf und das Design der Studie.

2.1. Studienteilnehmer

2.1.1. Anzahl der Studienteilnehmer und Studienteilnehmerinnen

Die geplante Anzahl an Studienteilnehmer und Studienteilnehmerinnen war ursprünglich 15, jedoch nahmen schlussendlich aufgrund der großen Nachfrage insgesamt 23 Personen (14 männlich / 9 weiblich) an dieser Studie teil. Von diesen 23 Personen mussten die Daten von 2 Studienteilnehmern verworfen werden, da die Daten aufgrund falscher Einstellungen bei der Testung nicht verwendbar waren. Des Weiteren ging bei zwei männlichen Testpersonen von den übrig gebliebenen 21 Personen die Datenaufzeichnung von zwei bzw. einem Satz des demodromischen Krafttrainings verloren. Diese wurden aber nicht gänzlich von der Analyse ausgeschlossen, da die für Studie primär relevanten Werte der isometrischen Maximalkraftmessungen vorhanden waren. Bei Auswertungen des desmodromischen Krafttrainings wurden die Werte dieser beiden Personen natürlich ausgeschlossen.

2.1.2. Rekrutierung

Die Rekrutierung der Probanden und Probandinnen erfolgte durch direkte und indirekte (über Freunde) Kontaktaufnahme.

2.1.3. Einschluss- und Ausschlusskriterien

Um an der Studie teilnehmen zu können, mussten folgende Einschlusskriterien erfüllt sein:

- Probanden und Probandinnen zwischen 18 und 40 Jahre
- mindestens ein Jahr Krafttrainingserfahrung
- mindestens 3-mal pro Woche sportlich aktiv
- schriftliche Einwilligung
- positives Ergebnis der Analyse der Risikofaktoren im Anamnesebogen

Folgende Kriterien führten zum Ausschluss der Studie:

- Probanden und Probandinnen jünger als 18 oder älter als 40 Jahre
- negatives Ergebnis der Analyse der Risikofaktoren im Anamnesebogen

- Verletzung vor oder während der Studie, die eine Teilnahme aufgrund von gesundheitlichen Risiken nicht erlauben
- Abbruch bei einer der Testungen
- Datenverlust der isometrischen Maximalkraftmessungen
- ermüdeten Trainingszustand
- schwerwiegende kardiovaskuläre, pulmonale oder metabolische Erkrankung(en), die die Teilnahme an körperlich intensiven Tests nicht erlauben
- akute Infektion bzw. Fieber
- Einnahme von Medikamenten, die die Messung beeinflussen
- bekannte Autoimmunkrankheit oder Erkrankung des Immunsystems betreffend

2.1.4. Analyse der Studienteilnehmer und Studienteilnehmerinnen

Wie eingangs erwähnt wurden von den 23 getesteten Probanden und Probandinnen zwei aufgrund von fehlerhaften Daten ausgeschlossen. Somit beläuft sich die tatsächliche Anzahl der Studienteilnehmer und Studienteilnehmerinnen auf 21 Personen, wovon 12 männlichen und 9 weiblichen Geschlechts sind. Zum Zeitpunkt des Studienantritts waren diese zwischen 22 und 29 Jahre alt.

2.2. Studiendesign

Der Zweck dieser Studie ist es, eine eventuelle Leistungsminderung der maximalen Kraftleistungsfähigkeit durch ein vorhergehendes, ermüdendes desmodromisches Krafttraining festzustellen. Dies wird anhand vergleichender Muskelkraft- und Leistungswerten im Verhältnis zu einem maximalen Ausgangswert beurteilt.

2.2.1. Zeitlicher Ablauf

Die ganze Durchführung der Studie dauerte insgesamt 4 Monate, von Juni bis September, wobei in den Sommermonaten Juli und August keine Testungen durchgeführt wurden. Die Testung selbst fand nur an einem Tag statt und dauerte für die Testperson maximal 1,5 Stunden. Nachdem die Personen die Information für Probanden und Probandinnen gelesen und unterzeichnet, der Anamnesebogen ausgefüllt hatten und das Ergebnis der Analyse von Risikofaktoren für die Studie positiv war, unterzog sich jede Testperson einem standardisierten Aufwärmen am Ergometer (siehe Kapitel 2.2.3).

Anschließend nahm die Testperson am ISOMED 2000 Platz und es erfolgten diverse individuelle Einstellungen (siehe Kapitel 2.2.4.1), da hier sowohl die insgesamt drei

Maximalkraftmessungen als auch das desmodromische Training absolviert wurden. Nachdem die Testperson entsprechend fixiert und das Gerät richtig eingestellt worden war, wurde der Proband/die Probandin nochmals über den Ablauf der Testung aufgeklärt. Dabei wurden ihm/ihr auch die Möglichkeiten für einen Abbruch der Testung erklärt, falls durch die Testungen/das Training unausstehliche Schmerzen oder andere Probleme auftreten sollten. Sowohl der Proband bzw. die Probandin als auch der Leiter der Testung hatte jederzeit die Möglichkeit, eine Not-Abschaltung des Geräts durchzuführen und damit die Testung abzubrechen. Nach dieser Einweisung erfolgte eine Beurteilung der ventralen Oberschenkelmuskulatur mittels visueller Analogskala (VAS) und direkt danach die erste isometrische Maximalkraftmessung t_1 (ISO1, siehe Abb. 2). In weiterer Folge wurde ein stark ermüdendes desmodromisches Krafttraining (KT) absolviert mit dem Ziel der maximalen Ermüdung der Testperson. Gleich im Anschluss erfolgte wiederum eine Beurteilung der Oberschenkelmuskulatur mittels VAS und die zweite isometrische Maximalkraftmessung t_2 (ISO2). Nach dieser Messung wurde die Testperson aus der Fixierung befreit und zur in der Nähe befindlichen Massageliege begleitet bzw. falls notwendig auch gestützt. Dort absolvierte die Testperson nun die 30-minütige Ruhephase (RP). Während der Ruhephase lag die Testperson auf der Massageliege und durfte nur Wasser zu sich nehmen. Danach erfolgte die dritte und letzte Beurteilung der Oberschenkelmuskulatur mit anschließender isometrischen Maximalkraftmessung t_3 (ISO3).

Zur besseren Verständlichkeit und Übersicht zeigt folgende Grafik nochmals den Ablauf der Testung inklusive Einwilligungserklärung und Anamnesebogen:

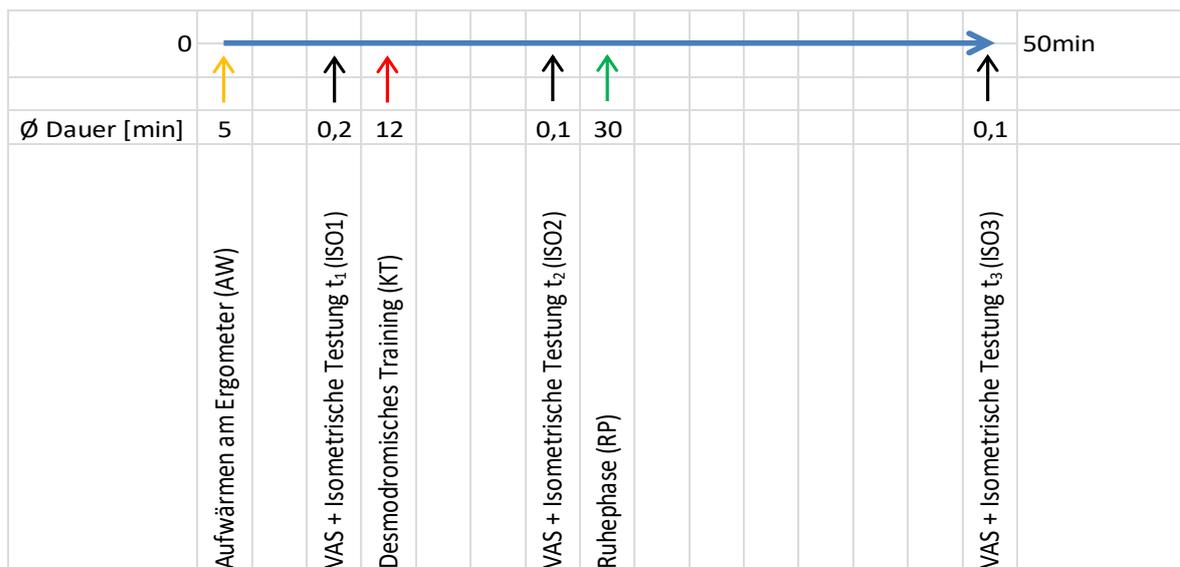


Abb. 2: Zeitlicher Ablauf der Testung
(selbst erstellt)

2.2.2. Sporttauglichkeitsuntersuchung

Bevor die Probanden und Probandinnen an der Testung für die Studie teilnahmen, wurde eine standardisierte Befragung mithilfe eines Anamnesebogens (Suche nach Risikofaktoren) durchgeführt. Dies diente dazu, um mögliche Kontraindikationen für diese Testung mit maximaler Belastung und hoch intensivem Ausdauerprogramm festzustellen. Des Weiteren wurden auch alle anderen, zu Beginn der Studie definierten Einschluss- und Ausschlusskriterien (siehe Kapitel 2.1.3) überprüft und eine schriftliche Einwilligungserklärung nach Aufklärung (siehe Probandeninformation) der Testpersonen eingeholt.

2.2.3. Aufwärmen

Das Aufwärmen fand am Ergometer statt und dauerte insgesamt fünf Minuten. Verwendet wurde dafür ein elektromagnetisch gebremstes Fahrradergometer namens „FITRO Cycle“ im sogenannten „Constant Force“ Modus.

Als Anfangskraft wurde das 1,5-fache Körpergewicht gewählt, das heißt bei einem/einer 80 Kilogramm schweren Probanden/Probandin betrug somit die Anfangskraft 120N.

Die Probanden und Probandinnen wurden dahingehend instruiert, dass sie während des ganzen Aufwärmens den Leistungsbereich zwischen 70-80 Watt nicht verlassen sollten. Die Wattanzeige befand sich auf einem neben dem Ergometer befindlichen Laptop.

2.2.4. IsoMed 2000

Da fast die ganze Testung mit Ausnahme des Aufwärmens am IsoMed 2000 stattfand, wird hier kurz das Gerät vorgestellt und die wichtigsten Parameter und Einstellungen erklärt.

2.2.4.1. Einstellungen am IsoMed 2000

Der IsoMed2000 bietet viele Einsatzmöglichkeiten und Zusatzmodule. Für diese Studie wurde das IsoMed 2000 Basismodul in Kombination mit dem „Legpress athletic“ - Modul (Beinpresse) verwendet. Wichtig bei diesem Athletikmodul ist, dass es laut Herstellerinformation („Legpress athletic Einführung“) korrekt angeschlossen wird. Hier sind folgende Punkte entscheidend:

- Fixierung am Boden und am Basismodul
Das Athletikmodul wird zuerst am Basismodul und anschließend am Boden fixiert
- Getriebeanschluss (je nach Getriebestufe)

- Anschluss mittels Datenstecker

Damit die Werte für das Athletikmodul richtig berechnet werden, muss dieses noch mittels Datenstecker am Überkopf-Monitortragarmsystem angeschlossen werden.

- Dynamometerposition

Für die Verwendung des Athletikmoduls wird der Dynamometerschwenkkopf ganz nach unten gefahren und parallel zum Basismodul ausgerichtet (siehe Abb. 4).

Des Weiteren gibt es zwei Getriebestufen für das Athletikmodul:

	Getriebestufe 1	Getriebestufe 2
Maximale Geschwindigkeit	0,8 m/s	1,2 m/s
Kraft bei 750/560 Dynamometer (IsoMed E750-560)	8850 N	5850 N
Kraft bei 700/560 Dynamometer (IsoMed E700-560)	8250 N	5500 N
Max. Beschleunigung einstellbar in 0,02 m/s ² -Schritten*	7,5 m/s ²	7,5 m/s ²
Abbremsung in 0,02 m/s-Schritten	10,0 m/s ²	10,0 m/s ²
Maximaler Verfahrweg	0-51 cm	0-76 cm
Gewicht der Legpress athletic	485 KG	

Abb. 3: Getriebestufen bei Legpress athletic Modul („Legpress athletic Einführung“)

Da für diese Studie weniger die maximale Geschwindigkeit, sondern mehr die maximale Kraft im Vordergrund stand, wurde die Getriebestufe 1 (auch 1:1 genannt) gewählt. Dies stellte sich durchaus als sinnvoll heraus, da manche Testpersonen der maximale Kraftgrenze von 5850N bei der Getriebestufe 2 (auch 1,5:1 genannt) während des desmodromischen Krafttrainings bedrohlich nahe kamen (max. Kraft, die von einem Proband erreicht wurde: 5410N). Je nach gewählter Getriebestufe/gewählten Getriebeanschluss befand sich der Dynamometer-Schwenkkopf rechts oder links des Sitzes. Wichtig war, dass die gewählte Getriebestufe (siehe Abb. 4) auch im Programm für alle Mess- und Trainingsblöcke (siehe „Getr. 1.0“ in Abb. 6) eingestellt wurde, da es sonst zu Datenverzerrungen kommen konnte.

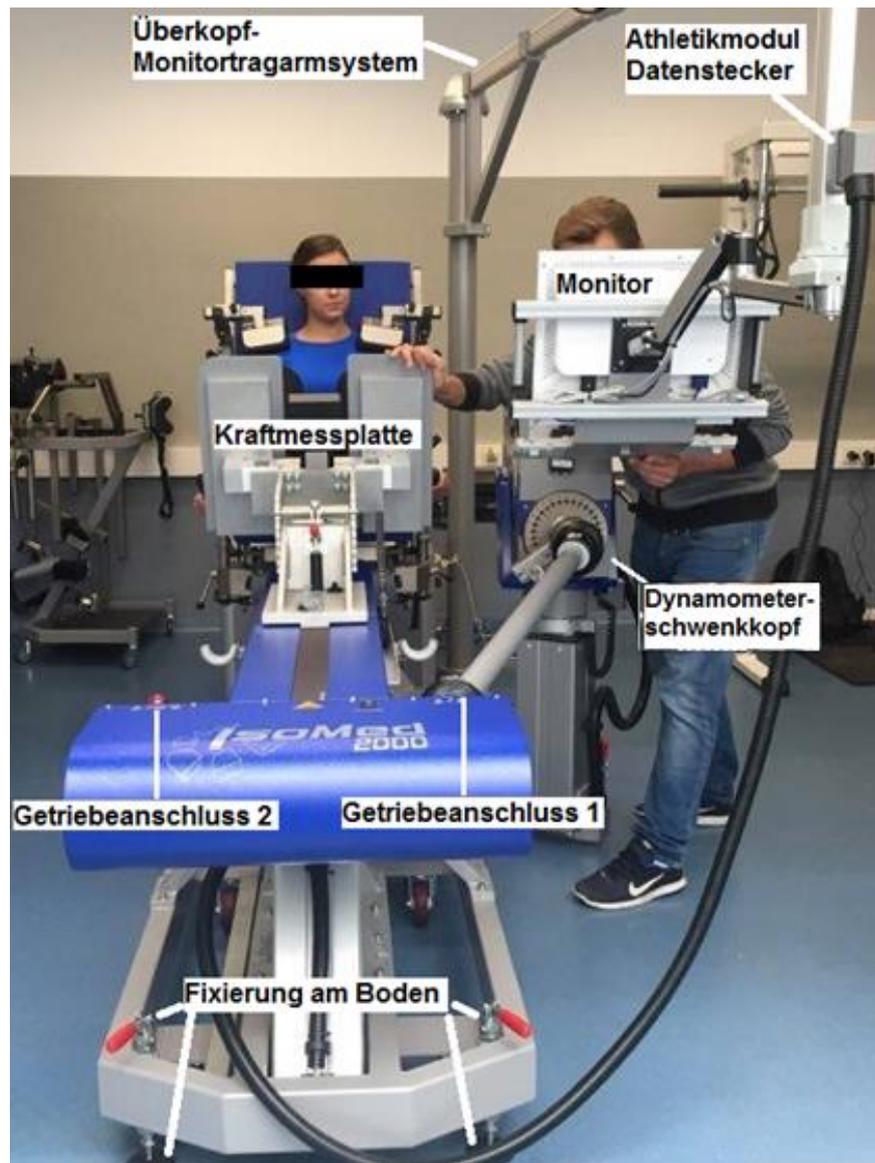


Abb. 4: Getriebestufen am IsoMed 2000 Leg press athletic modul
(selbst erstellt)

Nachdem das Athletik Modul am Basismodul des IsoMed 2000 korrekt angeschlossen war, ein Patient im Programm angelegt und das zuvor erstellte und abgespeicherte Test- und Trainingsprogramm (siehe Abb. 6 & siehe Kapitel 2.2.4.2) geladen worden war, nahm die Testperson am IsoMed 2000 Platz. Anschließend wurden individuelle Einstellungen für eine möglichst gute Fixierung der Testperson am IsoMed 2000 in folgender Reihenfolge getroffen:

- Positionierung am IsoMed 2000

Die Testperson nimmt dazu am Isomed 2000 Platz, legt die Knie auf die Knieauflagen und lässt die Unterschenkel nach unten zeigen. Danach übt der Studienleiter gegen die Knie Druck aus, gleichzeitig lässt er die Rückenlehne nach vorne fahren. Dadurch wird die Testperson gegen die Lehne gedrückt und hat

somit mit dem Becken und dem Rücken automatisch optimalen Kontakt zur Lehne. Dies soll ein eventuelles „Zurückrutschen“ bei der Testung selbst verhindern.

- Positionierung der Knieauflagen

Nachdem die Testperson entsprechend positioniert ist, wird die Kraftmessplatte so weit nach hinten geschoben, so dass die Beine der Testperson ausgestreckt sind. Nun kann die Knieauflage dementsprechend positioniert werden.

- Fixierung der Rückenlehne

Damit die Rückenlehne auch bei hohen Kräften nicht nachgibt, wird diese noch zusätzlich am IsoMed 2000 fixiert. Für diese Studie wurde die Rückenlehne auf 70° und der Sitz selbst wurde auf die Stufe 1 – also leicht nach oben zeigend - eingestellt, um eine optimale Position für die Testung zu erreichen.

- Fixierung mit Schulterpads

Um ein mögliches Ausweichen nach oben der Testperson zu verhindern, werden die Schultern mit Schulterpads fixiert.

- Fixierung mit Bauchgurt

Der Bauchgurt soll ein Nachvorrutschen des Beckens verhindern. Die Fixierung erfolgt somit sehr straff.

- Positionierung der Haltegriffe

Die Positionierung der Haltegriffe bleibt jedem Probanden und jeder Probandin selbst überlassen, um ein optimales Gefühl zu entwickeln.

- Positionierung des Bildschirms

Zuletzt wird der Bildschirm noch zur Testperson gedreht, damit diese bei den anstehenden Messungen und Trainings die Leistungen live sieht und somit optimal arbeiten kann.

Ist die Positionierung der Testperson (siehe Abb. 5) abgeschlossen, kann die Testung gestartet werden.

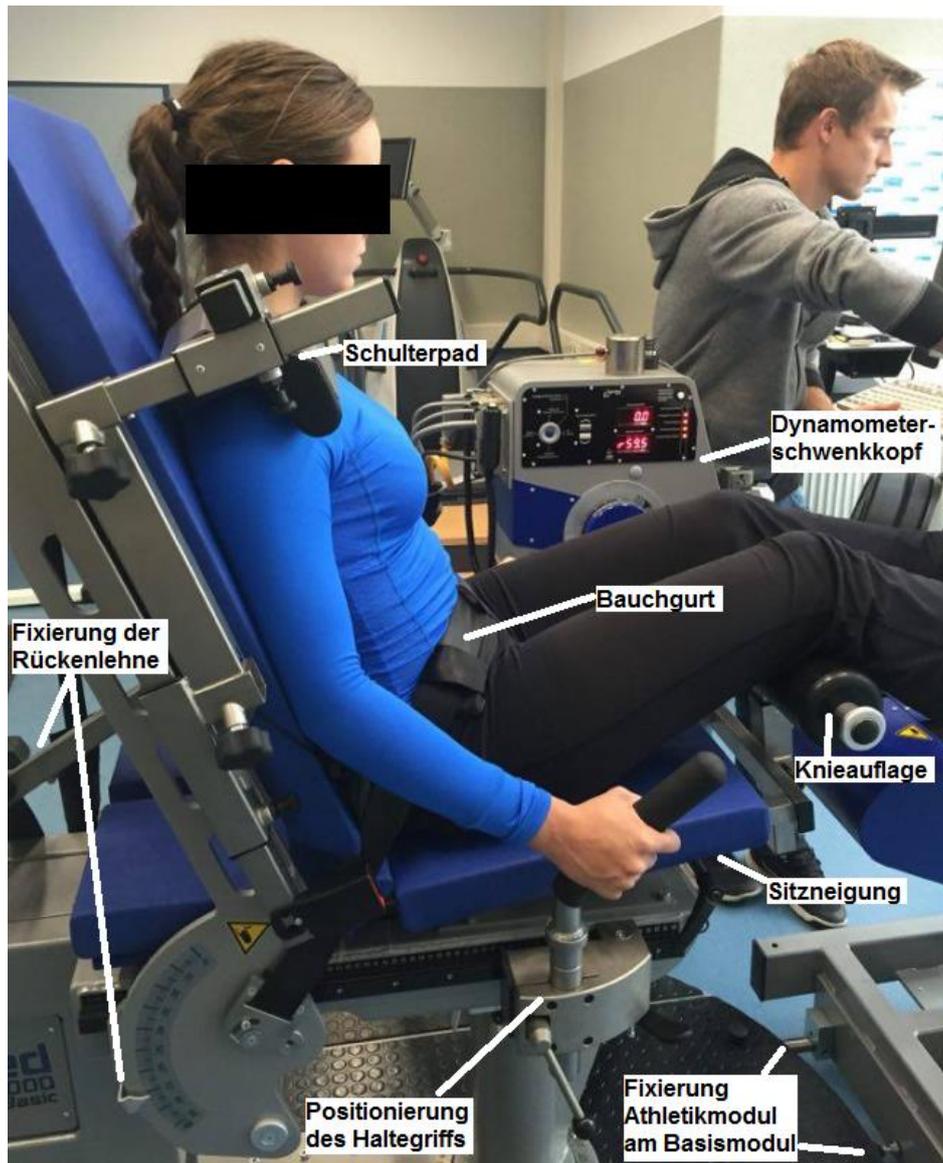


Abb. 5: Positionierung Testperson am IsoMed 2000
(selbst erstellt)

2.2.4.2. Mess- und Trainingsprogramm

Da sowohl die Maximalkrafttestungen als auch das Training am IsoMed 2000 stattfand, wurde folgendes Test- und Trainingsprogramm (siehe Abb. 6) erstellt und abgespeichert. Insgesamt bestand es aus vier Blöcken, drei Isometrikblöcke (1, 3 & 4) und einem Athletik-Block (2). Die Isometrikblöcke, in der Abb. 6 gekennzeichnet mit der Nummer der Reihenfolge (1, 3 & 4), sind die isometrischen Maximalkrafttestungen und der zweite Block, genannt Athletik, entspricht dem desmodromischen Training. Die Pause zwischen den einzelnen Blöcken wurde wie folgt definiert:

- Zwischen Isometrik (1. Block) & Athletik (2. Block) → 30 Sekunden
- Zwischen Athletik (2. Block) und Isometrik (3. Block) → 10 Sekunden

- Zwischen Isometrik (3. Block) und Isometrik (4. Block) → 30 Minuten 30 Sekunden
– Hier fand die Ruhephase auf der Massageliege statt

Hier ist zu erwähnen, dass während der Pausen die individuellen Einstellungen für den Nullpunkt und für den Bewegungsbereich mithilfe von Start- und Endposition für die Testperson vorgenommen wurden. Dies war aufgrund des gewählten manuellen Testablaufs notwendig, um nochmals alle für die Person vordefinierten Einstellungen zu überprüfen, diese, falls notwendig, vor Beginn des einzelnen Blocks abzuändern. Nur so konnte ein sicherer Ablauf der Testung für die Testperson gewährleistet werden. Daher kam es bei manchen Testpersonen zu kleineren Verzögerungen.

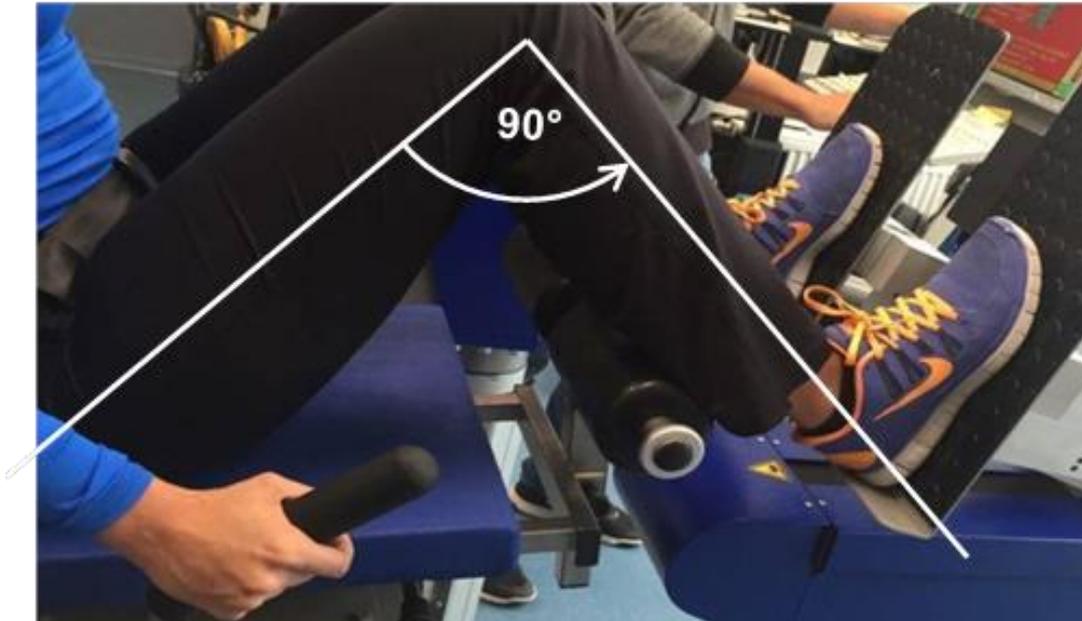
TEST/TRAINING						
Hinweis: Auswahl: "←" "→", Tr.-Auswahl: "↑" "↓", Bestätigen: "ret", Beenden: "esc"						
Start Test/Tr.		Trainingsmodi	Bib.-Training	Editieren	Abspeichern	Pausen
Isonetrik PAUSE: 0 MIN 30 SEK						
1	Bewegung	B K-Kette	Nullpunkt	0°	Sätze	2
		Extension	Bereich	1.5c-27.0c	Fix.	0 Pause 0:30Min
	Schwerkraftkomp.	aus	Start-Position	24.5c	St.-Trigg.	5 Getr.1.0
			Ende-Position	24.5c		
			Haltezeit	7Sek		Maximum 9000
Athletik PAUSE: 0 MIN 10 SEK						
2	Bewegung	B K-Kette	Nullpunkt	356°	Sätze	3 Udh 12
		Flex/Ext	Bereich	4.0c-26.0c	Fix.	1 Pause 2:00Min
	Schwerkraftkomp.	aus	Geschw.	B1 50mm/s	Beschl.	B 100 Kd 100
	Reizstrom	ein Nr. 1	Geschw.	B2 50mm/s	Trig.B1	250 Trig.B2 250
			Abbr.	B 100 Kd 100	Getriebe	1.0 Maxi.Kr 9000
Isonetrik PAUSE: 30 MIN 30 SEK						
3	Bewegung	B K-Kette	Nullpunkt	0°	Sätze	1
		Extension	Bereich	1.5c-27.0c	Fix.	0 Pause 1:00Min
	Schwerkraftkomp.	aus	Start-Position	24.5c	St.-Trigg.	5 Getr.1.0
			Ende-Position	24.5c		
			Haltezeit	7Sek		Maximum 9000
Isonetrik PAUSE: 0 MIN 10 SEK						
4	Bewegung	B K-Kette	Nullpunkt	0°	Sätze	1
		Extension	Bereich	1.5c-27.0c	Fix.	0 Pause 1:00Min
	Schwerkraftkomp.	aus	Start-Position	24.5c	St.-Trigg.	5 Getr.1.0
			Ende-Position	24.5c		
			Haltezeit	7Sek		Maximum 9000

Abb. 6: Mess- & Trainingsblöcke der Testung am IsoMed 2000
(selbst erstellt)

2.2.4.2.1. Isometrische Maximalkraftmessungen

Bei den Isometrikblöcken wurde der Nullpunkt, der Bereich und die Start- und Endposition stets ident gewählt, damit die Daten der drei Messungen vergleichbar sind. Wie in der Abb. 6 erkennbar ist, waren die Start- und Endposition innerhalb eines Isometrikblocks gleich, da es isometrische Messungen waren. Diese Start- und Endpositionen entsprechen einem Kniewinkel von 90° (siehe Abb. 7). Der 90°-Kniewinkel wurde mithilfe

eines herkömmlichen Goniometers festgestellt. Ausgangspunkt für die Winkelmessungen war jeweils die Neutral-0-Stellung (Ausgangsstellung – siehe Salis-Soglio (2015)). Dazu wurde das Goniometer (siehe Abb. 8) an den Gelenkspalt des Knies und die Enden des Goniometers an den großen Rollhügel des Hüftknochens bzw. an den Außenknöchel gehalten.



*Abb. 7: Kniewinkel bei der isometrischen Messung
(selbst erstellt)*



*Abb. 8: Digitaler Goniometer zur Feststellung der Kniewinkel
(selbst erstellt)*

Des Weiteren wurde die Haltezeit auf 7 Sekunden definiert, da ein Parameter für die Untersuchung der Kraftleistung die Durchschnittskraft in 4 Sekunden beinhaltet. Um

sicher zu gehen, dass diese vier Sekunden auch definitiv aufgezeichnet werden, wurde hier eine Dauer von 7 Sekunden gewählt. Im Allgemeinen wurde jeweils pro Isometrikblock nur eine isometrische Maximalkraftmessung durchgeführt, außer bei der ersten Messung. Hier wurde zusätzlich eine zweite, nicht relevante Messung zur Eingewöhnung und zum Verständnis durchgeführt (siehe Abb. 6– Isometrikblock 1, Sätze=2). Vor jeder Isometrik-Messung wurde der Testperson mitgeteilt, dass ein Countdown (siehe Abb. 9) ablaufe und dass sie nach Ablauf des Countdowns, so schnell und so stark wie möglich gegen die Kraftmessplatte drücken und das ganze 7 Sekunden lang halten sollten. Während jeder Messung wurde der Proband/die Probandin vom Studienleiter motivierend angefeuert, um die persönliche maximale Leistung abzurufen.



Abb. 9: Countdown bis zum Start der Messung/des Trainings (selbst erstellt)

2.2.4.2.2. Desmodromisches Training

Wie eingangs in Kapitel 2.2.4.2 erwähnt, repräsentiert der Athletikblock (siehe Abb. 10) das desmodromische Training.

Athletik		PAUSE: 0 MIN 10 SEK			
2	Bewegung B K-Kette	Nullpunkt 356°	Sätze 3 Wdh 12		
	Flex/Ext	Bereich 4.0c-26.0c	Fix. 1 Pause 2:00 Min		
	Schwerkraftkomp. aus	Geschw. B1 50mm/s	Beschl. B1 100 Kd 100		
	Reizstrom ein Nr. 1	Geschw. B2 50mm/s	Trig.B1 250 Trig.B2 250		
		Abbr. Ex 100 Kd 100	Getriebe 1.0 Maxi.Kr 9000		

Abb. 10: Mess- & Trainingsblöcke der Testung am IsoMed 2000 (selbst erstellt)

Wie im Theorieteil dieser Arbeit bereits erwähnt, ist ein desmodromisches Training eine Kombination aus Flexion und Extension, also aus konzentrischer und exzentrischer Muskelarbeit bei definierter maschinengesteuerter Geschwindigkeit. In der mittleren Spalte der Abb. 10 sind die Einstellungen für die Geschwindigkeit gut erkennbar. Die

Bewegungsgeschwindigkeit wurde für dieses Training sowohl für Flexion, also exzentrisch (in der Abb. 10 mit B1, blau beschriftet), als auch für Extension, also konzentrisch (in der Abb. 10 mit B2, rot beschriftet), auf 50 mm/s eingestellt. Die Geschwindigkeit für das Abbremsen und Beschleunigen der Bewegung im Umkehrpunkt wurde sowohl für Extension als auch für Flexion auf 100 eingestellt.

Insgesamt wurden, wie wiederum in der Abb. 10 in der rechten Spalte erkennbar, 3 Sätze zu je 12 Wiederholungen, wobei eine Wiederholung aus Extension und Flexion bestand, mit einer Satzpause von 2 Minuten durchgeführt.

Die Einstellung des Nullpunkts und des Bewegungsbereichs basierte wieder auf den Kniewinkeln. Und zwar wurde der Bewegungsbereich für die Knieflexion für das desmodromische Training auf einen Kniewinkel von 10° bis 100° (Flexionswinkel sind laut Neutral-0-Methode angegeben – normale Kniebeweglichkeit beträgt 10°/0°/140°) beschränkt, das heißt von fast ausgestreckten Beinen bis hin zu mehr als 90° abgewinkelten Beinen. Wichtig war hier, dass die Beine während des gesamten Trainings unter keinen Umständen komplett gestreckt sind, da es sonst durch das computergesteuerte exzentrische Training eventuell zu Verletzungen (z.B. Knie werden nach unten durchgedrückt) kommen kann. Als weitere Absicherung dienen hier auch die richtig justierten Knieauflagen. Die Kniewinkel wurden wiederum mit dem Goniometer gemessen und anschließend der entsprechende Bereich im Programm des IsoMed 2000 eingestellt.

Während des desmodromischen Trainings sah die Testperson stets den Kraftverlauf der aktuellen Wiederholung, die bereits durchgeführte Anzahl der Wiederholungen, den aktuellen Satz und die bisherige Dauer des Trainings (siehe Abb. 11).

Im Gegensatz zu den isometrischen Maximalkrafttestungen startete das Trainingsprogramm nicht sofort nach Ablauf des Countdowns. Zusätzlich musste der Studienleiter die Bewegung mit dem sogenannten „Trigger“ freigeben.

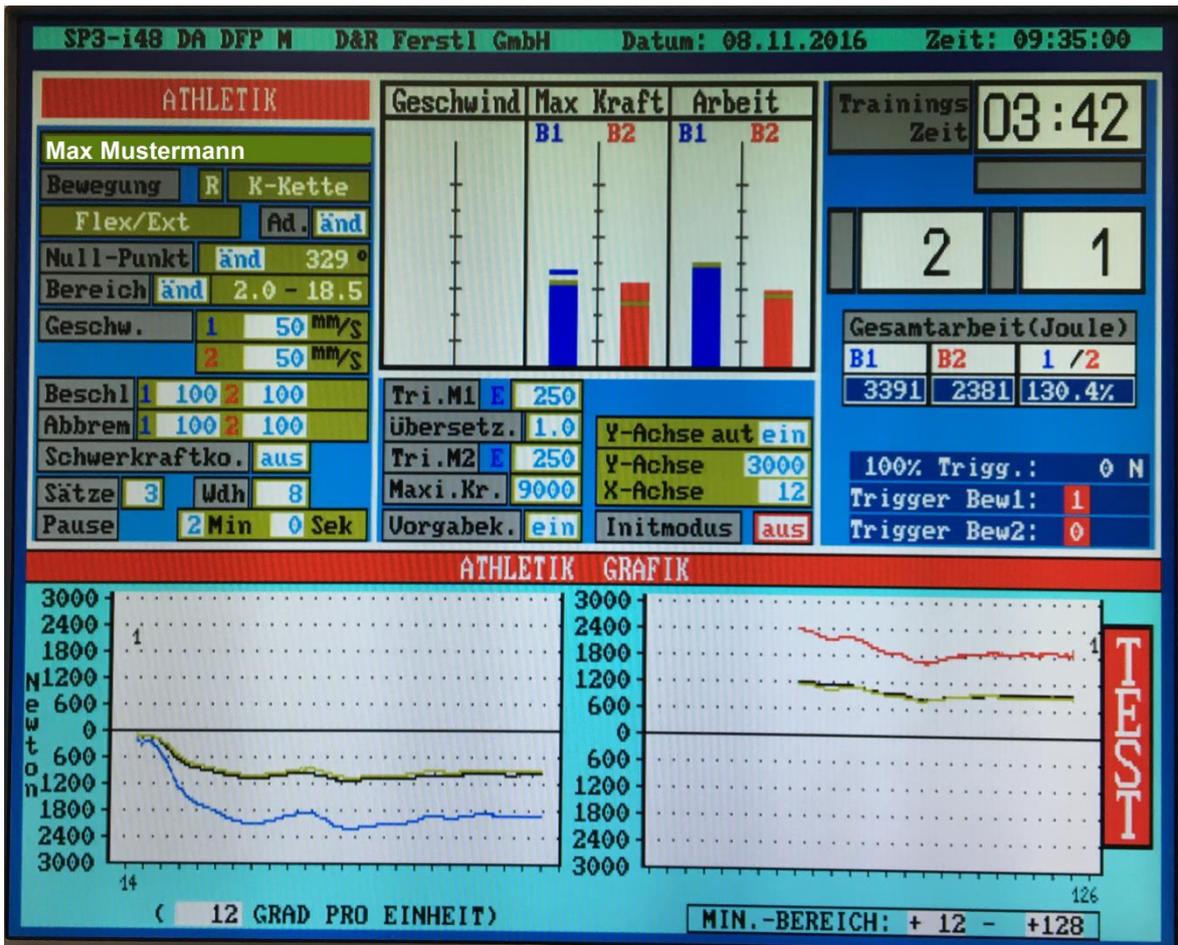


Abb. 11: Bildschirmansicht während eines Trainings (1. Wiederholung im 2. Satz) (selbst erstellt)



Abb. 12: Trigger zur Freigabe der Bewegung im Training (selbst erstellt)

Dieser Trigger (siehe Abb. 12) diente als manuelle Steuerung, mit dem man die Bewegung (Extension und Flexion) für jede einzelne Wiederholung freigeben musste. Zusätzlich muss der Proband/die Probandin auch Druck auf die Kraftmessplatte ausüben, um die Bewegung zu initiieren. Im Normalfall merkte die Testperson das manuelle Freigeben der Bewegungen während des Trainings nicht, da der Studienleiter schon frühzeitig die Bewegungen freigab und die Testperson stets Druck auf die Kraftmessplatte ausübte.

Während des gesamten Trainings hindurch wurde der Proband/die Probandin vom Studienleiter stets motiviert, um eine maximale Leistung zu erbringen und sich maximal zu ermüden.

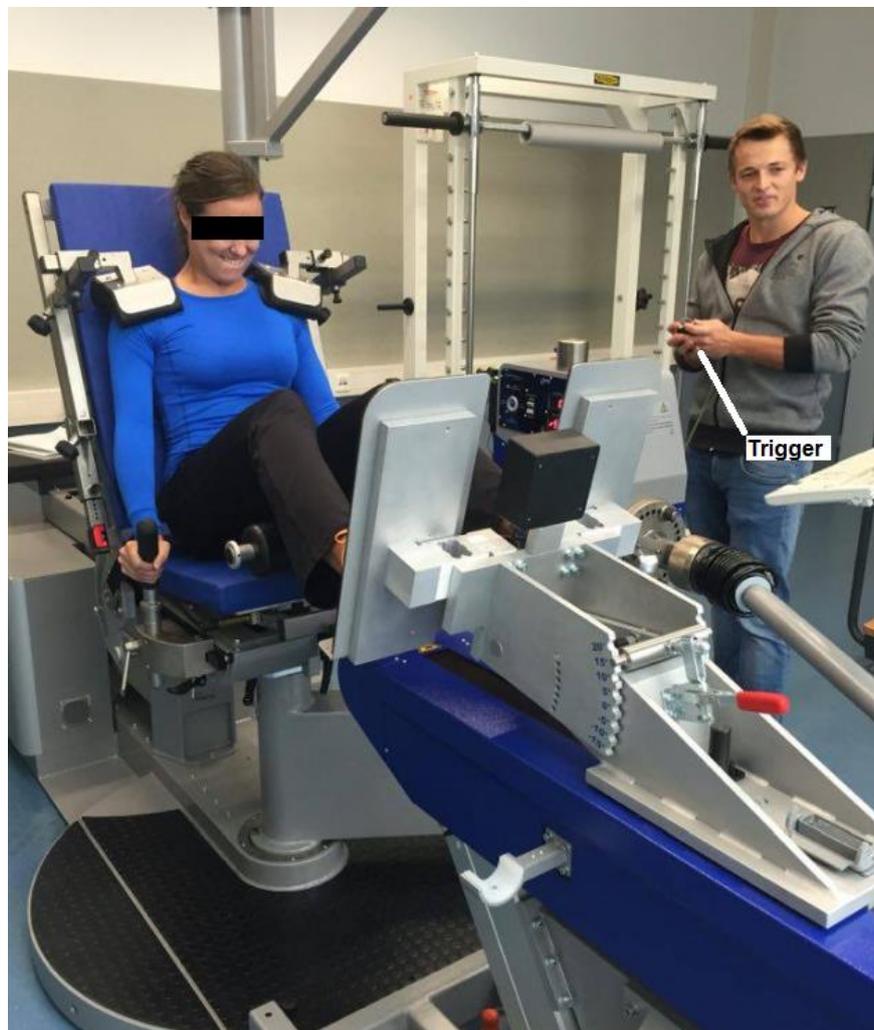


Abb. 13: Probandin beim desmodromischen Krafttraining – Bewegung wird manuell ausgelöst (selbst erstellt)

2.2.5. Visuelle Analogskala (VAS)

Vor jeder Maximalkraftmessung wurde eine subjektive Einschätzung des Befindens der vorderen Oberschenkelmuskulatur durchgeführt. Dies wurde mittels einer visuellen Analogskala durchgeführt. Einerseits sind die Daten dadurch intervallskaliert zu behandeln, andererseits ist die Zuverlässigkeit der damit erhobenen Daten bezüglich akutem Schmerz laut Bijur et al. (Bijur, Silver, & Gallagher, 2001) und seiner Studie sehr hoch. Bei der Durchführung hatten der Proband/die Probandin ab der zweiten Einschätzung mittels VAS keinen Einblick auf die bereits ausgefüllten Analogskalen von einem früheren Messzeitpunkt, um eventuelles Abgleichen zu verhindern. Aus diesem Grund wurde auch auf eine Beschriftung bzw. Einteilung mit Werten verzichtet. Stattdessen dienten nur zwei Smileys als Maßstab für gutes und schlechtes Befinden. Diese visuellen Analogskalen waren auf Papier insgesamt 10 cm lang, um eine einfache Umwandlung in intervallskalierte Werte zu ermöglichen (siehe Abb. 14). Die Werte wurden mittels Lineal abgemessen und in das jeweilige Microsoft Office Excel 2010 Dokument der Testperson übertragen (siehe Abb. 28). Dabei entsprach 1mm auf der VAS genau 1%.

Befinden der Oberschenkelmuskulatur

Messzeitpunkt A |

Name: _____

Datum: _____

Uhrzeit: _____

Wie angenehm empfinden Sie zurzeit ihre vordere Oberschenkelmuskulatur?



Abb. 14: Visuelle Analogskala für das Befinden der vorderen Oberschenkelmuskulatur für den Messzeitpunkt A
(selbst erstellt)

2.2.6. Ruhephase

Die Ruhephase fand zwischen der zweiten und dritten isometrischen Maximalkrafttestung statt und dauerte genau 30 Minuten. Sofort nach der zweiten isometrischen Maximalkrafttestung wurden die Testpersonen aus den Fixierungen des IsoMed 2000 befreit und zur in der Nähe befindlichen Massageliege begleitet und bei Notwendigkeit auch vom Studienleiter gestützt. Dies kam durchaus vor, da sich die Testpersonen, wie

gewünscht, wirklich komplett verausgabt hatten und teilweise nicht mehr fähig waren, alleine zu gehen. Die gesamte Ruhephase wurde liegend auf der Massageliege in ruhiger Umgebung verbracht. Die Testpersonen durften lediglich Wasser zu sich nehmen. Auch ein selbständiges Massieren oder sonstige Interventionen wurden vom Studienleiter untersagt.

2.2.7. Ernährung vor und während der Testung

Während der gesamten Testung war es den Testpersonen lediglich erlaubt, Wasser zu trinken. Es durfte auch in der Ruhepause nur Wasser zu sich genommen werden. Die letzte leichte Mahlzeit vor der Testung sollte drei Stunden zurückliegen, um eine optimale Leistung zu gewährleisten.

2.3. Untersuchte Parameter

Im Rahmen dieser Arbeit wurden sowohl die Daten der isometrischen Messungen als auch des Trainings ausgewertet. Dafür wurden folgende Parameter, wie die Maximalkraft, maximale Kraftbildungsgeschwindigkeit, durchschnittliche Kraft in 4s bzw. Maximalkraft, Arbeit, Maximalleistung und die durchschnittliche Leistung verwendet. Darüber hinaus wurde auch das subjektive Oberschenkelbefinden mittels visueller Analogskala ausgewertet. Die Erfassung der Daten für die Messungen und das Training erfolgte fast ausnahmslos am IsoMed2000. Einzig die Erfassung des subjektiven Befindens der Oberschenkelmuskulatur erfolgte mittels visueller Analogskala auf Papier.

2.3.1. Subjektives Befinden der vorderen Oberschenkelmuskulatur (VAS)

Das subjektive Befinden der vorderen Oberschenkelmuskulatur wurde mittels VAS erhoben. Anschließend wurden die visuellen Analogskalen manuell ausgewertet, sprich die Schnittstelle zwischen dem gemachten Strich des Probanden/der Probandin und der Skala abgemessen. Die Skala war genau 10cm lang, womit 1mm gleich 1% war. Diese Prozentwerte wurden anschließend in die Probanden- bzw. Probandinnenauswertung in Microsoft Office Excel 2010 übertragen und später in SPSS importiert.

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
VOB [%]	Visuelles Oberschenkelbefinden zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1VAS, ISO2VAS, ISO3VAS)
Diff VOB [%]	Differenzen des visuellen Oberschenkelbefindens zweier Zeitpunkte (Diff_VAS_ISO12, Diff_VAS_ISO13, Diff_VAS_ISO23)

Tab. 1: Parameterbeschreibung und -benennung des visuellen Oberschenkelbefindens (selbst erstellt)

2.3.2. Isometrische Messungen (ISO1, ISO2 & ISO3)

Wie eingangs erwähnt und in Abb. 2 ersichtlich, gibt es insgesamt drei isometrische Messungen (ISO1, ISO2 & ISO3) zu unterschiedlichen Zeitpunkten zur Feststellung der isometrischen Maximalkraft, durchschnittlichen isometrischen Kraft in 4s, maximalen Kraftänderung in 50ms und der Kraftänderung von 0-50ms, 50-100ms und 100-200ms.

2.3.2.1. Isometrische Maximalkraft

Bei der Definition des Begriffes „Maximalkraft“ herrscht Einigkeit. Weineck (Weineck, 2010, S. 371) beschreibt die Maximalkraft wie folgt: „Die Maximalkraft stellt die höchstmögliche Kraft dar, die das Nerv-Muskel-System bei maximaler willkürlicher Kontraktion auszuüben vermag“.

Darüber hinaus führt Weineck (Weineck, 2010) in seinem Buch an, dass die Maximalkraft hinsichtlich ihrer Arbeitsweise unterschieden werden muss. So gibt es eine statische (isometrische) und eine dynamische (konzentrische, exzentrische) Maximalkraft. Die isometrischen Maximalkraftwerte sind laut dem Autor um etwa 5-20% höher als die konzentrischen und bis zu 45% geringer als die exzentrischen Maximalwerte.

Da der IsoMed2000 lediglich die momentane Kraft in 5ms-Abständen liefert, wurde die isometrische Maximalkraft in Microsoft Office Excel 2010 mithilfe der MAX-Funktion berechnet. Dabei wurde die volle Zeitspanne von sieben Sekunden berücksichtigt.

Aufgrund der Tatsache, dass der IsoMed2000 die Kraftwerte für beide Beine getrennt liefert, ist eine beinspezifische Auswertung möglich. Somit werden folgende isometrischen Maximalkraftwerte ausgewertet:

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Peak F [N]	Maximalkraft zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1PeakF, ISO2PeakF, ISO3PeakF)
Peak F left [N]	Maximalkraft linkes Bein zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1PeakFleft, ISO2PeakFleft, ISO3PeakFleft)
Peak F right [N]	Maximalkraft rechtes Bein zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1PeakFright, ISO2PeakFright, ISO3PeakFright)
Peak F Leg Diff [N]	Maximale Differenz der Maximalkraft der Beine zu verschiedenen ZP (ISO1PeakFDiff, ISO2PeakFDiff, ISO3PeakFDiff)

Tab. 2: Parameterbeschreibung und -benennung der isometrischen Maximalkraft in SPSS (selbst erstellt)

2.3.2.2. Isometrische Maximalkraft relativ zur Masse (Relativkraft)

Die Relativkraft, also die Maximalkraft relativ zur Masse, ist vor allem in Sportarten wichtig, wo die Maximalkraft nicht dominant ist und das eigene Körpergewicht bewegt werden muss. Ein typisches Beispiel für eine derartige Sportart ist das Skispringen, hier ist es vor allem entscheidend, mit möglichst wenig Körpergewicht, möglichst stark abzuspringen. Friedrich (Friedrich, 2016) bezeichnet dies auch als relative Krafftähigkeit:

$$F_{rel} = \frac{F_{max}}{m}$$

Abb. 15: Formel für die Relativkraft
(selbst erstellt mit <http://quicklatex.com/>)

Die erhobenen Parameter (Peak F & Peak F Leg Diff) aus Punkt 2.3.2.1 werden auch mit dem Körpergewicht der Probandin/des Probanden in Beziehung gesetzt, also relativiert. Die dafür notwendigen Berechnungen wurden in Microsoft Office Excel 2010 durchgeführt.

Parameter	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Peak F per Mass [N/kg]	Relative Maximalkraft zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1PeakFperMassNkg, ISO2PeakFperMassNkg, ISO3PeakFperMassNkg)
Peak F per Mass Leg Diff [N]	Relative maximale Differenz der Maximalkraft der Beine zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1PeakFDiffperMass, ISO2PeakFDiffperMass, ISO3PeakFDiffperMass)

Tab. 3: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen isometrischen Maximalkraft in SPSS
(selbst erstellt)

2.3.2.3. Kraftbildungsgeschwindigkeit bzw. Kraftanstieg (Rate of Force Development RFD, Explosivkraft)

Ein wichtiger Parameter zur Erhebung der schnellen Krafterzeugung (Schnellkraft) ist die Kraftbildungsgeschwindigkeit, auch Explosivkraft bzw. Rate of Force Development (RFD) genannt. Die Wichtigkeit dieses Parameters begründen Wirth & Schmitdtbleicher (Wirth & Schmitdtbleicher, 2007) dahingehend, dass sich die Muskulatur bei einer isometrischen Kontraktion kaum verkürzt, wodurch die Verkürzungsgeschwindigkeit bereits gleich null ist, jedoch die Kraft noch weiter ansteigt. Darüber hinaus ist auch keine oder kaum eine äußerliche Bewegungsgeschwindigkeit erkennbar, währenddessen die Geschwindigkeit der Kraftbildung jedoch sehr schnell sein kann.

Ein weiteren wichtigen Aspekt dazu erläutert Pampus (Pampus, 2001, S. 42) in seinem Buch, in dem er Folgendes festhält: „Die Existenz einer hohen Kraft schließt nicht automatisch eine hohe Kraftbildungsgeschwindigkeit ein“.

Weineck (Weineck, 2010) beschreibt die Explosivkraft als den steilsten Kraftanstieg in einem definierten Zeitraum. Diese Definition deckt sich auch mit der Ausführung von Bührlé (Bührlé, 1985), der die Explosivkraft wie folgt beschreibt: „...den steilsten Anstieg der Kraft, der auf dem Weg zum Kraftmaximum erreicht wird, bzw. als Fähigkeit möglichst viel Kraft pro Zeiteinheit zu entwickeln.“

Im Unterschied zur Schnellkraft, welche den Kraftanstieg vom Start weg bis hin zum Kraftmaximum beschreibt, definiert sich die Explosivkraft als steilster Anstieg zwischen zwei Zeitpunkten auf der Kraft-Zeit-Kurve. Die Formel für die Berechnung der Explosivkraft lautet also:

$$RFD = \frac{\Delta F}{\Delta t} = \frac{F_{t1} - F_{t2}}{t_1 - t_2}$$

*Abb. 16: Abb. 17: Formel für Explosivkraft
(selbst erstellt mit <http://quicklatex.com/>)*

Mit diesem Parameter lässt sich also ermitteln, ob sich ein desmodromisches Training auch auf die isometrische Schnellkraft bzw. Explosivkraft auswirkt. Um diese isometrische Schnellkraft mit dem RFD-Parameter möglichst gut zu erfassen, ist eine entsprechend klare Instruktion sehr wichtig. Hier gibt es laut Bembien et al. (Bembien, Clasey, & Massey, 1990) zwei verschiedene Ansätze:

- 1) So schnell und stark wie möglich – die Maximalkraft so schnell wie möglich erreichen
- 2) So schnell wie möglich – Maximalkraft ist nicht entscheidend

So wie Bembien et al. (Bembien u. a., 1990) liefert auch Sahaly et al. (Sahaly, Vandewalle, Driss, & Monod, 2001) ähnliche Ergebnisse, die zeigen, dass es mithilfe der zweiten Instruktion, einfach so schnell wie möglich zu drücken, ohne dass die Maximalkraft (MVC force) im Vordergrund steht, zu einer 20-46% Steigerung des maximalen Kraftanstiegs (Peak RFD) kommt. Maffioletti et al. (Maffioletti u. a., 2016) schließt aus der Analyse der Ergebnisse, dass somit eine kombinierte Messung des Kraftanstiegs und der Maximalkraft nicht ideal ist, da dadurch beide Parameter nicht maximal erhoben werden können.

Da lediglich die Leistungsminderung im Fokus stand und daher nur die Differenz der Maximalwerte des Kraftanstiegs und der Kraft zwischen zwei Zeitpunkten entscheidend war, wurde trotzdem nur eine Messung durchgeführt, indem beide Parameter erhoben

wurden. Die Instruktion des Studienleiters lautete dabei wie folgt: „Drücke nach Ablauf des Countdowns so schnell und so stark wie möglich gegen die Kraftmessplatte!“

Nachdem einige wenige Probanden und Probandinnen bereits kurz vor bzw. in Abhängigkeit der individuellen Reaktionsfähigkeit kurz nach Ablauf des Countdowns zu drücken begonnen hatten, musste der Beginn der Kontraktion (Contraction onset) für jeden Probanden/jede Probandin und für jede Messung individuell festgestellt bzw. berechnet werden. Hier gibt wiederum die Arbeit von Maffioletti et al. (Maffioletti u. a., 2016) sehr gute Hinweise, wie eine solche Berechnung möglich ist. Einerseits ist es nach Tillin et. al (Tillin, Jimenez-Reyes, Pain, & Folland, 2010) möglich, den Kontraktionsbeginn visuell zu erfassen. Dies ist jedoch mitunter sehr aufwändig und bedarf auch einer spezifischen Definition, um den Zeitpunkt des Kontraktionsbeginns möglichst zuverlässig zu bestimmen. Andererseits gibt es auch andere automatisierte Verfahren, die den Zeitpunkt des Kontraktionsbeginns mithilfe von verschiedenen Parametern berechnen. Diese Verfahren sind laut Maffioletti et al. (Maffioletti u. a., 2016) in der Literatur sehr weit verbreitet und daher sehr zuverlässig und noch dazu zeitsparend im Vergleich zur manuellen Bestimmung. Meist werden dafür sogenannte „thresholds“, also Schwellen, definiert. Hier gibt es wiederum zweierlei Varianten, die absoluten Schwellen bzw. die relativen Schwellen. Während laut Maffioletti et al. (Maffioletti u. a., 2016) die absoluten Schwellen sehr simpel sind, jedoch oftmals unpassend für Vergleiche von mehreren Muskelgruppen, sind relative Schwellen aufwändiger zu berechnen, dafür aber robust gegen Messfehlern bzw. Messrauschen. Das laut Maffioletti (Maffioletti u. a., 2016) bei Dynamometer oftmals auftretende Messrauschen (>1% MVC) konnte zwar nicht bestätigt werden (siehe Abb. 18 & Abb. 19) , jedoch wurde die Messung bei einem Kniewinkel von 90° (siehe Salis-Soglio, 2015) durchgeführt, was wiederum eine individuelle Anfangsspannung bzw. Kraftauswirkung auf die Kraftmessplatte bewirkt und somit leicht zu Messschwankungen führen kann.

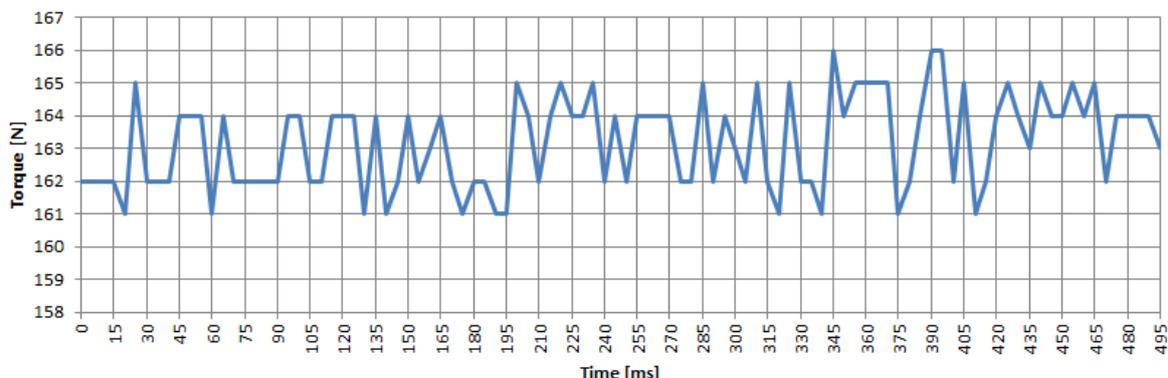


Abb. 18: Anfängliches absolutes Messrauschen [N] von 0-500ms einer isometrische Messung von Probandin X (selbst erstellt)

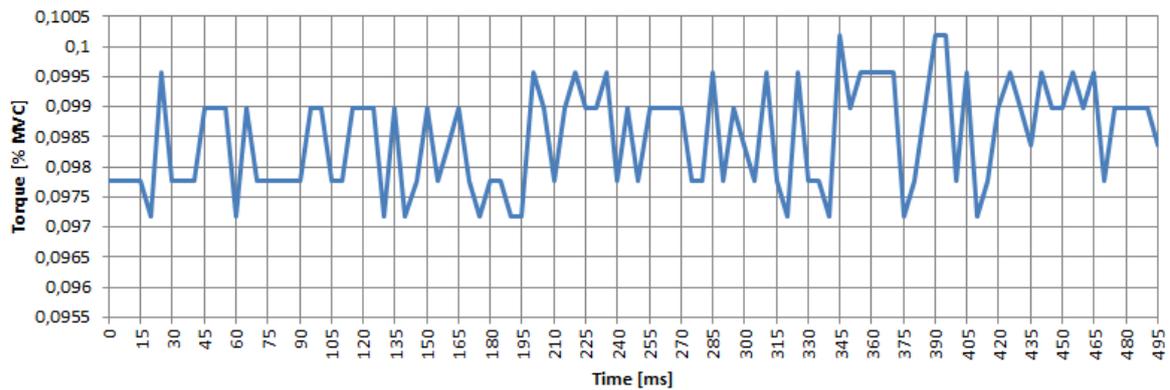


Abb. 19: Anfängliches relatives Messrauschen [% MVC] von 0-500ms einer isometrische Messung von Probandin X (selbst erstellt)

Häufig gewählte relative Schwellen bei automatischen Verfahren liegen laut den Literaturrecherchen von Maffiuelletti (Maffiuelletti u. a., 2016) etwa zwischen 2-3,6% des MVC. Nachdem das Messrauschen am IsoMed2000 relativ gering ist, wurde für diese Arbeit eine Schwelle von 2% gewählt. Das wären bei der Probandin X und ihrem isometrischen MVC von 1657N genau 33,14N. Das heißt, der Zeitpunkt t_0 für den RFD_{50} befindet sich dort, wo der Kraftanstieg erstmals größer als 33,14N in 50ms (=662,8 N/s) ist.

Damit ergeben sich bei der Probandin X folgende Zeitpunkte t_0 für die isometrischen Messungen:

Beschreibung	ISO 1	ISO 2	ISO 3	KRAFTRAINING	Allgemein
Peak F [N]	1657	1324	1422	3765	
Time of Peak F [ms]	41504	1555	1270	302063	
rel. Time of Peak F [ms]	1455	1550	1265	17330	
Set of Peak F	2	1	1	2	
repetition of Peak F	1	1	1	5	
rownr von Peak F	293	60598	61929	24331	
Peak F right [N]	811	664	699	1839	
rel. Time of Peak F right [ms]	1550	1555	1265	17330	
Peak F left [N]	850	671	733	1984	
rel. Time of Peak F left [ms]	1460	5070	1340	25255	
Peak F Diff [N]	78	59	63	910	
rel. Time of Peak F Diff [ms]	770	6625	4970	39980	
AVG F_{0-4000} [N]	1461	1203	1279		
min. increase threshold (2% of MVC)	33,14	33,14	33,14		
RFD t_0 [ms]	485	490	365		

Tab. 4 Tabellenausschnitt einer Probandenauswertung des Tabellenblatts Werte – gelb markiert sind die Zeitpunkte t_0 des jeweiligen Kontraktionsbeginn der isometrischen Messung (selbst erstellt)

Überprüft man diese Zeitpunkte manuell in der Kraft-Zeit-Kurve (siehe Abb. 20), sieht man, dass diese den Zeitpunkten für den wirklichen Kontraktionsbeginn sehr nahe kommen.

Bei der Analyse verschiedener Studien hat Maffiuletti et al. (Maffiuletti u. a., 2016) herausgefunden, dass der Kraftanstieg von 0 bis 50ms (RFD₀₋₅₀) nur sehr wenig Aussagekraft hat. Sehr viel zuverlässiger sind dahingegen der Peak RFD₅₀ und der RFD₅₀₋₁₀₀ relativ zum Zeitpunkt des Beginns der Kontraktion. Daher werden auch vorwiegend diese beiden RFD-Werte zu weiteren Auswertung verwendet.

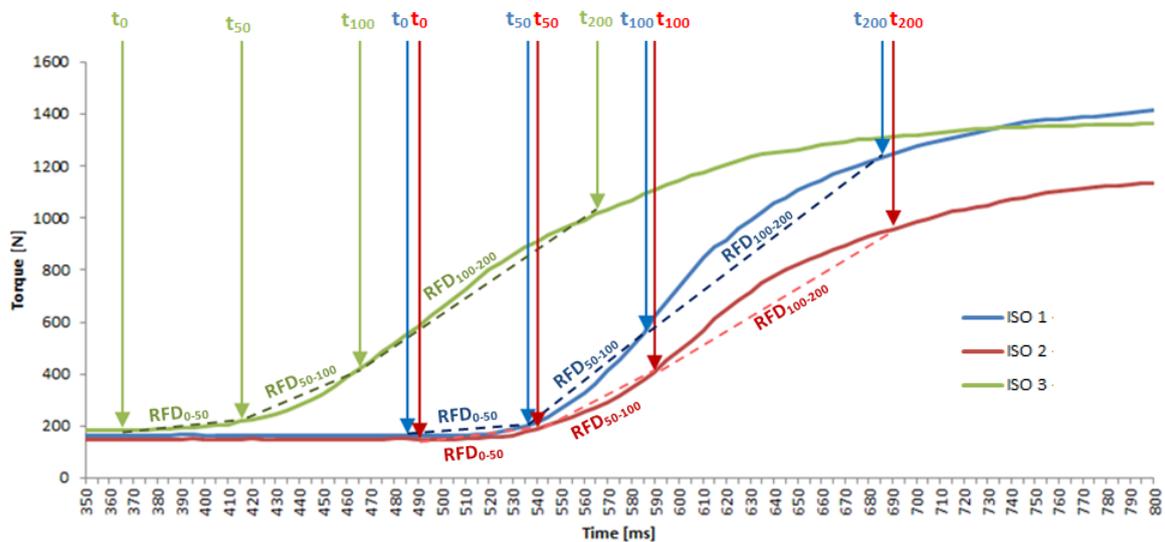


Abb. 20: Kraft-Zeit-Verlauf von 350-800ms der Probandin X mit den Zeitpunkten für den jeweiligen Kontraktionsbeginn der Messung (selbst erstellt)

Die dafür notwendigen Berechnungen wurden in Microsoft Office Excel 2010 durchgeführt.

Parameter	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Peak RFD 50ms [N/s]	Maximaler Kraftanstieg in 50ms zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1PeakRFD50Ns, ISO2PeakRFD50Ns, ISO3PeakRFD50Ns)
RFD 0-50ms [N/s]	Kraftanstieg zwischen 0-50ms zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1RFD050Ns, ISO2RFD050Ns, ISO3RFD050Ns)
RFD 50-100ms [N/s]	Kraftanstieg zwischen 50-100ms zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1RFD50100Ns, ISO2RFD50100Ns, ISO3RFD50100Ns)
RFD 100-200ms [N/s]	Kraftanstieg zwischen 100-200ms zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1RFD100200Ns, ISO2RFD100200Ns, ISO3RFD100200Ns)

Tab. 5: Parameterbeschreibung und -benennung des Kraftanstiegs (RFD) in SPSS (selbst erstellt)

2.3.2.4. Durchschnittliche Kraft in 4s

Um nicht nur die isometrischen Maximalwerte zu analysieren und zu vergleichen, wurde auch die durchschnittliche Kraft in vier Sekunden, wobei der Zeitpunkt t_0 wiederum mit dem minimalen Kraftanstieg von 2% des MVC festgelegt wurde. Somit wurde die durchschnittliche Kraft in 4s mithilfe des Mittelwerts von t_0 bis t_{4000} berechnet.

Aufgrund der Tatsache, dass der IsoMed2000 die Kraftwerte für beide Beine getrennt liefert, ist eine beinspezifische Auswertung möglich. Somit werden folgende isometrischen Durchschnittskraftwerte ausgewertet:

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
AVG F₀₋₄₀₀₀ [N]	Durchschnittskraft 0-4s zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1AVGF04000N, ISO2AVGF04000N, ISO3AVGF04000N)
AVG F_{0-4000 left} [N]	Durchschnittskraft 0-4s linkes Bein zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1AVGF04000leftN, ISO2AVGF04000leftN, ISO3AVGF04000leftN)
AVG F_{0-4000 right} [N]	Durchschnittskraft 0-4s rechtes Bein zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1AVGF04000rightN, ISO2AVGF04000rightN, ISO3AVGF04000rightN)
AVG F_{0-4000 Diff} [N]	Durchschnittliche Kraftdifferenz 0-4s der Beine zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1AVGF04000DiffN, ISO2AVGF04000DiffN, ISO3AVGF04000DiffN)

*Tab. 6: Parameterbeschreibung und -benennung der durchschnittlichen Kraft 0-4s in SPSS
(selbst erstellt)*

2.3.2.5. Durchschnittliche Kraft relativ zur Masse in 4s

Alle erhobenen Parameter aus Punkt 2.3.2.4 werden auch mit dem Körpergewicht der Probandin/des Probanden in Beziehung gesetzt, also relativiert. Die dafür notwendigen Berechnungen wurden in Microsoft Office Excel 2010 bzw. SPSS durchgeführt.

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
AVG F₀₋₄₀₀₀ per Mass [N]	Durchschnittskraft 0-4s zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1AVGF04000permassNkg, ISO2AVGF04000permassNkg, ISO3AVGF04000permassNkg)
AVG F₀₋₄₀₀₀ left per Mass [N]	Durchschnittskraft 0-4s linkes Bein zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1AVGF04000permassLeftNkg, ISO2AVGF04000permassLeftNkg, ISO3AVGF04000permassLeftNkg)
AVG F₀₋₄₀₀₀ right per Mass [N]	Durchschnittskraft 0-4s rechtes Bein zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1AVGF04000permassRightNkg, ISO2AVGF04000permassRightNkg, ISO3AVGF04000permassRightNkg)
AVG F₀₋₄₀₀₀ Diff per Mass [N]	Durchschnittliche Kraftdifferenz 0-4s der Beine zu verschiedenen Zeitpunkten (ISO1AVGF04000perMassLegDiff, ISO2AVGF04000perMassLegDiff, ISO3AVGF04000perMassLegDiff)

*Tab. 7: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen durchschnittlichen Kraft 0-4s in SPSS
(selbst erstellt)*

2.3.3. Desmodromisches Training (KT)

Wie eingangs erwähnt und in Abb. 2 ersichtlich, fand zwischen der ersten (ISO1) und der zweiten isometrischen Messung (ISO2) ein stark ermüdendes desmodromisches Krafttraining statt. Dieses wurde laut Bührlé (Bührlé, 1985) 1983 von J. Schnell und L. Spitz entwickelt und ist eng verwandt mit dem isokinetischen Training. Es besteht auch aus einem Wechsel von positiv (konzentrisch, überwindend) und negativ (exzentrisch, nachgebend) dynamischer Kraftarbeit. Es unterscheidet sich vom isokinetischen Training laut Weineck (Weineck, 2010) aber in zwei Punkten:

- a) „Die Bewegungsgeschwindigkeit ist apparativ-maschinell vorgegeben (desmodromisch = motor- bzw. zwangsgesteuert) und kann je nach sportartspezifischen Bedarf verändert werden.“
- b) „Die jeweils belastete Muskulatur hat durch den fortlaufend ausgeübten Druck gegen die Widerstandsleiste (Abb. 21 – in diesem Fall = Kraftmessplatte) zu keinem Zeitpunkt die Möglichkeit sich zu entspannen, wie dies beim traditionellen Training an den Umkehrpunkten (Endstreckung bzw. -beugung) der Fall ist. Dadurch wird verhindert, dass der Muskel sein energetisches Potenzial (Resynthese von ATP aus KP) zu erneuern vermag: Es kommt zur vollständigen Ausschöpfung der muskulären ATP-Vorräte und damit zur völligen Auslastung der an der Bewegung beteiligten Muskelfasern. Der hohe ATP-Umsatz bzw. die damit verbundene hohe Spannungsbelastung jeder einzelnen Muskelfaser – auch die „letzte“ Muskelfaser wird hierbei in ihrem Leistungspotenzial ausbelastet – stellen die Ursache für das beim desmodromischen Training besonders ausgeprägte Muskelwachstum (Hypertrophie) dar.“



Abb. 21: Prinzip des desmodromischen Krafttrainings: Gegen einen maschinell bewegten Widerstand (Kraftmessplatte) wird ständig Druck ausgeübt. Bewegungsarten: konzentrisch & exzentrisch (selbst erstellt)

Wie in Kapitel 2.2.4.2.2 bereits erwähnt, wurde ein Bewegungsbereich für die Knieflexion von 10° bis 100° gewählt, wobei die exzentrische & konzentrische Bewegungsgeschwindigkeit jeweils 50mm/s betrug. An den Umkehrpunkten wurde jeweils mit 100 mm/s^2 gebremst bzw. beschleunigt.

Zur späteren Analyse wurde die Dauer, Arbeit, Maximalleistung, durchschnittliche Leistung und die Maximalkraft erhoben. Die genannten Parameter wurden jeweils für beide Arbeitsweisen, also konzentrisch und exzentrisch, erhoben. Alle Variablen haben in SPSS den Präfix „KT_“ für die Unterscheidung von den Variablen der isometrischen Messungen.

2.3.3.1. Maximalkraft

Da der IsoMed2000 lediglich die momentane Kraft in 5ms-Abständen liefert, wurde die Maximalkraft in Microsoft Office Excel 2010 mithilfe der MAX-Funktion berechnet. Es wurde aber nicht nur die Maximalkraft pro Satz und pro Arbeitsweise erhoben, sondern auch die jeweilige Differenz der Maximalkraft der Sätze berechnet:

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Peak F [N]	Maximalkraft pro Satz (KT_Peak_F_S1_N, KT_Peak_F_S2_N, KT_Peak_F_S3_N)
Peak F [N] exzentrisch	Exzentrische Maximalkraft pro Satz (KT_Peak_F_S1_EX_N, KT_Peak_F_S2_EX_N, KT_Peak_F_S3_EX_N)
Peak F [N] konzentrisch	Konzentrische Maximalkraft pro Satz (KT_Peak_F_S1_KON_N, KT_Peak_F_S2_KON_N, KT_Peak_F_S3_KON_N)
Peak F Diff [N]	Differenz der Maximalkraft zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeak_F_S12_N, KT_DiffPeak_F_S13_N, KT_DiffPeak_F_S23_N)
Peak F Diff [N] exzentrisch	Differenz der exzentrischen Maximalkraft zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeak_F_EX_S12_N, KT_DiffPeak_F_EX_S13_N, KT_DiffPeak_F_EX_S23_N)
Peak F Diff [N] konzentrisch	Differenz der konzentrischen Maximalkraft zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeak_F_KON_S12_N, KT_DiffPeak_F_KON_S13_N, KT_DiffPeak_F_KON_S23_N)

*Tab. 8: Parameterbeschreibung und -benennung der Maximalkraft beim Krafttraining in SPSS
(selbst erstellt)*

2.3.3.2. Maximalkraft relativ zur Masse

Alle erhobenen Parameter aus Punkt 0 wurden auch mit dem Körpergewicht der Probandin/des Probanden in Beziehung gesetzt, also relativiert. Die dafür notwendigen Berechnungen wurden in Microsoft Office Excel 2010 bzw. SPSS durchgeführt.

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Peak F per Mass [N/kg]	Relative Maximalkraft pro Satz (KT_Peak_F_perMass_S1_Nkg, KT_Peak_F_perMass_S2_Nkg, KT_Peak_F_perMass_S3_Nkg)
Peak F per Mass [N/kg] exzentrisch	Exzentrische Maximalkraft pro Satz (KT_Peak_F_perMass_S1_EX_Nkg, KT_Peak_F_perMass_S2_EX_Nkg, KT_Peak_F_perMass_S3_EX_Nkg)
Peak F per Mass [N/kg] konzentrisch	Konzentrische Maximalkraft pro Satz (KT_Peak_F_perMass_S1_KON_Nkg, KT_Peak_F_perMass_S2_KON_Nkg, KT_Peak_F_perMass_S3_KON_Nkg)
Diff Peak F per Mass [N/kg]	Differenz der relativen Maximalkraft zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeak_F_perMass_S12_Nkg, KT_DiffPeak_F_perMass_S13_Nkg, KT_DiffPeak_F_perMass_S23_Nkg)
Diff Peak F per Mass [N/kg] exzentrisch	Differenz der exzentrischen relativen Maximalkraft zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeak_F_perMass_EX_S12_Nkg, KT_DiffPeak_F_perMass_EX_S13_Nkg, KT_DiffPeak_F_perMass_EX_S23_Nkg)
Diff Peak F per Mass [N/kg] konzentrisch	Differenz der konzentrischen relativen Maximalkraft zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeak_F_perMass_KON_S12_Nkg, KT_DiffPeak_F_perMass_KON_S13_Nkg, KT_DiffPeak_F_perMass_KON_S23_Nkg)

Tab. 9: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen Maximalkraft beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)

2.3.3.3. Maximalleistung

Da die Datenausgabe des IsoMed2000 lediglich die momentane Kraft in 5ms-Abständen liefert, wurde zuerst die momentane Leistung für jeden Zeitpunkt (also alle 5ms) berechnet. Nachdem die Kraft hier exakt in Richtung der Geschwindigkeit ihres Angriffspunktes entlang einer Achse wirkt, ist es möglich, die Leistung mithilfe des Produkts der beiden skalaren Größen (Betrag Kraft [N] * Betrag Geschwindigkeit [m/s]) zu berechnen:

$$P_F = \vec{F} * v_{\vec{F}}$$

Abb. 22: Formel für Leistung einer Kraft
(selbst erstellt mit <http://quicklatex.com/>)

Die Berechnung der momentanen Leistung erfolgte wiederum in Excel. Nachdem die Geschwindigkeit in 1/10 mm pro s gegeben war, sah die Formel für die Berechnung der momentanen Leistung in Microsoft Office Excel 2010 wie folgt aus:

$$P_F = \vec{F} * \frac{v_{\vec{F}}}{10*1000}$$

Abb. 23: Formel für Leistung einer Kraft [N] mit Geschwindigkeit in 1/10mm pro s
(selbst erstellt mit <http://quicklatex.com/>)

Das heißt, bei einer Kraft von 1000N und einer Geschwindigkeit von 500 1/10mm pro s beträgt die Leistung [W] genau 50W.

$$P_F = 1000N * \frac{500}{10*1000} \frac{m}{s}$$
$$P_F = 50W$$

Abb. 24: Beispielrechnung für die Leistung
(selbst erstellt mit <http://quicklatex.com/>)

Die Maximalleistung wurde in Microsoft Office Excel 2010 mithilfe der MAX-Funktion berechnet. Es wurde aber nicht nur die Maximalleistung pro Satz und pro Arbeitsweise erhoben, sondern auch die jeweilige Differenz der Maximalleistung der Sätze berechnet:

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Peak Power [W]	Maximalleistung & Maximalleistung pro Satz (KT_PeakPowerW & KT_PeakPowerS1W, KT_PeakPowerS2W, KT_PeakPowerS3W)
Peak Power [W] exzentrisch	Exzentrische Maximalleistung & Exzentrische Maximalleistung pro Satz (KT_PeakPowerEXW & KT_PeakPowerS1EXW, KT_PeakPowerS2EXW, KT_PeakPowerS3EXW)
Peak Power [W] konzentrisch	Konzentrische Maximalleistung & Konzentrische Maximalleistung pro Satz (KT_PeakPowerKONW & KT_PeakPowerS1KONW, KT_PeakPowerS2KONW, KT_PeakPowerS3KONW)
Diff Peak Power [W]	Differenz der Maximalleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeakPowerS12_W, KT_DiffPeakPowerS13_W, KT_DiffPeakPowerS23_W)
Diff Peak Power [W] exzentrisch	Differenz der exzentrischen Maximalleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeakPowerEXS12_W, KT_DiffPeakPowerEXS13_W, KT_DiffPeakPowerEXS23_W)
Diff Peak Power [W] konzentrisch	Differenz der konzentrischen relativen Maximalleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeakPowerKONS12_W, KT_DiffPeakPowerKONS13_W, KT_DiffPeakPowerKONS23_W)

Tab. 10: Parameterbeschreibung und -benennung der Maximalleistung beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)

2.3.3.4. Maximalleistung relativ zur Masse

Alle erhobenen Parameter aus Punkt 0 wurden auch mit dem Körpergewicht der Probandin/des Probanden in Beziehung gesetzt, also relativiert. Die dafür notwendigen Berechnungen wurden in Microsoft Office Excel 2010 bzw. SPSS durchgeführt.

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Peak Power per Mass [W/kg]	Relative Maximalleistung & Relative Maximalleistung pro Satz (KT_PeakPowerpermassWkg & KT_PeakPowerS1permassWkg, KT_PeakPowerS2permassWkg, KT_PeakPowerS3permassWkg)
Peak Power Per Mass [W/kg] exzentrisch	Exzentrische relative Maximalleistung & Exzentrische relative Maximalleistung pro Satz (KT_PeakPowerPerMassEXWkg & KT_PeakPowerPerMassS1EXWkg, KT_PeakPowerPerMassS2EXW, KT_PeakPowerPerMassS3EXWkg)
Peak Power Per Mass [W/kg] konzentrisch	Konzentrische relative Maximalleistung & Konzentrische relative Maximalleistung pro Satz (KT_PeakPowerPerMassKONWkg & KT_PeakPowerPerMassS1KONWkg, KT_PeakPowerPerMassS2KONWkg, KT_PeakPowerPerMassS3KONWkg)
Diff Peak Power per Mass [W/kg]	Differenz der relativen Maximalleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeakPowerPerMassS12_Wkg, KT_DiffPeakPowerPerMassS13_Wkg, KT_DiffPeakPowerPerMassS23_Wkg)
Diff Peak Power per Mass [W/kg] exzentrisch	Differenz der exzentrischen Maximalleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2- S3) (KT_DiffPeakPowerPerMassEXS12_Wkg, KT_DiffPeakPowerPerMassEXS13_Wkg, KT_DiffPeakPowerPerMassEXS23_Wkg)
Diff Peak Power per Mass [W/kg] konzentrisch	Differenz der konzentrischen relativen Maximalleistung zwischen den Sätzen (S1- S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffPeakPowerPerMassKONS12_Wkg, KT_DiffPeakPowerPerMassKONS13_Wkg, KT_DiffPeakPowerPerMassKONS23_Wkg)

Tab. 11: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen Maximalleistung beim Krafttraining in SPSS
(selbst erstellt)

2.3.3.5. Durchschnittsleistung

Die Durchschnittsleistung wurde in Microsoft Office Excel 2010 mithilfe der MITTELWERT-Funktion berechnet. Es wurde aber nicht nur die Durchschnittsleistung pro Satz und pro Arbeitsweise erhoben, sondern auch die jeweilige Differenz der Durchschnittsleistung der Sätze berechnet:

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
AVG P [W]	Durchschnittsleistung & Durchschnittsleistung pro Satz (KT_AVGPowerW & KT_AVGPowerS1W, KT_AVGPowerS2W, KT_AVGPowerS3W)
AVG P [W] exzentrisch	Exzentrische Durchschnittsleistung & Exzentrische Durchschnittsleistung pro Satz (KT_AVGPowerEXW & KT_AVGPowerS1EXW, KT_AVGPowerS2EXW, KT_AVGPowerS3EXW)
AVG P [W] konzentrisch	Konzentrische Durchschnittsleistung & Konzentrische Durchschnittsleistung pro Satz (KT_AVGPowerKONW & KT_AVGPowerS1KONW, KT_AVGPowerS2KONW, KT_AVGPowerS3KONW)
Diff AVG P [W]	Differenz der Durchschnittsleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffAVGPowerS12_W, KT_DiffAVGPowerS13_W, KT_DiffAVGPowerS23_W)
Diff AVG P [W] exzentrisch	Differenz der exzentrischen Durchschnittsleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffAVGPowerEXS12, KT_DiffAVGPowerEXS13, KT_DiffAVGPowerEXS23)
Diff AVG P [W] konzentrisch	Differenz der konzentrischen relativen Durchschnittsleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffAVGPowerKONS12, KT_DiffAVGPowerKONS13, KT_DiffAVGPowerKONS23)

*Tab. 12: Parameterbeschreibung und -benennung der Durchschnittsleistung beim Krafttraining in SPSS
(selbst erstellt)*

2.3.3.6. Durchschnittsleistung relativ zur Masse

Alle erhobenen Parameter aus Punkt 0 wurden auch mit dem Körpergewicht der Probandin/des Probanden in Beziehung gesetzt, also relativiert. Die dafür notwendigen Berechnungen wurden in Microsoft Office Excel 2010 bzw. SPSS durchgeführt.

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
AVG P per Mass [W]	Durchschnittsleistung & Durchschnittsleistung pro Satz (KT_AVGPowerW & KT_AVGPowerS1W, KT_AVGPowerS2W, KT_AVGPowerS3W)
AVG P per Mass [W] exzentrisch	Exzentrische Durchschnittsleistung & Exzentrische Durchschnittsleistung pro Satz (KT_AVGPowerEXW & KT_AVGPowerS1EXW, KT_AVGPowerS2EXW, KT_AVGPowerS3EXW)
AVG P per Mass [W] konzentrisch	Konzentrische Durchschnittsleistung & Konzentrische Durchschnittsleistung pro Satz (KT_AVGPowerKONW & KT_AVGPowerS1KONW, KT_AVGPowerS2KONW, KT_AVGPowerS3KONW)
Diff AVG P per Mass [W]	Differenz der Durchschnittsleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffAVGPowerS12_W, KT_DiffAVGPowerS13_W, KT_DiffAVGPowerS23_W)
Diff AVG P per Mass [W] exzentrisch	Differenz der exzentrischen Durchschnittsleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffAVGPowerEXS12, KT_DiffAVGPowerEXS13, KT_DiffAVGPowerEXS23)
Diff AVG P per Mass [W] konzentrisch	Differenz der konzentrischen relativen Durchschnittsleistung zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffAVGPowerKONS12, KT_DiffAVGPowerKONS13, KT_DiffAVGPowerKONS23)

Tab. 13: Parameterbeschreibung und -benennung der Durchschnittsleistung beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)

2.3.3.7. Arbeit

Da die Datenausgabe des IsoMed2000 lediglich die momentane Kraft in 5ms-Abständen liefert, wurde zuerst die momentane Arbeit für jeden Zeitpunkt (also alle 5ms) berechnet. Nachdem die momentane Leistung bereits berechnet worden ist und die Leistung aus dem Quotienten aus verrichteter Arbeit ΔW und der dazu benötigten Zeit Δt gebildet wird, ergibt sich durch Umformung folgende Formel für die verrichtete Arbeit:

$$P = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$\Delta W = P * \Delta t$$

Abb. 25: Umformung der Formel für die Leistung zur Formel für die Arbeit (selbst erstellt mit <http://quicklatex.com/>)

Dadurch, dass die Kraft und somit auch die momentane Leistung alle 5ms ermittelt wurden, wird in die Formel für die Zeit 5ms (=0,005s) eingesetzt. Somit ergibt sich für eine Leistung von 200W über 5ms eine verrichtete Arbeit von 1J.

$$\Delta W = 200W * 0,005s$$

$$\Delta W = 1J$$

Abb. 26: Beispielrechnung für die verrichtete Arbeit in 5ms
(selbst erstellt mit <http://quicklatex.com/>)

Die insgesamt verrichtete Arbeit wurde in Microsoft Office Excel 2010 mithilfe der SUMME-Funktion berechnet. Es wurde aber nicht nur die verrichtete Arbeit pro Satz und pro Arbeitsweise erhoben, sondern auch die jeweilige Differenz der verrichteten Arbeit der Sätze berechnet:

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Work [J]	Gesamtarbeit & Gesamtarbeit pro Satz (KT_WorkJ & KT_WorkS1J, KT_WorkS2J, KT_WorkS3J)
Work [J] exzentrisch	Exzentrische Gesamtarbeit & Exzentrische Gesamtarbeit pro Satz (KT_WorkEXJ & KT_WorkS1EXJ, KT_WorkS2EXJ, KT_WorkS3EXJ)
Work [J] konzentrisch	Konzentrische Gesamtarbeit & Konzentrische Gesamtarbeit pro Satz (KT_WorkKONJ & KT_WorkS1KONJ, KT_WorkS2KONJ, KT_WorkS3KONJ)
Diff Work [J]	Differenz der Gesamtarbeit zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffWorkS12_J, KT_DiffWorkS13_J, KT_DiffWorkS23_J)
Diff Work [J] exzentrisch	Differenz der exzentrischen Gesamtarbeit zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffWorkEXS12_J, KT_DiffWorkEXS13_J, KT_DiffWorkEXS23_J)
Diff Work [J] konzentrisch	Differenz der konzentrischen Gesamtarbeit zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffWorkKONS12_J, KT_DiffWorkKONS13_J, KT_DiffWorkKONS23_J)

Tab. 14: Parameterbeschreibung und -benennung der Gesamtarbeit beim Krafttraining in SPSS
(selbst erstellt)

2.3.3.8. Arbeit relativ zur Masse

Alle erhobenen Parameter aus Punkt 2.3.3.7 wurden auch mit dem Körpergewicht der Probandin/des Probanden in Beziehung gesetzt, also relativiert. Die dafür notwendigen Berechnungen wurden in Microsoft Office Excel 2010 bzw. SPSS durchgeführt.

Parameter [Einheit]	Beschreibung (Variablenbenennung in SPSS)
Work per Mass [J]	Relative Gesamtarbeit & Relative Gesamtarbeit pro Satz (KT_WorkPerMass_Jkg & KT_WorkPerMassS1_Jkg, KT_WorkPerMassS2_Jkg, KT_WorkPerMassS3_Jkg)
Work per Mass [J] exzentrisch	Exzentrische relative Gesamtarbeit & Exzentrische relative Gesamtarbeit pro Satz (KT_WorkPerMassEX_Jkg & KT_WorkPerMassS1EX_Jkg, KT_WorkPerMassS2EX_Jkg, KT_WorkPerMassS3EX_Jkg)
Work per Mass [J] konzentrisch	Konzentrische relative Gesamtarbeit & Konzentrische relative Gesamtarbeit pro Satz (KT_WorkPerMassKON_Jkg & KT_WorkPerMassS1KON_Jkg, KT_WorkPerMassS2KON_Jkg, KT_WorkPerMassS3KON_Jkg)
Diff Work per Mass [J]	Differenz der relativen Gesamtarbeit zwischen den Sätzen (S1-S2,S1-S3,S2-S3) (KT_DiffWorkPerMassS12_Jkg, KT_DiffWorkPerMassS13_Jkg, KT_DiffWorkPerMassS23_Jkg)
Diff Work per Mass [J] exzentrisch	Differenz der exzentrischen relativen Gesamtarbeit zwischen den Sätzen (S1-S2,S1- S3,S2-S3) (KT_DiffWorkPerMassEXS12_Jkg, KT_DiffWorkPerMassEXS13_Jkg, KT_DiffWorkPerMassEXS23_Jkg)
Diff Work per Mass [J] konzentrisch	Differenz der konzentrischen relativen Gesamtarbeit zwischen den Sätzen (S1-S2,S1- S3,S2-S3) (KT_DiffWorkPerMassKONS12_Jkg, KT_DiffWorkPerMassKONS13_Jkg, KT_DiffWorkPerMassKONS23_Jkg)

Tab. 15: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen Gesamtarbeit beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)

2.4. Datenverarbeitung und Aufzeichnung

Die Erfassung der Daten erfolgte einerseits manuell durch den Anamnesebogen (allgemeine Daten, wie Geschlecht, Geburtstag, Alter, Größe, Gewicht, Sportaktivität pro Woche) und durch die visuelle Analogskala zur Einschätzung des subjektiven Oberschenkelbefindens, andererseits digital durch den IsoMed2000. Verzichtet wurde auf die Erfassung der Daten beim Aufwärmen, da diese für diese Arbeit nicht relevant waren. Da die aus dem IsoMed2000 extrahierten Daten teilweise unstrukturiert in Textdokumente

(1 Textdokument pro Trainings- bzw. Messblock – also insgesamt 4 Textdokumente pro Testperson) gespeichert worden waren, entwickelte der Studienleiter ein Programm in C# mit grafischer Oberfläche (siehe Abb. 27), um diese Daten aus den Textdokumenten automatisiert zu extrahieren und die Werte mit Trennzeichen getrennt strukturiert in einzelne CSV-Dokumente abzuspeichern. Als Parameter benötigt das Programm lediglich:

- das Verzeichnis, indem sich die Textdokumente befinden (Select Input Directory)
- und
- das Verzeichnis, indem die, mit Trennzeichen getrennten, CSV-Dokumente gespeichert werden sollen (Select Output Directory).

Optional können zusätzliche Spaltendefinitionen (mit oder ohne Werte) mitangegeben werden, diese werden dann gleich miteingefügt.

Nach diesen Eingaben startet man die Transformation der Daten durch einen Klick auf den Button „Transform Data“ (siehe Abb. 27) und im Textfeld „Log“ bekommt man dann während der Ausführung diverse Informationen.

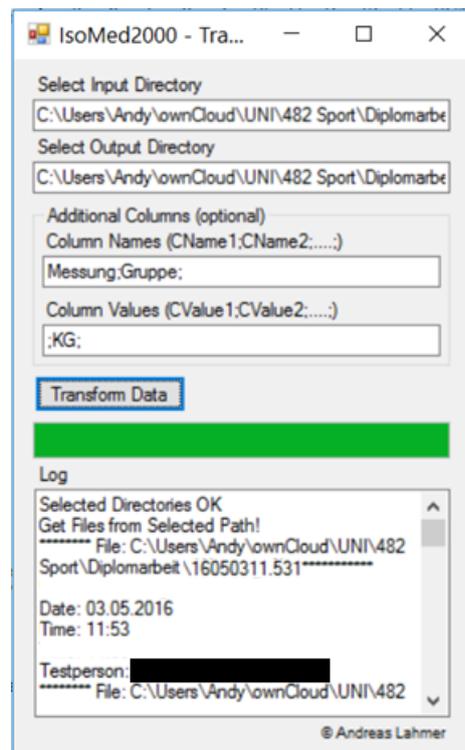


Abb. 27: Programm TransformData_ISOMED2000v2.exe für die Extraktion & Transformation der Daten aus den Textdokumenten in strukturierte, Komma getrennte CSV-Dokumente (selbst erstellt)

Nach dem Transformieren der Daten führt das Programm die Daten der einzelnen Dokumente in ein CSV-Dokument zusammen. Dies kann nun in Microsoft Office Excel 2010 für weitere Berechnungen geöffnet werden. In diesem Dokument werden anschließend auch unter anderem die mit dem Anamnesebogen und der visuellen Analogskala erfassten Daten gespeichert (siehe Abb. 28). Darüber hinaus werden alle weiteren, in Kapitel 2.3 angeführten, Parameter berechnet.

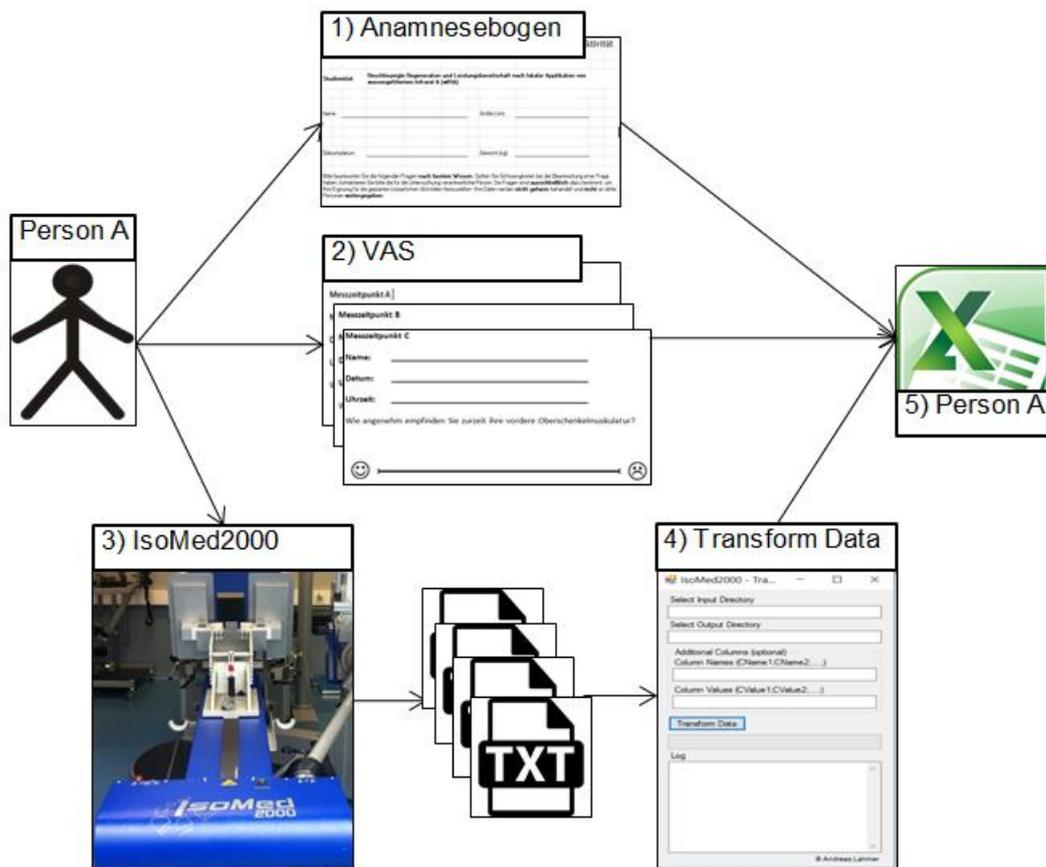
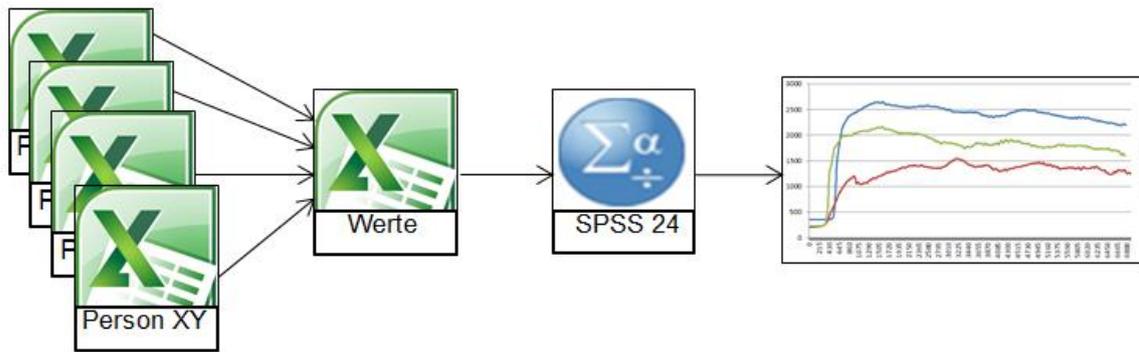


Abb. 28: Prozess der Datenerfassung für eine Person (selbst erstellt, Excel Logo & TXT-Logo aus einer Google-Suche)

Der in Abb. 28 ersichtliche Prozess der Datenerfassung wurde für jede Testperson, also insgesamt 21-mal, durchlaufen. Um die pro Testperson berechneten Parameter in SPSS Version 24.0 importieren zu können, wurden diese in einem Microsoft Office Excel 2010 Dokument (Werte.xlsx) zusammengeführt und abgespeichert. Von diesem Dokument aus wurden danach die Werte in SPSS Version 24.0 importiert (siehe Abb. 29).



*Abb. 29: Prozess des Zusammenführens der Daten der einzelnen Testpersonen
(selbst erstellt, Excel Logo & SPSS-Logo aus einer Google-Suche)*

Im Statistikprogramm SPSS Version 24.0 wurden anschließend alle für die Beantwortung der Hypothesen notwendigen statistischen Berechnungen und Auswertungen durchgeführt.

3. Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden nun die Ergebnisse dieser Studie präsentiert. Zuerst werden die Daten deskriptiv aufbereitet und anschließend folgt die statistische Auswertung der für die Forschungsfragen relevanten Testungen. Die Analyse der folgenden Ergebnisse und ein abschließende Diskussion finden in einem eigenen Kapitel (siehe Kapitel 4) statt. Sämtliche Tabellen und Abbildungen in diesem Kapitel sind mit SPSS Statistics Version 24.0 oder Microsoft Office Excel 2010 selbst erstellt worden. An dieser Stelle soll noch erwähnt werden, dass dem Ethikkommissionsantrag unter dem Titel: „Beschleunigte Regeneration und Leistungsbereitschaft nach lokaler Applikation von wassergefiltertem Infrarot A (wIRA)“ vom 09. Februar 2016, mit der Auflage des Nachweises der sorgfältigen Aufbewahrung der Daten zugestimmt wurde. Diese Ergebnisse sind nur ein Teil der oben erwähnten Studie für den Ethikkommissionsantrag.

3.1. Testpersonen

An der Studie nahmen insgesamt 21 Personen, davon 12 männlich und 9 weiblich, teil. Die folgenden personenbezogenen Daten (Geschlecht, Alter, Größe, Gewicht, Beginn des Sporttreibens - mindestens 3x wöchentlich, Sportaktivität/Woche im letzten Jahr, BMI – berechnet) werden in den nachfolgenden Tabellen dargestellt:

		Alter	Größe [cm]	Gewicht [kg]	Sporttreiben	Sportaktivität	BMI [kg/m ²]
N	Gültig	21	21	21	21	21	21
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		23,714	175,90	70,971	10,95	6,62	22,8181
Median		23,000	177,00	72,000	11,00	6,00	22,9800
Modus		23,0	182	60,0 ^a	7	5 ^a	19,59 ^a
Standardabweichung		1,6776	7,790	10,0974	3,943	2,355	1,67888
Minimum		22,0	164	56,0	5	2	19,59
Maximum		29,0	191	90,0	18	10	25,93
Perzentile	25	22,500	168,00	61,200	7,00	5,00	21,5250
	50	23,000	177,00	72,000	11,00	6,00	22,9800
	75	24,500	182,00	79,000	14,50	8,50	23,8850

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 16: Deskriptive Darstellung der personenbezogenen Daten

Nachdem sich eine Forschungsfrage auch mit den geschlechtsspezifischen Unterschieden in der Leistungsminderung beschäftigt, erfolgt in den folgenden Tabellen (siehe Tab. 17 & Tab. 18) noch eine geschlechtergetrennte Darstellung der personenbezogenen Daten:

		Alter	Größe [cm]	Gewicht [kg]	Sporttreiben seit [J]	Sportaktivität [h/Woche]	BMI [kg/m ²]
N	Gültig	12	12	12	12	12	12
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		23,917	181,42	78,417	11,33	6,25	23,8025
Median		23,500	182,00	77,000	12,00	5,50	23,6650
Modus		22,0 ^b	182	72,0 ^b	7	4	22,04 ^b
Standardabweichung		2,0207	4,502	6,0069	4,075	2,667	1,15441
Minimum		22,0	174	72,0	5	2	22,04
Maximum		29,0	191	90,0	17	10	25,93
Perzentile	25	22,250	178,00	73,000	7,00	4,00	22,9950
	50	23,500	182,00	77,000	12,00	5,50	23,6650
	75	24,750	183,75	83,500	15,00	8,75	24,5000
a. Geschlecht = männlich							
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.							

Tab. 17: Deskriptive Darstellung der personenbezogenen Daten der männlichen Probanden

		Alter	Größe [cm]	Gewicht [kg]	Sporttreiben seit [J]	Sportaktivität [h/Woche]	BMI [kg/m ²]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		23,444	168,56	61,044	10,44	7,11	21,5056
Median		23,000	168,00	61,000	10,00	7,00	21,3000
Modus		23,0	164 ^b	60	6 ^b	5 ^b	19,59 ^b
Standardabweichung		1,1304	4,187	3,3568	3,941	1,900	1,34999
Minimum		22,0	164	56,0	6	5	19,59
Maximum		25,0	175	68,0	18	10	24,09
Perzentile	25	22,500	164,50	59,000	6,50	5,50	20,5500
	50	23,000	168,00	61,000	10,00	7,00	21,3000
	75	24,500	173,00	62,500	13,00	9,00	22,4500
a. Geschlecht = weiblich							
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.							

Tab. 18: Deskriptive Darstellung der personenbezogenen Daten der weiblichen Probanden

Darüber hinaus muss an dieser Stelle noch erwähnt werden, dass bei zwei Probanden beim desmodromischen Training die Datenaufzeichnung für einen bzw. zwei Sätze nicht funktioniert hat. Diese werden in den Auswertungen, wo die Daten des desmodromischen Trainings verwendet werden, konkret betrifft dies die Auswertungen der letzten beiden Forschungsfragen, ausgenommen.

Hierfür noch eine zusätzliche Darstellung der personenbezogenen Daten ohne diese beiden männlichen Probanden:

		Alter	Größe [cm]	Gewicht [kg]	Sporttreiben seit [J]	Sportaktivität [h/Woche]	BMI [kg/m ²]
N	Gültig	19	19	19	19	19	19
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		23,632	175,42	69,916	10,95	6,89	22,6058
Median		23,000	175,00	72,000	11,00	7,00	22,6400
Modus		23,0	182	60,0 ^a	7 ^a	5 ^a	19,59 ^a
Standardabweichung		1,7388	8,009	9,9074	3,937	2,307	1,59778
Minimum		22,0	164	56,0	5	2	19,59
Maximum		29,0	191	90,0	18	10	25,93
Perzentile	25	22,000	168,00	61,000	7,00	5,00	21,3000
	50	23,000	175,00	72,000	11,00	7,00	22,6400
	75	24,000	182,00	78,000	14,00	9,00	23,7000

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 19: Deskriptive Darstellung der personenbezogenen Daten ohne die beiden männlichen Probanden, bei denen die Datenaufzeichnung beim desmodromischen Training fehlschlug

3.2. Subjektives Befinden der vorderen Oberschenkelmuskulatur

Als Nächstes werden hier die mithilfe der visuellen Analogskala ermittelten Werte des subjektiven Befindens der vorderen Oberschenkelmuskulatur dargestellt. Die Ermittlung und Umwandlung der Werte erfolgte wie in Kapitel 2.2.5 angeführt. Insgesamt wurde das subjektive Befinden der vorderen Oberschenkelmuskulatur dreimal gemessen, immer kurz vor der jeweiligen isometrischen Messung (ISO1, ISO2 & ISO3). Die nachstehende Tabelle zeigt eine deskriptive Darstellung dieser Werte:

		ISO1 VAS [%]	ISO2 VAS [%]	ISO3 VAS [%]
N	Gültig	21	21	21
	Fehlend	0	0	0
Mittelwert		91,238	27,67	52,286
Median		92,000	21,00	52,000
Modus		83,00 ^a	38	43,00 ^a
Standardabweichung		6,7890	23,692	15,9221
Minimum		75,0	1	21,0
Maximum		100,0	84	98,0
Perzentile	25	85,000	7,00	43,000
	50	92,000	21,00	52,000
	75	97,000	40,50	61,000

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 20: Deskriptive Darstellung des subjektiven Oberschenkelbefindens direkt vor den isometrischen Messungen (ISO1, ISO2 & ISO3)

Im Anschluss werden auch noch die jeweiligen Differenzen des subjektiven Oberschenkelbefindens zweier Zeitpunkte dargestellt. Wie in der folgenden Tabelle

ersichtlich, wurde jedes Befinden eines Zeitpunktes mit jedem Befinden eines anderen Zeitpunktes verglichen.

		Diff VAS ISO1-ISO2 [%]	Diff VAS ISO1-ISO3 [%]	Diff VAS ISO2-ISO3 [%]
N	Gültig	21	21	21
	Fehlend	0	0	0
Mittelwert		63,571	38,95	-24,619
Median		64,000	40,00	-25,000
Modus		54,00 ^a	40	-61,00 ^a
Standardabweichung		24,2581	14,658	20,7545
Minimum		11,0	-3	-61,0
Maximum		94,0	66	28,0
Perzentile	25	51,500	32,00	-38,500
	50	64,000	40,00	-25,000
	75	85,000	48,00	-15,000

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 21: Deskriptive Darstellung der Differenzen des subjektiven Oberschenkelbefindens zweier Zeitpunkte

Ein positiver Wert entspricht einer Verringerung und ein negativer Wert entspricht einer Verbesserung des subjektiven Oberschenkelbefindens. Betrachtet man die Tab. 21 so heißt das konkret, dass die positive mittlere Differenz (siehe Tab. 21 - Mittelwert → Spalte Diff VAS ISO1-ISO2 [%]) des subjektiven Oberschenkelbefindens von Zeitpunkt 1 und Zeitpunkt 2 einer Verringerung um 63,57% entspricht. Im Gegensatz dazu steigt das mittlere subjektive Oberschenkelbefinden von Zeitpunkt 2 zu Zeitpunkt 3 wieder um 24,62% an. Dies spiegelt sich auch im Boxplot in der nachstehenden Abbildung wider (Abb. 30):

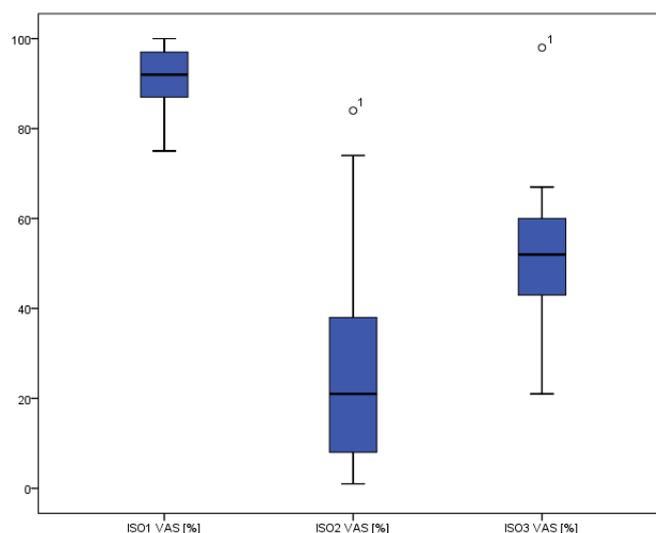


Abb. 30: Boxplot - Mittleres subjektives Befinden der vorderen Oberschenkelmuskulatur [%]

3.3. Isometrische Messungen (ISO1, ISO2 & ISO3)

3.3.1. Isometrische Maximalkraft

Die isometrische Maximalkraft wurde sowohl für beide Beine als auch beinspezifisch durchgeführt. Darüber hinaus wurden auch die maximalen Kraftdifferenzen der beiden Beine berechnet und ausgewertet. Die oben angeführten Parameter wurden für alle drei isometrischen Messungen berechnet. Die Ergebnisse werden wiederum für die gesamte Stichprobe (Tab. 22) und geschlechtergetrennt (Tab. 23) deskriptiv dargestellt.

Ausführliche Auswertungen bzw. Ergebnisse zur Minderung der Maximalkraft zwischen den einzelnen Messungen sind im späteren Kapitel 4.1.1 zu sehen.

3.3.1.1. Gesamte Stichprobe

Aus dieser tabellarischer Auflistung (Tab. 22) und dem Boxplot (Abb. 31) lässt sich erkennen, dass die Maximalkraftwerte der ersten isometrischen Messung (ISO1) deutlich höher sind als die Maximalkraftwerte der zweiten (ISO2) und dritten isometrischen Messung (ISO3). Zusätzlich ist erkennbar, dass die durchschnittlichen Maximalkraftwerte der dritten isometrischen Messung (ISO3), wieder höher sind als die der zweiten (ISO2).

Betrachtet man die mittleren Maximalkraftwerte der Tab. 22 relativ, das heißt, die Maximalkraftwerte der ersten isometrischen Messung sind die Ausgangswerte, also relativ 100%, so sieht man, dass bei der zweiten isometrischen Messung (ISO2) nur 70% und bei der dritten nur 83% des anfänglichen Maximalwerts erreicht worden sind.

Interessant ist auch, dass die mittleren Maximalkraftwerte des rechten Beines dezent (26,952 N / 2,55%, 4,429 N / 0,60%, 26,238 / 3%) höher sind als die des linken.

Darüber hinaus ist in der Tab. 22 und dem Boxplot (Abb. 32) erkennbar, dass es nur geringe Unterschiede bei den Mittelwerten der maximalen Differenzen der Maximalkraft der beiden Beine zwischen den verschiedenen Messungen gibt, wobei die mittlere maximale Kraftdifferenz bei der zweiten isometrischen Messung (ISO2) am größten (103,67N) ist.

		ISO1 Peak Force [N]	ISO2 Peak Force [N]	ISO3 Peak Force [N]	ISO1 Peak Force right [N]	ISO2 Peak Force right [N]	ISO3 Peak Force right [N]	ISO1 Peak Force left [N]	ISO2 Peak Force left [N]	ISO3 Peak Force left [N]	ISO1 Peak Force leg Diff [N]	ISO2 Peak Force leg Diff [N]	ISO3 Peak Force leg Diff [N]
N	Gültig	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		2078,095	1461,90	1716,952	1055,238	742,81	874,238	1028,286	738,38	848,000	99,381	103,67	88,000
Median		2077,000	1331,00	1651,000	1023,000	682,00	863,000	1058,000	671,00	806,000	88,000	83,00	69,000
Modus		1274,00 ^a	808,00 ^a	1142,00 ^a	1363,0	382,00 ^a	596	1282,0	484	876,00 ^a	87,00 ^a	54,00 ^a	44,00 ^a
Standardabweichung		495,2270	448,604	400,3189	265,4745	233,384	210,6983	233,4267	231,237	192,6398	46,4602	82,499	39,8221
Minimum		1274,0	808	1142,0	651,0	382	510,0	627,0	396	579,0	39,0	44	44,0
Maximum		2739,0	2149	2434,0	1440,0	1114	1217,0	1323,0	1083	1221,0	219,0	434	165,0
Perzentile	25	1650,500	1088,50	1379,000	828,500	547,50	722,000	838,000	536,00	685,000	63,500	58,50	61,000
	50	2077,000	1331,00	1651,000	1023,000	682,00	863,000	1058,000	671,00	806,000	88,000	83,00	69,000
	75	2559,500	1848,50	2071,000	1303,500	974,50	1059,000	1271,000	961,50	1014,000	122,500	117,00	115,000

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 22: Deskriptive Darstellung der Maximalkraft beider Beine, rechtes Bein & linkes Bein und maximale Kraftdifferenzen der Beine

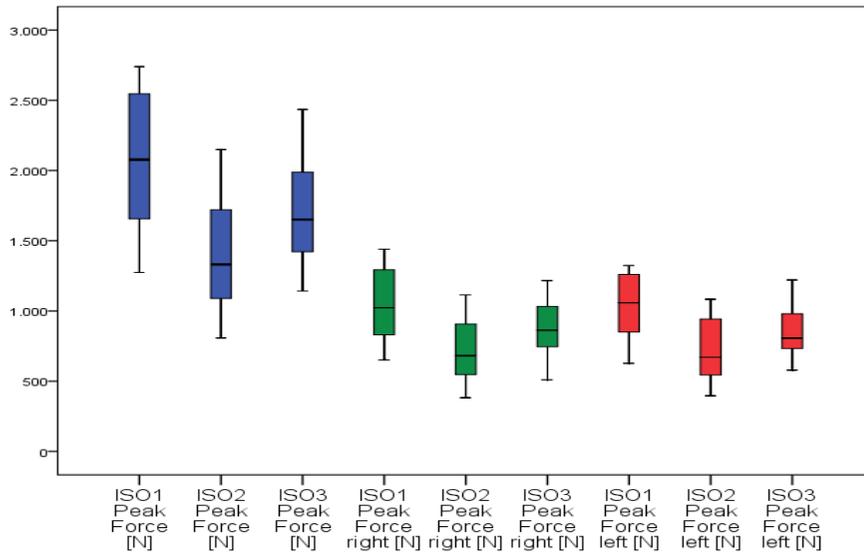


Abb. 31: Boxplot – Mittelwerte der Maximalkraftwerte (beide Beine, rechts, links)

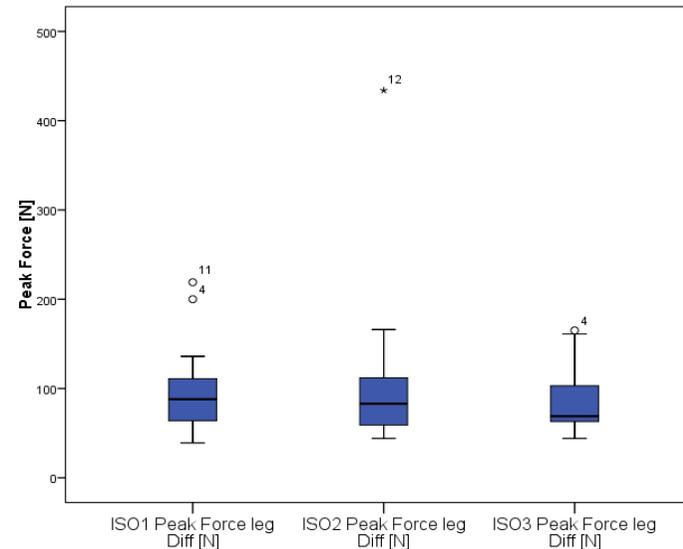


Abb. 32: Boxplot – Mittelwerte der maximalen Kraftdifferenzen der Beine

3.3.1.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

Auch bei der geschlechtergetrennten Auswertung der Maximalkraftwerte (Tab. 23 & Abb. 33) kann man erkennen, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die mittleren Maximalkraftwerte ISO1 höher sind als die Werte der ISO2 und ISO3. Genauso sind die mittleren Maximalkraftwerte ISO2 auch wieder höher als die Werte der ISO3.

Betrachtet man diese mittleren Maximalkraftwerte wiederum relativ, also die Werte von ISO1 als Ausgangswerte, so ergibt sich folgendes Bild:

- Frauen
 - ISO1 (1590,444 N \triangleq 100%)
 - ISO2 (1075,11 N \triangleq 68%)
 - ISO3 (1351,444 N \triangleq 85%)

- Männer
 - ISO1 (2443,833 N \triangleq 100%)
 - ISO2 (1752 N \triangleq 72%)
 - ISO3 (1991,083 N \triangleq 81%)

Versucht man nun die jeweiligen Werte zwischen Männern und Frauen zu vergleichen, so ist erkennbar, dass die mittleren Maximalkraftwerte der Männer für jede Messung deutlich höher (853,389N \triangleq 35%, 676,89N \triangleq 39% & 639,693N \triangleq 32%) sind als die der Frauen. Der größte absolute Unterschied tritt somit bei der ISO1, also im ausgeruhten Zustand auf. Und der größte relative Unterschied tritt bei der zweiten isometrischen Messung (ISO2) auf.

Darüber hinaus ist erkennbar, dass die Frauen laut den relativen mittleren Maximalkraftwerten scheinbar geringfügig mehr ermüden (32% vs. 28%) und in der Regenerationsphase besser regenerieren (auf 85% bzw. 81% des Ausgangswerts \rightarrow Steigerung um 17% vs. 9% von ISO2 auf ISO3).

Die Vergleich der mittleren Maximalkraftwerte des rechten Beines mit dem linken Bein hat ergeben, dass bei den Frauen die Werte für das rechte Bein für die ISO1 minimal niedriger (-8,333N \triangleq -1,05%) und für die ISO2 (16,667N \triangleq 3,04%) und ISO3 (8,889N \triangleq 1,3%) minimal höher sind.

Bei den Männern sieht dieser Vergleich wiederum anders aus. Hier sind die Werte für das rechte Bein bei der ISO1 ($53,417\text{N} \pm 4,27\%$) und ISO3 ($39,25\text{ N} \pm 3,86\%$) minimal höher und bei der ISO2 ($-4,75\text{ N} \pm -0,53\%$) minimal niedriger.

Darüber hinaus ist in der Tab. 23 und dem Boxplot (Abb. 34) erkennbar, dass es sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen nur geringe Unterschiede bei den Mittelwerten der maximalen Differenzen der Maximalkraft der beiden Beine zwischen den verschiedenen Messungen gibt.

Dabei ist der Mittelwert der maximalen Kraftdifferenz bei den Frauen bei der dritten isometrischen Messung (ISO3) am größten ($89,333\text{N}$) und bei den Männern bei der ISO2 ($125,5\text{N}$).

Statistiken ^a													
		ISO1 Peak Force [N]	ISO2 Peak Force [N]	ISO3 Peak Force [N]	ISO1 Peak Force right [N]	ISO2 Peak Force right [N]	ISO3 Peak Force right [N]	ISO1 Peak Force left [N]	ISO2 Peak Force left [N]	ISO3 Peak Force left [N]	ISO1 Peak Force leg Diff [N]	ISO2 Peak Force leg Diff [N]	ISO3 Peak Force leg Diff [N]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		1590,444	1075,11	1351,444	793,667	548,67	683,556	802,000	532,00	674,667	78,444	74,56	89,333
Median		1644,000	1088,00	1336,000	827,000	547,00	699,000	826,000	528,00	637,000	73,000	59,00	69,000
Modus		1274,00 ^b	808,00 ^b	1142,00 ^b	651,00 ^b	382,00 ^b	596	627,00 ^b	484	579,00 ^b	136,0	44,00 ^b	69
Standardabweichung		210,7873	189,265	178,4097	109,9705	105,184	109,0815	110,0875	91,414	84,0773	36,1355	39,595	39,8215
Minimum		1274,0	808	1142,0	651,0	382	510,0	627,0	396	579,0	39,0	44	44,0
Maximum		1921,0	1331	1630,0	958,0	682	863,0	968,0	671	789,0	136,0	166	161,0
Perzentile	25	1390,500	914,00	1170,000	662,500	453,00	596,000	699,000	465,50	592,500	49,000	51,00	63,500
	50	1644,000	1088,00	1336,000	827,000	547,00	699,000	826,000	528,00	637,000	73,000	59,00	69,000
	75	1746,500	1260,00	1514,500	870,500	640,00	756,500	881,500	617,00	758,000	111,500	90,00	129,000

a. Geschlecht = weiblich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Statistiken ^a													
		ISO1 Peak Force [N]	ISO2 Peak Force [N]	ISO3 Peak Force [N]	ISO1 Peak Force right [N]	ISO2 Peak Force right [N]	ISO3 Peak Force right [N]	ISO1 Peak Force left [N]	ISO2 Peak Force left [N]	ISO3 Peak Force left [N]	ISO1 Peak Force leg Diff [N]	ISO2 Peak Force leg Diff [N]	ISO3 Peak Force leg Diff [N]
N	Gültig	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		2443,833	1752,00	1991,083	1251,417	888,42	1017,250	1198,000	893,17	978,000	115,083	125,50	87,000
Median		2532,000	1713,50	1984,000	1287,000	888,00	1025,000	1259,500	910,00	977,000	104,500	107,50	75,500
Modus		1855,00 ^b	1096,00 ^b	1502,00 ^b	1363,0	548,00 ^b	768,00 ^b	1282,0	555,00 ^b	876,00 ^b	63,00 ^b	83,00 ^b	44
Standardabweichung		270,3775	354,452	277,3785	146,2181	192,403	141,4272	130,1482	173,656	138,9735	48,4495	100,106	41,5627
Minimum		1855,0	1096	1502,0	949,0	548	768,0	908,0	555	734,0	63,0	54	44,0
Maximum		2739,0	2149	2434,0	1440,0	1114	1217,0	1323,0	1083	1221,0	219,0	434	165,0
Perzentile	25	2270,250	1569,25	1770,250	1183,750	765,50	898,000	1075,250	809,50	876,000	87,250	76,25	50,000
	50	2532,000	1713,50	1984,000	1287,000	888,00	1025,000	1259,500	910,00	977,000	104,500	107,50	75,500
	75	2656,500	2108,00	2189,250	1363,000	1061,25	1135,000	1286,500	1056,75	1076,000	128,250	122,00	102,750

a. Geschlecht = männlich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 23: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalkraft beider Beine, rechtes Bein & linkes Bein und maximale Kraftdifferenzen der Beine

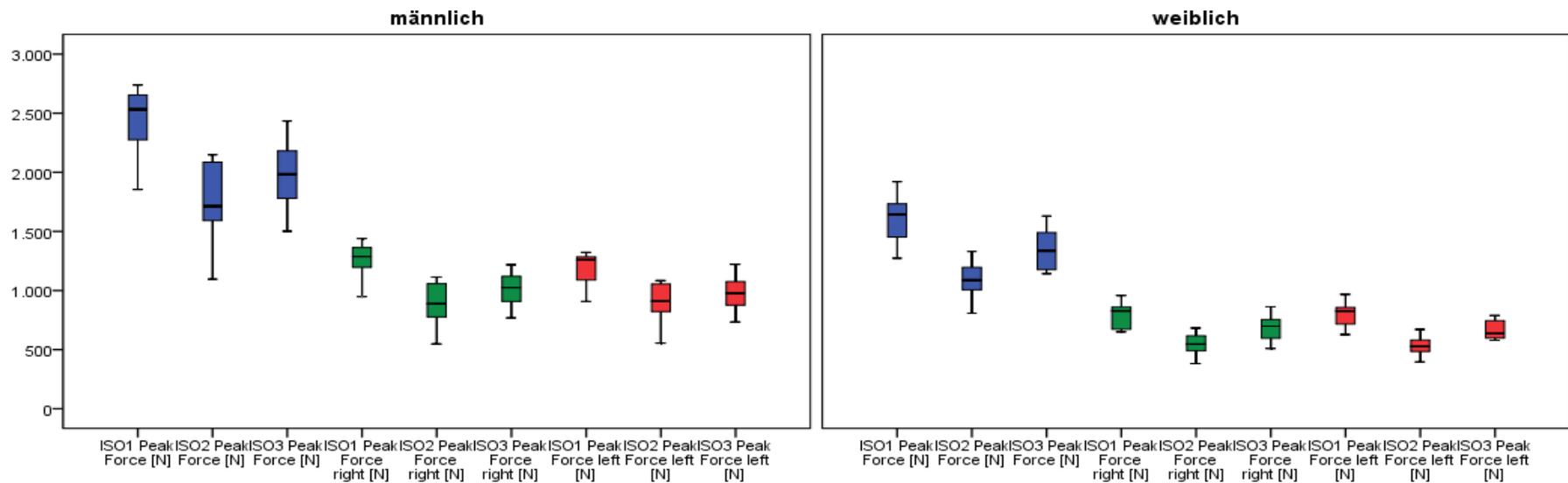


Abb. 33: Boxplot – Geschlechtergetrennte mittlere Maximalkraftwerte (beide Beine, rechts, links)

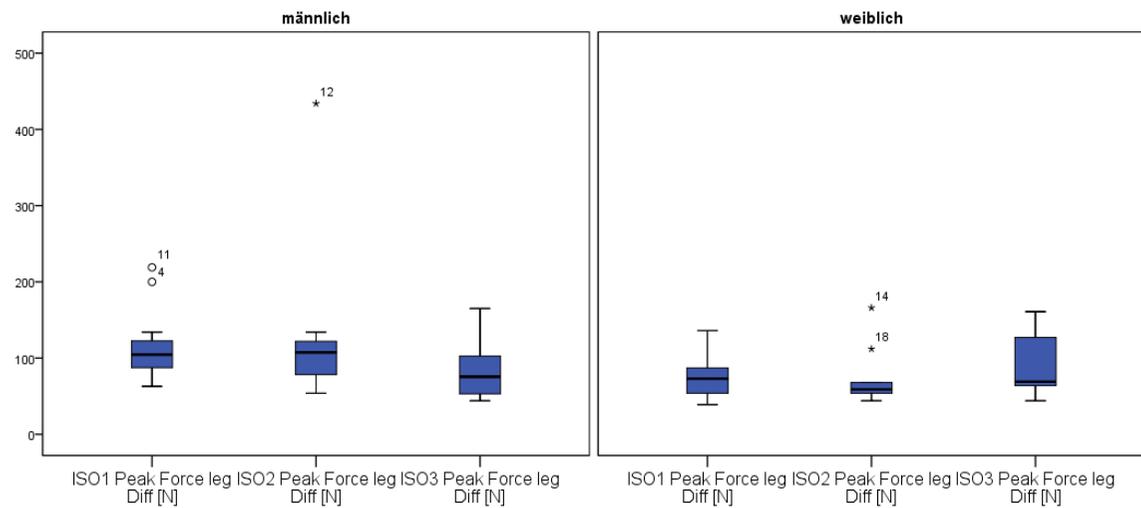


Abb. 34: Boxplot – Geschlechtergetrennte Mittelwerte der maximalen Kraftdifferenzen der Beine

3.3.2. Isometrische Maximalkraft relativ zur Masse (Relativkraft)

Wie in Kapitel 2.3.2.2 bereits beschrieben und erläutert, wurde auch die isometrische Relativkraft berechnet. Es wurden die in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Parameter (Peak F & Peak F Leg Diff) auch relativ zur Masse berechnet. Auf eine Berechnung der beiden anderen Parameter relativ zur Masse wurde verzichtet, da diese für die anschließenden statistischen Testungen nicht weiter notwendig waren.

3.3.2.1. Gesamte Stichprobe

Aus dieser tabellarischer Auflistung (Tab. 24) und dem Boxplot (Abb. 35) lässt sich erkennen, dass auch die relativen Maximalkraftwerte der ersten isometrischen Messung (ISO1) deutlich höher sind als die der zweiten (ISO2) und der dritten (ISO3). Auch ist erkennbar, dass die durchschnittlichen relativen Maximalkraftwerte der dritten isometrischen Messung (ISO3) wieder höher sind, als die der zweiten (ISO2). Betrachtet man die mittleren Maximalkraftwerte der Tab. 24 relativ, das heißt, die Maximalkraftwerte relativ zur Masse der ersten isometrischen Messung sind die Ausgangswerte, also relativ 100%, so sieht man, dass bei der zweiten isometrischen Messung (ISO2) nur 70% und bei der dritten nur 83% des anfänglichen relativen Maximalwerts erreicht worden sind. Diese relativen Werte stimmen mit den relativen Werten der absoluten Maximalkraftwerte überein. Darüber hinaus ist in der Tab. 24 und dem Boxplot (Abb. 36) erkennbar, dass es nur geringe Unterschiede bei den Mittelwerten der relativen maximalen Differenzen der Maximalkraft der beiden Beine zwischen den verschiedenen Messungen gibt, wobei der Mittelwert der relativen maximalen Kraftdifferenzen bei der zweiten isometrischen Messung (ISO2) am größten (1,44N/kg) ist.

Statistiken							
		ISO1 Peak Force per mass [N/kg]	ISO2 Peak Force per mass [N/kg]	ISO3 Peak Force per mass [N/kg]	ISO1 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO2 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO3 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]
N	Gültig	21	21	21	21	21	21
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		29,077	20,39	24,087	1,399	1,44	1,268
Median		28,880	19,48	24,630	1,217	1,11	1,139
Modus		19,54 ^a	11,88 ^a	17,10 ^a	,57 ^a	,73 ^a	,56 ^a
Standardabweichung		4,5015	4,808	3,7935	0,6211	1,035	0,6162
Minimum		19,5	12	17,1	0,6	1	0,6
Maximum		36,0	30	29,9	2,9	5	2,8
Perzentile	25	26,410	17,31	20,825	0,931	0,92	0,793
	50	28,880	19,48	24,630	1,217	1,11	1,139
	75	32,225	22,87	27,325	1,594	1,55	1,705

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 24: Deskriptive Darstellung der relativen Maximalkraft beider Beine und relative maximale Kraftdifferenzen der Beine

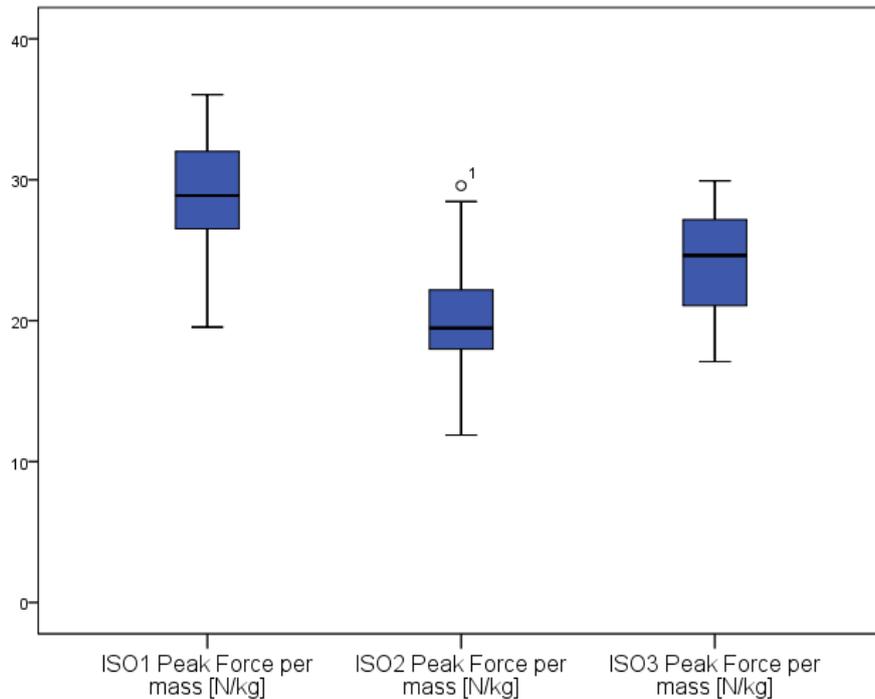


Abb. 35: Boxplot – Mittlere relative Maximalkraftwerte

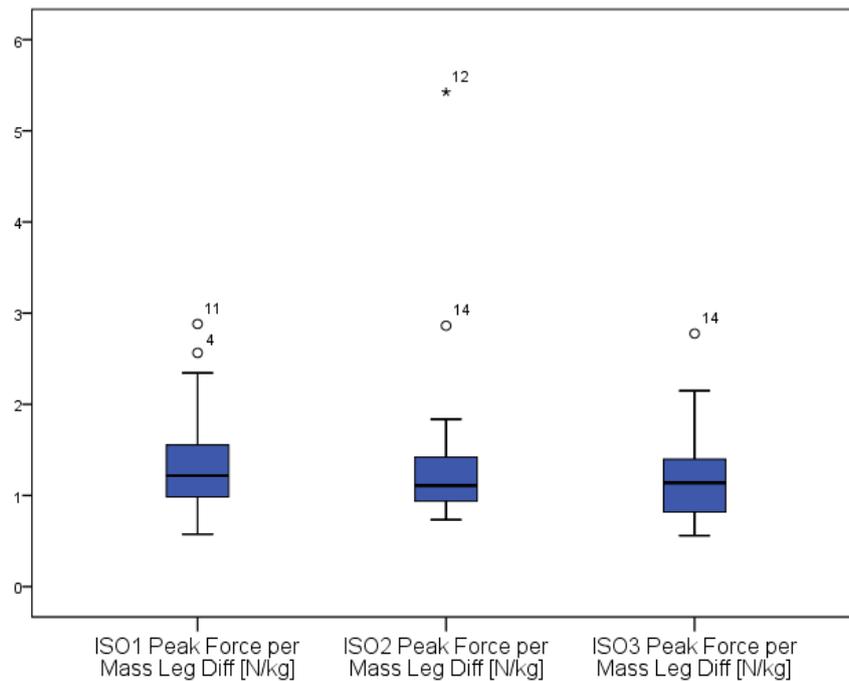


Abb. 36: Boxplot – Mittelwerte der relativen maximalen Kraftdifferenzen der Beine

3.3.2.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

Auch bei der geschlechtergetrennten Auswertung der relativen Maximalkraftwerte (Tab. 25 & Abb. 38) kann man erkennen, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die mittleren relativen Maximalkraftwerte der ISO1 höher sind als die Werte bei der ISO2 und ISO3. Genauso sind die mittleren relativen Maximalkraftwerte der ISO2 auch wieder höher als die Werte der ISO3.

Betrachtet man diese mittleren, relativ zur Masse bezogenen Maximalkraftwerte wiederum relativ, also die Werte der ISO1 als Ausgangswerte, so ergibt sich folgendes Bild:

- Frauen
 - ISO1 (26,207 N/kg \triangleq 100%)
 - ISO2 (17,69 N/kg \triangleq 68%)
 - ISO3 (22,26 N/kg \triangleq 85%)

- Männer
 - ISO1 (31,229 N/kg \triangleq 100%)
 - ISO2 (22,42 N/kg \triangleq 72%)
 - ISO3 (25,457 N/kg \triangleq 82%)

Versucht man nun wiederum die jeweiligen Werte zwischen Männern und Frauen zu vergleichen, so ist erkennbar, dass auch die mittleren relativen Maximalkraftwerte der Männer für jede Messung deutlich höher (5,022N/kg \triangleq 16%, 4,73N/kg \triangleq 21% & 3,197N/kg \triangleq 13%) liegen als die der Frauen. Der größte absolute Unterschied tritt somit bei der ISO1, also im ausgeruhten Zustand auf. Und der größte relative Unterschied tritt bei der zweiten isometrischen Messung (ISO2) auf.

Darüber hinaus wird deutlich, dass die Frauen laut den relativen mittleren, relativ zur Masse bezogenen Maximalkraftwerten scheinbar geringfügig mehr ermüden (32% vs. 28%) und in der Regenerationsphase besser regenerieren als die Männer(auf 85% bzw. 82% des Ausgangswerts \rightarrow Steigerung um 17% vs. 10% von ISO2 auf ISO3).

Darüber hinaus ist in der Tab. 25 und dem Boxplot (Abb. 37) erkennbar, dass es sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen nur geringe Unterschiede in den Mittelwerten der relativen maximalen Differenzen der Maximalkraft der beiden Beine zwischen den verschiedenen Messungen gibt.

Dabei ist der Mittelwert der maximalen Kraftdifferenzen bei den Frauen bei der dritten isometrischen Messung (ISO3) am größten (1,479N/kg) und bei den Männern bei der ISO2 (1,59N/kg).

		ISO1 Peak Force per mass [N/kg]	ISO2 Peak Force per mass [N/kg]	ISO3 Peak Force per mass [N/kg]	ISO1 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO2 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO3 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		26,207	17,69	22,260	1,303	1,23	1,479
Median		26,520	18,13	22,570	1,217	0,94	1,232
Modus		19,54 ^b	11,88 ^b	17,10 ^b	,57 ^b	,73 ^b	,72 ^b
Standardabweichung		4,3086	3,327	3,6280	0,6309	0,691	0,6960
Minimum		19,5	12	17,1	0,6	1	0,7
Maximum		32,0	22	27,5	2,3	3	2,8
Perzentile	25	22,275	14,93	18,945	0,795	0,86	0,971
	50	26,520	18,13	22,570	1,217	0,94	1,232
	75	30,155	20,16	25,600	1,892	1,47	2,132

a. Geschlecht = weiblich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Statistiken ^a							
		ISO1 Peak Force per mass [N/kg]	ISO2 Peak Force per mass [N/kg]	ISO3 Peak Force per mass [N/kg]	ISO1 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO2 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO3 Peak Force per Mass Leg Diff [N/kg]
N	Gültig	12	12	12	12	12	12
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		31,229	22,42	25,457	1,470	1,59	1,109
Median		31,365	21,54	25,675	1,249	1,30	1,017
Modus		25,41 ^b	15,01 ^b	18,34 ^b	,88 ^b	,74 ^b	,56 ^b
Standardabweichung		3,3981	4,848	3,4373	0,6316	1,241	0,5236
Minimum		25,4	15	18,3	0,9	1	0,6
Maximum		36,0	30	29,9	2,9	5	2,1
Perzentile	25	28,483	18,36	23,768	1,071	1,00	0,644
	50	31,365	21,54	25,675	1,249	1,30	1,017
	75	34,288	27,76	28,200	1,611	1,61	1,362

a. Geschlecht = männlich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 25: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der relativen Maximalkraft beider Beine und relativen maximalen Kraftdifferenzen der Beine

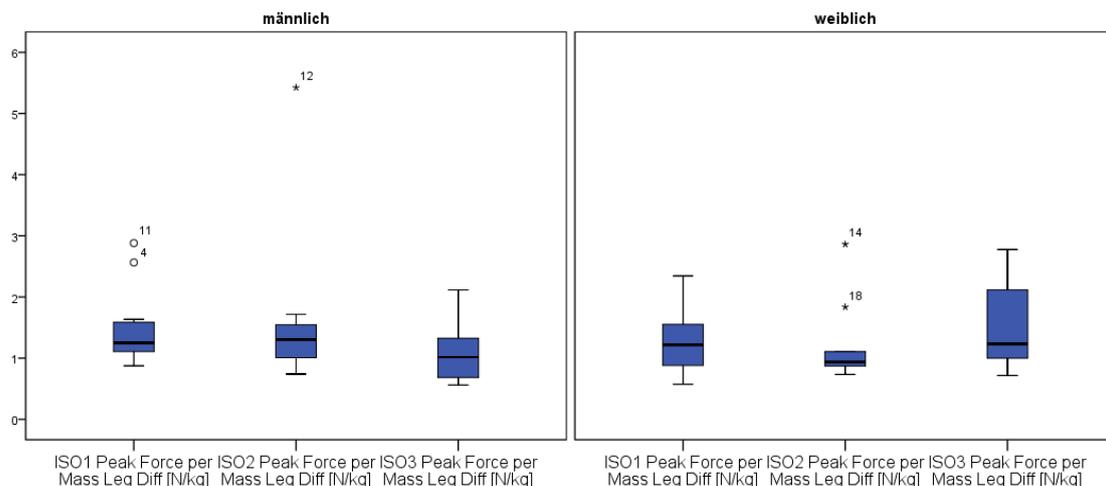


Abb. 37: Boxplot – Mittlere relative maximale Kraftdifferenzen der Beine Männer vs. Frauen

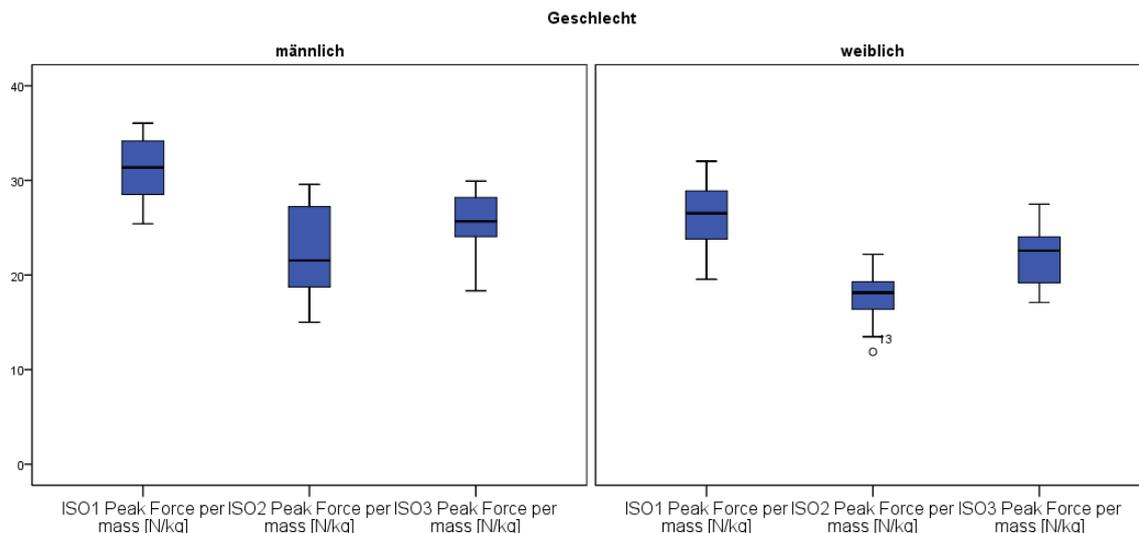


Abb. 38: Boxplot – Mittlere relative Maximalkraftwerte Männer vs. Frauen

3.3.3. Kraftbildungsgeschwindigkeit bzw. Kraftanstieg (Rate of Force Development RFD, Explosivkraft)

Wie in Kapitel 2.3.2.3 bereits beschrieben und erläutert, wurden verschiedene Kraftbildungsgeschwindigkeiten berechnet. Es wurden die maximale Kraftbildungsgeschwindigkeit für 50ms (RFD_{50}), die Kraftbildungsgeschwindigkeit für 0-50ms (RFD_{0-50}), die Kraftbildungsgeschwindigkeit für 50-100ms (RFD_{50-100}) und die Kraftbildungsgeschwindigkeit für 100-200ms ($RFD_{100-200}$) berechnet.

Ausführliche Auswertungen bzw. Ergebnisse zur Minderung der Kraftbildungsgeschwindigkeit zwischen den einzelnen Messungen sind im späteren Kapitel 4.1 zu sehen.

3.3.3.1. Gesamte Stichprobe

Aus der tabellarischer Auflistung (Tab. 27) und dem Boxplot (Abb. 39) lässt sich feststellen, dass sowohl die mittleren maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeiten $PeakRFD_{50}$ als auch die mittleren RFD_{50-100} und $RFD_{100-200}$ bei der ersten isometrischen Messung (ISO1) deutlich höher sind als bei der zweiten (ISO2) und der dritten (ISO3). Darüber hinaus ist erkennbar, dass die mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeiten bei der dritten isometrischen Messung (ISO3) wieder höher sind als die der zweiten (ISO2).

Einzige Ausnahme sind die mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeiten von 0-50ms, diese weisen, wie in Boxplot (Abb. 40) besser zu sehen ist, nur geringe Unterschiede auf. Somit kann die in Kapitel 2.3.2.3 beschriebene These der niedrigen Aussagekraft des Parameters RFD_{0-50} , bestätigt werden.

Betrachtet man die mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeiten der Tab. 27 relativ, das heißt die Kraftbildungsgeschwindigkeiten der ersten isometrischen Messung sind die Ausgangswerte, also relativ 100%, so ergeben sich folgende relative Werte für die jeweiligen Parameter:

Messzeitpunkt	Peak RFD ₅₀	RFD ₀₋₅₀	RFD ₅₀₋₁₀₀	RFD ₁₀₀₋₂₀₀
ISO1	11173,33 N/s ≅ 100%	1011,429 N/s ≅ 100%	8602,857 N/s ≅ 100%	6649,048 N/s ≅ 100%
ISO2	5778,10 N/s ≅ 52%	969,52 N/s ≅ 96%	4254,29 N/s ≅ 49%	4036,67 N/s ≅ 61%
ISO3	8861,905 N/s ≅ 79%	1001,905 N/s ≅ 99%	6781,905 N/s ≅ 79%	5950,952 N/s ≅ 90%

Tab. 26: Relative Kraftbildungsgeschwindigkeiten

Außerdem ist anhand dieser Tabelle erkennbar, dass die relativen Werte der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit und der Kraftbildungsgeschwindigkeit für 50-100ms nahezu ident sind.

Interessant zu beobachten ist, dass die Kraftbildungsgeschwindigkeiten direkt nach dem desmodromischen Training um fast 50% reduziert sind und nach einer 30-minütigen Pause wieder ca. 80% des Ausgangswerts erreichen. Eine detailreichere Analyse zur Minderung der Kraftbildungsgeschwindigkeit finden Sie im Kapitel 4.1.5.

Statistiken													
		ISO1 Peak RFD 50ms [N/s]	ISO2 Peak RFD 50ms [N/s]	ISO3 Peak RFD 50ms [N/s]	ISO1 RFD 0-50ms [N/s]	ISO2 RFD 0-50ms [N/s]	ISO3 RFD 0-50ms [N/s]	ISO1 RFD 50-100ms [N/s]	ISO2 RFD 50-100ms [N/s]	ISO3 RFD 50-100ms [N/s]	ISO1 RFD 100-200ms [N/s]	ISO2 RFD 100-200ms [N/s]	ISO3 RFD 100-200ms [N/s]
N	Gültig	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		11173,333	5778,10	8861,905	1011,429	969,52	1001,905	8602,857	4254,29	6781,905	6649,048	4036,67	5950,952
Median		10460,000	5480,00	7920,000	940,000	980,00	1000,000	6980,000	3940,00	6180,000	6730,000	3280,00	5970,000
Modus		10460,0	1820,0 ^a	3440,0 ^a	700,0 ^a	780	1020,0 ^a	1800,0 ^a	2960	740,0 ^a	7720,0	1480,0 ^a	3190,0 ^a
Standardabweichung		4897,9520	2848,374	3534,9280	297,4943	242,868	284,8090	4752,5205	2154,039	3753,2221	2107,4319	2218,475	1521,6205
Minimum		3380,0	1820	3440,0	560,0	600	540,0	1800,0	1220	740,0	2330,0	1480	3190,0
Maximum		24400,0	11120	17720,0	1640,0	1340	1540,0	21860,0	8720	17720,0	10150,0	8910	8610,0
Perzentile	25	7450,000	3040,00	6740,000	760,000	740,00	770,000	5700,000	2730,00	4250,000	5390,000	2295,00	4765,000
	50	10460,000	5480,00	7920,000	940,000	980,00	1000,000	6980,000	3940,00	6180,000	6730,000	3280,00	5970,000
	75	12770,000	7820,00	11160,000	1290,000	1210,00	1250,000	11300,000	5730,00	9240,000	7965,000	5105,00	7100,000

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 27: Deskriptive Darstellung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit und der Kraftbildungsgeschwindigkeiten für 0-50ms, 50-100ms, 100-200ms

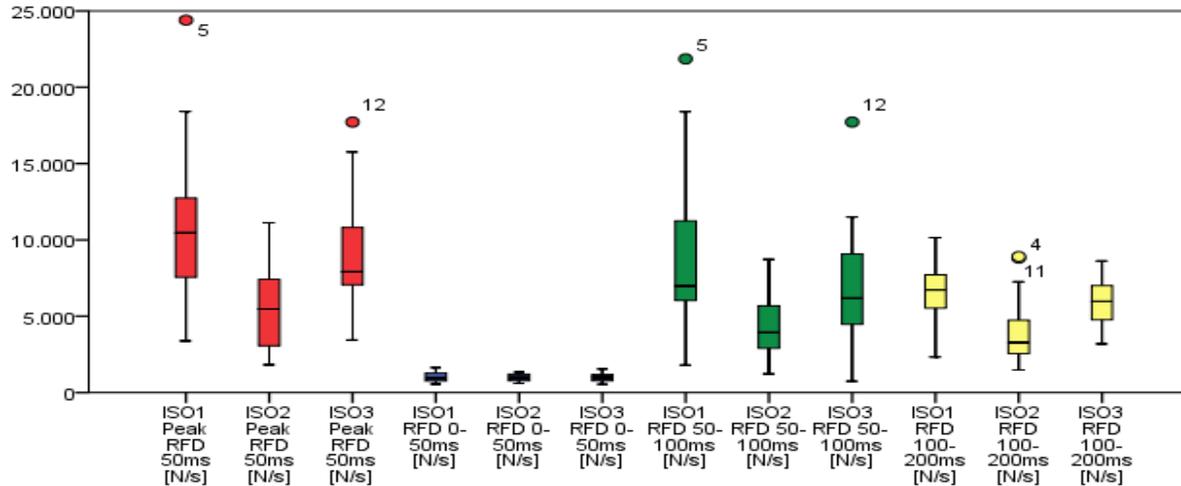


Abb. 39: Boxplot – Kraftbildungsgeschwindigkeit RFD (max., 0-50ms, 50-100ms & 100-200ms)

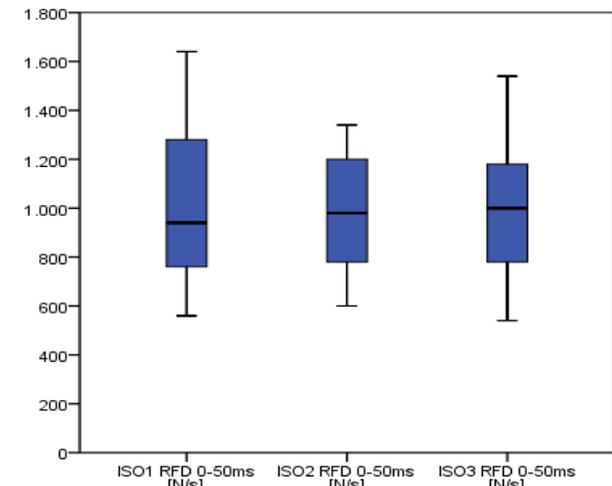


Abb. 40: Boxplot – RFD 0-50ms

3.3.3.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

Auch bei der geschlechtergetrennten Auswertung der Kraftbildungsgeschwindigkeiten (Tab. 30 & Abb. 41 & Abb. 42) wird deutlich, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeiten der ISO1 höher sind als die mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeiten der ISO2 und ISO3. Genauso sind die mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeiten der ISO2 auch wieder höher als die der ISO3.

Betrachtet man diese mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeiten wiederum relativ, also die Werte von ISO1 als Ausgangswerte, so ergibt sich folgendes Bild:

- Frauen

Messzeitpunkt	Peak RFD ₅₀	RFD ₀₋₅₀	RFD ₅₀₋₁₀₀	RFD ₁₀₀₋₂₀₀
ISO1	8533,333 N/s ± 100%	755,556 N/s ± 100%	6653,333 N/s ± 100%	5072,222 N/s ± 100%
ISO2	4946,67 N/s ± 58%	735,56 N/s ± 97%	3857,78 N/s ± 58%	3055,56 N/s ± 60%
ISO3	6611,111 N/s ± 77%	762,222 N/s ± 101%	4873,333 N/s ± 73%	4725,556 N/s ± 93%

Tab. 28: Relative Kraftbildungsgeschwindigkeiten der Frauen

- Männer

Messzeitpunkt	Peak RFD ₅₀	RFD ₀₋₅₀	RFD ₅₀₋₁₀₀	RFD ₁₀₀₋₂₀₀
ISO1	13153,333 N/s ± 100%	1203,333 N/s ± 100%	10065,000 N/s ± 100%	7831,667 N/s ± 100%
ISO2	6401,67 N/s ± 49%	1145,00 N/s ± 95%	4551,67 N/s ± 45%	4772,50 N/s ± 61%
ISO3	10550 N/s ± 80%	1181,667 N/s ± 98%	8213,333 N/s ± 82%	6870,000 N/s ± 88%

Tab. 29: Relative Kraftbildungsgeschwindigkeiten der Männer

Versucht man nun wiederum die jeweiligen Werte zwischen Männern und Frauen zu vergleichen, so ist ersichtlich, dass auch die jeweiligen mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeiten der Männer bei jeder Messung deutlich höher sind als die der Frauen. Der größte absolute Unterschied (4620N/s ± 35%) zwischen den Mittelwerten für die maximale Kraftbildungsgeschwindigkeit tritt bei der ISO1, also im ausgeruhten Zustand auf. Und der größte relative Unterschied (3938,889N/s ± 37%) tritt bei der ISO3, also nach einer 30-minütigen Regenerationsphase auf.

Betrachtet man die relativen Kraftbildungsgeschwindigkeiten (maximal & 50-100ms) in den Tabellen Tab. 28 & Tab. 29, so ist bemerkbar, dass die

Kraftbildungsgeschwindigkeiten bei den Männern nach dem intensiven desmodromischen Training (ISO2) zwar tendenziell weiter nach unten sinken (49% vs. 58% & 45% vs. 58%), aber nach der 30-minütigen Pause höher (80% vs. 77% & 82% vs. 73%) sind als bei den Frauen.

Bei der relativen mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeit für 100-200ms fällt auf, dass die Männer wie die Frauen nach dem desmodromischen Training (ISO2) auf 60% bzw. 61% des Ausgangswerts der mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeit abfallen. Jedoch erreichen die Frauen nach der 30-minütigen Pause im Vergleich zu den Männern eher wieder den Ausgangswert der mittleren Kraftbildungsgeschwindigkeit (93% vs. 88%).

Der Parameter RFD_{0-50} wird wiederum nicht berücksichtigt.

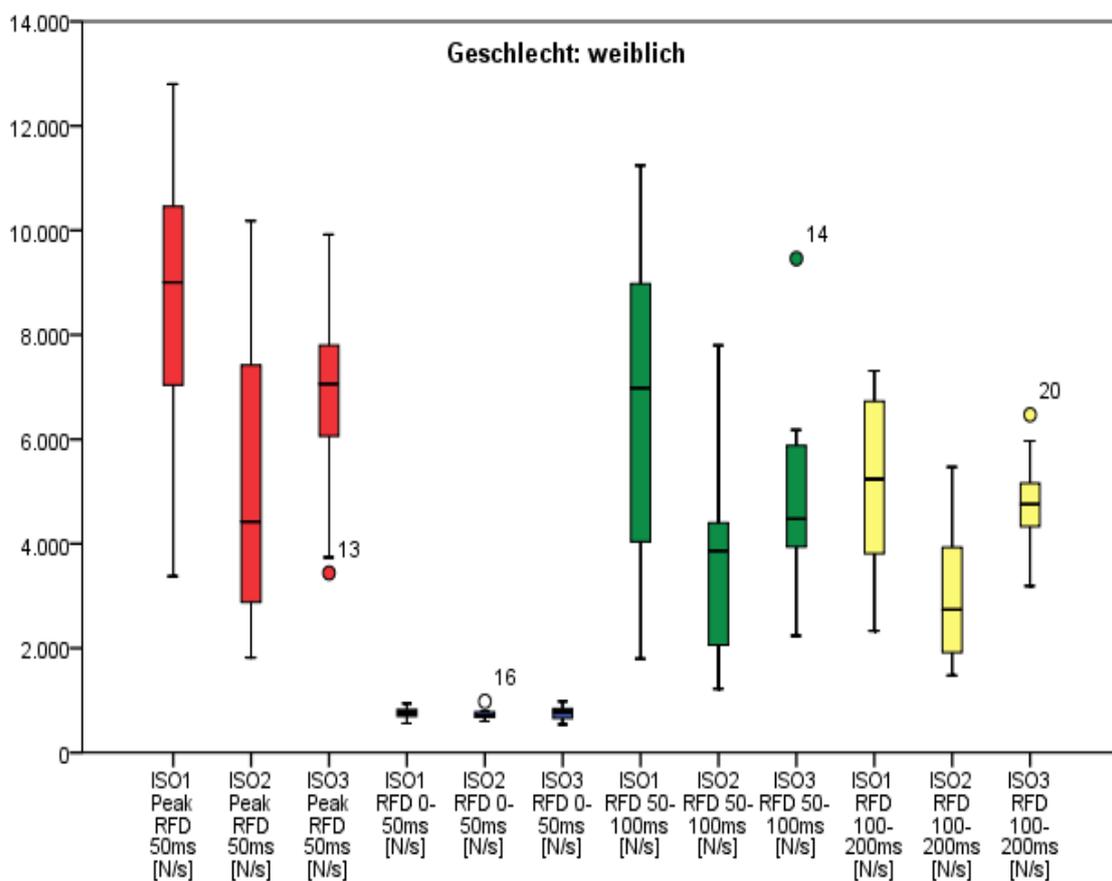


Abb. 41: Boxplot – Kraftbildungsgeschwindigkeiten RFD der Frauen

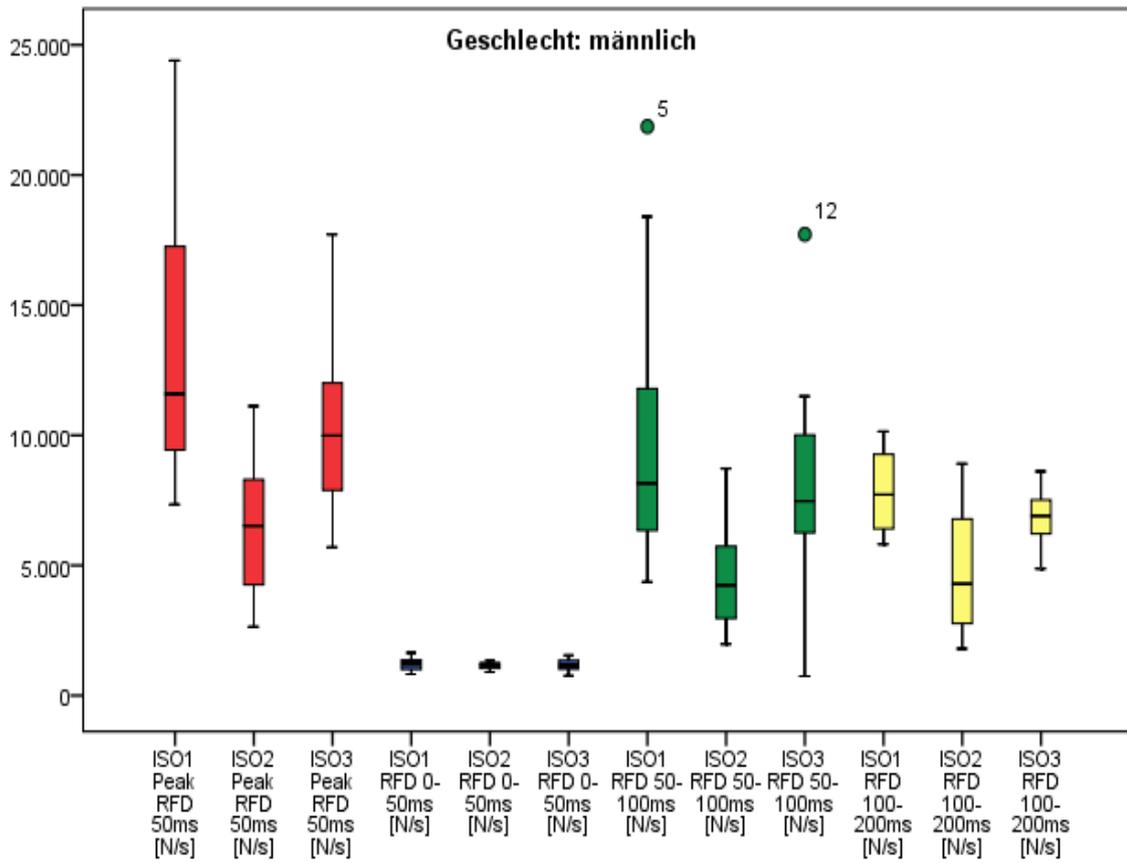


Abb. 42: Boxplot – Kraftbildungsgeschwindigkeiten RFD der Männer

Statistiken ^a													
		ISO1 Peak RFD 50ms [Ns]	ISO2 Peak RFD 50ms [Ns]	ISO3 Peak RFD 50ms [Ns]	ISO1 RFD 0-50ms [Ns]	ISO2 RFD 0-50ms [Ns]	ISO3 RFD 0-50ms [Ns]	ISO1 RFD 50-100ms [Ns]	ISO2 RFD 50-100ms [Ns]	ISO3 RFD 50-100ms [Ns]	ISO1 RFD 100-200ms [Ns]	ISO2 RFD 100-200ms [Ns]	ISO3 RFD 100-200ms [Ns]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		8533,333	4946,67	6611,111	755,556	735,56	762,222	6653,333	3857,78	4873,333	5072,222	3055,56	4725,556
Median		9000,000	4420,00	7060,000	760,000	700,00	780,000	6980,000	3860,00	4480,000	5240,000	2740,00	4760,000
Modus		10460,0	1820,00 ^b	3440,00 ^b	700,00 ^b	780	540,00 ^b	1800,00 ^b	1220,00 ^b	2240,00 ^b	2330,00 ^b	1480,00 ^b	3190,00 ^b
Standardabweichung		3122,3709	2976,340	2037,0349	118,6498	113,480	145,7547	3008,1888	2351,732	2163,7930	1845,9671	1332,921	1068,7155
Minimum		3380,0	1820	3440,0	560,0	600	540,0	1800,0	1220	2240,0	2330,0	1480	3190,0
Maximum		12800,0	10180	9920,0	940,0	980	980,0	11240,0	7800	9460,0	7310,0	5470	6470,0
Perzentile	25	5980,000	2450,00	4900,000	680,000	650,00	630,000	4000,000	1750,00	3290,000	3305,000	1895,00	3860,000
	50	9000,000	4420,00	7060,000	760,000	700,00	780,000	6980,000	3860,00	4480,000	5240,000	2740,00	4760,000
	75	10970,000	7820,00	7860,000	860,000	780,00	880,000	9210,000	5750,00	6030,000	6995,000	4215,00	5565,000

a. Geschlecht = weiblich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Statistiken ^a													
		ISO1 Peak RFD 50ms [Ns]	ISO2 Peak RFD 50ms [Ns]	ISO3 Peak RFD 50ms [Ns]	ISO1 RFD 0-50ms [Ns]	ISO2 RFD 0-50ms [Ns]	ISO3 RFD 0-50ms [Ns]	ISO1 RFD 50-100ms [Ns]	ISO2 RFD 50-100ms [Ns]	ISO3 RFD 50-100ms [Ns]	ISO1 RFD 100-200ms [Ns]	ISO2 RFD 100-200ms [Ns]	ISO3 RFD 100-200ms [Ns]
N	Gültig	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		13153,333	6401,67	10550,000	1203,333	1145,00	1181,667	10065,000	4551,67	8213,333	7831,667	4772,50	6870,000
Median		11590,000	6520,00	9990,000	1230,000	1190,00	1140,000	8150,000	4240,00	7470,000	7720,000	4295,00	6900,000
Modus		7340,00 ^b	2640,00 ^b	5700,00 ^b	820,00 ^b	1220	1020,00 ^b	4360,00 ^b	2960	740,00 ^b	7720,0	1800,00 ^b	4870,00 ^b
Standardabweichung		5152,5269	2705,354	3528,1672	238,6071	139,642	223,1116	5389,1752	2046,646	4122,0677	1427,1449	2505,605	1108,6109
Minimum		7340,0	2640	5700,0	820,0	900	760,0	4360,0	1980	740,0	5810,0	1800	4870,0
Maximum		24400,0	11120	17720,0	1640,0	1340	1540,0	21860,0	8720	17720,0	10150,0	8910	8610,0
Perzentile	25	9275,000	3930,00	7785,000	1005,000	1045,00	1020,000	6190,000	2960,00	5915,000	6402,500	2682,50	6067,500
	50	11590,000	6520,00	9990,000	1230,000	1190,00	1140,000	8150,000	4240,00	7470,000	7720,000	4295,00	6900,000
	75	17390,000	8930,00	12055,000	1385,000	1250,00	1355,000	11855,000	5755,00	10315,000	9277,500	7017,50	7675,000

a. Geschlecht = männlich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 30: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit und der Kraftbildungsgeschwindigkeiten für 0-50ms, 50-100ms, 100-200ms

3.3.4. Durchschnittskraft in 4s

Wie in Kapitel 2.3.2.4 bereits beschrieben und erläutert, wurde die durchschnittlich erbrachte Kraft in 4s berechnet. Es wurde die gesamte Durchschnittskraft, die Durchschnittskraft für das linke und das rechte Bein und die durchschnittlichen Kraftdifferenzen der Beine in 4s berechnet.

Ausführliche Auswertungen bzw. Ergebnisse zur Minderung der Durchschnittskraft zwischen den einzelnen Messungen sind im späteren Kapitel 4.1.3 zu sehen.

3.3.4.1. Gesamte Stichprobe

Aus der tabellarischer Auflistung (Tab. 31) und dem Boxplot (Abb. 43) lässt sich erkennen, dass die mittlere Durchschnittskraft in 4s sowohl für beide Beine, als auch für das linke und das rechte Bein, bei der ersten isometrischen Messung (ISO1) deutlich höher ist als bei der zweiten (ISO2) und der dritten isometrischen Messung (ISO3). Auch wird deutlich, dass die mittleren Durchschnittskraftwerte bei der dritten isometrischen Messung (ISO3) wieder höher sind als die der zweiten (ISO2). Das selbige gilt auch für die durchschnittlichen Kraftdifferenzen der Beine (Abb. 44). Das heißt die durchschnittlichen Kraftdifferenzen der Beine in 4s sind bei der ersten isometrischen Messung, also im ausgeruhten Zustand, am größten (59,512N).

Betrachtet man die mittleren Durchschnittskraftwerte der jeweiligen Messzeitpunkte relativ, das heißt die mittleren Durchschnittskraftwerte der ersten isometrischen Messung sind die Ausgangswerte, also relativ 100%, so sieht man, dass bei der zweiten isometrischen Messung (ISO2) nur 67% und bei der dritten nur 82% des anfänglichen Maximalwerts erreicht worden sind. Diese relativen Werte der Durchschnittskraft ähneln sehr den Werten der Maximalkraft aus dem Kapitel 3.3.1.1.

Wie bei den mittleren Maximalkraftwerten ist auch bei den Werten der durchschnittlichen Kraft in 4s das rechte Bein dezent (29,515N / 1,56%, 15,89N / 1,25%, 25,131N / 1,62%) stärker als das linke.

Darüber hinaus ist in der Tab. 31 und dem Boxplot (Abb. 44) ersichtlich, dass es nur geringe Unterschiede bei den Mittelwerten der durchschnittlichen Kraftdifferenzen der beiden Beine zwischen den verschiedenen Messungen gibt, wobei der Mittelwert der durchschnittlichen Kraftdifferenzen bei der ersten isometrischen Messung (ISO1) am größten (59,476N) ist.

		ISO1 AVG Force 0-4s [N]	ISO2 AVG Force 0-4s [N]	ISO3 AVG Force 0-4s [N]	ISO1 AVG Force 0-4s right [N]	ISO2 AVG Force 0-4s right [N]	ISO3 AVG Force 0-4s right [N]	ISO1 AVG Force 0-4s left [N]	ISO2 AVG Force 0-4s left [N]	ISO3 AVG Force 0-4s left [N]	ISO1 AVG Force 0-4s leg Diff [N]	ISO2 AVG Force 0-4s leg Diff [N]	ISO3 AVG Force 0-4s leg Diff [N]
N	Gültig	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		1887,523	1268,47	1547,234	958,519	642,06	786,064	929,004	626,17	760,933	59,476	40,19	44,396
Median		1906,730	1214,43	1482,680	936,970	604,34	789,070	959,310	603,37	719,310	50,240	34,53	34,280
Modus		1094,70 ^a	657,21 ^a	1003,05 ^a	536,86 ^a	298,91 ^a	448,57 ^a	557,84 ^a	330,52 ^a	511,07 ^a	13,14 ^a	7,60 ^a	8,69 ^a
Standardabweichung		472,0140	405,821	360,9195	254,7146	209,338	191,1459	220,8794	198,537	172,8128	42,4864	28,014	37,2916
Minimum		1094,7	657	1003,1	536,9	299	448,6	557,8	331	511,1	13,1	8	8,7
Maximum		2530,6	2001	2178,6	1321,9	1024	1107,8	1243,7	976	1088,1	154,9	117	124,8
Perzentile	25	1443,150	944,40	1233,195	741,585	476,91	638,475	734,415	463,18	616,025	24,560	21,27	12,855
	50	1906,730	1214,43	1482,680	936,970	604,34	789,070	959,310	603,37	719,310	50,240	34,53	34,280
	75	2320,315	1572,70	1865,480	1186,640	813,08	959,140	1139,030	774,79	899,695	83,870	53,13	84,870

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 31: Deskriptive Darstellung der Durchschnittskraft in 4s beider Beine, des linken & des rechten Beins + Durchschnittliche Differenzen beider Beine in 4s

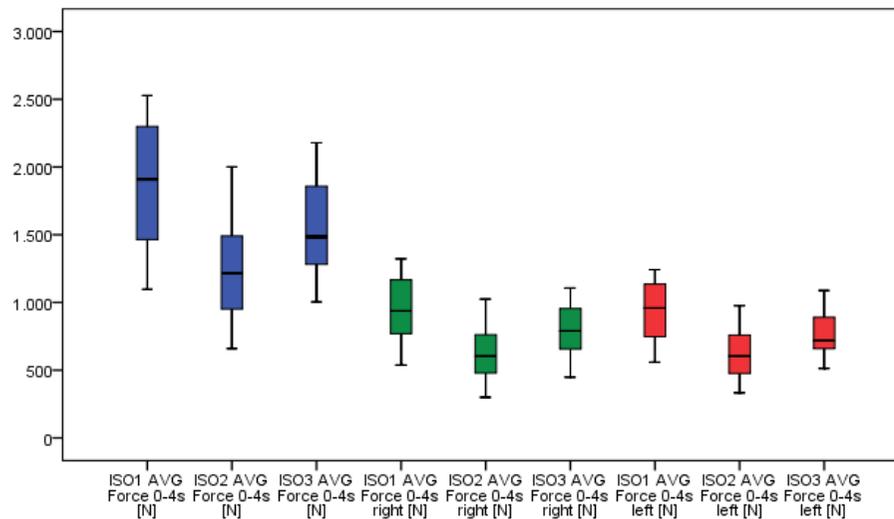


Abb. 43: Boxplot – Durchschnittskraft in 4s (linkes, rechtes & beide Beine)

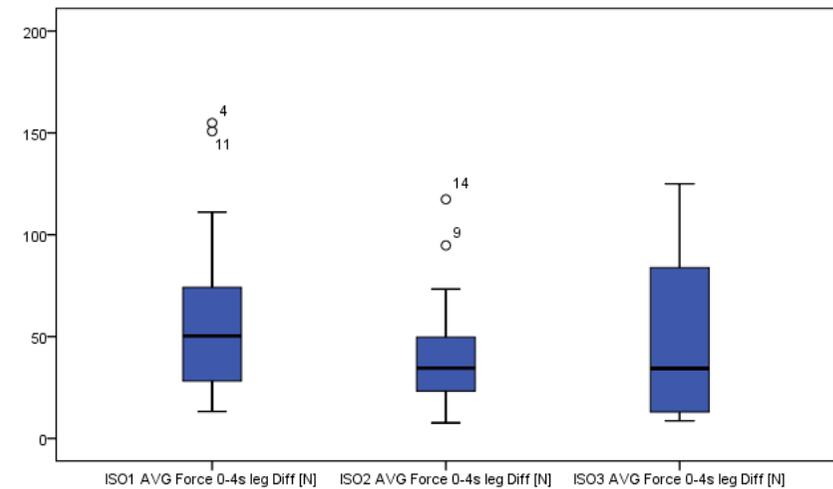


Abb. 44: Boxplot – Durchschnittliche Kraftdifferenzen beider Beine in 4s

3.3.4.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

Auch bei der geschlechtergetrennten Auswertung der Durchschnittskraftwerte in 4s (Tab. 32, Abb. 45 & Abb. 46) fällt auf, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die mittleren Durchschnittskraftwerte der ISO1 höher sind als die Werte der ISO2 und ISO3. Genauso sind die mittleren Durchschnittskraftwerte der ISO2 auch wieder höher als die Werte der ISO3.

Betrachtet man diese mittleren Durchschnittskraftwerte wiederum relativ, also die Werte von ISO1 als Ausgangswerte, so ergibt sich folgendes Bild:

- Frauen
 - ISO1 (1426,700 N \triangleq 100%)
 - ISO2 (944,04 N \triangleq 66%)
 - ISO3 (1219,604 N \triangleq 85%)

- Männer
 - ISO1 (2233,140 N \triangleq 100%)
 - ISO2 (1511,80 N \triangleq 68%)
 - ISO3 (1792,956 N \triangleq 80%)

Diese relativen Werte der Durchschnittskraft ähneln sehr den Werten der Maximalkraft aus dem Kapitel 3.3.1.2.

Versucht man nun die jeweiligen Werte zwischen Männern und Frauen zu vergleichen, so ist erkennbar, dass die mittleren Durchschnittskraftwerte der Männer für jede Messung deutlich höher (806,44N \triangleq 36%, 567,76N \triangleq 38% & 573,352N \triangleq 32%) sind als die der Frauen. Der größte absolute Unterschied (806,44N) tritt somit bei der ISO1, also im ausgeruhten Zustand, auf. Und der größte relative Unterschied (38%) tritt bei der ISO2, also direkt nach dem desmodromischen Training, auf.

Darüber hinaus ist zu bemerken, dass die Frauen, wie bei den mittleren Maximalkraftwerten (siehe Kapitel 3.3.1.2), auch bei den relativen mittleren Durchschnittskraftwerten scheinbar geringfügig mehr ermüden (34% vs. 32%) und in der Regenerationsphase besser regenerieren (auf 85% bzw. 80% des Ausgangswerts \rightarrow Steigerung um 19% vs. 12% von ISO2 auf ISO3) als die Männer.

Der Vergleich der mittleren Durchschnittskraftwerte des rechten Beines mit dem linken Bein hat ergeben, dass bei den Frauen die Werte für das rechte Bein für die ISO1 minimal

niedriger ($-8,356N \cong -0,5\%$) und für die ISO2 ($17,02N \cong 1,8\%$) und ISO3 ($9,061N \cong 0,7\%$) minimal höher sind.

Bei den Männern sieht dieser Vergleich wiederum anders aus. Hier sind die Werte für das rechte Bein bei der ISO1 ($57,916N \cong 2,6\%$), der ISO2 ($15,06 N \cong 0,1\%$) und der ISO3 ($37,184 N \cong 2\%$) minimal höher.

Darüber hinaus ist in der Tab. 32 und dem Boxplot (Abb. 46) ersichtlich, dass es sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen nur geringe Unterschiede bei den Mittelwerten der Differenzen der Durchschnittskraft der beiden Beine zwischen den verschiedenen Messungen gibt.

Dabei ist der Mittelwert der Durchschnittskraft bei den Frauen bei der dritten isometrischen Messung (ISO3) am größten ($51,417N$) und bei den Männern bei der ISO1 ($71,073N$). Auffällig ist, dass die Streuung der Kraftdifferenzen bei den Frauen in der dritten isometrischen Messung sehr groß ist.

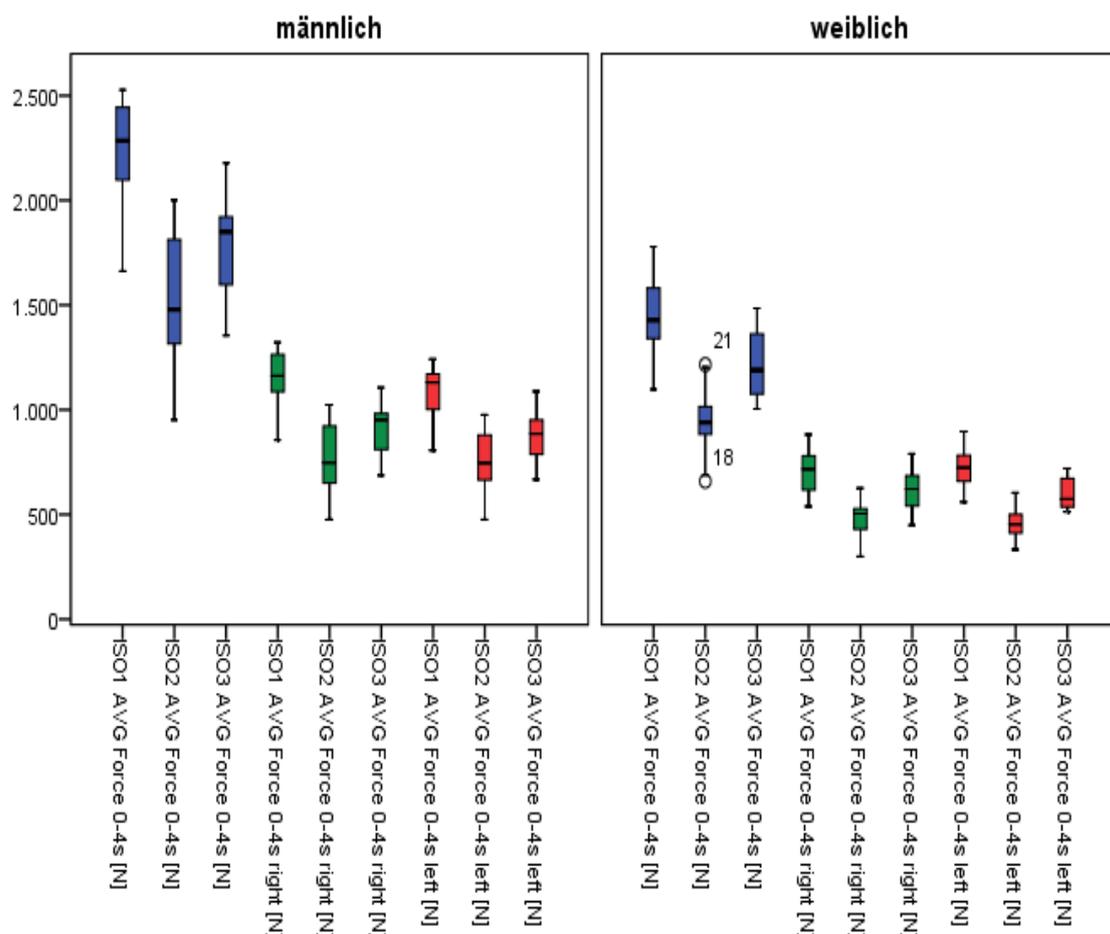


Abb. 45: Boxplot – Durchschnittskraft in 4s pro Messung (linkes, rechtes & beide Beine) Männer vs. Frauen

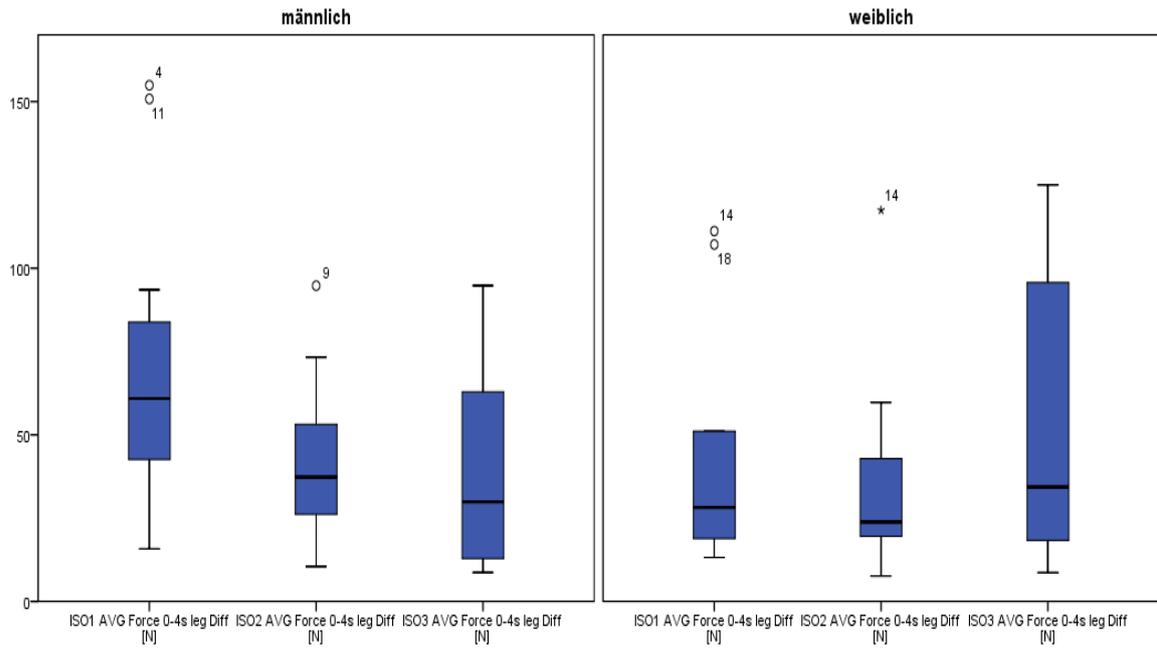


Abb. 46: Boxplot - Durchschnittliche Kraftdifferenzen beider Beine in 4s
Männer vs. Frauen

Statistiken ^a													
		ISO1 AVG Force 0-4s [N]	ISO2 AVG Force 0-4s [N]	ISO3 AVG Force 0-4s [N]	ISO1 AVG Force 0-4s right [N]	ISO2 AVG Force 0-4s right [N]	ISO3 AVG Force 0-4s right [N]	ISO1 AVG Force 0-4s left [N]	ISO2 AVG Force 0-4s left [N]	ISO3 AVG Force 0-4s left [N]	ISO1 AVG Force 0-4s leg Diff [N]	ISO2 AVG Force 0-4s leg Diff [N]	ISO3 AVG Force 0-4s leg Diff [N]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		1426,700	944,04	1219,604	709,172	480,53	614,332	717,528	463,51	605,271	44,013	37,55	51,417
Median		1425,200	937,48	1187,470	715,180	504,39	621,010	722,910	450,65	574,140	28,150	23,56	34,280
Modus		1094,70 ^b	657,21 ^b	1003,05 ^b	536,86 ^b	298,91 ^b	448,57 ^b	557,84 ^b	330,52 ^b	511,07 ^b	13,14 ^b	7,60 ^b	8,72 ^b
Standardabweichung		215,8133	194,878	169,7137	110,8302	106,511	102,4423	112,9848	93,924	79,5384	38,4961	33,975	44,7235
Minimum		1094,7	657	1003,1	536,9	299	448,6	557,8	331	511,1	13,1	8	8,7
Maximum		1776,8	1214	1482,7	880,8	624	789,1	896,0	603	719,3	110,9	117	124,8
Perzentile	25	1245,815	780,92	1061,445	603,180	390,33	538,390	609,785	384,54	533,280	17,070	14,84	14,145
	50	1425,200	937,48	1187,470	715,180	504,39	621,010	722,910	450,65	574,140	28,150	23,56	34,280
	75	1592,640	1106,79	1380,805	788,380	562,95	685,975	804,260	544,85	681,985	78,995	51,16	100,800

a. Geschlecht = weiblich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Statistiken ^a													
		ISO1 AVG Force 0-4s [N]	ISO2 AVG Force 0-4s [N]	ISO3 AVG Force 0-4s [N]	ISO1 AVG Force 0-4s right [N]	ISO2 AVG Force 0-4s right [N]	ISO3 AVG Force 0-4s right [N]	ISO1 AVG Force 0-4s left [N]	ISO2 AVG Force 0-4s left [N]	ISO3 AVG Force 0-4s left [N]	ISO1 AVG Force 0-4s leg Diff [N]	ISO2 AVG Force 0-4s leg Diff [N]	ISO3 AVG Force 0-4s leg Diff [N]
N	Gültig	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		2233,140	1511,80	1792,956	1145,528	763,22	914,863	1087,612	748,16	877,679	71,073	42,17	39,130
Median		2285,300	1477,78	1849,750	1161,835	746,30	951,235	1130,775	744,94	884,815	60,840	37,29	29,890
Modus		1660,76 ^b	951,31 ^b	1352,88 ^b	855,50 ^b	475,61 ^b	686,67 ^b	805,26 ^b	475,70 ^b	666,21 ^b	15,81 ^b	10,52 ^b	8,69 ^b
Standardabweichung		259,1431	348,004	249,4021	141,4500	184,566	128,7297	124,0429	165,442	122,4903	43,1494	24,029	31,6736
Minimum		1660,8	951	1352,9	855,5	476	686,7	805,3	476	666,2	15,8	11	8,7
Maximum		2530,6	2001	2178,6	1321,9	1024	1107,8	1243,7	976	1088,1	154,9	95	94,8
Perzentile	25	2084,973	1283,81	1587,075	1085,093	627,39	801,770	985,203	655,78	785,305	42,298	24,89	12,783
	50	2285,300	1477,78	1849,750	1161,835	746,30	951,235	1130,775	744,94	884,815	60,840	37,29	29,890
	75	2460,015	1856,95	1936,103	1274,215	927,81	982,690	1171,580	912,31	959,498	88,700	54,85	73,425

a. Geschlecht = männlich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 32: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Durchschnittskraft in 4s beider Beine, des linken & des rechten Beins + Durchschnittliche Kraftdifferenzen beider Beine in 4s

3.3.5. Durchschnittskraft in 4s relativ zur Masse

Wie in Kapitel 3.3.2.5 bereits beschrieben und erläutert, wurde auch die relative Durchschnittskraft in 4s berechnet. Es wurden die in Kapitel 3.3.4 beschriebenen Parameter (AVG Force & AVG Force Leg Diff) auch relativ zur Masse berechnet. Auf eine Berechnung der beiden anderen Parameter relativ zur Masse wurde verzichtet, da diese für die anschließenden statistischen Testungen nicht weiter notwendig waren.

3.3.5.1. Gesamte Stichprobe

Die tabellarische Auflistung (Tab. 33) und der Boxplot (Abb. 47) zeigen, dass auch die relativen Durchschnittskraftwerte der ersten isometrischen Messung (ISO1) deutlich höher sind als die der zweiten (ISO2) und der dritten (ISO3). Auch fällt auf, dass die Mittelwerte der relativen Durchschnittskraftwerte der dritten isometrischen Messung (ISO3) wieder höher sind, als die der zweiten (ISO2).

Betrachtet man die mittleren Durchschnittskraftwerte der Tab. 33 relativ, das heißt die Durchschnittskraftwerte relativ zur Masse der ersten isometrischen Messung sind die Ausgangswerte, also relativ 100%, so sieht man, dass bei der zweiten isometrischen Messung (ISO2) nur 67% und bei der dritten nur 82% des anfänglichen relativen Maximalwerts erreicht wurden. Diese relativen Werte stimmen mit den relativen Werten der absoluten Durchschnittskraftwerte überein.

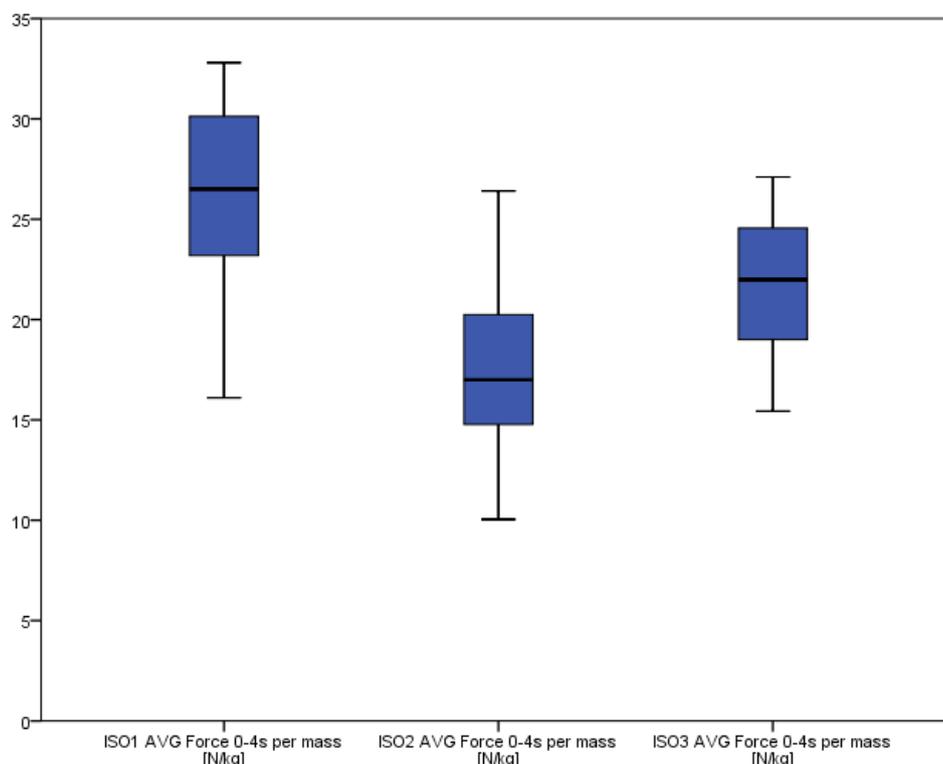


Abb. 47: Boxplot – Mittelwerte der relativen Durchschnittskraftwerte in 4s pro Messung

Darüber lässt sich in der Tabelle (Tab. 33) und dem Boxplot (Abb. 48) ablesen, dass es nur geringe Unterschiede bei den Mittelwerten der relativen maximalen Differenzen der Durchschnittskraft in 4s der beiden Beine zwischen den verschiedenen Messungen gibt, wobei der Mittelwert der relativen maximalen Kraftdifferenzen bei der ersten isometrischen Messung (ISO1) am größten (0,832N/kg) ist.

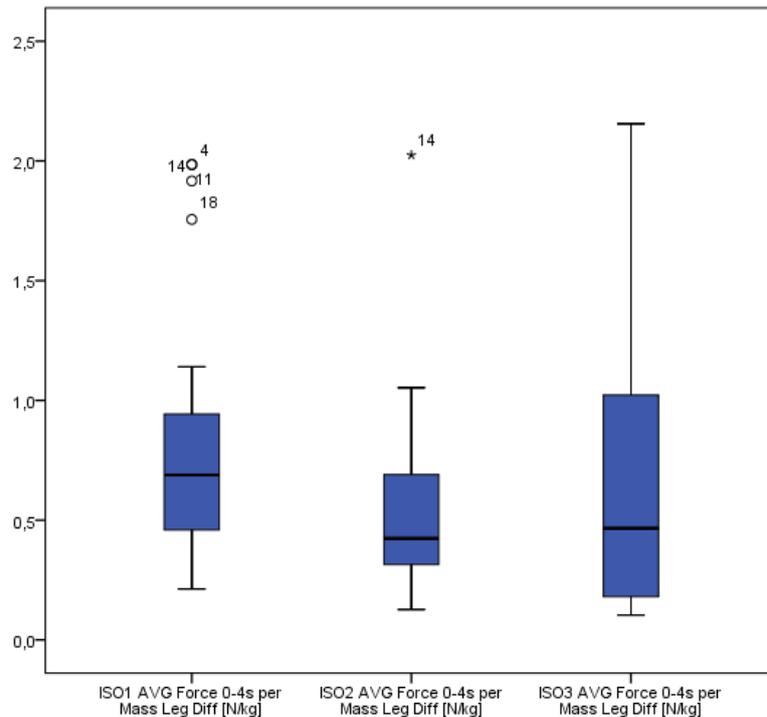


Abb. 48: Boxplot – Mittelwerte der relativen durchschnittlichen Kraftdifferenzen pro Messung

Statistiken							
		ISO1 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO2 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO3 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO1 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO2 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO3 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]
N	Gültig	21	21	21	21	21	21
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		26,386	17,72	21,713	0,832	0,57	0,650
Median		26,500	17,00	21,990	0,689	0,42	0,466
Modus		16,10 ^a	10,05 ^a	15,44 ^a	,21 ^a	,13 ^a	,10 ^a
Standardabweichung		4,3951	4,577	3,4889	0,5924	0,426	0,5926
Minimum		16,1	10	15,4	0,2	0	0,1
Maximum		32,8	26	27,1	2,0	2	2,2
Perzentile	25	22,970	14,67	18,765	0,387	0,31	0,179
	50	26,500	17,00	21,990	0,689	0,42	0,466
	75	30,155	20,32	24,630	1,042	0,69	1,048

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 33: Deskriptive Darstellung der relativen Durchschnittskraft in 4s beider Beine + durchschnittliche relative Kraftdifferenzen beider Beine in 4s

3.3.5.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

Auch bei der geschlechtergetrennten Auswertung der relativen Durchschnittskraftwerte (Tab. 34 & Abb. 49) wird deutlich, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die mittleren relativen Durchschnittskraftwerte der ISO1 höher sind als die Werte bei der ISO2 und ISO3. Genauso sind die Mittelwerte der relativen Durchschnittskraftwerte der ISO2 auch wieder höher als die Werte der ISO3.

Betrachtet man diese Mittelwerte der relativen Durchschnittskraftwerte wiederum relativ, also die Werte von der ISO1 als Ausgangswerte, so ergibt sich folgendes Bild:

- Frauen
 - ISO1 (23,540 N/kg \triangleq 100%)
 - ISO2 (15,54 N/kg \triangleq 66%)
 - ISO3 (20,090 N/kg \triangleq 85%)

- Männer
 - ISO1 (28,521 N/kg \triangleq 100%)
 - ISO2 (19,36 N/kg \triangleq 68%)
 - ISO3 (22,930 N/kg \triangleq 80%)

Versucht man nun wiederum, die jeweiligen Werte zwischen Männern und Frauen zu vergleichen, so ist erkennbar, dass auch die Mittelwerte der relativen Durchschnittskraftwerte der Männer für jede Messung höher (4,981N/kg \triangleq 17%, 3,82N/kg \triangleq 20% & 2,84N/kg \triangleq 12%) sind als die der Frauen. Der größte absolute Unterschied tritt somit bei der ISO1, also im ausgeruhten Zustand, auf. Der größte relative Unterschied tritt somit bei der ISO2, also direkt nach dem desmodromischen Training, auf.

Darüber hinaus zeigt sich, dass die Frauen laut den relativen Mittelwert der relativen Durchschnittskraftwerte scheinbar geringfügig mehr ermüden (34% vs. 25%) und in der Regenerationsphase besser regenerieren (auf 85% bzw. 80% des Ausgangswerts \rightarrow Steigerung um 19% vs. 12% von ISO2 auf ISO3).

Darüber hinaus ist in der Tabelle (Tab. 34) und dem Boxplot (Abb. 49) erkennbar, dass es sowohl bei den Männern als auch bei den Frauen nur geringe Unterschiede bei den Mittelwerten der relativen durchschnittlichen Kraftdifferenzen der beiden Beine zwischen den verschiedenen Messungen gibt.

Dabei ist der Mittelwert der relativen durchschnittlichen Kraftdifferenzen bei den Frauen bei der dritten isometrischen Messung (ISO3) am größten (0,857N/kg) und bei den Männern bei der ISO1 (0,904N/kg).

Statistiken ^a							
		ISO1 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO2 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO3 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO1 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO2 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO3 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		23,540	15,54	20,090	0,736	0,63	0,857
Median		23,190	16,16	20,300	0,459	0,42	0,587
Modus		16,10 ^b	10,05 ^b	15,44 ^b	,21 ^b	,13 ^b	,14 ^b
Standardabweichung		4,3813	3,365	3,4025	0,6582	0,588	0,7615
Minimum		16,1	10	15,4	0,2	0	0,1
Maximum		29,6	20	25,1	1,9	2	2,2
Perzentile	25	20,360	12,78	16,960	0,282	0,24	0,229
	50	23,190	16,16	20,300	0,459	0,42	0,587
	75	27,500	17,92	23,300	1,334	0,84	1,668
a. Geschlecht = weiblich							
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.							
Statistiken ^a							
		ISO1 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO2 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO3 AVG Force 0-4s per mass [N/kg]	ISO1 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO2 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]	ISO3 AVG Force 0-4s per Mass Leg Diff [N/kg]
N	Gültig	12	12	12	12	12	12
	Fehlend	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		28,521	19,36	22,930	0,904	0,53	0,495
Median		29,115	18,52	23,520	0,717	0,47	0,386
Modus		22,75 ^b	13,03 ^b	16,38 ^b	,22 ^b	,14 ^b	,10 ^b
Standardabweichung		3,0922	4,796	3,1529	0,5565	0,271	0,3944
Minimum		22,8	13	16,4	0,2	0	0,1
Maximum		32,8	26	27,1	2,0	1	1,2
Perzentile	25	26,215	15,16	21,263	0,532	0,32	0,178
	50	29,115	18,52	23,520	0,717	0,47	0,386
	75	31,095	24,55	25,593	1,091	0,68	0,895
a. Geschlecht = männlich							
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.							

Tab. 34: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der relativen Durchschnittskraft in 4s beider Beine + durchschnittliche relative Kraftdifferenzen beider Beine in 4s

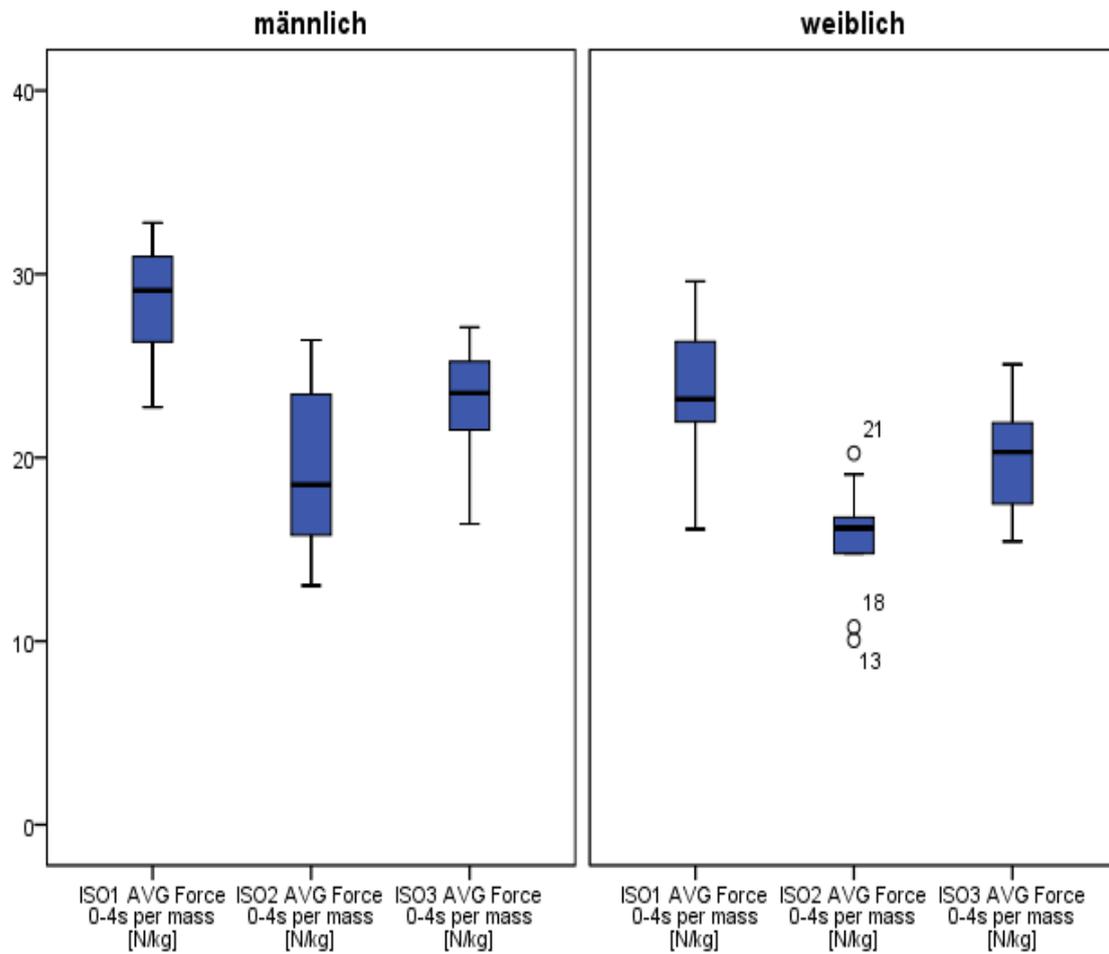


Abb. 49: Boxplot – Relative Durchschnittskraft in 4s pro Messung Männer vs. Frauen

3.4. Desmodromisches Training

Beim desmodromischen Training wurden, wie bereits in früheren Kapiteln dieser Arbeit erwähnt, bei zwei Probanden ein bzw. zwei Sätze nicht aufgezeichnet, was dazu führte, dass diese nicht in die folgenden Auswertungen (Tabellen und Boxplots) aufgenommen werden konnten. Man sieht daher bei jeder Tabelle, dass die gültige Anzahl der Personen 19 beträgt und somit 2 Personen fehlen.

3.4.1. Maximalkraft

Beim desmodromischen Training wurde auch die erreichte Maximalkraft ermittelt. Nachdem das desmodromische Training aus drei Sätzen mit konzentrischen und exzentrischen Bewegungen bestand, wurde für jeden Satz sowohl die exzentrische als auch konzentrische Maximalkraft berechnet. Auf eine beinspezifische Berechnung der Maximalkraft wurde verzichtet, da diese in den späteren statistischen Tests keine Anwendung fand. Mithilfe dieser Werte werden später die Unterschiede der Minderung der Maximalkraft zwischen konzentrisch und exzentrisch ermittelt bzw. Korrelationen mit den Leistungsabfällen des desmodromischen Trainings und der isometrischen Messungen berechnet.

3.4.1.1. Gesamte Stichprobe

In der Tab. 35 und dem Boxplot (siehe Abb. 50) sieht man deutlich, dass die konzentrischen & exzentrischen und somit die gesamten Maximalkräfte im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Des Weiteren ist gut erkennbar, dass die konzentrischen Maximalkraftwerte deutlich geringer sind als die exzentrischen.

Statistiken										
		KT Peak F [N] S1	KT Peak F [N] S2	KT Peak F [N] S3	KT Peak F EX [N] S1	KT Peak F EX [N] S2	KT Peak F EX [N] S3	KT Peak F KON [N]	KT Peak F KON [N]	KT Peak F KON [N]
N	Gültig	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		4010,842	3259,42	2634,947	4010,842	3232,84	2633,737	2801,474	2295,89	1905,421
Median		4068,000	3133,00	2540,000	4068,000	3133,00	2540,000	2799,000	2302,00	1876,000
Modus		2475 ^a	2096 ^a	1352 ^a	2475 ^a	2096 ^a	1352 ^a	1561 ^a	1350 ^a	1032 ^a
Standardabweichung		790,5320	778,052	645,0428	790,5320	779,456	645,6661	653,4948	742,203	774,6963
Minimum		2475,0	2096	1352,0	2475,0	2096	1352,0	1561,0	1350	1032,0
Maximum		5410,0	4473	4190,0	5410,0	4473	4190,0	4064,0	3884	3749,0
Perzentile	25	3532,000	2599,00	2204,000	3532,000	2599,00	2204,000	2474,000	1658,00	1265,000
	50	4068,000	3133,00	2540,000	4068,000	3133,00	2540,000	2799,000	2302,00	1876,000
	75	4510,000	4194,00	2911,000	4510,000	4194,00	2911,000	3156,000	2585,00	2331,000

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 35: Deskriptive Darstellung der Maximalkraft pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

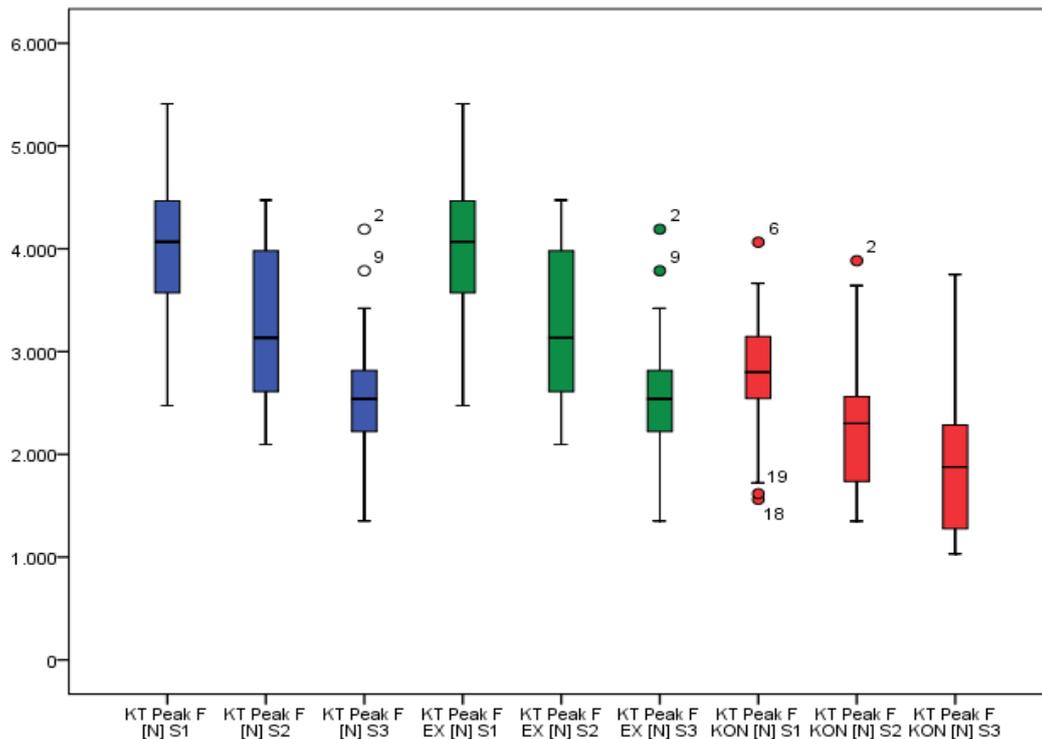


Abb. 50: Boxplot – Maximalkraft pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Im Kapitel 2.3.2.1 wurde bereits erläutert, dass laut Weineck (Weineck, 2010), die konzentrischen Maximalkraftwerte um 5-20% niedriger und die exzentrischen Maximalkraftwerte um bis zu 45% höher sind als die isometrischen Maximalkraftwerte. Überprüft man dies nun anhand der isometrischen Maximalkraft der ersten isometrischen Messung und der konzentrischen bzw. exzentrischen Maximalkraftwerte im ersten Satz, so ergeben sich folgende relative Differenzen:

Maximalkraft ISO1: 2078,095N $\hat{=}$ 100%

Maximalkraft KT EX: 4010,842N $\hat{=}$ 193%

Maximalkraft KT KON: 2801,474N $\hat{=}$ 135%

Auf den ersten Blick könnte man meinen, dass man die Aussage von Weineck mit diesen Ergebnissen widerlegen kann, jedoch ist dieser Vergleich nicht gültig, da die isometrische Maximalkraft bei 90° Kniewinkel gemessen wurde und die konzentrischen und exzentrischen Maximalkraftwerte in einem Bereich von fast vollständiger Beinstreckung bis 100° Kniewinkel ermittelt wurden. Wie allseits bekannt ist, kann man bei fast gestreckten Knien natürlich mehr Kraft aufwenden als bei sehr stark abgewinkelten Knien (z.B.: Kniebeuge). Betrachtet man lediglich die gesamten, exzentrischen und konzentrischen Werte, so wird deutlich, dass hier folgende relative Unterschiede auftreten:

Messzeitpunkt	KT Peak F EX [N]	KT Peak F KON [N]	Differenz KT Peak F EX [N]- KT Peak F KON [N]
Satz 1	4010,842 N ≅ 100%	2801,474 N ≅ 70%	1209,368 N ≅ 30%
Satz 2	3232,84 N ≅ 100%	2295,89 N ≅ 71%	936,947 N ≅ 29%
Satz 3	2633,737 N ≅ 100%	1905,421 N ≅ 72%	728,316 N ≅ 28%

Tab. 36: Relative Maximalkraftunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch

In der Tab. 36 erkennt man sehr gut, dass sich die relative Unterschiede zwischen der konzentrischen und exzentrischen Maximalkraft auf etwa 30% belaufen. Das heißt, während des desmodromischen Trainings sind die exzentrischen Maximalkraftwerte der Testpersonen um ca. 30% höher als konzentrisch.

Betrachtet man nun die gesamten Maximalwerte verglichen mit den exzentrischen und konzentrischen Maximalwerten, so fällt auf, dass wie erwartet die Maximalkraftwerte zumeist exzentrisch erreicht werden (siehe Tab. 37 → erster Satz - S1). Lediglich im zweiten und im dritten Satz gibt es geringe Unterschiede bei den Mittelwerten zwischen „KT Peak F [N]“ und „KT Peak F EX [N]“, welche darauf hindeuten, dass hier zumindest ein Proband oder Probandin konzentrisch höhere Maximalwerte erzielt hat als exzentrisch.

Um die relative Minderung für die konzentrische und exzentrische Maximalkraft zu ermitteln, werden die Werte nun relativ dargestellt, wobei die Werte des ersten Satzes als Ausgangswerte dienen und somit relativ jeweils 100% darstellen.

Messzeitpunkt	KT Peak F [N]	KT Peak F EX [N]	KT Peak F KON [N]
Satz 1	4010,842 N ≅ 100%	4010,842 N ≅ 100%	2801,474 N ≅ 100%
Satz 2	3259,42 N ≅ 81%	3232,84 N ≅ 81%	2295,89 N ≅ 82%
Satz 3	2634,947 N ≅ 66%	2633,737 N ≅ 66%	1905,421 N ≅ 68%

Tab. 37: Relative Maximalkraftminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

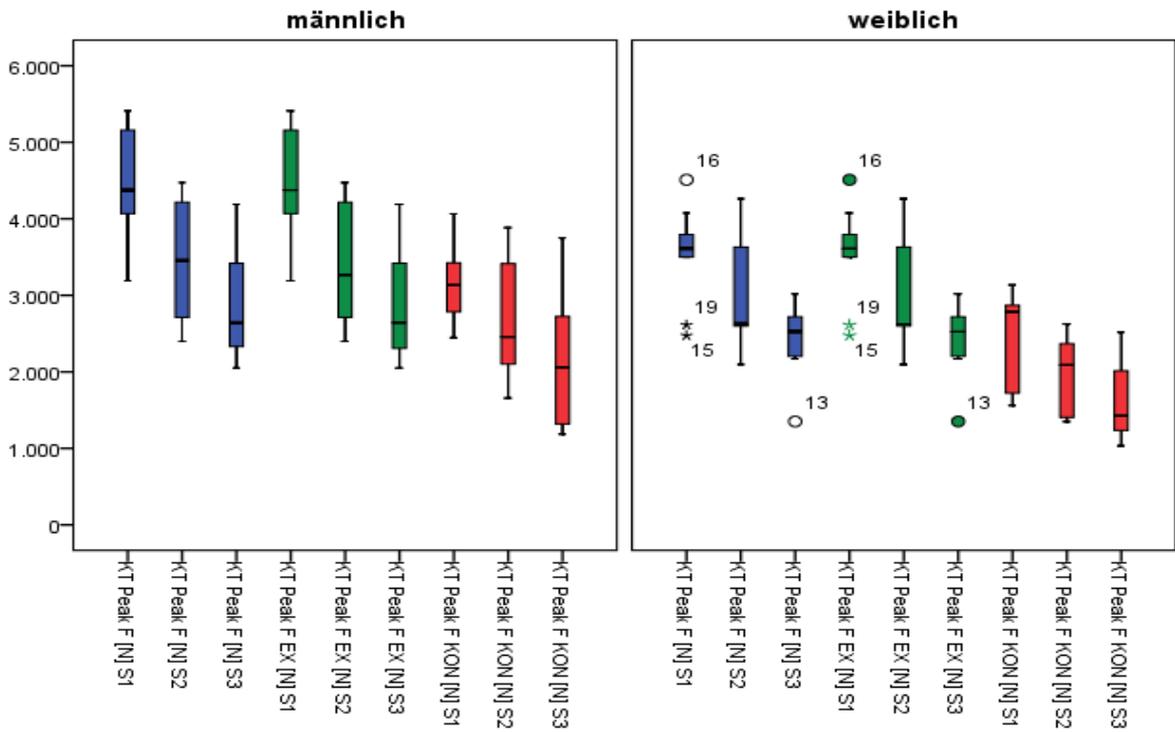
Anhand der Tab. 37 lässt sich erkennen, dass die Ermüdung bezüglich der konzentrischen und exzentrischen Maximalkräfte nahezu ident ist.

3.4.1.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

In der Tab. 38 und dem Boxplot (siehe Abb. 51) sieht man deutlich, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern, die konzentrischen & exzentrischen und somit auch die gesamten Maximalkräfte im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Darüber hinaus ist ersichtlich, dass die konzentrischen Maximalkräfte deutlich geringer sind als die exzentrischen.

Statistiken ^a											
		KT Peak F [N] S1	KT Peak F [N] S2	KT Peak F [N] S3	KT Peak F EX [N] S1	KT Peak F EX [N] S2	KT Peak F EX [N] S3	KT Peak F KON [N] S1	KT Peak F KON [N] S2	KT Peak F KON [N] S3	
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mittelwert		3531,667	3024,44	2409,000	3531,667	3024,44	2409,000	2433,667	1923,22	1616,444	
Median		3612,000	2626,00	2526,000	3612,000	2626,00	2526,000	2784,000	2091,00	1429,000	
Modus		2475 ^b	2096 ^b	1352 ^b	2475 ^b	2096 ^b	1352 ^b	1561 ^b	1350 ^b	1032 ^b	
Standardabweichung		643,2451	717,163	499,4262	643,2451	717,163	499,4262	625,7288	531,278	531,4210	
Minimum		2475,0	2096	1352,0	2475,0	2096	1352,0	1561,0	1350	1032,0	
Maximum		4510,0	4263	3018,0	4510,0	4263	3018,0	3135,0	2626	2519,0	
Perzentile	25	3056,500	2542,50	2187,000	3056,500	2542,50	2187,000	1669,500	1383,00	1137,000	
	50	3612,000	2626,00	2526,000	3612,000	2626,00	2526,000	2784,000	2091,00	1429,000	
	75	3933,500	3697,50	2815,500	3933,500	3697,50	2815,500	2905,500	2433,00	2023,000	
a. Geschlecht = weiblich											
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.											
Statistiken ^a											
		KT Peak F [N] S1	KT Peak F [N] S2	KT Peak F [N] S3	KT Peak F EX [N] S1	KT Peak F EX [N] S2	KT Peak F EX [N] S3	KT Peak F KON [N] S1	KT Peak F KON [N] S2	KT Peak F KON [N] S3	
N	Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Mittelwert		4442,100	3470,90	2838,300	4442,100	3420,40	2836,000	3132,500	2631,30	2165,500	
Median		4373,500	3454,50	2640,500	4373,500	3265,50	2640,500	3134,500	2456,50	2058,000	
Modus		3190 ^b	2399 ^b	2050 ^b	3190 ^b	2399 ^b	2050 ^b	2446 ^b	1658 ^b	1187 ^b	
Standardabweichung		667,7081	805,387	716,5533	667,7081	821,834	718,3971	499,0418	766,129	889,1653	
Minimum		3190,0	2399	2050,0	3190,0	2399	2050,0	2446,0	1658	1187,0	
Maximum		5410,0	4473	4190,0	5410,0	4473	4190,0	4064,0	3884	3749,0	
Perzentile	25	4063,000	2668,75	2290,500	4063,000	2637,00	2273,250	2740,250	2030,00	1311,250	
	50	4373,500	3454,50	2640,500	4373,500	3265,50	2640,500	3134,500	2456,50	2058,000	
	75	5165,250	4250,00	3511,500	5165,250	4250,00	3511,500	3484,000	3470,25	2881,250	
a. Geschlecht = männlich											
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.											

Tab. 38: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalkraft pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)



Betrachtet man wiederum den Unterschied zwischen exzentrischer und konzentrischer Maximalkraft, so ergeben sich folgende relative Werte:

- Frauen

Messzeitpunkt	KT Peak F EX [N]	KT Peak F KON [N]	Differenz KT Peak F EX [N] – KT Peak F KON [N]
Satz 1	3531,667 N ≅ 100%	2433,667 N ≅ 69%	1098 N ≅ 31%
Satz 2	3024,44 N ≅ 100%	1923,22 N ≅ 64%	1101,22 N ≅ 36%
Satz 3	2409,000 N ≅ 100%	1616,444 N ≅ 67%	792,556 N ≅ 33%

Tab. 39: Relative Maximalkraftunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Frauen

- Männer

Messzeitpunkt	KT Peak F EX [N]	KT Peak F KON [N]	Differenz KT Peak F [N] EX- KT Peak F KON [N]
Satz 1	4442,100 N ≅ 100%	3132,500 N ≅ 71%	1309,6 N ≅ 29%
Satz 2	3420,40 N ≅ 100%	2631,30 N ≅ 77%	789,1 N ≅ 23%
Satz 3	2836,000 N ≅ 100%	2165,500 N ≅ 76%	670,5 N ≅ 24%

Tab. 40: Relative Maximalkraftunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Männer

Interessant dabei ist, dass die Unterschiede zwischen den exzentrischen und konzentrischen Maximalkraftwerten bei den Männern tendenziell geringer sind als bei den Frauen.

Vergleicht man nun die gesamten Maximalwerte (siehe Tab. 38) mit den exzentrischen und konzentrischen Maximalwerten, so fällt auf, dass bei den Frauen wie erwartet die Maximalkraftwerte immer exzentrisch erreicht werden (siehe Tab. 38 → Parameter „KT Peak F EX [N]“). Bei den Männern hingegen gibt es im zweiten und dritten Satz geringe Unterschiede zwischen „KT Peak F [N]“ und „KT Peak F EX [N]“, was darauf hindeutet, dass hier zumindest ein Proband konzentrisch höhere Maximalwerte erzielt hat als exzentrisch.

Um die relative Minderung für die konzentrische und exzentrische Maximalkraft zu ermitteln, werden die Werte nun relativ dargestellt, wobei die Werte des ersten Satzes als Ausgangswerte dienen und somit relativ jeweils 100% darstellen.

- Frauen

Messzeitpunkt	KT Peak F [N]	KT Peak F EX [N]	KT Peak F KON [N]
Satz 1	3531,667 N ± 100%	3531,667 N ± 100%	2433,667 N ± 100%
Satz 2	3024,44 N ± 86%	3024,44 N ± 86%	1923,22 N ± 79%
Satz 3	2409,000 N ± 68%	2409,000 N ± 68%	1616,444 N ± 66%

Tab. 41: Relative Maximalkraft (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Frauen

- Männer

Messzeitpunkt	KT Peak F [N]	KT Peak F EX [N]	KT Peak F KON [N]
Satz 1	4442,100 N ± 100%	4442,100 N ± 100%	3132,500 N ± 100%
Satz 2	3470,90 N ± 78%	3420,40 N ± 77%	2631,30 N ± 84%
Satz 3	2838,300 N ± 64%	2836,000 N ± 64%	2165,500 N ± 69%

Tab. 42: Relative Maximalkraft (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Männer

Aus der Tab. 41 und Tab. 42 kann man herauslesen, dass die exzentrischen Maximalkraftwerte der Männer relativ gesehen in den Sätzen zwei (77% vs. 86%) und drei (64% vs. 68%) weiter absinken als die der Frauen. Im Gegenzug dazu sind die relativen konzentrischen Maximalkraftwerte der Männer in den Sätzen zwei (84% vs. 79%) und drei (69% vs. 66%) höher als die der Frauen.

Nicht zu übersehen ist auch, dass die relativen konzentrischen Maximalkraftwerte der Frauen in den Sätzen zwei und drei niedriger sind als die exzentrischen. Somit könnte man daraus schließen, dass Frauen konzentrisch mehr ermüden als exzentrisch.

Hingegen lässt sich ein umgekehrter Trend bei den Männern feststellen. Diese haben geringere relative exzentrische als konzentrische Maximalkraftwerte in den Sätzen zwei und drei. Somit könnte man daraus schließen, dass Männer exzentrisch mehr ermüden als konzentrisch.

Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern sind die Unterschiede zwischen der konzentrischen und exzentrischen Ermüdung im zweiten Satz am größten (7%).

Abschließend werden noch die absoluten und relativen Unterschiede der Maximalkraft zwischen Frau und Mann analysiert.

Messzeitpunkt	KT Peak F [N] (Differenz männlich – weiblich)	KT Peak F EX [N] (Differenz männlich – weiblich)	KT Peak F KON [N] (Differenz männlich – weiblich)
Satz 1	910,433 N ± 21%	910,433 N ± 21%	698,833 N ± 22%
Satz 2	446,456 N ± 13%	395,956 N ± 12%	708,078 N ± 27%
Satz 3	429,300 N ± 15%	427,000 N ± 15%	549,056 N ± 25%
Mittelwert	595,4 N ± 16%	577,8 N ± 16%	652 N ± 28%

Tab. 43: Absolute und relative Differenzen der Maximalkräfte (Männer – Frauen)

In der Tab. 43 ist gut zu sehen, dass der größte absolute Maximalkraftunterschied (910,433N) im 1. Satz bei exzentrischer Arbeitsweise auftritt. Der größte relative Maximalkraftunterschied (25%) tritt hingegen im 2. Satz des desmodromischen Krafttrainings bei konzentrischer Arbeitsweise auf.

Betrachtet man alle 3 Sätze zusammen, so treten konzentrisch größere absolute (652N) und relativen Differenzen (28%) auf als exzentrisch.

3.4.2. Maximalkraft relativ zur Masse

Wie in Kapitel 48 bereits beschrieben und erläutert, wurde auch die relative Maximalkraft für das desmodromische Training berechnet. Es wurden die in Kapitel 3.4.1 beschriebenen Parameter (Peak F, Peak F EX & Peak F KON) auch relativ zur Masse berechnet

3.4.2.1. Gesamte Stichprobe

In der Tab. 44 und dem Boxplot (siehe Abb. 52) sieht man deutlich, dass die konzentrischen & exzentrischen und somit die gesamten Maximalkräfte relativ zur Masse im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Auch die konzentrischen Maximalkräfte relativ zur Masse sind deutlich geringer als die exzentrischen.

Statistiken											
		KT Peak F perMass [N/kg] S1	KT Peak F perMass [N/kg] S2	KT Peak F perMass [N/kg] S3	KT Peak F perMass EX [N/kg] S1	KT Peak F perMass EX [N/kg] S2	KT Peak F perMass EX [N/kg] S3	KT Peak F perMass KON [N/kg] S1	KT Peak F perMass KON [N/kg] S2	KT Peak F perMass KON [N/kg] S3	
N	Gültig	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Mittelwert		57,747	46,99	38,008	57,747	46,63	37,994	40,286	32,90	27,115	
Median		58,349	45,28	37,333	58,349	45,28	37,333	40,762	31,74	26,056	
Modus		39,88 ^a	30,82 ^a	19,88 ^a	39,88 ^a	30,15 ^a	19,88 ^a	25,59 ^a	20,03 ^a	15,18 ^a	
Standardabweichung		10,6873	10,970	8,8609	10,6873	11,066	8,8787	9,1385	9,791	9,6576	
Minimum		39,9	31	19,9	39,9	30	19,9	25,6	20	15,2	
Maximum		75,2	71	55,9	75,2	71	55,9	56,4	52	50,0	
Perzentile	25	51,485	39,90	31,075	51,485	39,90	31,075	33,507	24,83	18,068	
	50	58,349	45,28	37,333	58,349	45,28	37,333	40,762	31,74	26,056	
	75	62,180	53,11	42,067	62,180	53,11	42,067	48,853	41,62	33,567	

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 44: Deskriptive Darstellung der Maximalkraft relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

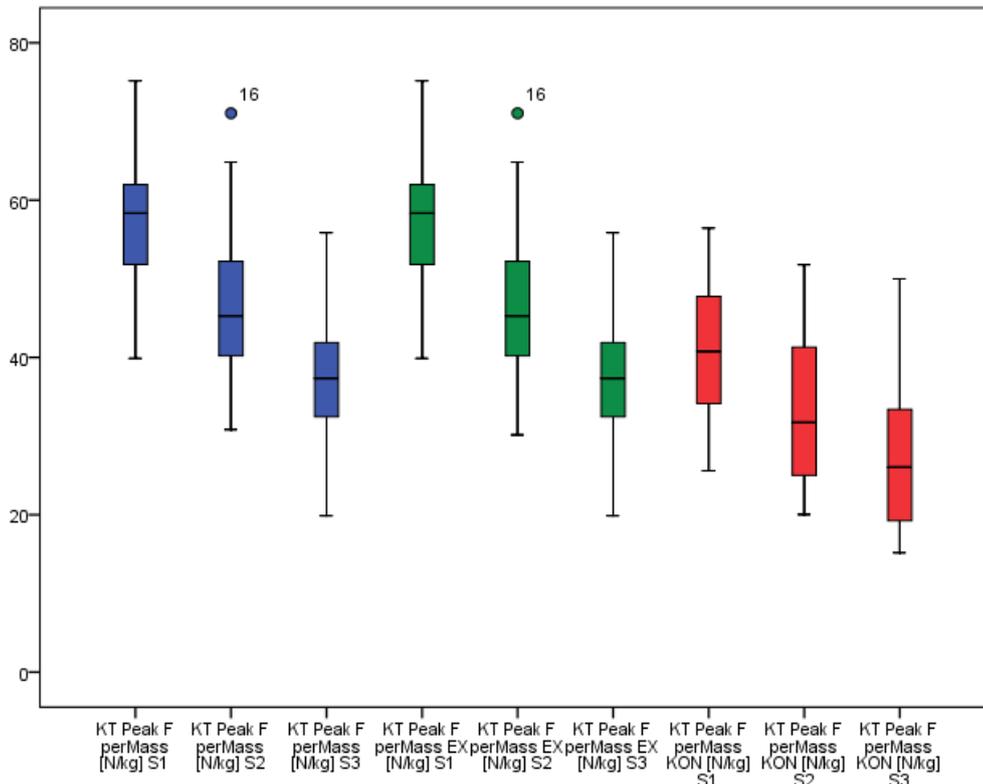


Abb. 52: Boxplot – Maximalkraft relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Auf eine relative prozentuelle Auswertung wird hier verzichtet, da die Ergebnisse deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.1.1 sind.

3.4.2.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

Aus der Tab. 45 und dem Boxplot (siehe Abb. 53) lässt sich deutlich ablesen, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die konzentrischen & exzentrischen und somit auch die gesamten relativen Maximalkräfte im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und dritten. Augenscheinlich ist auch, dass die konzentrischen relativen Maximalkräfte deutlich geringer sind als die exzentrischen.

Statistiken ^a										
		KT Peak F perMass [N/kg] S1	KT Peak F perMass [N/kg] S2	KT Peak F perMass [N/kg] S3	KT Peak F perMass EX [N/kg] S1	KT Peak F perMass EX [N/kg] S2	KT Peak F perMass EX [N/kg] S3	KT Peak F perMass KON [N/kg] S1	KT Peak F perMass KON [N/kg] S2	KT Peak F perMass KON [N/kg] S3
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		58,163	49,91	39,821	58,163	49,91	39,821	40,069	31,75	26,676
Median		60,200	45,28	40,968	60,200	45,28	40,968	42,221	34,44	23,274
Modus		40,309 ^b	30,824 ^b	19,882 ^b	40,309 ^b	30,824 ^b	19,882 ^b	25,590 ^b	20,029 ^b	15,176 ^b
Standardabweichung		11,9903	12,968	9,3535	11,9903	12,968	9,3535	10,9930	9,489	9,1954
Minimum		40,3	31	19,9	40,3	31	19,9	25,6	20	15,2
Maximum		75,2	71	52,0	75,2	71	52,0	54,1	44	41,3
Perzentile	25	46,807	41,20	36,338	46,807	41,20	36,338	27,063	22,32	18,852
	50	60,200	45,28	40,968	60,200	45,28	40,968	42,221	34,44	23,274
	75	67,465	62,29	46,737	67,465	62,29	46,737	49,357	41,62	34,926

a. Geschlecht = weiblich

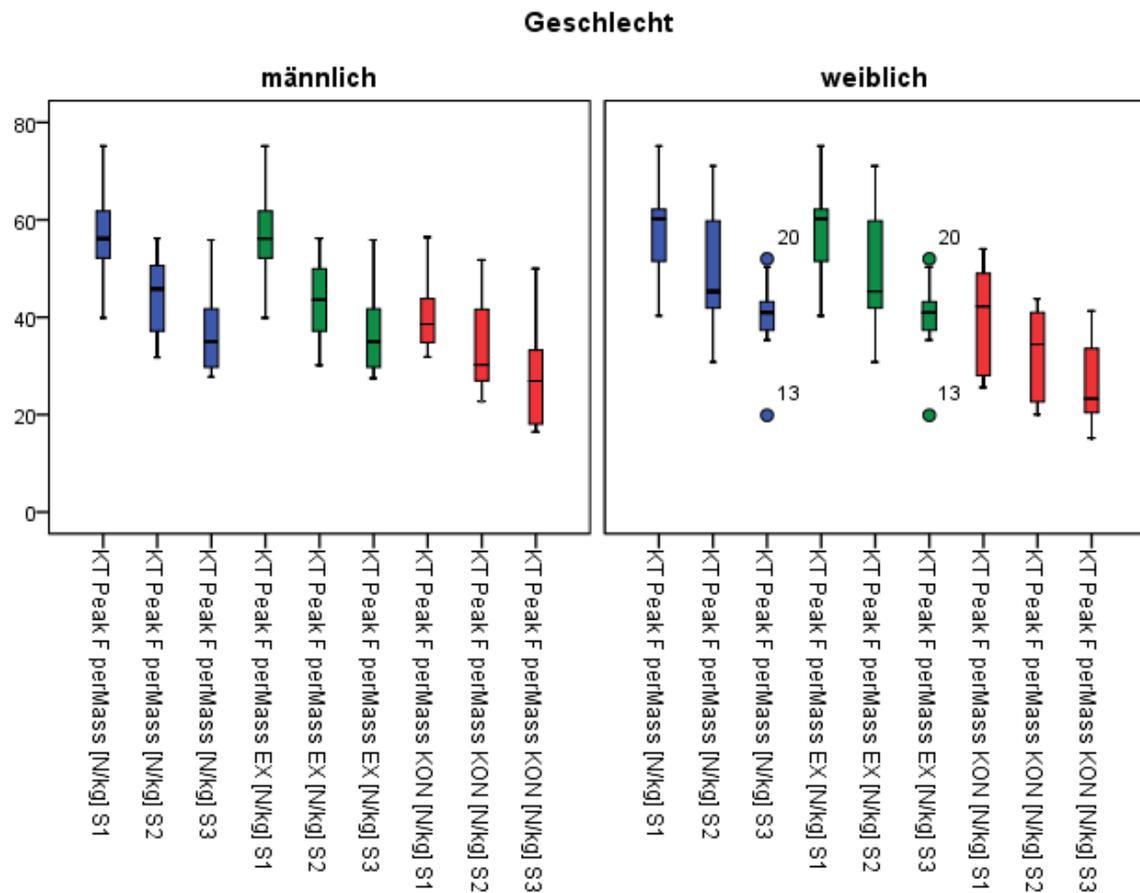
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Statistiken ^a										
		KT Peak F perMass [N/kg] S1	KT Peak F perMass [N/kg] S2	KT Peak F perMass [N/kg] S3	KT Peak F perMass EX [N/kg] S1	KT Peak F perMass EX [N/kg] S2	KT Peak F perMass EX [N/kg] S3	KT Peak F perMass KON [N/kg] S1	KT Peak F perMass KON [N/kg] S2	KT Peak F perMass KON [N/kg] S3
N	Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		57,373	44,35	36,376	57,373	43,67	36,349	40,481	33,92	27,509
Median		56,139	45,79	35,013	56,139	43,61	35,013	38,587	30,23	26,903
Modus		39,88 ^b	31,74 ^b	27,75 ^b	39,88 ^b	30,15 ^b	27,48 ^b	31,85 ^b	22,71 ^b	16,49 ^b
Standardabweichung		10,0158	8,655	8,5449	10,0158	8,655	8,5760	7,7148	10,450	10,5362
Minimum		39,9	32	27,8	39,9	30	27,5	31,9	23	16,5
Maximum		75,1	56	55,9	75,1	56	55,9	56,4	52	50,0
Perzentile	25	51,135	36,19	29,402	51,135	36,19	29,402	34,467	26,51	17,680
	50	56,139	45,79	35,013	56,139	43,61	35,013	38,587	30,23	26,903
	75	63,529	51,21	41,797	63,529	50,72	41,797	45,088	43,86	34,229

a. Geschlecht = männlich

b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 45: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalkraft relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)



*Abb. 53: Boxplot – Maximalkraft relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)
Männer vs. Frauen*

Auf die Auswertung der Unterschiede zwischen exzentrischer und konzentrischer Maximalkraft relativ zur Masse wird verzichtet, da die Ergebnisse wiederum deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.1.2 (Tab. 39 & Tab. 40) sind.

Auch auf die Auswertung der relativen Minderung für die konzentrische und exzentrische Maximalkraft relativ zur Masse wird verzichtet, diese ist wiederum deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.1.2 (Tab. 41 & Tab. 42).

Abschließend werden noch die absoluten und relativen Unterschiede der Maximalkraft relativ zur Masse zwischen Frau und Mann analysiert.

Messzeitpunkt	KT Peak F per Mass [N/kg] (Differenz männlich – weiblich)	KT Peak F per Mass EX [N/kg] (Differenz männlich – weiblich)	KT Peak F per Mass KON [N/kg] (Differenz männlich – weiblich)
Satz 1	-0,79 N/kg ± -1%	-0,79 N/kg ± -1%	0,41 N/kg ± 1%
Satz 2	-5,56 N/kg ± -11%	-6,24 N/kg ± -13%	2,17 N/kg ± 6%
Satz 3	-3,45 N/kg ± -9%	-3,47 N/kg ± -9%	0,83 N/kg ± 3%
Mittelwert	-3,27 N/kg ± -7%	-3,5 N/kg ± -8%	1,14 N/kg ± 3%

Tab. 46: Absolute und relative Differenzen der Maximalkräfte relativ zur Masse (Männer – Frauen)

In der Tab. 46 ist gut zu sehen, dass der größte absolute und relative Maximalkraftunterschied (-6,24N/kg ± -13%) im 2. Satz bei exzentrischer Arbeitsweise auftritt. Überraschenderweise sind die Mittelwerte der exzentrischen Maximalkraft relativ zur Masse bei den Frauen in allen Sätzen höher als bei den Männern. Bei der konzentrischen Maximalkraft relativ zur Masse sind hingegen die Mittelwerte der Männer wiederum geringfügig höher als die der Frauen.

Betrachtet man alle 3 Sätze zusammen, so treten exzentrisch größere absolute (-3,5 N/kg) und relativen Differenzen (-8%) auf als konzentrisch.

3.4.3. Maximalleistung

Beim desmodromischen Training wurde mithilfe der Bewegungsgeschwindigkeit und der Kraft auch die Maximalleistung ermittelt. Wichtig ist, dass der Zeitpunkt der erbrachten Maximalleistung nicht unbedingt mit dem Zeitpunkt der Maximalkraft übereinstimmen muss, da sich die Bewegungsgeschwindigkeit im desmodromischen Training ändert (siehe Kapitel 2.3.3). In den meisten Fällen werden die Zeitpunkte aber übereinstimmen. Nachdem das desmodromische Training aus drei Sätzen mit konzentrischen und exzentrischen Bewegungen bestand, wurde für jeden Satz sowohl die exzentrische als auch konzentrische Maximalleistung berechnet. Auf eine beinspezifische Berechnung der Maximalleistung wurde verzichtet, da diese in den späteren statistischen Tests keine Anwendung fand. Mithilfe dieser Werte werden später die Unterschiede der Leistungsminderung zwischen konzentrisch und exzentrisch ermittelt bzw. Korrelationen

mit den Leistungsabfällen des desmodromischen Trainings und der isometrischen Messungen berechnet.

3.4.3.1. Gesamte Stichprobe

In der Tab. 47 und dem Boxplot (siehe Abb. 54) sieht man deutlich, dass die konzentrischen & exzentrischen und somit die gesamten Maximalleistungen im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Ferner zeigt sich, dass die konzentrischen Maximalleistungen deutlich geringer sind als die exzentrischen.

Statistiken										
		KT Peak Power S1 [W]	KT Peak Power S2 [W]	KT Peak Power S3 [W]	KT Peak Power S1 EX [W]	KT Peak Power S2 EX [W]	KT Peak Power S3 EX [W]	KT Peak Power S1 KON [W]	KT Peak Power S2 KON [W]	KT Peak Power S3 KON [W]
N	Gültig	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		197,686	161,06	130,193	197,686	159,34	129,788	141,124	115,76	95,384
Median		200,920	153,98	127,210	200,920	153,98	124,710	140,540	116,25	94,740
Modus		202,4	102,91 ^a	66,38 ^a	202,4	102,91 ^a	66,38 ^a	78,83 ^a	68,18 ^a	52,12 ^a
Standardabweichung		38,6803	38,403	31,5815	38,6803	38,468	31,7206	32,9043	37,479	39,5228
Minimum		121,5	103	66,4	121,5	103	66,4	78,8	68	52,1
Maximum		265,6	220	205,7	265,6	220	205,7	204,3	196	189,3
Perzentile	25	173,420	128,22	109,460	173,420	127,61	109,460	124,790	83,23	60,390
	50	200,920	153,98	127,210	200,920	153,98	124,710	140,540	116,25	94,740
	75	221,880	205,93	144,820	221,880	205,93	144,820	159,380	129,77	117,720

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 47: Deskriptive Darstellung der Maximalleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

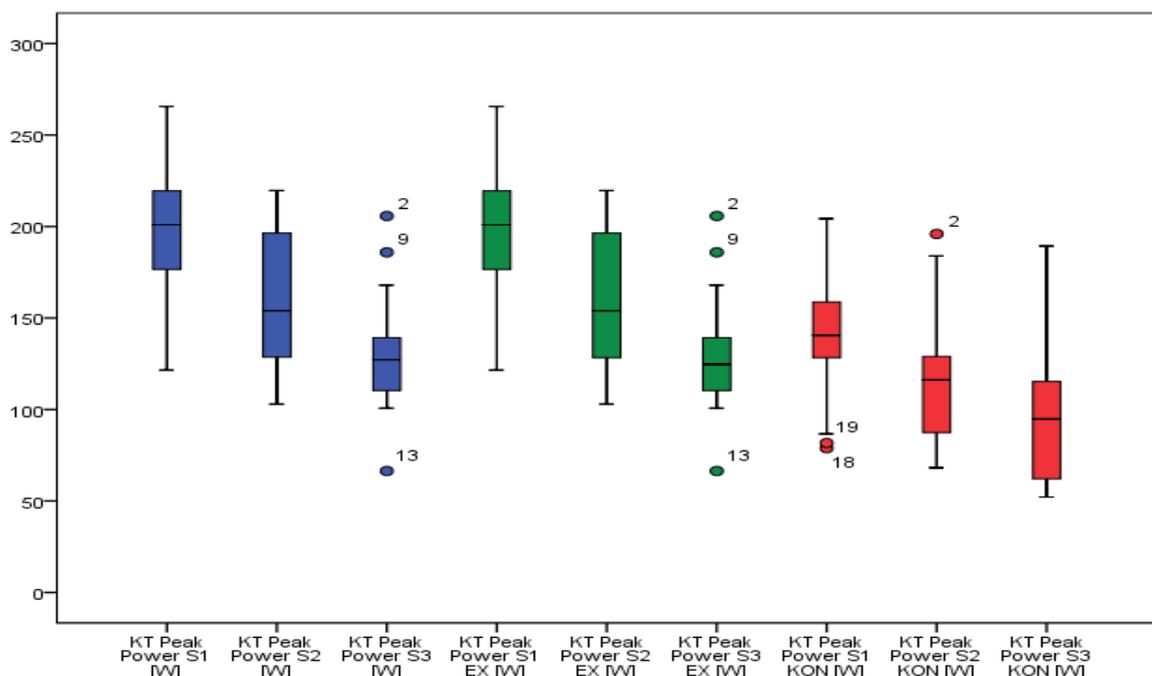


Abb. 54: Boxplot – Maximalleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

In der Tab. 48 erkennt man sehr gut, dass sich die relativen Unterschiede zwischen der konzentrischen und exzentrischen Maximalleistung auf 29% bzw. 27% belaufen. Das heißt, während des desmodromischen Trainings sind die exzentrischen Maximalleistungswerte der Testpersonen um ca. 29% bzw. 27% höher als konzentrisch.

Messzeitpunkt	KT Peak Power EX [W]	KT Peak Power KON [W]	Differenz KT Peak Power EX [W]- KT Peak Power KON [W]
Satz 1	197,686 W ≙ 100%	141,124 W ≙ 71%	56,562 W ≙ 29%
Satz 2	159,34 W ≙ 100%	115,76 W ≙ 73%	43,58 W ≙ 27%
Satz 3	129,788 W ≙ 100%	95,384 W ≙ 73%	34,404 W ≙ 27%

Tab. 48: Relative Maximalleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch

Vergleicht man nun die gesamten Maximalleistungswerte mit den exzentrischen und konzentrischen Maximalleistungswerten, so fällt auf, dass wie erwartet die Maximalleistungswerte zumeist exzentrisch erreicht werden (siehe Tab. 49 → erster Satz - S1). Lediglich im zweiten und im dritten Satz gibt es geringe Unterschiede bei den Mittelwerten zwischen „KT Peak Power [W]“ und „KT Peak Power EX [W]“, was darauf hindeutet, dass hier zumindest ein Proband oder Probandin konzentrisch höhere Maximalwerte erzielt hat als exzentrisch.

Um die relative Leistungsminderung für die gesamte, konzentrische und exzentrische Maximalleistung zu ermitteln, werden die Werte nun relativ dargestellt, wobei die Werte des ersten Satzes als Ausgangswerte dienen und somit relativ jeweils 100% darstellen.

Anhand der Tab. 49 lässt sich erkennen, dass die Ermüdung bezüglich der konzentrischen und exzentrischen Maximalkräfte nahezu ident ist.

Messzeitpunkt	KT Peak Power [W]	KT Peak Power EX [W]	KT Peak Power KON [W]
Satz 1	197,686 W ≙ 100%	197,686 W ≙ 100%	141,124 W ≙ 100%
Satz 2	161,06 W ≙ 81%	159,34 W ≙ 81%	115,76 W ≙ 81%
Satz 3	130,193 W ≙ 66%	129,788 W ≙ 66%	95,384 W ≙ 66%

Tab. 49: Relative Maximalleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

3.4.3.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

In der Tab. 50 und dem Boxplot (siehe Abb. 55) sieht man deutlich, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die konzentrischen & exzentrischen und somit auch die gesamten Maximalleistungen im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Auch sind die konzentrischen Maximalleistungen deutlich geringer als die exzentrischen.

Statistiken ^a										
		KT Peak Power S1 [W]	KT Peak Power S2 [W]	KT Peak Power S3 [W]	KT Peak Power S1 EX [W]	KT Peak Power S2 EX [W]	KT Peak Power S3 EX [W]	KT Peak Power S1 KON [W]	KT Peak Power S2 KON [W]	KT Peak Power S3 KON [W]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		174,572	149,38	119,354	174,572	149,38	119,001	122,696	96,99	80,727
Median		179,730	130,33	124,710	179,730	130,33	124,030	140,510	105,14	72,160
Modus		121,52 ^b	102,91 ^b	66,38 ^b	121,52 ^b	102,91 ^b	66,38 ^b	78,83 ^b	68,18 ^b	52,12 ^b
Standardabweichung		32,0859	36,137	25,0642	32,0859	36,137	24,9619	31,5225	26,859	26,5247
Minimum		121,5	103	66,4	121,5	103	66,4	78,8	68	52,1
Maximum		223,5	212	150,2	223,5	212	150,2	158,1	132	127,2
Perzentile	25	150,790	124,84	108,005	150,790	124,84	108,005	84,160	69,69	56,405
	50	179,730	130,33	124,710	179,730	130,33	124,030	140,510	105,14	72,160
	75	194,315	183,19	139,240	194,315	183,19	139,240	146,575	122,87	101,380
a. Geschlecht = weiblich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										
Statistiken ^a										
		KT Peak Power S1 [W]	KT Peak Power S2 [W]	KT Peak Power S3 [W]	KT Peak Power S1 EX [W]	KT Peak Power S2 EX [W]	KT Peak Power S3 EX [W]	KT Peak Power S1 KON [W]	KT Peak Power S2 KON [W]	KT Peak Power S3 KON [W]
N	Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		218,489	171,57	139,947	218,489	168,30	139,497	157,709	132,66	108,575
Median		214,740	173,19	130,345	214,740	161,36	130,345	157,825	124,01	103,805
Modus		157,17 ^b	117,79 ^b	100,66 ^b	157,17 ^b	117,79 ^b	100,66 ^b	123,22 ^b	83,23 ^b	59,54 ^b
Standardabweichung		32,5901	39,114	34,8308	32,5901	40,130	35,1772	25,2367	38,710	45,7225
Minimum		157,2	118	100,7	157,2	118	100,7	123,2	83	59,5
Maximum		265,6	220	205,7	265,6	220	205,7	204,3	196	189,3
Perzentile	25	200,380	131,93	114,915	200,380	129,69	111,540	136,930	102,38	63,678
	50	214,740	173,19	130,345	214,740	161,36	130,345	157,825	124,01	103,805
	75	254,080	208,65	172,413	254,080	208,65	172,413	175,790	174,94	145,413
a. Geschlecht = männlich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										

Tab. 50: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

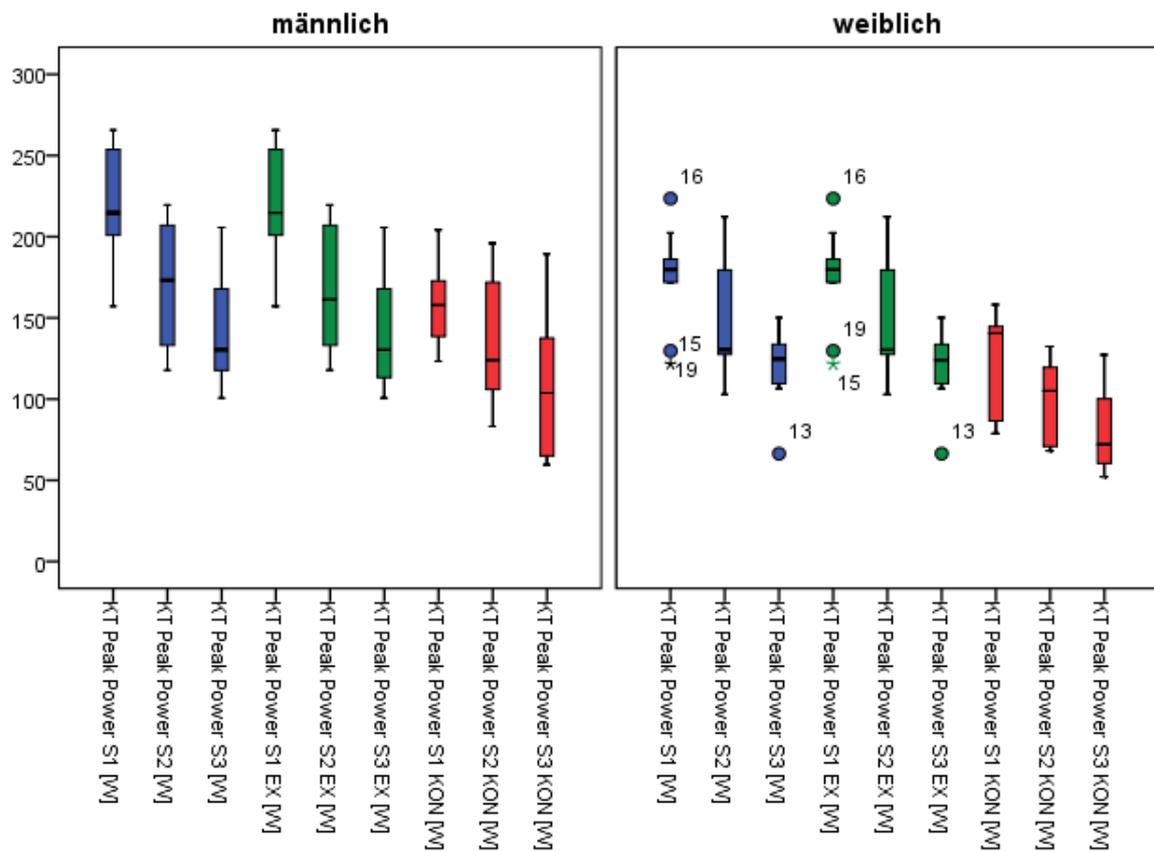


Abb. 55: Boxplot – Maximalleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)
Männer vs. Frauen

Betrachtet man wiederum den Unterschied zwischen exzentrischer und konzentrischer Maximalleistung, so ergeben sich folgende relative Werte:

- Frauen

Messzeitpunkt	KT Peak Power EX [W]	KT Peak Power KON [W]	Differenz KT Peak Power EX [W] – KT Peak Power KON [W]
Satz 1	174,572 W ≙ 100%	122,696 W ≙ 70%	51,876 W ≙ 30%
Satz 2	149,38 W ≙ 100%	96,99 W ≙ 65%	52,39 W ≙ 35%
Satz 3	119,001 W ≙ 100%	80,727 W ≙ 68%	38,274 W ≙ 32%

Tab. 51: Relative Maximalleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Frauen

- Männer

Messzeitpunkt	KT Peak Power EX [W]	KT Peak Power KON [W]	Differenz KT Peak Power EX- KT Peak Power KON [W]
Satz 1	218,489 W ≙ 100%	157,709 W ≙ 71%	60,78 W ≙ 28%
Satz 2	168,30 W ≙ 100%	132,66 W ≙ 79%	35,64 W ≙ 21%
Satz 3	139,497 W ≙ 100%	108,575 W ≙ 76%	30,922 W ≙ 22%

Tab. 52: Relative Maximalleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Männer

Da die Maximalleistung, falls die Zeitpunkte der erbrachten Maximalkraft und der erbrachten Maximalleistung ident sind, direkt mit der Maximalkraft zusammenhängt, sind auch hier die Unterschiede zwischen den exzentrischen und konzentrischen Maximalleistungswerten bei den Frauen tendenziell größer als bei den Männern (30% vs. 28%, 35% vs. 21% & 32% vs. 22% - siehe Tab. 51 & Tab. 52). Die relativen Maximalleistungsunterschiede sind daher ähnlich, aber nicht ident mit den relativen Maximalkraftunterschieden aus Kapitel 3.4.1.2.

Vergleicht man nun die gesamten Maximalleistungswerte (siehe Tab. 50) mit den exzentrischen und konzentrischen Maximalleistungswerten, so fällt auf, dass bei den Frauen wie erwartet die Maximalleistungswerte für die Sätze 1 und 2 exzentrisch erreicht werden (siehe Parameter „KT Peak Power EX [W]“). Bei den Männern gibt es im zweiten und dritten Satz geringe Unterschiede zwischen „KT Peak Power [W]“ und „KT Peak Power EX [W]“. Diese Unterschiede deuten darauf hin, dass hier ein Proband konzentrisch höhere Maximalwerte erzielt hat als exzentrisch.

Um die relative Leistungsminderung für die konzentrische und exzentrische Maximalleistung zu ermitteln, werden die Werte nun relativ dargestellt, wobei die Werte des ersten Satzes als Ausgangswerte dienen und somit relativ jeweils 100% darstellen.

- Frauen

Messzeitpunkt	KT Peak Power [W]	KT Peak Power EX [W]	KT Peak Power KON [W]
Satz 1	174,572 W ± 100%	174,572 W ± 100%	122,696 W ± 100%
Satz 2	149,38 W ± 86%	149,38 W ± 86%	96,99 W ± 79%
Satz 3	119,354 W ± 68%	119,001 W ± 68%	80,727 W ± 66%

Tab. 53: Relative Maximalleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Frauen

- Männer

Messzeitpunkt	KT Peak Power [W]	KT Peak Power EX [W]	KT Peak Power KON [W]
Satz 1	218,489 W ± 100%	218,489 W ± 100%	157,709 W ± 100%
Satz 2	171,57 W ± 79%	168,30 W ± 77%	132,66 W ± 84%
Satz 3	139,947 W ± 64%	139,497 W ± 64%	108,575 W ± 69%

Tab. 54: Relative Maximalleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Männer

Aus der Tab. 53 und Tab. 54 kann man herauslesen, dass die exzentrischen Maximalleistungswerte der Männer relativ gesehen in den Sätzen zwei (77% vs. 86%) und drei (64% vs. 68%) weiter absinken als die der Frauen. Im Gegenzug dazu sind die relativen konzentrischen Maximalleistungswerte der Männer in den Sätzen zwei (84% vs. 79%) und drei (69% vs. 66%) höher als die der Frauen. Diese relativen Werte stimmen mit den Werten der relativen Maximalkraft aus dem Kapitel 3.4.1.2 überein.

Darüber hinaus fällt auf, dass die relativen konzentrischen Maximalleistungswerte der Frauen in den Sätzen zwei und drei niedriger sind als die exzentrischen. Somit könnte man daraus schließen, dass Frauen konzentrisch mehr ermüden als exzentrisch.

Hingegen lässt sich ein umgekehrter Trend bei den Männern feststellen. Diese haben geringere relative exzentrische als konzentrische Maximalleistungswerte in den Sätzen zwei und drei. Daraus könnte man ableiten, dass Männer exzentrisch mehr ermüden als konzentrisch.

Sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern sind die Unterschiede zwischen der konzentrischen und exzentrischen relativen Maximalleistungsminderung (Tab. 53 & Tab. 54) im zweiten Satz höher (7% & 7%) als im dritten (2% & 5%).

Abschließend werden noch die absoluten und relativen Unterschiede der Maximalkraft zwischen Frau und Mann analysiert.

Messzeitpunkt	KT Peak Power [W] (Differenz männlich – weiblich)	KT Peak Power EX [W] (Differenz männlich – weiblich)	KT Peak Power KON [W] (Differenz männlich – weiblich)
Satz 1	43,92 W ± 20%	43,92 W ± 20%	35,01 W ± 22%
Satz 2	22,18 W ± 13%	18,92 W ± 11%	35,67 W ± 27%
Satz 3	20,59 W ± 15%	20,50 W ± 15%	27,85 W ± 26%
Mittelwert	28,9 W ± 16%	27,78 W ± 15%	32,84 W ± 25%

Tab. 55: Absolute und relative Differenzen der Maximalleistung (Männer – Frauen)

In der Tab. 55 ist gut zu sehen, dass der größte absolute Maximalleistungsunterschied (43,92 W) im 1. Satz bei exzentrischer Arbeitsweise auftritt. Der größte relative Maximalleistungsunterschied (27%) tritt hingegen im 2. Satz des desmodromischen Krafttrainings bei konzentrischer Arbeitsweise auf.

Betrachtet man alle 3 Sätze zusammen, so treten sowohl absolut (32,84W) als auch relativ (25%) die größten Differenzen bei der konzentrischen Muskularbeitsweise auf.

3.4.4. Maximalleistung relativ zur Masse

Wie in Kapitel 2.3.3.4 bereits beschrieben und erläutert, wurde auch die relative Maximalleistung für das desmodromische Training berechnet. Es wurden die in Kapitel 3.4.3 beschriebenen Parameter (Peak Power, Peak Power EX & Peak Power KON) auch relativ zur Masse berechnet

3.4.4.1. Gesamte Stichprobe

In der Tab. 56 und dem Boxplot (siehe Abb. 56) sieht man deutlich, dass die konzentrischen & exzentrischen und somit die gesamten Maximalleistungen relativ zur Masse im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Auch ist bemerkbar, dass die konzentrischen Maximalleistungen relativ zur Masse deutlich geringer sind als die exzentrischen.

Statistiken											
		KT Peak Power per mass S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass S3 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S3 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S3 [W/kg]	
N	Gültig	19	19	19	19	19	19	19	19	19	
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Mittelwert		2,846	2,32	1,879	2,847	2,30	1,873	2,030	1,66	1,356	
Median		2,900	2,22	1,850	2,901	2,22	1,854	2,056	1,60	1,316	
Modus		1,96 ^a	1,51 ^a	1,4	1,96 ^a	1,49 ^a	,98 ^a	1,29 ^a	1,01 ^a	,77 ^a	
Standardabweichung		0,5294	0,547	0,4377	0,5290	0,551	0,4405	0,4606	0,495	0,4913	
Minimum		2,0	2	1,0	2,0	1	1,0	1,3	1	0,8	
Maximum		3,7	4	2,7	3,7	4	2,7	2,8	3	2,5	
Perzentile	25	2,530	1,97	1,540	2,528	1,97	1,541	1,688	1,25	0,874	
	50	2,900	2,22	1,850	2,901	2,22	1,854	2,056	1,60	1,316	
	75	3,050	2,61	2,090	3,053	2,61	2,065	2,467	2,10	1,677	

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 56: Deskriptive Darstellung der Maximalleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

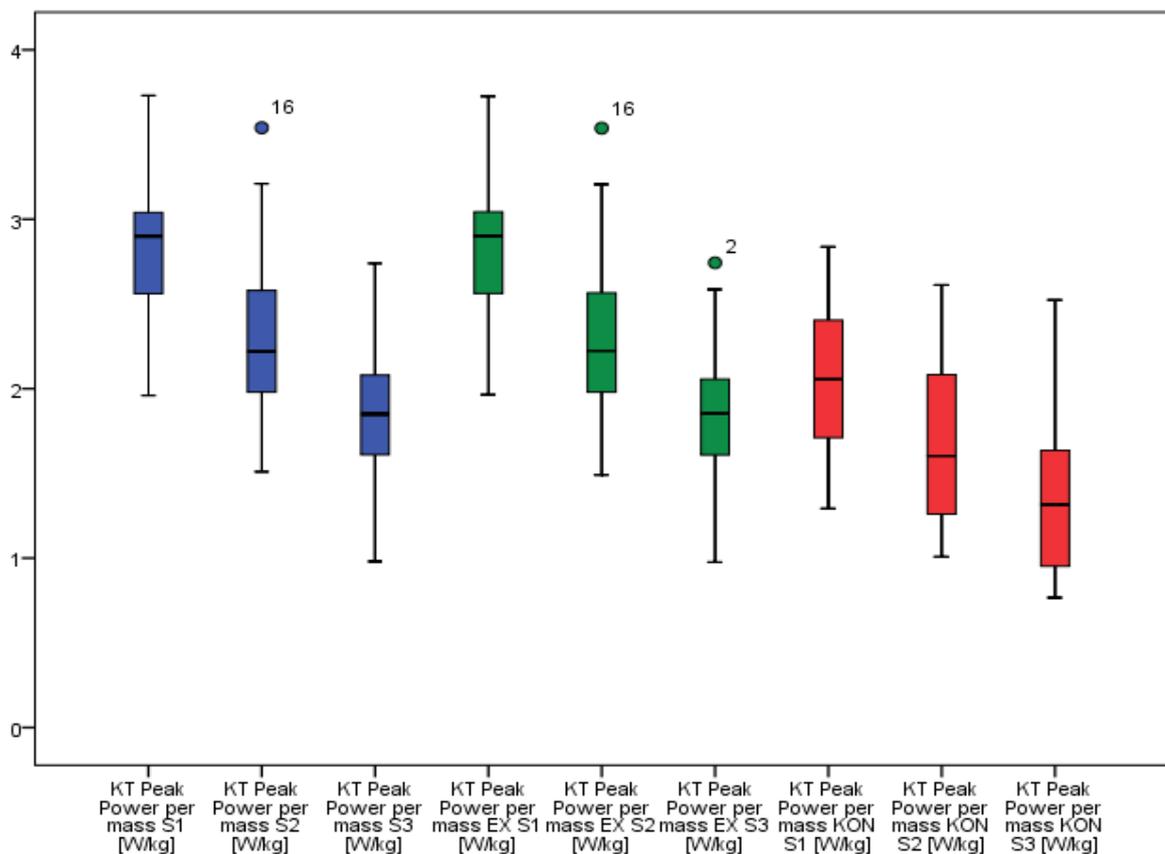


Abb. 56: Boxplot – Maximalleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

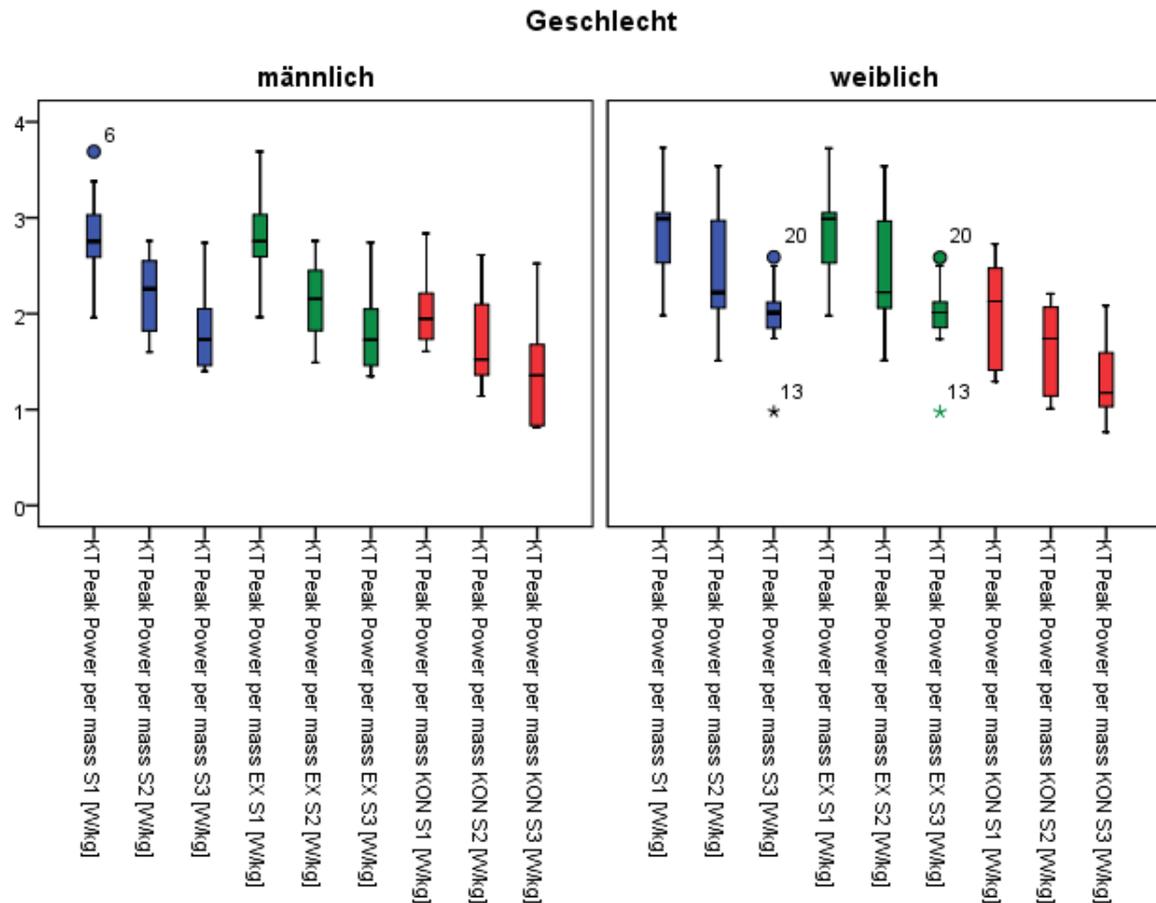
Auf eine relative prozentuelle Auswertung wird hier verzichtet, da die Ergebnisse deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.3.1 sind.

3.4.4.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

In der Tab. 45 und dem Boxplot (siehe Abb. 57) sieht man deutlich, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die konzentrischen & exzentrischen und somit auch die gesamten relativen Maximalleistungen im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Auch sind die konzentrischen relativen Maximalleistungen deutlich geringer als die exzentrischen.

Statistiken ^a											
		KT Peak Power per mass S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass S3 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S3 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S3 [W/kg]	
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9	
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mittelwert		2,876	2,47	1,974	2,875	2,47	1,968	2,020	1,60	1,332	
Median		2,990	2,22	2,010	2,990	2,22	2,011	2,128	1,74	1,175	
Modus		1,98 ^b	1,51 ^b	,98 ^b	1,98 ^b	1,51 ^b	,98 ^b	1,29 ^b	1,01 ^b	,77 ^b	
Standardabweichung		0,5987	0,654	0,4687	0,5985	0,652	0,4683	0,5540	0,480	0,4586	
Minimum		2,0	2	1,0	2,0	2	1,0	1,3	1	0,8	
Maximum		3,7	4	2,6	3,7	4	2,6	2,7	2	2,1	
Perzentile	25	2,310	2,03	1,795	2,310	2,02	1,795	1,364	1,13	0,952	
	50	2,990	2,22	2,010	2,990	2,22	2,011	2,128	1,74	1,175	
	75	3,330	3,09	2,310	3,334	3,09	2,312	2,492	2,10	1,713	
a. Geschlecht = weiblich											
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.											
Statistiken ^a											
		KT Peak Power per mass S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass S3 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass EX S3 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S1 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S2 [W/kg]	KT Peak Power per mass KON S3 [W/kg]	
N	Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Mittelwert		2,820	2,19	1,794	2,822	2,15	1,788	2,038	1,71	1,379	
Median		2,755	2,26	1,730	2,756	2,15	1,728	1,947	1,52	1,359	
Modus		1,96 ^b	1,60 ^b	1,4	1,96 ^b	1,49 ^b	1,35 ^b	1,61 ^b	1,14 ^b	,82 ^b	
Standardabweichung		0,4901	0,423	0,4133	0,4896	0,422	0,4197	0,3890	0,528	0,5429	
Minimum		2,0	2	1,4	2,0	1	1,3	1,6	1	0,8	
Maximum		3,7	3	2,7	3,7	3	2,7	2,8	3	2,5	
Perzentile	25	2,533	1,78	1,445	2,536	1,78	1,444	1,722	1,34	0,832	
	50	2,755	2,26	1,730	2,756	2,15	1,728	1,947	1,52	1,359	
	75	3,118	2,57	2,055	3,121	2,49	2,052	2,277	2,21	1,727	
a. Geschlecht = männlich											
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.											

Tab. 57: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)



*Abb. 57: Boxplot – Maximalleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)
Männer vs. Frauen*

Auf die Auswertung der Unterschiede zwischen exzentrischer und konzentrischer Maximalleistung relativ zur Masse wird verzichtet, da die Ergebnisse wiederum deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.3.2 (Tab. 51 & Tab. 52) sind.

Auch auf die Auswertung der relativen Leistungsminderung für die konzentrische und exzentrische Maximalleistung relativ zur Masse wird ebenfalls verzichtet, denn diese ist wiederum deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.3.2 (Tab. 53 & Tab. 54).

Abschließend werden noch die absoluten und relativen Unterschiede der Maximalleistung relativ zur Masse zwischen Frau und Mann analysiert.

Messzeitpunkt	KT Peak Power per Mass [W/kg] (Differenz männlich – weiblich)	KT Peak Power per Mass EX [W /kg] (Differenz männlich – weiblich)	KT Peak Power per Mass KON [W /kg] (Differenz männlich – weiblich)
Satz 1	-0,06 W/kg ± -2%	-0,05 W/kg ± -2%	0,02 W/kg ± 1%
Satz 2	-0,27 W/kg ± -11%	-0,32 W/kg ± -13%	0,11 W/kg ± 6%
Satz 3	-0,18 W/kg ± -9%	-0,18 W/kg ± -9%	0,04 W/kg ± 3%
Mittelwert	-0,17 W/kg ± -7%	-0,18 W/kg ± -8%	0,05 W/kg ± 3%

Tab. 58: Absolute und relative Differenzen der Maximalleistungen relativ zur Masse (Männer – Frauen)

In der Tab. 58 ist gut ersichtlich, dass der größte absolute und relative Maximalleistungsunterschied (-0,32 W/kg ± -13%) im 2. Satz bei exzentrischer Arbeitsweise auftritt. Überraschenderweise sind die Mittelwerte der exzentrischen Maximalleistung relativ zur Masse bei den Frauen in allen Sätzen höher als bei den Männern. Bei der konzentrischen Maximalleistung relativ zur Masse sind hingegen die Mittelwerte der Männer wiederum geringfügig höher als die der Frauen.

Betrachtet man alle 3 Sätze zusammen, so treten exzentrisch größere absolute (-0,18 W/kg) und relative Differenzen (-8%) auf als konzentrisch.

3.4.5. Durchschnittsleistung

Beim desmodromischen Training wurde mithilfe der Bewegungsgeschwindigkeit und der Kraft auch die Durchschnittsleistung ermittelt. Nachdem das desmodromische Training aus 3 Sätzen mit konzentrischen und exzentrischen Bewegungen bestand, wurde für jeden Satz sowohl die exzentrische als auch konzentrische Durchschnittsleistung berechnet. Auf eine beinspezifische Berechnung der Durchschnittsleistung wurde verzichtet, da diese in den späteren statistischen Tests keine Anwendung fand. Mithilfe dieser Werte werden später die Unterschiede der Leistungsminderung zwischen konzentrisch und exzentrisch ermittelt bzw. Korrelationen mit den Leistungsabfällen des desmodromischen Trainings und der isometrischen Messungen berechnet.

3.4.5.1. Gesamte Stichprobe

In der Tab. 59 und dem Boxplot (siehe Abb. 58) sieht man deutlich, dass die konzentrischen & exzentrischen und somit die gesamten Durchschnittsleistungen im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Des Weiteren fällt auf, dass die konzentrischen Durchschnittsleistungen deutlich geringer sind als die exzentrischen.

Statistiken										
		KT AVG Power S1 [W]	KT AVG Power S2 [W]	KT AVG Power S3 [W]	KT AVG Power S1 EX [W]	KT AVG Power S2 EX [W]	KT AVG Power S3 EX [W]	KT AVG Power S1 KON [W]	KT AVG Power S2 KON [W]	KT AVG Power S3 KON [W]
N	Gültig	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		75,554	54,80	44,183	88,467	62,20	49,907	62,932	47,48	38,540
Median		70,220	47,36	39,560	85,340	56,87	46,570	59,283	40,53	32,017
Modus		48,78 ^a	34,47 ^a	30,19 ^a	60,27 ^a	33,23 ^a	32,53 ^a	37,50 ^a	29,52 ^a	23,74 ^a
Standardabweichung		20,7834	20,322	16,2117	24,9882	22,926	16,7579	17,3807	19,201	16,3469
Minimum		48,8	34	30,2	60,3	33	32,5	37,5	30	23,7
Maximum		123,3	104	90,6	147,5	111	96,7	99,0	101	84,8
Perzentile	25	57,520	39,57	35,140	67,324	45,02	37,012	47,729	35,72	28,645
	50	70,220	47,36	39,560	85,340	56,87	46,570	59,283	40,53	32,017
	75	91,890	61,34	46,800	100,097	71,18	53,722	77,950	48,24	43,243

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 59: Deskriptive Darstellung der Durchschnittsleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

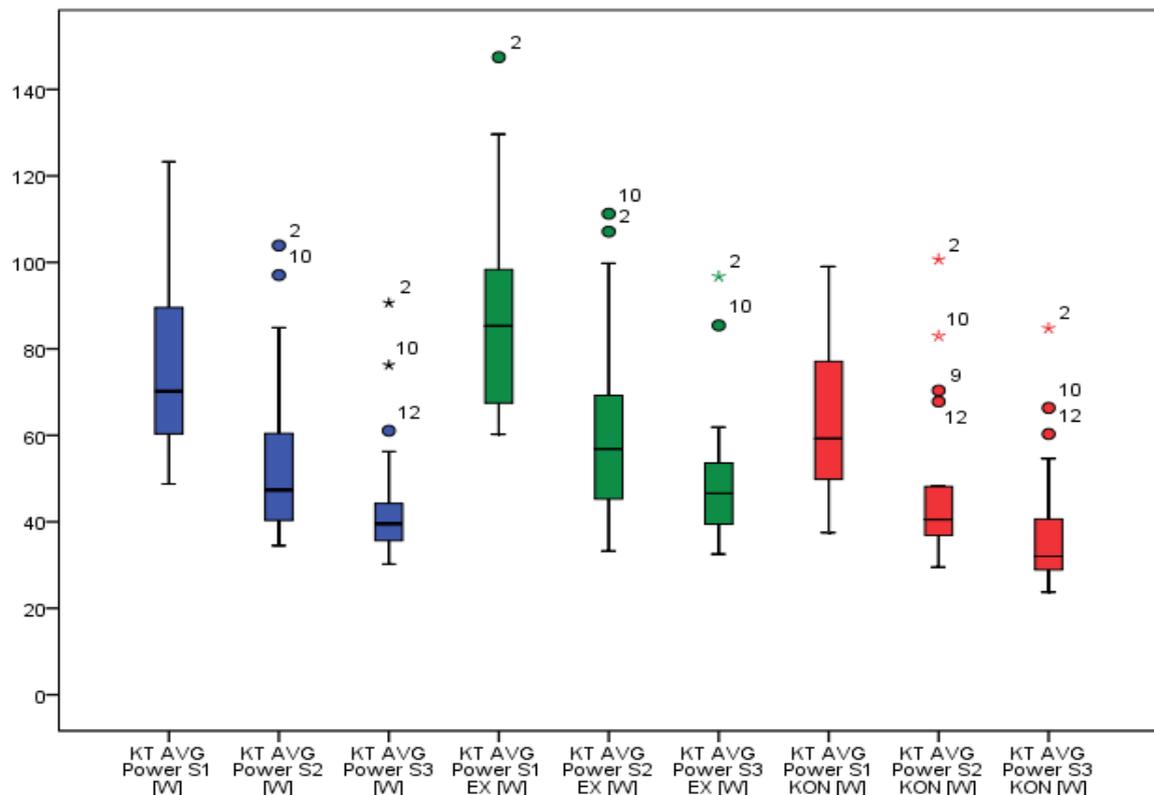


Abb. 58: Boxplot – Durchschnittsleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Betrachtet man lediglich die exzentrischen und konzentrischen Werte, so sieht man, dass hier folgende relative Unterschiede auftreten:

Messzeitpunkt	KT AVG Power EX [W]	KT AVG Power KON [W]	Differenz KT AVG Power EX [W]- KT AVG Power KON [W]
Satz 1	88,467 W ≅ 100%	62,932 W ≅ 71%	25,535 W ≅ 29%
Satz 2	62,20 W ≅ 100%	47,48 W ≅ 76%	14,72 W ≅ 24%
Satz 3	49,907 W ≅ 100%	38,540 W ≅ 77%	11,367 W ≅ 23%

Tab. 60: Relative Durchschnittsleistungsunterschiede - exzentrisch vs. konzentrisch

In der Tab. 60 erkennt man sehr gut, dass sich die relative Unterschiede zwischen der konzentrischen und exzentrischen Durchschnittsleistung auf 29%, 24% bzw. 23% belaufen. Das heißt, während des desmodromischen Trainings sind die exzentrischen Durchschnittsleistungswerte der Testpersonen um ca. 29%, 24% bzw. 23% höher als konzentrisch.

Um die relative Leistungsminderung für die gesamte konzentrische und exzentrische Durchschnittsleistung zu ermitteln, werden die Werte nun relativ dargestellt, wobei die Werte des ersten Satzes als Ausgangswerte dienen und somit relativ jeweils 100% darstellen.

Messzeitpunkt	KT AVG Power [W]	KT AVG Power EX [W]	KT AVG Power KON [W]
Satz 1	75,554 W ≅ 100%	88,467 W ≅ 100%	62,932 W ≅ 100%
Satz 2	54,80 W ≅ 73%	62,20 W ≅ 70%	47,48 W ≅ 75%
Satz 3	44,183 W ≅ 58%	49,907 W ≅ 56%	38,540 W ≅ 61%

Tab. 61: Relative Durchschnittsleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Anhand der Tab. 61 lässt sich feststellen, dass sich die Ermüdung bezüglich der konzentrischen und exzentrischen Durchschnittsleistung um 5% unterscheidet. Das heißt, bezogen auf die Durchschnittsleistung ermüdeten die Probanden und Probandinnen exzentrisch im zweiten und dritten Satz um genau 5% mehr als konzentrisch. Gesamt wurde im zweiten Satz noch 73% und im dritten nur mehr 58% der Durchschnittsleistung des ersten Satzes erbracht.

3.4.5.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

In der Tab. 62 und dem Boxplot (siehe Abb. 59) sieht man deutlich, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die konzentrischen & exzentrischen und somit auch die gesamten Durchschnittsleistungen im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Zusätzlich fällt auf, dass die konzentrischen Durchschnittsleistungen deutlich geringer sind als die exzentrischen.

Statistiken ^a										
		KT AVG Power S1 [W]	KT AVG Power S2 [W]	KT AVG Power S3 [W]	KT AVG Power S1 EX [W]	KT AVG Power S2 EX [W]	KT AVG Power S3 EX [W]	KT AVG Power S1 KON [W]	KT AVG Power S2 KON [W]	KT AVG Power S3 KON [W]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		60,548	42,71	35,548	71,221	48,92	41,289	50,246	36,53	29,938
Median		57,520	41,15	36,850	67,554	45,54	41,927	47,729	39,41	29,489
Modus		48,78 ^b	36,02 ^b	30,19 ^b	60,27 ^b	40,60 ^b	33,37 ^b	37,50 ^b	29,52 ^b	23,74 ^b
Standardabweichung		8,4342	5,662	4,3557	10,6941	8,838	6,7091	7,7147	5,044	4,3406
Minimum		48,8	36	30,2	60,3	41	33,4	37,5	30	23,7
Maximum		74,2	53	41,2	94,3	67	53,5	59,3	42	38,0
Perzentile	25	53,290	38,15	30,455	62,068	41,45	35,647	44,587	30,77	26,780
	50	57,520	41,15	36,850	67,554	45,54	41,927	47,729	39,41	29,489
	75	67,370	47,36	39,325	76,116	54,54	46,248	57,928	41,04	33,078
a. Geschlecht = weiblich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										
Statistiken ^a										
		KT AVG Power S1 [W]	KT AVG Power S2 [W]	KT AVG Power S3 [W]	KT AVG Power S1 EX [W]	KT AVG Power S2 EX [W]	KT AVG Power S3 EX [W]	KT AVG Power S1 KON [W]	KT AVG Power S2 KON [W]	KT AVG Power S3 KON [W]
N	Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		89,059	65,68	51,955	103,988	74,16	57,664	74,349	57,33	46,282
Median		89,550	60,46	44,245	98,329	68,59	51,964	77,105	48,16	38,665
Modus		63,13 ^b	34,47 ^b	30,84 ^b	67,02 ^b	33,23 ^b	32,53 ^b	51,92 ^b	35,72 ^b	28,64 ^b
Standardabweichung		19,3088	22,800	19,1596	24,1260	25,424	19,5069	15,6686	22,068	19,4188
Minimum		63,1	34	30,8	67,0	33	32,5	51,9	36	28,6
Maximum		123,3	104	90,6	147,5	111	96,7	99,0	101	84,8
Perzentile	25	72,560	47,01	38,718	87,246	55,87	45,962	59,890	38,95	29,471
	50	89,550	60,46	44,245	98,329	68,59	51,964	77,105	48,16	38,665
	75	102,455	87,93	64,873	121,701	101,61	67,758	86,188	73,53	61,819
a. Geschlecht = männlich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										

Tab. 62: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Durchschnittsleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

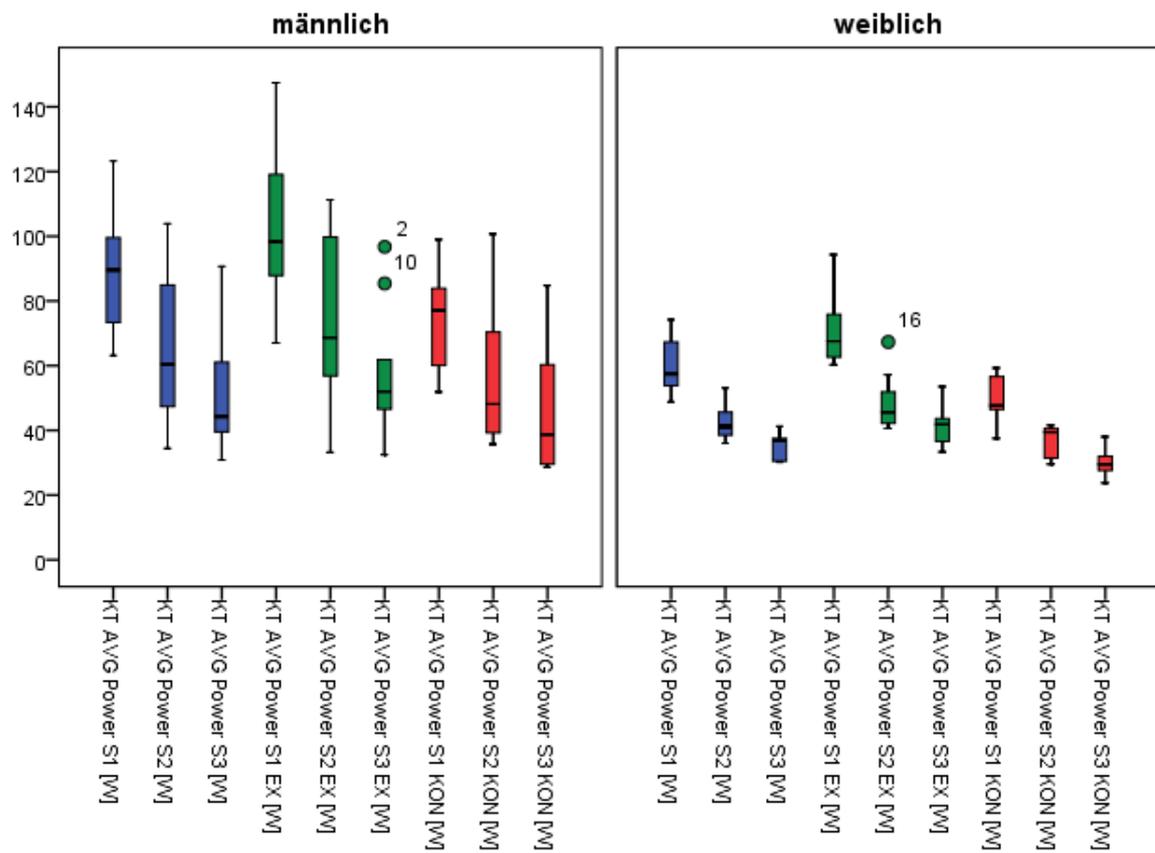


Abb. 59: Boxplot – Durchschnittsleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)
Männer vs. Frauen

Betrachtet man wiederum den Unterschied zwischen exzentrischer und konzentrischer Durchschnittsleistung, so ergeben sich folgende relative Werte:

- Frauen

Messzeitpunkt	KT AVG Power EX [W]	KT AVG Power KON [W]	Differenz KT AVG Power EX [W] – KT AVG Power KON [W]
Satz 1	71,221 W ≙ 100%	50,246 W ≙ 71%	20,975 W ≙ 29%
Satz 2	48,92 W ≙ 100%	36,53 W ≙ 75%	12,39 W ≙ 25%
Satz 3	41,289 W ≙ 100%	29,938 W ≙ 73%	11,351 W ≙ 27%

Tab. 63: Relative Durchschnittsleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Frauen

- Männer

Messzeitpunkt	KT AVG Power EX [W]	KT AVG Power KON [W]	Differenz KT AVG Power EX [W] – KT AVG Power KON [W]
Satz 1	103,988 W ≙ 100%	74,349 W ≙ 71%	29,639 W ≙ 29%
Satz 2	74,16 W ≙ 100%	57,33 W ≙ 77%	16,83 W ≙ 23%
Satz 3	57,664 W ≙ 100%	46,282 W ≙ 80%	11,382 W ≙ 20%

Tab. 64: Relative Durchschnittsleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Männer

Während bei den Männern die absolute und relative Differenz der exzentrischen und konzentrischen Durchschnittsleistung mit jedem Satz immer kleiner werden (29% -> 23% -> 20%), sinkt bei den Frauen nur die absolute Differenz der exzentrischen und konzentrischen Durchschnittsleistung stetig, während die relative im dritten Satz wieder ansteigt (29% -> 25% -> 27%).

Um die relative Leistungsminderung für die konzentrische und exzentrische Durchschnittsleistung zu ermitteln, werden die Werte nun relativ dargestellt, wobei die Werte des ersten Satzes als Ausgangswerte dienen und somit relativ jeweils 100% darstellen.

- Frauen

Messzeitpunkt	KT AVG Power [W]	KT AVG Power EX [W]	KT AVG Power KON [W]
Satz 1	60,548 W ± 100%	71,221 W ± 100%	50,246 W ± 100%
Satz 2	42,71 W ± 71%	48,92 W ± 69%	36,53 W ± 73%
Satz 3	35,548 W ± 59%	41,289 W ± 58%	29,938 W ± 60%

Tab. 65: Relative Durchschnittsleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Frauen

- Männer

Messzeitpunkt	KT AVG Power [W]	KT AVG Power EX [W]	KT AVG Power KON [W]
Satz 1	89,059 W ± 100%	103,988 W ± 100%	74,349 W ± 100%
Satz 2	65,68 W ± 74%	74,16 W ± 71%	57,33 W ± 77%
Satz 3	51,955 W ± 58%	57,664 W ± 55%	46,282 W ± 62%

Tab. 66: Relative Durchschnittsleistungsminderung der Männer (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Aus den Tab. 65 und Tab. 66 kann man herauslesen, dass die relativen Durchschnittsleistungen gesamt (71% vs. 74%), exzentrisch (69% vs. 71%) und konzentrisch (73% vs. 77%) bei den Frauen im zweiten Satz weiter absinken als bei den Männern. Im dritten Satz ergibt sich ein anderes Bild. Konzentrisch sinkt zwar die relative Durchschnittsleistung auch bei den Frauen weiter nach unten als bei den Männern (60% vs. 62%), jedoch exzentrisch und auch gesamt ist die relative Durchschnittsleistung bei den Frauen höher (EX: 58% vs. 55% & GES: 59% vs. 58%).

Des Weiteren sind die relativen konzentrischen Durchschnittsleistungswerte der Frauen und Männern in den Sätzen zwei und drei höher als die relativen exzentrischen Durchschnittsleistungswerte. Somit könnte man ableiten, dass Frauen und Männer exzentrisch mehr ermüden als konzentrisch. Eine Überprüfung dieser Hypothese erfolgt in dem Kapitel 4.5.3.

Analysiert man nun die Differenz der relativen Durchschnittsleistungsminderung zwischen exzentrisch und konzentrisch, so ist diese bei den Frauen (siehe Tab. 65) im zweiten Satz konzentrisch höher (4%) als im dritten (2%). Bei den Männern (siehe Tab. 66) ist dies umgekehrt, hier ist die Differenz im zweiten Satz knapp niedriger (6%) als im dritten (7%).

Abschließend werden noch die absoluten und relativen Unterschiede der Durchschnittsleistung zwischen Frau und Mann analysiert.

Messzeitpunkt	KT AVG Power [W] (Differenz männlich – weiblich)	KT AVG Power EX [W] (Differenz männlich – weiblich)	KT AVG Power KON [W] (Differenz männlich – weiblich)
Satz 1	28,51 W ≙ 32%	32,77 W ≙ 32%	24,10 W ≙ 32%
Satz 2	22,97 W ≙ 35%	25,24 W ≙ 34%	20,80 W ≙ 36%
Satz 3	16,41 W ≙ 32%	16,37 W ≙ 28%	16,34 W ≙ 35%
Mittelwert	22,63 W ≙ 33%	24,79 W ≙ 31%	20,4 W ≙ 34%

Tab. 67: Absolute und relative Differenz der Durchschnittsleistungen (Männer – Frauen)

In der Tab. 67 ist gut zu sehen, dass der größte absolute Durchschnittsleistungsunterschied (32,77 W) im 1. Satz bei exzentrischer Arbeitsweise auftritt. Der größte relative Durchschnittsleistungsunterschied (36%) tritt hingegen im 2. Satz des desmodromischen Krafttrainings bei konzentrischer Arbeitsweise auf. Betrachtet man alle 3 Sätze zusammen, so treten zwar exzentrisch größere absolute Differenzen (24,79W) auf, jedoch konzentrisch die größeren relativen Differenzen (34%).

3.4.6. Durchschnittsleistung relativ zur Masse

Wie in Kapitel 2.3.3.6 bereits beschrieben und erläutert, wurde auch die Durchschnittsleistung relativ zur Masse für das desmodromische Training berechnet. Es wurden die in Kapitel 3.4.5 beschriebenen Parameter (AVG Power, AVG Power EX & AVG Power KON) auch relativ zur Masse berechnet

3.4.6.1. Gesamte Stichprobe

Die Tab. 68 und der Boxplot (siehe Abb. 60) zeigen deutlich, dass die konzentrischen & exzentrischen und somit die gesamten Durchschnittsleistungen relativ zur Masse im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Des Weiteren sind die konzentrischen Durchschnittsleistungen relativ zur Masse deutlich geringer als die exzentrischen.

Statistiken										
		KT AVG Power per mass S1 [W]	KT AVG Power per mass S2 [W]	KT AVG Power per mass S3 [W]	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S1	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S2	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S3	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S1	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S2	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S3
N	Gültig	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		1,074	0,77	0,627	1,258	0,88	0,712	0,893	0,67	0,545
Median		0,990	0,73	0,580	1,185	0,83	0,666	0,852	0,66	0,491
Modus		,86 ^a	,47 ^a	,58 ^a	,92 ^a	,46 ^a	,45 ^a	,61 ^a	,48 ^a	,37 ^a
Standardabweichung		0,2152	0,218	0,1861	0,2695	0,245	0,1975	0,1773	0,215	0,1876
Minimum		0,8	0	0,4	0,9	0	0,4	0,6	0	0,4
Maximum		1,6	1	1,2	2,0	1	1,3	1,3	1	1,1
Perzentile	25	0,950	0,63	0,500	1,073	0,70	0,599	0,770	0,50	0,406
	50	0,990	0,73	0,580	1,185	0,83	0,666	0,852	0,66	0,491
	75	1,200	0,84	0,670	1,417	0,99	0,778	1,049	0,70	0,607

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 68: Deskriptive Darstellung der Durchschnittsleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

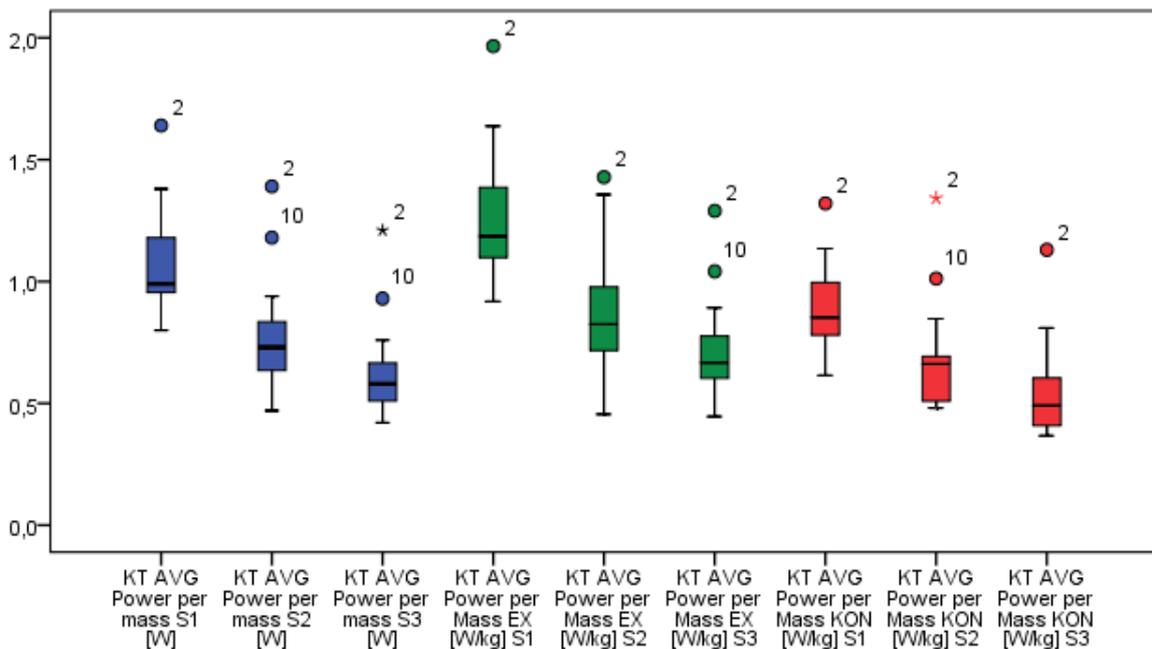


Abb. 60: Boxplot – Durchschnittsleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Auf eine relative prozentuelle Auswertung wird hier verzichtet, da die Ergebnisse deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.5.1 sind.

3.4.6.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

In der Tab. 69 und dem Boxplot (siehe Abb. 61) sieht man deutlich, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die konzentrischen & exzentrischen und somit auch die

gesamten relativen Durchschnittsleistungen im ersten Satz deutlich höher sind als im zweiten und im dritten. Auch sind die konzentrischen relativen Durchschnittsleistungen deutlich geringer als die exzentrischen.

Statistiken ^a										
		KT AVG Power per mass S1 [W]	KT AVG Power per mass S2 [W]	KT AVG Power per mass S3 [W]	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S1	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S2	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S3	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S1	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S2	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S3
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		0,996	0,70	0,584	1,170	0,80	0,679	0,825	0,60	0,491
Median		0,970	0,67	0,580	1,126	0,75	0,666	0,812	0,64	0,491
Modus		,80 ^b	,57 ^b	,45 ^b	,99 ^b	,62 ^b	,49 ^b	,61 ^b	,48 ^b	,40 ^b
Standardabweichung		0,1506	0,104	0,0829	0,1898	0,157	0,1222	0,1370	0,088	0,0736
Minimum		0,8	1	0,5	1,0	1	0,5	0,6	0	0,4
Maximum		1,2	1	0,7	1,6	1	0,9	1,1	1	0,6
Perzentile	25	0,865	0,63	0,510	1,006	0,68	0,603	0,723	0,51	0,427
	50	0,970	0,67	0,580	1,126	0,75	0,666	0,812	0,64	0,491
	75	1,135	0,80	0,665	1,274	0,92	0,784	0,942	0,68	0,547
a. Geschlecht = weiblich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										
Statistiken ^a										
		KT AVG Power per mass S1 [W]	KT AVG Power per mass S2 [W]	KT AVG Power per mass S3 [W]	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S1	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S2	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] S3	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S1	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S2	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] S3
N	Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		1,145	0,84	0,665	1,337	0,94	0,741	0,954	0,73	0,592
Median		1,085	0,80	0,600	1,235	0,91	0,675	0,887	0,67	0,520
Modus		,86 ^b	,47 ^b	,42 ^b	,92 ^b	,46 ^b	,45 ^b	,71 ^b	,49 ^b	,37 ^b
Standardabweichung		0,2464	0,275	0,2444	0,3138	0,297	0,2505	0,1934	0,276	0,2454
Minimum		0,9	0	0,4	0,9	0	0,4	0,7	0	0,4
Maximum		1,6	1	1,2	2,0	1	1,3	1,3	1	1,1
Perzentile	25	0,958	0,64	0,475	1,113	0,75	0,563	0,802	0,50	0,404
	50	1,085	0,80	0,600	1,235	0,91	0,675	0,887	0,67	0,520
	75	1,365	1,00	0,803	1,595	1,17	0,840	1,124	0,89	0,768
a. Geschlecht = männlich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										

Tab. 69: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Durchschnittsleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

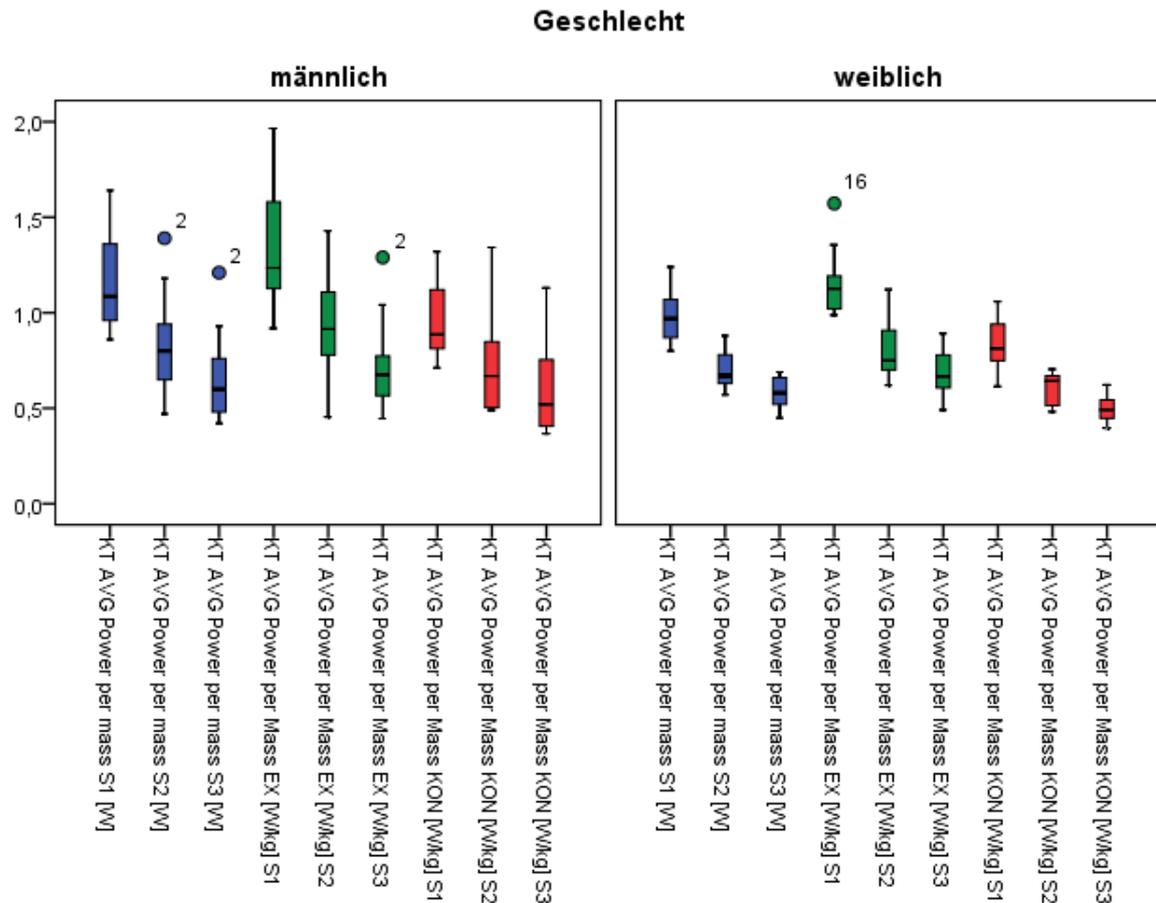


Abb. 61: Boxplot – Durchschnittsleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)
Männer vs. Frauen

Auf die Auswertung der relativen Unterschiede zwischen exzentrischer und konzentrischer Durchschnittsleistung relativ zur Masse wird verzichtet, da die Ergebnisse wiederum deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.5.2 (Tab. 63 & Tab. 64) sind.

Ebenfalls wird auf die Auswertung der relativen Leistungsminderung für die konzentrische und exzentrische Durchschnittsleistung relativ zur Masse verzichtet, denn diese ist wiederum deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.5.2 (Tab. 65 & Tab. 66).

Abschließend werden noch die absoluten und relativen Unterschiede der Durchschnittsleistung relativ zur Masse zwischen Frau und Mann analysiert.

Messzeitpunkt	KT AVG Power per Mass [W/kg] (Differenz männlich – weiblich)	KT AVG Power per Mass EX [W/kg] (Differenz männlich – weiblich)	KT AVG Power per Mass KON [W/kg] (Differenz männlich – weiblich)
Satz 1	0,15 W/kg ± 13%	0,17 W/kg ± 13%	0,13 W/kg ± 14%
Satz 2	0,14 W/kg ± 16%	0,14 W/kg ± 15%	0,13 W/kg ± 18%
Satz 3	0,08 W/kg ± 12%	0,06 W/kg ± 7%	0,1 W/kg ± 17%
Mittelwert	0,12 W/kg ± 14%	0,12 W/kg ± 11%	0,12 W/kg ± 16%

Tab. 70: Absolute und relative Differenzen der Durchschnittsleistungen relativ zur Masse (Männer – Frauen)

In der Tab. 70 ist gut zu sehen, dass der größte absolute Durchschnittsleistungsunterschied (0,17 W/kg) im 1. Satz bei exzentrischer Arbeitsweise auftritt. Der größte relative Durchschnittsleistungsunterschied (18%) tritt im zweiten Satz bei konzentrischer Arbeitsweise auf. Im Gegensatz zu den Mittelwerten der Maximalleistung aus Kapitel 3.4.4.2 sind die Mittelwerte der exzentrischen Durchschnittsleistung relativ zur Masse bei den Männern in allen Sätzen höher als bei den Frauen.

Betrachtet man alle 3 Sätze zusammen, so sind die absoluten Differenzen exzentrisch und konzentrisch gleich groß (0,12 W/kg). Relativ betrachtet treten jedoch konzentrisch (16%) größere Differenzen als exzentrisch (11%) auf.

3.4.7. Arbeit

Beim desmodromischen Training wurde auch die Arbeit ermittelt. Nachdem das desmodromische Training aus 3 Sätzen mit konzentrischen und exzentrischen Bewegungen bestand, wurde für jeden Satz sowohl die exzentrische als auch konzentrische Arbeit berechnet. Auf eine beinspezifische Berechnung der Arbeit wurde verzichtet, da diese in den späteren statistischen Tests keine Anwendung fand. Mithilfe dieser Werte werden später die Unterschiede der Minderung der Arbeit zwischen konzentrisch und exzentrisch ermittelt bzw. Korrelationen mit den Leistungsabfällen des desmodromischen Trainings und der isometrischen Messungen berechnet.

3.4.7.1. Gesamte Stichprobe

In der Tab. 71 und dem Boxplot (siehe Abb. 62) ist ersichtlich, dass die konzentrische & exzentrische und somit die gesamte Arbeit im ersten Satz deutlich höher ist als im zweiten und im dritten. Auffällig ist auch, dass jeweils die konzentrische Arbeit deutlich geringer ist als die exzentrische.

Statistiken										
		KT Work S1 [J]	KT Work S2 [J]	KT Work S3 [J]	KT Work S1 EX [J]	KT Work S2 EX [J]	KT Work S3 EX [J]	KT Work S1 KON [J]	KT Work S2 KON [J]	KT Work S3 KON [J]
N	Gültig	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		8522,37	6182,88	5006,07	4942,18	3507,70	2818,85	3580,20	2675,18	2187,22
Median		8213,81	5859,02	4728,05	4780,32	3306,35	2808,58	3404,44	2461,31	1919,47
Modus		5303,21 ^a	3960,50 ^a	3328,70 ^a	3176,49 ^a	2032,65 ^a	1904,08 ^a	2126,72 ^a	1488,65 ^a	1300,78 ^a
Standardabweichung		2391,06	2143,78	1622,38	1433,06	1259,27	887,67	998,11	959,81	794,87
Minimum		5303,21	3960,50	3328,70	3176,49	2032,65	1904,08	2126,72	1488,65	1300,78
Maximum		13587,18	11722,14	9434,05	7867,53	6688,34	5487,36	5719,66	5033,81	3946,69
Perzentile	25	6461,30	4396,91	3670,56	3717,08	2471,85	2036,25	2753,40	2006,57	1630,68
	50	8213,81	5859,02	4728,05	4780,32	3306,35	2808,58	3404,44	2461,31	1919,47
	75	10122,17	7483,39	5283,44	5650,29	4420,65	3297,68	4399,10	3062,73	2386,57

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 71: Deskriptive Darstellung der Arbeit pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

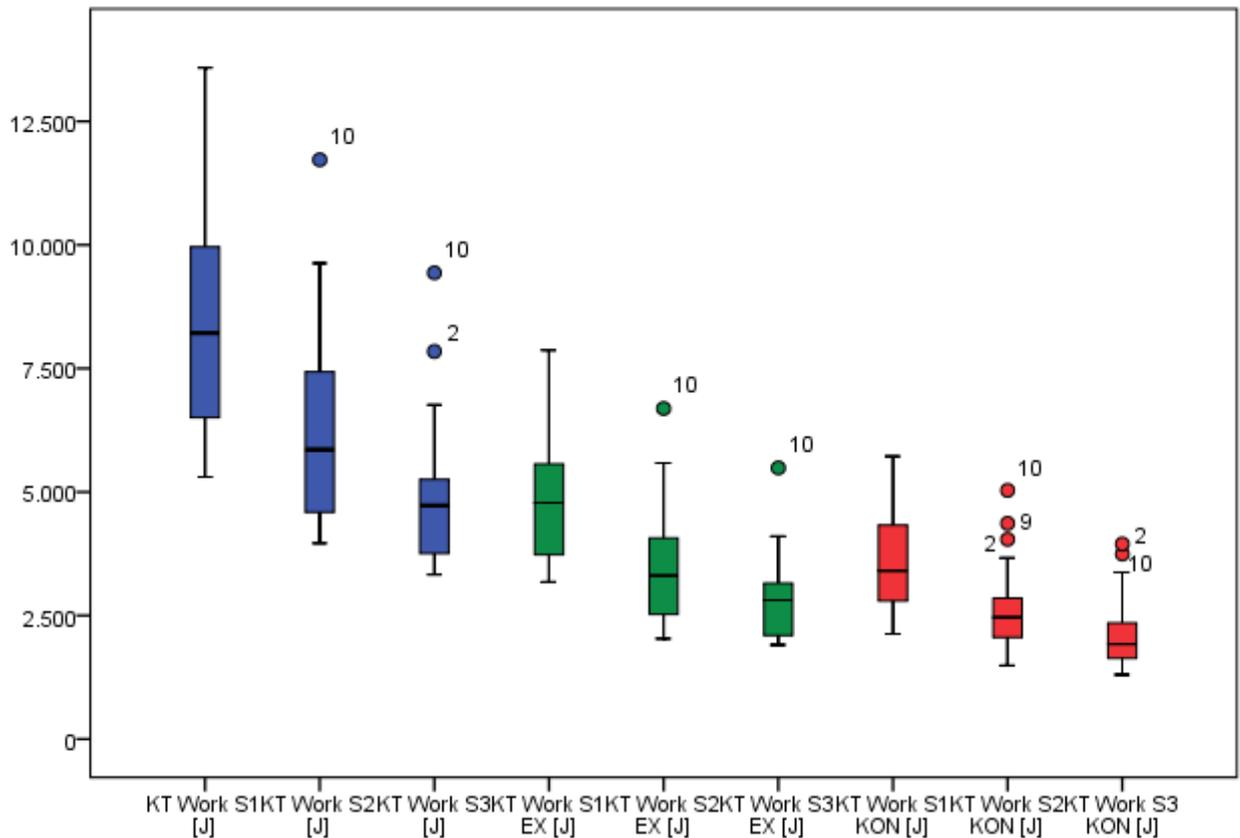


Abb. 62: Boxplot – Arbeit pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Betrachtet man lediglich die exzentrischen und konzentrischen Werte, so sieht man, dass hier folgende relative Unterschiede auftreten:

Messzeitpunkt	KT Work EX [J]	KT Work KON [J]	Differenz KT Work EX [J]- KT Work KON [J]
Satz 1	4942,18 J ≙ 100%	3580,20 J ≙ 72%	1361,98 J ≙ 28%
Satz 2	3507,70 J ≙ 100%	2675,18 J ≙ 76%	832,52 J ≙ 24%
Satz 3	2818,85 J ≙ 100%	2187,22 J ≙ 78%	631,63 J ≙ 22%

Tab. 72: Relative Unterschiede in der Arbeit - exzentrisch vs. konzentrisch

In der Tab. 72 lässt sich ablesen, dass sich die relative Unterschiede zwischen der konzentrischen und exzentrischen Arbeit auf 28%, 24% bzw. 22% belaufen. Diese relativen Werte sind natürlich mit den relativen Werten aus Kapitel 3.4.5.1 nahezu ident, da sich die Arbeit über die Leistung mal der Zeit definiert.

Um die relative Minderung für die gesamte, konzentrische und exzentrische Arbeit zu ermitteln, werden die Werte nun relativ dargestellt, wobei die Werte des ersten Satzes als Ausgangswerte dienen und somit relativ jeweils 100% darstellen.

Messzeitpunkt	KT Work [J]	KT Work EX [J]	KT Work KON [J]
Satz 1	8522,37 J ≙ 100%	4942,18 J ≙ 100%	3580,20 J ≙ 100%
Satz 2	6182,88 J ≙ 73%	3507,70 J ≙ 71%	2675,18 J ≙ 75%
Satz 3	5006,07 J ≙ 59%	2818,85 J ≙ 57%	2187,22 J ≙ 61%

Tab. 73: Relative Arbeitsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Anhand der Tab. 73 lässt sich ableiten, dass sich die Minderung bezüglich der konzentrischen und exzentrischen Arbeit in den Sätzen 2 und 3 um 4% unterscheidet.

Das heißt, bezogen auf die Arbeit ermüdeten die Probanden und Probandinnen exzentrisch im zweiten und dritten Satz um genau 4% mehr als konzentrisch. Gesamt wurde im zweiten Satz noch 73% und im dritten Satz nur mehr 59% der Arbeit des ersten Satzes erbracht.

3.4.7.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

In der Tab. 74 und dem Boxplot (siehe Abb. 63) sieht man deutlich, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die konzentrischen & exzentrischen und somit auch die gesamte Arbeit im ersten Satz deutlich höher ist als im zweiten und im dritten. Darüber hinaus zeigt sich, dass die konzentrische Arbeit deutlich geringer ist als die exzentrische.

Statistiken ^a										
		KT Work S1 [J]	KT Work S2 [J]	KT Work S3 [J]	KT Work S1 EX [J]	KT Work S2 EX [J]	KT Work S3 EX [J]	KT Work S1 KON [J]	KT Work S2 KON [J]	KT Work S3 KON [J]
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		6590,910	4698,61	3936,791	3821,885	2673,97	2257,292	2769,024	2024,64	1679,499
Median		6461,300	4783,75	3670,558	3717,082	2576,43	2160,896	2753,400	2006,57	1630,683
Modus		5303,21 ^b	3960,50 ^b	3328,70 ^b	3176,49 ^b	2286,24 ^b	1904,08 ^b	2126,72 ^b	1488,65 ^b	1300,78 ^b
Standardabweichung		936,7348	640,637	581,8715	528,1921	433,043	363,6207	439,4901	356,699	327,3561
Minimum		5303,2	3960	3328,7	3176,5	2286	1904,1	2126,7	1489	1300,8
Maximum		8352,0	6044	4829,2	4947,6	3718	2968,6	3404,4	2541	2311,9
Perzentile	25	5901,662	4138,54	3472,643	3482,994	2390,07	2022,240	2360,658	1707,21	1423,321
	50	6461,300	4783,75	3670,558	3717,082	2576,43	2160,896	2753,400	2006,57	1630,683
	75	7305,511	4972,46	4592,446	4123,341	2814,66	2523,584	3182,170	2368,22	1910,023
a. Geschlecht = weiblich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										
Statistiken ^a										
		KT Work S1 [J]	KT Work S2 [J]	KT Work S3 [J]	KT Work S1 EX [J]	KT Work S2 EX [J]	KT Work S3 EX [J]	KT Work S1 KON [J]	KT Work S2 KON [J]	KT Work S3 KON [J]
N	Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		10260,689	7518,72	5968,430	5950,439	4258,06	3324,261	4310,250	3260,66	2644,170
Median		9960,474	7432,31	5255,179	5568,158	4067,46	3153,316	4330,456	2849,39	2284,397
Modus		7612,01 ^b	4184,87 ^b	3838,13 ^b	4020,97 ^b	2032,65 ^b	2036,25 ^b	3370,66 ^b	2152,22 ^b	1801,88 ^b
Standardabweichung		1888,4758	2154,292	1670,5992	1214,3886	1297,735	926,9400	755,3504	961,926	823,7693
Minimum		7612,0	4185	3838,1	4021,0	2033	2036,3	3370,7	2152	1801,9
Maximum		13587,2	11722	9434,0	7867,5	6688	5487,4	5719,7	5034	3946,7
Perzentile	25	8819,166	6044,99	4891,553	5244,836	3560,12	2830,997	3551,655	2529,83	1901,962
	50	9960,474	7432,31	5255,179	5568,158	4067,46	3153,316	4330,456	2849,39	2284,397
	75	11964,893	9167,78	7033,306	7141,534	5065,51	3567,789	4823,359	4122,30	3465,517
a. Geschlecht = männlich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										

Tab. 74: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Arbeit pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

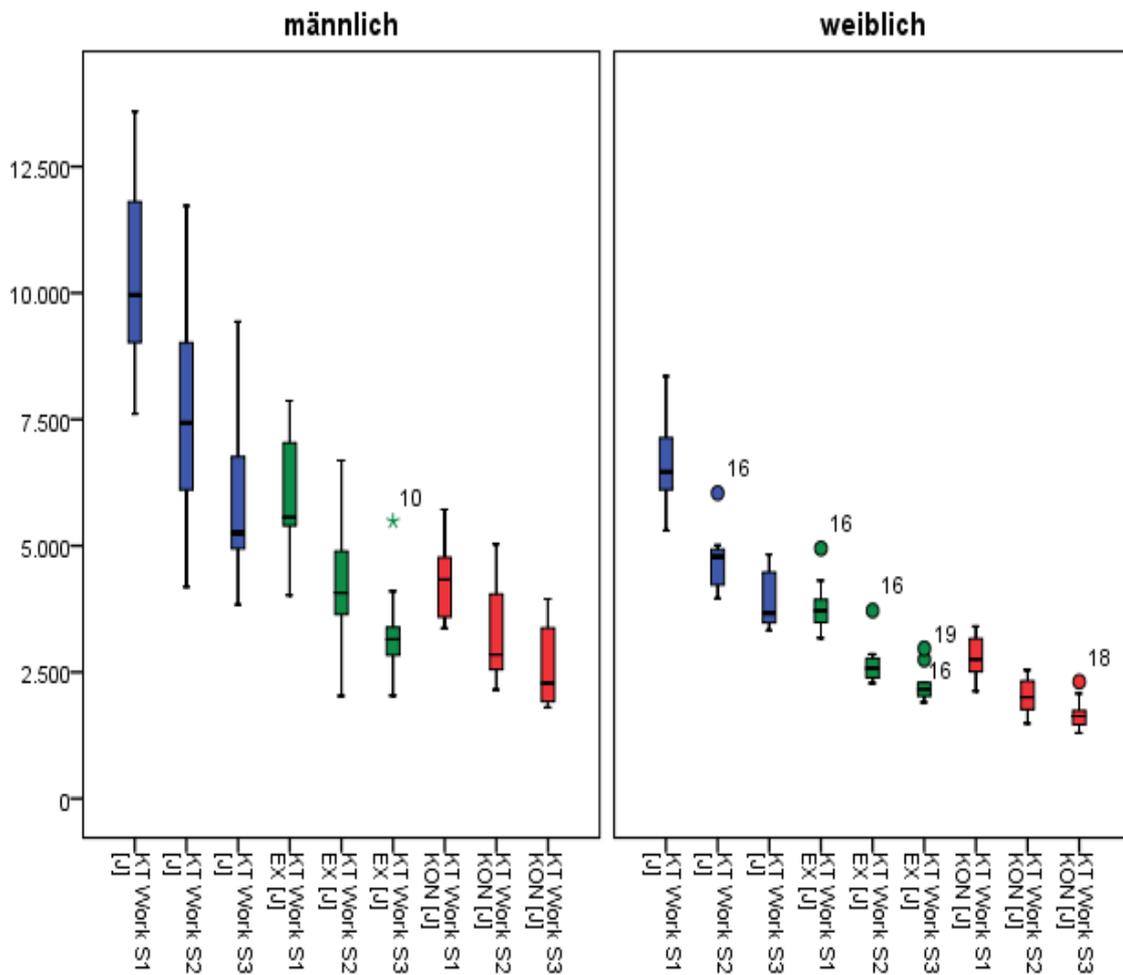


Abb. 63: Boxplot – Arbeit pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)
Männer vs. Frauen

Betrachtet man wiederum den Unterschied zwischen exzentrischer und konzentrischer Arbeit, so ergeben sich folgende relative Werte:

- Frauen

Messzeitpunkt	KT Work EX [J]	KT Work KON [J]	Differenz KT Work EX [J] – KT Work KON [J]
Satz 1	3821,885 J ≙ 100%	2769,024 J ≙ 72%	1052,861 J ≙ 28%
Satz 2	2673,97 J ≙ 100%	2024,64 J ≙ 76%	649,33 J ≙ 24%
Satz 3	2257,292 J ≙ 100%	1679,499 J ≙ 74%	577,793 J ≙ 26%

Tab. 75: Relative Unterschiede in der Arbeit der Frauen - exzentrisch vs. konzentrisch

- Männer

Messzeitpunkt	KT Work EX [J]	KT Work KON [J]	Differenz KT Work EX [J] - KT Work KON [J]
Satz 1	5950,439 J ≙ 100%	4310,250 J ≙ 71%	1640,189 J ≙ 28%
Satz 2	4258,06 J ≙ 100%	3260,66 J ≙ 77%	997,4 J ≙ 23%
Satz 3	3324,261 J ≙ 100%	2644,170 J ≙ 80%	680,091 J ≙ 20%

Tab. 76: Relative Unterschiede in der Arbeit der Männer - exzentrisch vs. konzentrisch

Während bei den Männern die absolute und relative Differenz der exzentrischen und konzentrischen Arbeit mit jedem Satz immer kleiner werden (28% → 23% → 20%), sinkt bei den Frauen nur die absolute Differenz der exzentrischen und konzentrischen Arbeit stetig, während die relative im dritten Satz wieder ansteigt (28% → 24% → 26%). Um die relative Minderung für die konzentrische und exzentrische Arbeit zu ermitteln, werden die Werte nun relativ dargestellt, wobei die Werte des ersten Satzes als Ausgangswerte dienen (≙ 100%).

- Frauen

Messzeitpunkt	KT Work [J]	KT Work EX [J]	KT Work KON [J]
Satz 1	6590,910 J ≙ 100%	3821,885 J ≙ 100%	2769,024 J ≙ 100%
Satz 2	4698,61 J ≙ 71%	2673,97 J ≙ 70%	2024,64 J ≙ 73%
Satz 3	3936,791 J ≙ 60%	2257,292 J ≙ 59%	1679,499 J ≙ 60%

Tab. 77: Relative Minderung der Arbeit der Frauen (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

- Männer

Messzeitpunkt	KT Work [J]	KT Work EX [J]	KT Work KON [J]
Satz 1	10260,689 J ≙ 100%	5950,439 J ≙ 100%	4310,250 J ≙ 100%
Satz 2	7518,72 J ≙ 73%	4258,06 J ≙ 72%	3260,66 J ≙ 76%
Satz 3	5968,430 J ≙ 58%	3324,261 J ≙ 56%	2644,170 J ≙ 61%

Tab. 78: Relative Minderung der Arbeit der Männer (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Aus den Tab. 77 und Tab. 78 kann man herauslesen, dass die relativen Arbeitsmittelwerte gesamt (71% vs. 73%), exzentrisch (70% vs. 72%) und konzentrisch (73% vs. 76%) der Frauen im zweiten Satz weiter absinken als bei den Männern. Im dritten Satz ergibt sich ein anderes Bild. Konzentrisch sinkt zwar der Mittelwert der relativen Arbeit auch bei den Frauen weiter nach unten als bei den Männern (60% vs. 61%), jedoch exzentrisch und auch gesamt ist der Mittelwert der relativen Arbeit bei den Frauen höher (EX: 59% vs. 56% & GES: 60% vs. 58%).

Auch zeigt sich, dass die Mittelwerte der relativen konzentrischen Arbeit der Frauen und Männern in den Sätzen zwei und drei höher sind als die Mittelwerte der relativen exzentrischen Arbeit. Somit könnte man daraus schließen, dass Frauen und Männer exzentrisch mehr ermüden als konzentrisch. Eine Überprüfung dieser Hypothese erfolgt in dem Kapitel 4.5.5.

Analysiert man nun die Differenz der Mittelwerte der relativen Arbeit zwischen exzentrisch und konzentrisch, so ist diese bei den Frauen (siehe Tab. 77) im zweiten Satz höher (3%) als im dritten (1%). Bei den Männern (siehe Tab. 78) ist dies umgekehrt, hier ist die Differenz im zweiten Satz knapp niedriger (4%) als im dritten (5%).

Abschließend werden noch die absoluten und relativen Unterschiede der Arbeit zwischen Frau und Mann analysiert.

Messzeitpunkt	KT Work [J] (Differenz männlich – weiblich)	KT Work EX [J] (Differenz männlich – weiblich)	KT Work KON [J] (Differenz männlich – weiblich)
Satz 1	3669,78 J ≙ 36%	2128,55 J ≙ 36%	1541,23 J ≙ 36%
Satz 2	2820,11 J ≙ 38%	1584,09 J ≙ 37%	1236,02 J ≙ 38%
Satz 3	2031,64 J ≙ 34%	1066,97 J ≙ 25%	964,67 J ≙ 36%
Mittelwert	2840,51 J ≙ 36%	1593,20 J ≙ 33%	1247,31 J ≙ 37%

Tab. 79: Absolute und relative Differenz der Arbeit (Männer – Frauen)

In der Tab. 79 ist gut zu sehen, dass der größte absolute Unterschied bei der Arbeit (2128,55 J) im ersten Satz bei exzentrischer Arbeitsweise auftritt. Der größte relative Unterschied (38%) tritt hingegen im zweiten Satz des desmodromischen Krafttrainings bei konzentrischer Arbeitsweise auf. Betrachtet man alle drei Sätze zusammen, so treten zwar exzentrisch größere absolute Differenzen (1593,20 J) auf, jedoch konzentrisch die größeren relativen Differenzen (37%).

3.4.8. Arbeit relativ zur Masse

Wie in Kapitel 2.3.3.8 bereits beschrieben und erläutert, wurde auch die Arbeit relativ zur Masse für das desmodromische Training berechnet. Es wurden die in Kapitel 3.4.7 beschriebenen Parameter (KT Work, KT Work EX & KT Work KON) auch relativ zur Masse berechnet

3.4.8.1. Gesamte Stichprobe

In der Tab. 80 und dem Boxplot (siehe Abb. 62) sieht man deutlich, dass die konzentrische & exzentrische und somit die gesamte Arbeit relativ zur Masse im ersten Satz deutlich höher ist als im zweiten und im dritten. Des Weiteren ist ersichtlich, dass jeweils die konzentrische Arbeit relativ zur Masse deutlich geringer ist als die exzentrische.

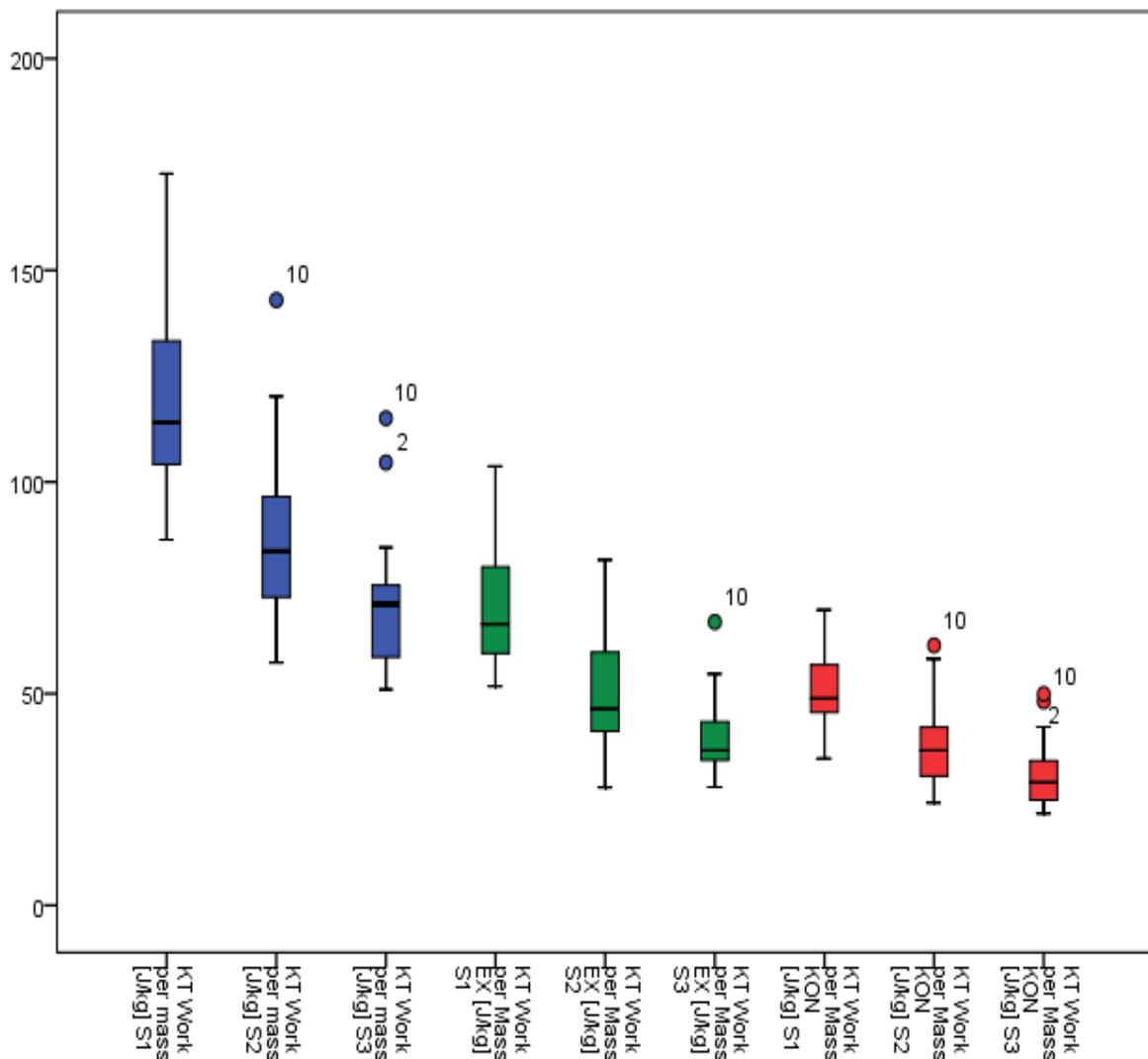


Abb. 64: Boxplot – Arbeit pro Satz relativ zur Masse (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Statistiken										
		KT Work per mass [J/kg] S1	KT Work per mass [J/kg] S2	KT Work per mass [J/kg] S3	KT Work per Mass EX [J/kg] S1	KT Work per Mass EX [J/kg] S2	KT Work per Mass EX [J/kg] S3	KT Work per Mass KON [J/kg] S1	KT Work per Mass KON [J/kg] S2	KT Work per Mass KON [J/kg] S3
N	Gültig	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		120,650	87,06	70,899	70,004	49,38	40,048	50,647	37,68	30,851
Median		114,081	83,66	71,112	66,393	46,43	36,641	48,879	36,61	29,040
Modus		86,37 ^a	57,33 ^a	50,99 ^a	51,73 ^a	27,84 ^a	27,89 ^a	34,64 ^a	24,25 ^a	21,68 ^a
Standardabweichung		23,1270	21,011	16,7750	14,4374	12,610	9,5214	9,4358	9,848	8,4360
Minimum		86,4	57	51,0	51,7	28	27,9	34,6	24	21,7
Maximum		172,8	143	115,0	103,7	82	66,9	69,8	61	49,9
Perzentile	25	104,016	70,46	58,263	59,001	40,26	33,799	45,015	30,40	24,683
	50	114,081	83,66	71,112	66,393	46,43	36,641	48,879	36,61	29,040
	75	139,201	100,74	77,891	82,460	61,40	44,380	56,824	42,54	34,795

a. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.

Tab. 80: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Arbeit relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Auf eine relative, prozentuelle Auswertung wird hier verzichtet, da die Ergebnisse deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.7.1 sind.

3.4.8.2. Geschlechtergetrennte Stichprobe

Aus der Tab. 81 und dem Boxplot (siehe Abb. 65) lässt sich ableiten, dass sowohl bei den Frauen als auch bei den Männern die konzentrische & exzentrische und somit auch die gesamte Arbeit relativ zur Masse im ersten Satz deutlich höher ist als im zweiten und im dritten. Des Weiteren ist gut erkennbar, dass die konzentrische Arbeit relativ zur Masse deutlich geringer ist als die exzentrische.

Statistiken ^a										
		KT Work per mass [J/kg] S1	KT Work per mass [J/kg] S2	KT Work per mass [J/kg] S3	KT Work per Mass EX [J/kg] S1	KT Work per Mass EX [J/kg] S2	KT Work per Mass EX [J/kg] S3	KT Work per Mass KON [J/kg] S1	KT Work per Mass KON [J/kg] S2	KT Work per Mass KON [J/kg] S3
N	Gültig	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Fehlend	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mittelwert		108,229	77,22	64,701	62,744	43,97	37,139	45,486	33,24	27,562
Median		104,016	75,93	59,964	59,948	41,99	35,194	45,015	30,61	26,066
Modus		86,37 ^b	64,50 ^b	50,99 ^b	51,73 ^b	35,15 ^b	28,00 ^b	34,64 ^b	24,25 ^b	21,68 ^b
Standardabweichung		16,4237	11,724	10,3317	9,1366	7,882	6,6224	7,7712	6,071	5,4225
Minimum		86,4	65	51,0	51,7	35	28,0	34,6	24	21,7
Maximum		139,2	101	78,5	82,5	62	49,5	57,1	42	37,9
Perzentile	25	96,952	67,24	56,617	56,638	39,30	32,998	39,042	28,51	22,776
	50	104,016	75,93	59,964	59,948	41,99	35,194	45,015	30,61	26,066
	75	119,418	84,01	75,617	67,448	47,43	42,686	51,776	38,82	31,315
a. Geschlecht = weiblich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										
Statistiken ^a										
		KT Work per mass [J/kg] S1	KT Work per mass [J/kg] S2	KT Work per mass [J/kg] S3	KT Work per Mass EX [J/kg] S1	KT Work per Mass EX [J/kg] S2	KT Work per Mass EX [J/kg] S3	KT Work per Mass KON [J/kg] S1	KT Work per Mass KON [J/kg] S2	KT Work per Mass KON [J/kg] S3
N	Gültig	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Fehlend	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mittelwert		131,829	95,93	76,478	76,538	54,25	42,667	55,292	41,68	33,811
Median		125,051	90,93	72,016	73,867	54,43	40,726	53,372	39,57	31,520
Modus		104,27 ^b	57,33 ^b	52,58 ^b	55,08 ^b	27,84 ^b	27,89 ^b	46,17 ^b	29,48 ^b	24,61 ^b
Standardabweichung		23,1693	24,012	19,8729	15,5732	14,396	11,2359	8,5897	11,126	9,7800
Minimum		104,3	57	52,6	55,1	28	27,9	46,2	29	24,6
Maximum		172,8	143	115,0	103,7	82	66,9	69,8	61	49,9
Perzentile	25	112,779	81,52	60,182	64,794	45,42	35,453	48,581	32,39	24,989
	50	125,051	90,93	72,016	73,867	54,43	40,726	53,372	39,57	31,520
	75	147,639	110,28	89,551	87,583	62,02	48,852	61,175	48,93	43,653
a. Geschlecht = männlich										
b. Mehrere Modi vorhanden. Der kleinste Wert wird angezeigt.										

Tab. 81: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Arbeit relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)

Auf die Auswertung der relativen Unterschiede zwischen exzentrischer und konzentrischer Arbeit relativ zur Masse wird verzichtet, da die Ergebnisse wiederum deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.7.2 (Tab. 75 & Tab. 76) sind.

Auch auf die Auswertung der relativen Minderung für die konzentrische und exzentrische Arbeit relativ zur Masse wird verzichtet, denn diese ist wiederum deckungsgleich mit den Ergebnissen des Kapitels 3.4.7.2 (Tab. 77 & Tab. 78).

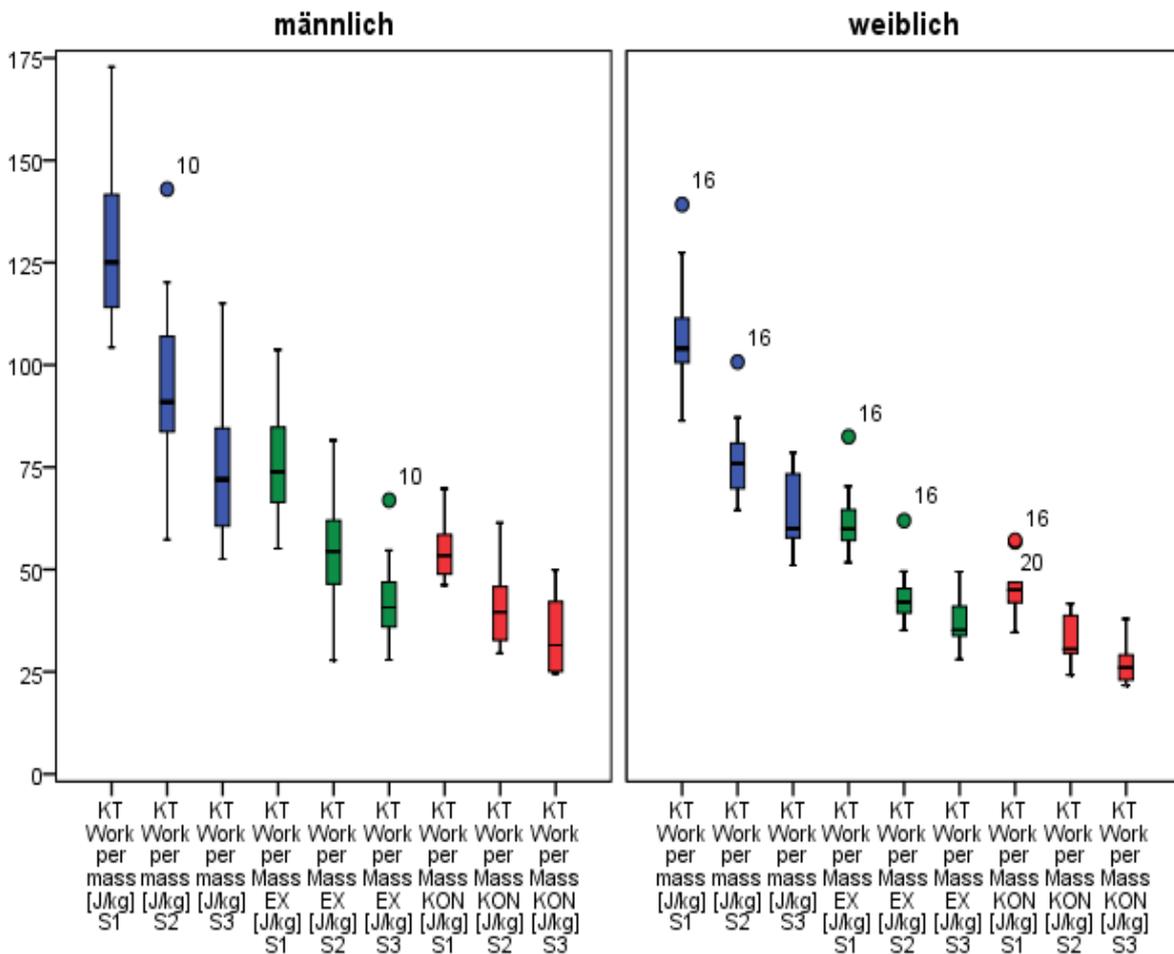


Abb. 65: Boxplot – Arbeit relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen

Abschließend werden noch die absoluten und relativen Unterschiede der Arbeit relativ zur Masse zwischen Frau und Mann analysiert.

Messzeitpunkt	KT Work per Mass [J/kg] (Differenz männlich – weiblich)	KT Work per Mass EX [J/kg] (Differenz männlich – weiblich)	KT Work per Mass KON [J/kg] (Differenz männlich – weiblich)
Satz 1	23,60 J/kg ± 18%	13,79 J/kg ± 18%	9,81 J/kg ± 18%
Satz 2	18,71 J/kg ± 20%	10,28 J/kg ± 19%	8,43 J/kg ± 20%
Satz 3	11,78 J/kg ± 15%	5,53 J/kg ± 10%	6,25 J/kg ± 18%
Mittelwert	18,03 J/kg ± 18%	9,87 J/kg ± 16%	8,16 J/kg ± 19%

Tab. 82: Absolute und relative Differenzen der Arbeit relativ zur Masse (Männer – Frauen)

In der Tab. 70 ist gut zu sehen, dass der größte absolute Unterschied der Arbeit relativ zur Masse (13,79 J/kg) im ersten Satz bei exzentrischer Arbeitsweise auftritt. Der größte relative Unterschied der Arbeit relativ zur Masse (20%) tritt im zweiten Satz bei konzentrischer Arbeitsweise auf. Im Gegensatz zu den Mittelwerten der Maximalleistung aus Kapitel 3.4.4.2 sind die Mittelwerte der exzentrischen Arbeit relativ zur Masse bei den Männern in allen Sätzen höher als bei den Frauen.

Betrachtet man alle drei Sätze zusammen, so sind die absoluten Differenzen exzentrisch und konzentrisch fast gleich groß (9,87 J/kg vs. 8,16 J/kg). Relativ betrachtet treten jedoch konzentrisch (19%) größere Differenzen als exzentrisch (16%) auf.

4. Auswertung und Diskussion der Forschungsfragen

In diesem Kapitel werden die Forschungsfragen aus Kapitel 1.3 statistisch mit verschiedenen Tests untersucht und falls möglich beantwortet.

4.1. Isometrische Leistungsminderung durch desmodromisches Training

Die Forschungsfrage „Führt ein desmodromisches Krafttraining zu einer signifikanten isometrischen Leistungsminderung direkt danach bzw. nach 30-minütiger Regenerationspause?“ wurde mithilfe verschiedener Parameter (Peak F, Peak F per Mass, AVG F 0-4s, AVG F per Mass 0-4s, Peak RFD₅₀, RFD₀₋₅₀, RFD₅₀₋₁₀₀, RFD₁₀₀₋₂₀₀) untersucht. Dabei wurde für jeden Parameter jeweils untersucht, ob es signifikante Unterschiede zwischen

- der ersten und der zweiten Messung (ISO1-ISO2)
- der ersten und der dritten Messung (ISO1-ISO3)
- der zweiten und der dritten Messung (ISO2-ISO3)

gibt.

Die Vorgehensweise sah so aus, dass zuerst die entsprechenden Hypothesen für die jeweiligen Untersuchungen formuliert wurden. Zum Beispiel: „H₀: Die Maximalkraftwerte der Messung1 unterscheiden sich nicht von den Maximalkraftwerten der Messung2.“

„H₁: Die Maximalkraftwerte der Messung1 unterscheiden sich von den Maximalkraftwerten der Messung2.“

Anschließend wurden die Differenzen der jeweiligen Parameter (z.B.: Diff Peak F ISO1-ISO2 [N] für die Differenz der Maximalkraft zwischen den ersten beiden Messungen) in SPSS berechnet.

Vor Beginn der Auswertung wurde das Signifikanzniveau α auf 5% festgelegt.

Darauffolgend wurde das entsprechende statistische Verfahren (z.B.: Test auf Unterschied mit 2 abhängigen Stichproben → T-Test bei abhängigen Stichproben) ausgewählt und die dafür notwendigen Voraussetzungen (Daten intervallskaliert, Normalverteilung) überprüft.

Für den T-Test für abhängige Stichproben wurden jeweils die Differenzen (=Messpaare) auf Normalverteilung überprüft. Dies geschah einerseits grafisch mittels Histogramm

(siehe Abb. 66) und andererseits mittels Kolmogorov Smirnov Test, kurz K-S Test genannt (siehe Tab. 83).

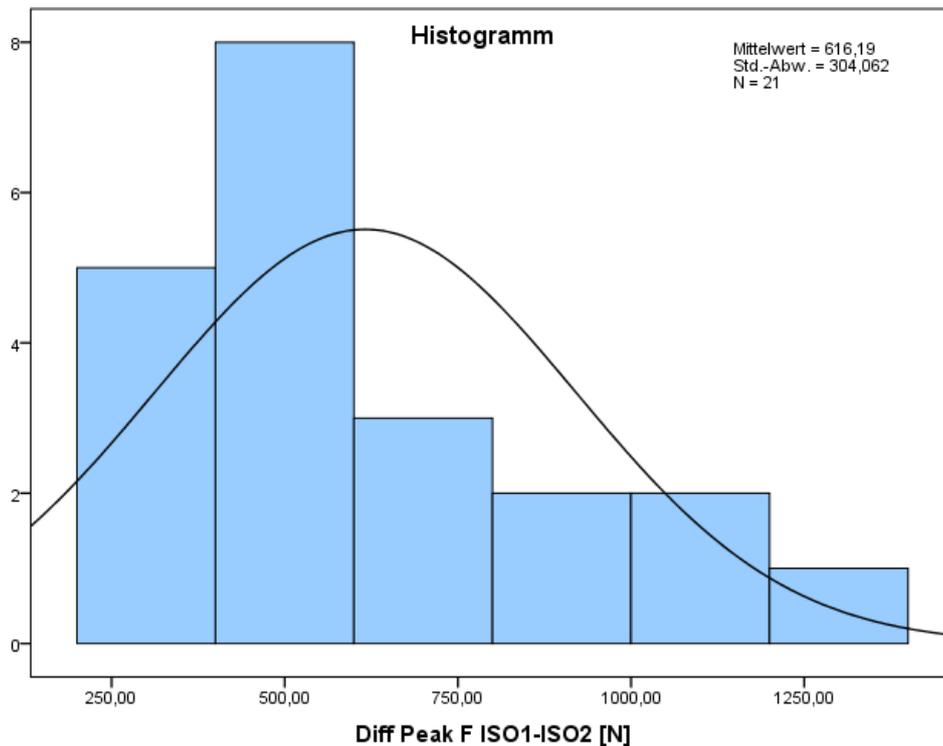


Abb. 66: Histogramm Differenz der Maximalkraft ISO1-ISO2

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest		
		Diff Peak F ISO1-ISO2 [N]
N		21
Parameter der Normalverteilung^{a,b}	Mittelwert	616,1905
	Standardabweichung	304,06227
Extremste Differenzen	Absolut	0,149
	Positiv	0,149
	Negativ	-0,098
Statistik für Test		0,149
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,200 ^{c,d}
a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.		
b. Aus den Daten berechnet.		
c. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors.		
d. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.		

Tab. 83: K-S Test – Prüfung auf Normalverteilung – Daten sind normalverteilt

Nachdem alle Voraussetzungen erfüllt sind, wurde ein T-Test mit abhängigen Stichproben durchgeführt. Waren die Voraussetzungen nicht erfüllt, so wurde das Ersatzverfahren, der Wilcoxon-Test, angewendet.

4.1.1. Isometrische Maximalkraft

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen der ersten Messung (ISO1) und der zweiten Messung (ISO2) festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Männer ($p=0,000$) und Frauen ($p=0,000$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Des Weiteren wurden auch signifikante Unterschiede zwischen ISO1 und ISO3 festgestellt. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Männer ($p=0,000$) und Frauen ($p=0,008$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon-Test) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Abschließend konnten auch signifikante Unterschiede zwischen ISO2 und ISO3 festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,001$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,000$) festgestellt werden. Interessant ist, dass es bei den Männern keinen signifikanten Unterschied ($p=0,066$) gibt. Betrachtet man hier die relative Minderung der Maximalkraft aus Kapitel 3.3.1.2, so sieht man, dass sich die Männer zwischen der ISO2 und ISO3 nur um 9% steigern können, während sich die Frauen um ganze 17% verbessern.

4.1.2. Isometrische Maximalkraft relativ zur Masse

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen der ersten Messung (ISO1) und der zweiten Messung (ISO2) festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,000$) und Männer ($p=0,000$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Des Weiteren wurden auch signifikante Unterschiede zwischen ISO1 und ISO3 festgestellt. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,008$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon-Test) und Männer ($p=0,000$) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Abschließend konnten auch signifikante Unterschiede zwischen ISO2 und ISO3 festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,001$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,000$) festgestellt werden. Interessant ist, dass es bei den Männern knapp keinen signifikanten Unterschied ($p=0,064$) gibt. Betrachtet man hier die relative Minderung der Maximalkraft aus Kapitel 3.3.2.2, so kommt man zum Entschluss, dass sich die Männer zwischen der ISO2 und ISO3 nur um 10% steigern können, während sich die Frauen um ganze 17% verbessern.

4.1.3. Durchschnittskraft in 4s

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen der ersten Messung (ISO1) und der zweiten Messung (ISO2) festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,000$) und Männer ($p=0,000$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Des Weiteren wurden auch signifikante Unterschiede zwischen ISO1 und ISO3 festgestellt. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon-Test) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,011$) und Männer ($p=0,002$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon-Test) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Abschließend konnten auch signifikante Unterschiede zwischen ISO2 und ISO3 festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,001$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,000$) und Männern ($p=0,033$) festgestellt werden.

4.1.4. Durchschnittskraft in 4s relativ zur Masse

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen der ersten Messung (ISO1) und der zweiten Messung (ISO2) festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon-Test) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,000$) und Männer ($p=0,000$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Des Weiteren wurden auch signifikante Unterschiede zwischen ISO1 und ISO3 festgestellt. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon-Test) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,011$) und Männer ($p=0,002$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon-Test) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Abschließend konnten auch signifikante Unterschiede zwischen ISO2 und ISO3 festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,000$) und Männer ($p=0,033$) festgestellt werden.

4.1.5. Kraftbildungsgeschwindigkeit Peak RFD₅₀

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen der ersten Messung (ISO1) und der zweiten Messung (ISO2) festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,003$) und Männer ($p=0,002$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Des Weiteren wurden auch signifikante Unterschiede zwischen ISO1 und ISO3 festgestellt. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,007$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,030$) festgestellt werden. Eine Ausnahme bildete hier die Stichprobe der Männer, wo es keinen signifikanten Unterschied ($p=0,062$) gab.

- Differenz ISO2 – ISO3

Abschließend konnten auch signifikante Unterschiede zwischen ISO2 und ISO3 festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,001$) als auch geschlechtergetrennt für die Männer ($p=0,007$), jedoch nicht für die Frauen ($p=0,054$) festgestellt werden.

4.1.6. Kraftbildungsgeschwindigkeit RFD₀₋₅₀

Hier traten keinerlei signifikanten Unterschiede auf, Weder zwischen ISO1 und ISO2, ISO1 und ISO3 und ISO2 und ISO3. Getestet wurden wiederum die gesamten und die geschlechtergetrennten Stichproben. Dies bestätigt auch die Aussage von Maffioletti

(2016), dass bei der RFD_{0-50} der Bereich von 0-50ms wird oftmals auch als Startkraft bezeichnet, keine signifikanten Unterschiede erkennbar sind.

4.1.7. Kraftbildungsgeschwindigkeit RFD_{50-100}

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen der ersten Messung (ISO1) und der zweiten Messung (ISO2) festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon Test) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,011$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon Test) und Männer ($p=0,002$, Anm.: Daten nicht normalverteilt – Wilcoxon Test) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Hier traten bei allen Stichproben keine signifikanten Unterschiede auf.

- Differenz ISO2 – ISO3

Abschließend konnten auch signifikante Unterschiede zwischen ISO2 und ISO3 festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Männer ($p=0,032$), jedoch nicht für die Frauen ($p=0,059$) festgestellt werden.

4.1.8. Kraftbildungsgeschwindigkeit $RFD_{100-200}$

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikante Unterschiede zwischen der ersten Messung (ISO1) und der zweiten Messung (ISO2) festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,000$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,008$) und Männer ($p=0,002$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Des Weiteren wurden auch signifikante Unterschiede zwischen ISO1 und ISO3 festgestellt. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,019$, Anm.: Daten sind nicht normalverteilt – Wilcoxon Test) als auch geschlechtergetrennt für die Männer ($p=0,015$, Anm.: Daten sind nicht normalverteilt – Wilcoxon Test) festgestellt werden. Eine Ausnahme bildete hier die Stichprobe der Frauen, wo es keinen signifikanten Unterschied ($p=0,330$) gab.

- Differenz ISO2 – ISO3

Abschließend konnten auch signifikante Unterschiede zwischen ISO2 und ISO3 festgestellt werden. Diese signifikanten Unterschiede konnten sowohl für die gesamte Stichprobe ($p=0,001$) als auch geschlechtergetrennt für die Frauen ($p=0,011$, Anm.: Daten sind nicht normalverteilt – Wilcoxon Test) und die Männer ($p=0,008$) festgestellt werden.

4.1.9. Fazit

Nimmt man den Parameter RFD_{0-50} aus, so ist definitiv ein signifikanter Unterschied zwischen der ersten und zweiten Messung (ISO1 und ISO2) bei allen getesteten Parametern und für alle Stichproben erkennbar.

Vergleicht man die erste Messung mit der dritten (ISO1 und ISO3), so ist auffällig, dass bei allen Kraftparametern (Peak F, Peak F per Mass, AVG F, AVG F per Mass) ein signifikanter Unterschied für alle Stichproben auftritt. Bei den verschiedenen Kraftbildungsgeschwindigkeiten (exkl. RFD_{0-50}) treten diese signifikanten Unterschiede nur bei manchen Stichproben auf. Interessant ist auch, dass für den Parameter RFD_{50-100} keinerlei signifikante Unterschiede bei allen Stichproben gefunden wurden. Das deutet daraufhin, dass man durch eine Regenerationspause vor allem die Kraftbildungsgeschwindigkeit von 50-100ms verbessert, aber bei den reinen Kraftparametern (Peak F, Peak F per Mass, AVG F, AVG F per Mass) noch immer signifikante Unterschiede existieren.

4.2. Geschlechtsspezifische Unterschiede bei der isometrischen Leistungsminderung

Die Forschungsfrage „Treten bei der isometrischen Leistungsminderung geschlechtsspezifische Unterschiede auf?“ wurde mithilfe verschiedener Parameter (Peak F, Peak F per Mass, AVG F 0-4s, AVG F per Mass 0-4s, Peak RFD₅₀, RFD₀₋₅₀, RFD₅₀₋₁₀₀, RFD₁₀₀₋₂₀₀) untersucht. Dabei wurde für jeden Parameter jeweils untersucht, ob es signifikante Unterschiede zwischen

- der ersten und der zweiten Messung (ISO1-ISO2)
- der ersten und der dritten Messung (ISO1-ISO3)
- der zweiten und der dritten Messung (ISO2-ISO3)

gibt.

Die Vorgehensweise sah so aus, dass zuerst die entsprechenden Hypothesen für die jeweiligen Untersuchungen formuliert wurden. Zum Beispiel: „H₀: Die Differenz der Maximalkraftwerte der Messung1 und Messung2 der Frauen unterscheiden sich nicht von der Differenz der Maximalkraftwerte der Messung1 und Messung2 der Männer.“

„H₁: Die Differenz der Maximalkraftwerte der Messung1 und Messung2 der Frauen unterscheiden sich von der Differenz der Maximalkraftwerte der Messung1 und Messung2 der Männer.“

Vor Beginn der Auswertung wurde das Signifikanzniveau α auf 5% festgelegt.

Darauffolgend wurde das entsprechende statistische Verfahren (z.B.: Test auf Unterschied mit 2 unabhängigen Stichproben → T-Test bei unabhängigen Stichproben) ausgewählt und die dafür notwendigen Voraussetzungen (Daten intervallskaliert, Normalverteilung, Varianzhomogenität) überprüft.

Für den T-Test für unabhängige Stichproben wurden jeweils die Differenzen (=Messpaare) der beiden Stichproben auf Normalverteilung überprüft. Dies geschah wiederum einerseits grafisch mittels Histogramm und andererseits mittels Kolmogorov Smirnov Test, kurz K-S Test.

Wenn alle Voraussetzungen erfüllt waren, wurde ein T-Test mit unabhängigen Stichproben durchgeführt. Hier wurde noch die Varianzhomogenität geprüft. Waren die Voraussetzungen nicht erfüllt, so wurde das Ersatzverfahren, der Mann-Whitney-U-Test, angewendet.

4.2.1. Isometrische Maximalkraft

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,286$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Varianzen inhomogen) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,016$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,722$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Varianzen inhomogen) festgestellt werden.

4.2.2. Isometrische Maximalkraft relativ zur Masse

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,875$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,102$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,570$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

4.2.3. Durchschnittskraft in 4s

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,081$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,016$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,887$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Varianzen inhomogen) festgestellt werden.

4.2.4. Durchschnittskraft in 4s relativ zur Masse

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,527$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,055$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,831$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Varianzen sind inhomogen) festgestellt werden.

4.2.5. Kraftbildungsgeschwindigkeit Peak RFD₅₀

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,132$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,672$) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,414$) festgestellt werden.

4.2.6. Kraftbildungsgeschwindigkeit Peak RFD₀₋₅₀

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,569$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test - Varianzen inhomogen) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,75$) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,913$) festgestellt werden.

4.2.7. Kraftbildungsgeschwindigkeit Peak RFD₅₀₋₁₀₀

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,303$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test - Varianzen inhomogen) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,619$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,152$) festgestellt werden.

4.2.8. Kraftbildungsgeschwindigkeit Peak RFD₁₀₀₋₂₀₀

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,177$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,201$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,619$, Anm.: Mann-Whitney-U-Test – Varianzen inhomogen) festgestellt werden.

4.2.9. Fazit

Es konnte nur zwischen der ersten und der dritten Messung bei den Parametern Durchschnittskraft in 4s (AVG F 0-4s) und Maximalkraft (Peak F) geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt werden. Jedoch sind diese nur bedingt aussagekräftig, da bei denselben Parametern relativ zur Masse keine Unterschiede auftreten.

4.3. Unterschiede bei den isometrischen Beinkraftdifferenzen zwischen den Messungen

Die Forschungsfrage „Ist ein Unterschied bei den isometrischen Beinkraftdifferenzen zwischen den verschiedenen Messungen (ISO1, ISO2, ISO3) erkennbar?“ wurde mithilfe verschiedener Parameter (Peak F, Peak F per Mass, AVG F 0-4s, AVG F per Mass 0-4s) untersucht. Dabei wurde für jeden Parameter jeweils untersucht, ob es signifikante Unterschiede zwischen

- der ersten und der zweiten Messung (ISO1-ISO2)
- der ersten und der dritten Messung (ISO1-ISO3)
- der zweiten und der dritten Messung (ISO2-ISO3)

gibt.

Die Vorgehensweise sah so aus, dass zuerst die entsprechenden Hypothesen für die jeweiligen Untersuchungen formuliert wurden. Zum Beispiel: „H₀: Die Beinmaximalkraftdifferenzen der Messung1 unterscheiden sich nicht von den Beinmaximalkraftdifferenzen der Messung2.“

„H₁: Die Beinmaximalkraftdifferenzen der Messung1 unterscheiden sich von den Beinmaximalkraftdifferenzen der Messung2.“

Vor Beginn der Auswertung wurde das Signifikanzniveau α auf 5% festgelegt.

Darauffolgend wurde das entsprechende statistische Verfahren (z.B.: Test auf Unterschied mit 2 abhängigen Stichproben → T-Test bei abhängigen Stichproben) ausgewählt und die dafür notwendigen Voraussetzungen (Daten intervallskaliert, Normalverteilung) überprüft.

Für den T-Test für abhängige Stichproben wurden jeweils die Differenzen (=Messpaare) der beiden Stichproben auf Normalverteilung überprüft. Dies geschah wiederum einerseits grafisch mittels Histogramm und andererseits mittels Kolmogorov Smirnov Test, kurz K-S Test. Wenn alle Voraussetzungen erfüllt waren, wurde ein T-Test mit abhängigen Stichproben durchgeführt. Waren die Voraussetzungen nicht erfüllt, so wurde das Ersatzverfahren, der Wilcoxon-Test, angewendet.

4.3.1. Isometrische Maximalkraft

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,339$, Anm.: Wilcoxon-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,281$) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,322$, Anm.: Wilcoxon-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

4.3.2. Isometrische Maximalkraft relativ zur Masse

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,394$, Anm.: Wilcoxon-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,366$) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,394$, Anm.: Wilcoxon-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

4.3.3. Isometrische Durchschnittskraft

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,012$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,085$) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,531$) festgestellt werden.

4.3.4. Isometrische Durchschnittskraft relativ zur Masse

- Differenz ISO1 - ISO2

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,011$) festgestellt werden.

- Differenz ISO1 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,134$) festgestellt werden.

- Differenz ISO2 – ISO3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,398$) festgestellt werden.

4.3.5. Fazit

Es wurden lediglich zwischen der ersten und der zweiten Messung bei den Parametern Beindurchschnittskraftdifferenz in 4s (AVG F 0-4s Leg Diff) und Beindurchschnittskraft in 4s relativ zur Masse (AVG F 0-4s per Mass Leg Diff) signifikante Unterschiede gefunden. Das heißt, die im ermüdeten Zustand direkt nach dem desmodromischen Training aufgetretenen Beindurchschnittskraftdifferenzen in 4s unterscheiden sich signifikant von den Beindurchschnittskraftdifferenzen in 4s im ausgeruhten Zustand.

4.4. Zusammenhang zwischen subjektiven Befinden der Oberschenkelmuskulatur und der isometrischen Maximalkraft

Die Forschungsfrage „Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem subjektiven Befinden der Oberschenkelmuskulatur und der isometrischen Maximalkraft?“ wurde mithilfe von Korrelationen verschiedener Parameter (Peak F, Peak F per Mass & VAS) untersucht. Dabei wurde für jede Messung (ISO1, ISO2 & ISO3) untersucht, ob es signifikante Korrelationen zwischen der Maximalkraft (Peak F bzw. Peak F per Mass) und dem subjektiven Oberschenkelbefinden (VAS) gibt.

Die Vorgehensweise sah so aus, dass zuerst ein Streudiagramm (siehe Abb. 67) erstellt und anschließend der Korrelationskoeffizient (Tab. 84) berechnet wurde. War die Korrelation signifikant, so wurde die Stärke der Korrelation angegeben.

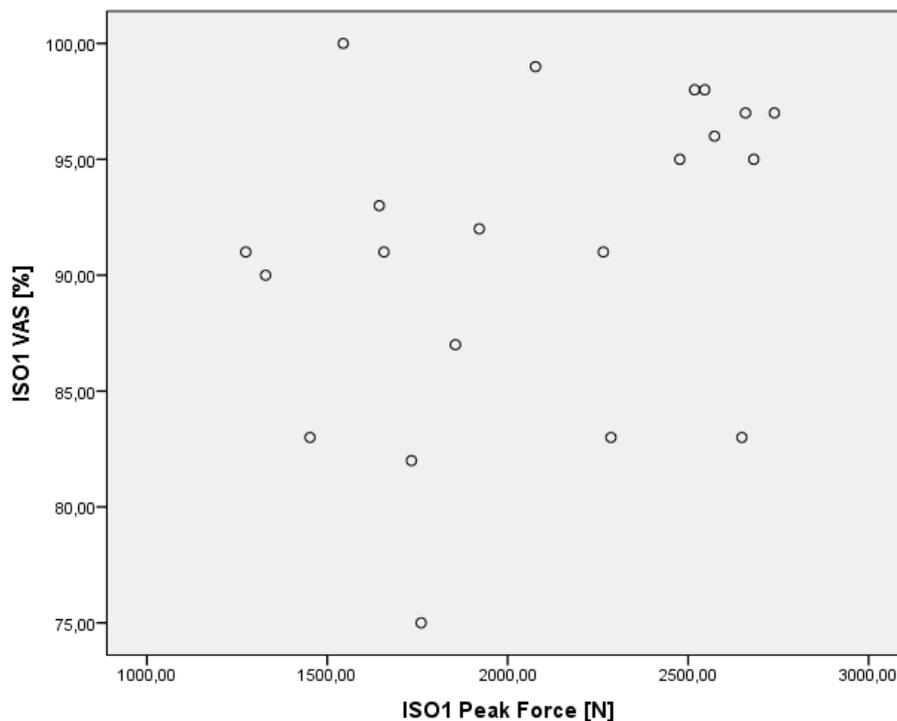


Abb. 67: Streudiagramm

Korrelationen			
		ISO1 VAS [%]	ISO1 Peak Force [N]
ISO1 VAS [%]	Korrelation nach Pearson	1	0,343
	Signifikanz (2-seitig)		0,128
	N	21	21
ISO1 Peak Force [N]	Korrelation nach Pearson	0,343	1
	Signifikanz (2-seitig)	0,128	
	N	21	21

Tab. 84: Korrelationskoeffizient ($r=0,343$)

4.4.1. Korrelation Isometrische Maximalkraft & VAS

- ISO1

Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,128$).

- ISO2

Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,629$).

- ISO3

Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,327$).

4.4.2. Korrelation Isometrische Maximalkraft relativ zur Masse & VAS

- ISO1

Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,298$).

- ISO2

Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,664$).

- ISO3

Korrelation ist nicht signifikant ($p=0,286$).

4.4.3. Fazit

Es konnte keine signifikante Korrelation zwischen den isometrischen Maximalkraftwerten und den Werten der visuellen Analogskala des muskulären Oberschenkelbefindens bei keiner Messung festgestellt werden.

4.5. Unterschiede zwischen exzentrischer und konzentrischer Leistungsminderung während des desmodromischen Trainings

Die Forschungsfrage „Sind während des desmodromischen Trainings Unterschiede zwischen der exzentrischen und konzentrischen Leistungsminderung erkennbar?“ wurde mithilfe verschiedener Parameter (KT Peak F, KT Peak F per Mass, KT AVG Power, KT AVG Power per Mass, KT Work, KT Work per Mass) untersucht. Dabei wurde für jeden Parameter jeweils untersucht, ob es signifikante Unterschiede zwischen

- der ersten und der zweiten Messung (ISO1-ISO2)
- der ersten und der dritten Messung (ISO1-ISO3)
- der zweiten und der dritten Messung (ISO2-ISO3)

gibt.

Die Vorgehensweise sah so aus, dass zuerst die entsprechenden Hypothesen für die jeweiligen Untersuchungen formuliert wurden.

Zum Beispiel:

„H₀: Die Differenz der konzentrischen durchschnittlichen Leistung zwischen Satz1 und Satz2 unterscheidet sich nicht signifikant von der Differenz der exzentrischen durchschnittlichen Leistung zwischen Satz1 und Satz2.“

„H₁: Die Differenz der konzentrischen durchschnittlichen Leistung zwischen Satz1 und Satz2 unterscheidet sich signifikant von der Differenz der exzentrischen durchschnittlichen Leistung zwischen Satz1 und Satz2.“

Vor Beginn der Auswertung wurde das Signifikanzniveau α auf 5% festgelegt.

Darauffolgend wurde das entsprechende statistische Verfahren (z.B.: Test auf Unterschied mit 2 abhängigen Stichproben → T-Test bei abhängigen Stichproben) ausgewählt und die dafür notwendigen Voraussetzungen (Daten intervallskaliert, Normalverteilung) überprüft.

Für den T-Test für abhängige Stichproben wurden jeweils die Differenzen (=Messpaare) der beiden Stichproben auf Normalverteilung überprüft. Dies geschah wiederum einerseits grafisch mittels Histogramm und andererseits mittels Kolmogorov Smirnov Test, kurz K-S Test.

Wenn alle Voraussetzungen erfüllt waren, wurde ein T-Test mit abhängigen Stichproben durchgeführt. Waren die Voraussetzungen nicht erfüllt, so wurde das Ersatzverfahren, der Wilcoxon-Test, angewendet.

4.5.1. Maximalkraft

- Differenz Satz1 – Satz2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,120$) festgestellt werden.

- Differenz Satz1 – Satz3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,009$) festgestellt werden.

- Differenz Satz2 – Satz3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,136$, Anm.: Wilcoxon-Test – Daten nicht normalverteilt) festgestellt werden.

4.5.2. Maximalkraft relativ zur Masse

- Differenz Satz1 – Satz2

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,141$) festgestellt werden.

- Differenz Satz1 – Satz3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,015$) festgestellt werden.

- Differenz Satz2 – Satz3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,147$, Anm.: Wilcoxon-Test – Daten nicht normalverteilt) festgestellt werden.

4.5.3. Durchschnittliche Leistung

- Differenz Satz1 – Satz2

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,0$) festgestellt werden.

- Differenz Satz1 – Satz3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,0$) festgestellt werden.

- Differenz Satz2 – Satz3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,309$) festgestellt werden.

4.5.4. Durchschnittliche Leistung relativ zur Masse

- Differenz Satz1 – Satz2

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,001$, Anm.: Wilcoxon-Test – Daten sind nicht normalverteilt) festgestellt werden.

- Differenz Satz1 – Satz3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,0$) festgestellt werden.

- Differenz Satz2 – Satz3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,335$) festgestellt werden.

4.5.5. Arbeit

- Differenz Satz1 – Satz2

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,001$) festgestellt werden.

- Differenz Satz1 – Satz3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,0$) festgestellt werden.

- Differenz Satz2 – Satz3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,250$) festgestellt werden.

4.5.6. Arbeit relativ zur Masse

- Differenz Satz1 – Satz2

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,008$) festgestellt werden.

- Differenz Satz1 – Satz3

Es konnten signifikanten Unterschiede ($p=0,0$) festgestellt werden.

- Differenz Satz2 – Satz3

Es konnten keine signifikanten Unterschiede ($p=0,260$) festgestellt werden.

4.5.7. Fazit

Auffallend ist, dass zwischen dem zweiten und dem dritten Satz des desmodromischen Trainings keine Unterschiede zwischen der exzentrischen und konzentrischen Leistungsminderung auftreten, weder für die Maximalkraft, die Maximalkraft relativ zur Masse, die Leistung, die Leistung relativ zur Masse, die Arbeit noch für die Arbeit relativ zur Masse. Im Gegenteil dazu konnten zwischen dem ersten und dem zweiten Satz des desmodromischen Trainings, mit Ausnahme der Maximalkraft und der Maximalkraft relativ zur Masse, überall signifikante Unterschiede festgestellt werden. Auch zwischen dem ersten und dem dritten Satz wurden überall, sogar bei den Maximalkraftwerten, signifikante Unterschiede festgestellt.

Somit deutet vieles auf eine unterschiedliche, auf die Arbeitsweise der Muskeln bezogene Ermüdung hin.

4.6. Zusammenhang zwischen der Leistungsminderung des desmodromischen Trainings und der Leistungsminderung der isometrischen Messungen

Die Forschungsfrage „Gibt es einen Zusammenhang zwischen der Leistungsminderung des desmodromischen Trainings und der Leistungsminderung der isometrischen Kraftmessungen?“ wurde wie folgt untersucht. Für die Berechnung der Leistungsminderung des desmodromischen Trainings werden die Differenzen der Kraft, der Leistung und der Arbeit vom ersten und dritten Satz des Trainings gebildet. Die Leistungsminderung des Krafttrainings wurde sowohl gesamt als auch exzentrisch und konzentrisch berechnet.

Diese Differenzen wurden anschließend mit den Differenzen der Maximalkraft und der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit von der ersten und der zweiten isometrischen Messung verglichen.

Es wurde wiederum zuerst ein Streudiagramm erstellt und anschließend der Korrelationskoeffizient berechnet. War die Korrelation signifikant, so wurde die Stärke der Korrelation angegeben.

4.6.1. Korrelation der Leistungsminderung der Maximalkraft des Krafttrainings und der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen

Es wurde untersucht, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Leistungsminderung der Maximalkraft des desmodromischen Trainings (KT Diff Peak F [N] S1-S3) und der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen (Diff Peak F ISO1-ISO2 [N]) existiert.

- Gesamt

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,017$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,542$) festgestellt.

- Exzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,017$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,542$) festgestellt.

- Konzentrisch

Es wurde keine signifikante Korrelation ($p=0,399$) festgestellt.

4.6.2. Korrelation der Leistungsminderung der Maximalkraft des Krafttrainings und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen

Es wurde untersucht, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Leistungsminderung der Maximalkraft des desmodromischen Trainings (KT Diff Peak F [N] S1-S3) und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen (Diff Peak RFD 50ms ISO1-ISO2 [N/s]) existiert.

- Gesamt

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,046$) mit geringem Zusammenhang ($r=0,463$) festgestellt.

- Exzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,046$) mit geringem Zusammenhang ($r=0,463$) festgestellt.

- Konzentrisch

Es wurde keine signifikante Korrelation ($p=0,966$) festgestellt.

4.6.3. Korrelation der Leistungsminderung der Maximalleistung des Krafttrainings und der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen

Es wurde untersucht, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Leistungsminderung der Maximalleistung des desmodromischen Trainings (KT Diff Peak Power [W] S1-S3) und der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen (Diff Peak F ISO1-ISO2 [N]) existiert.

- Gesamt

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,018$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,534$) festgestellt.

- Exzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,017$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,539$) festgestellt.

- Konzentrisch

Es wurde keine signifikante Korrelation ($p=0,377$) festgestellt.

4.6.4. Korrelation der Leistungsminderung der Maximalleistung des Krafttrainings und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen

Es wurde untersucht, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Leistungsminderung der Maximalleistung des desmodromischen Trainings (KT Diff Peak Power [W] S1-S3) und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen (Diff Peak RFD 50ms ISO1-ISO2 [N/s]) existiert.

- Gesamt

Es wurde keine signifikante Korrelation ($p=0,055$) festgestellt.

- Exzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,047$) mit geringem Zusammenhang ($r=0,461$) festgestellt.

- Konzentrisch

Es wurde keine signifikante Korrelation ($p=0,953$) festgestellt.

4.6.5. Korrelation der Leistungsminderung der Durchschnittsleistung des Krafttrainings und der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen

Es wurde untersucht, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Leistungsminderung der Durchschnittsleistung des desmodromischen Trainings (KT Diff AVG Power [W] S1-S3) und der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen (Diff Peak F ISO1-ISO2 [N]) existiert.

- Gesamt

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,003$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,651$) festgestellt.

- Exzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,006$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,601$) festgestellt.

- Konzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,004$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,633$) festgestellt.

4.6.6. Korrelation der Leistungsminderung der Durchschnittsleistung des Krafttrainings und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen

Es wurde untersucht, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Leistungsminderung der Maximalleistung des desmodromischen Trainings (KT Diff AVG Power [W] S1-S3) und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen (Diff Peak RFD 50ms ISO1-ISO2 [N/s]) existiert.

- Gesamt

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,017$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,54$) festgestellt.

- Exzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,009$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,58$) festgestellt.

- Konzentrisch

- Es wurde keine signifikante Korrelation ($p=0,065$) festgestellt.

4.6.7. Korrelation der Leistungsminderung der Arbeit des Krafttrainings und der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen

Es wurde untersucht, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Leistungsminderung der Durchschnittsleistung des desmodromischen Trainings (KT Diff Work [J] S1-S3) und der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen (Diff Peak F ISO1-ISO2 [N]) existiert.

- Gesamt

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,001$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,681$) festgestellt.

- Exzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,004$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,626$) festgestellt.

- Konzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,001$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,678$) festgestellt.

4.6.8. Korrelation der Leistungsminderung der Arbeit des Krafttrainings und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen

Es wurde untersucht, ob eine signifikante Korrelation zwischen der Leistungsminderung der Maximalleistung des desmodromischen Trainings (KT Diff Work [J] S1-S3) und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen (Diff Peak RFD 50ms ISO1-ISO2 [N/s]) existiert.

- Gesamt

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,022$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,523$) festgestellt.

- Exzentrisch

Es wurde eine signifikante Korrelation ($p=0,017$) mit mittlerem Zusammenhang ($r=0,538$) festgestellt.

- Konzentrisch

Es wurde keine signifikante Korrelation ($p=0,953$) festgestellt.

4.6.9. Fazit

Es konnten Korrelationen zwischen der Leistungsminderung beim Krafttraining und der Leistungsminderung bei den isometrischen Messungen festgestellt werden. Diese Korrelationen waren von geringer oder mittlerer Stärke.

Interessant ist, dass bei der Leistungsminderung der Maximalkraft bzw. der Maximalleistung des Krafttrainings in Korrelation mit der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen zwar exzentrisch ein signifikanter Zusammenhang besteht, aber nicht konzentrisch.

Im Gegensatz dazu bestehen bei der Leistungsminderung der Durchschnittsleistung des Krafttrainings und der Arbeit, verglichen mit der Leistungsminderung der Maximalkraft der isometrischen Messungen, sowohl gesamt als auch exzentrisch und konzentrisch wiederum signifikante Zusammenhänge von mittlerer Stärke.

Vergleicht man nun die Leistungsminderungen der Parameter des Krafttrainings mit der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit Peak RFD₅₀ so stellt man fest, dass wiederum exzentrisch bei allen Parametern des Krafttrainings signifikante Zusammenhänge von mittlerer oder geringer Stärke bestehen. Im Gegensatz dazu gibt es konzentrisch keinen einzigen signifikanten Zusammenhang zwischen den

Leistungsminderungen der Parameter des Krafttrainings und der Leistungsminderung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit der isometrischen Messungen.

Somit könnte man meinen, dass es Zusammenhänge zwischen der Leistungsminderung des Krafttrainings und der Leistungsminderung der isometrischen Messungen gibt, diese treten jedoch zumeist nur exzentrisch und nicht konzentrisch auf.

5. Zusammenfassung

Es konnten im Rahmen dieser Studie signifikante Unterschiede zwischen der ersten und der zweiten isometrischen Messung bei fast allen Parametern für alle Stichproben festgestellt werden. Die Ausnahme war der Parameter RFD_{0-50} , welcher, wie von Maffiuletti (2016) bereits beschrieben, nur wenig zuverlässig ist. Des Weiteren wurde festgestellt, dass die Werte des Parameters RFD_{50-100} sehr den Werten des Parameters Peak RFD_{50} ähneln. Dies bestätigt auch wiederum Maffiuletti, der davon ausgeht, dass die maximale Kraftbildungsgeschwindigkeit zumeist im Zeitraum von 50-100ms auftritt, was auch in dieser Arbeit bestätigt werden konnte.

Es konnten auch signifikante Unterschiede zwischen der ersten und der dritten Messung (ISO1 und ISO3) für alle Kraftparameter, jedoch nicht für die Kraftbildungsgeschwindigkeit RFD_{50-100} , festgestellt werden. Das deutet darauf hin, dass sich durch eine Regenerationspause vor allem die Kraftbildungsgeschwindigkeit verbessert, aber nicht die restlichen gemessenen Kraftparameter.

Bezüglich den geschlechterspezifischen Unterschieden bei der Leistungsminderung für die isometrischen Messungen konnte nur zwischen der ersten und der dritten Messung bei den Parametern Durchschnittskraft in 4s (AVG F 0-4s) und Maximalkraft (Peak F) geschlechtsspezifische Unterschiede festgestellt werden. Jedoch sind diese nur bedingt aussagekräftig, da bei denselben Parametern relativ zur Masse keine Unterschiede auftreten.

Bei der Untersuchung der Beinkraftdifferenzen zwischen den isometrischen Messungen konnten nur zwischen der ersten und der zweiten Messung (ISO1 und ISO2) bei den Parametern Beindurchschnittskraftdifferenz in 4s (AVG F 0-4s Leg Diff) und Beindurchschnittskraft in 4s relativ zur Masse (AVG F 0-4s per Mass Leg Diff) signifikante Unterschiede gefunden werden. Das heißt, die im ermüdeten Zustand direkt nach dem desmodromischen Training aufgetretenen Beindurchschnittskraftdifferenzen in 4s unterscheiden sich signifikant von den Beindurchschnittskraftdifferenzen in 4s im ausgeruhten Zustand.

Bezüglich der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem subjektiven Oberschenkelmuskelbefinden und den isometrischen Maximalkraftwerten konnten keine signifikanten Korrelationen festgestellt werden. Somit hat das subjektive Befinden der Oberschenkelmuskulatur nur wenig Aussagekraft für die tatsächlich erbrachten Maximalkraftwerte. Wobei hier erwähnt werden muss, dass die Probanden und Probandinnen bei der zweiten Einschätzung direkt nach dem desmodromischen Training erwähnt hatten, dass die Einschätzung des Oberschenkelmuskelbefindens relativ

schwierig sei, ohne zwischendurch aufzustehen. Denn erst nach der zweiten isometrischen Messung durften die Probanden und Probandinnen vom IsoMed2000 herunter und aufstehen. Erst hier merkten sie teilweise die Ermüdung der vorderen Oberschenkelmuskulatur.

Bei der Analyse der Unterschiede der exzentrischen und konzentrischen Leistungsminderung beim desmodromischen Training ist aufgefallen, dass vor allem zwischen dem ersten und dem zweiten bzw. dem ersten und dem dritten Satz fast für alle Parameter signifikante Unterschiede festgestellt wurden. Es deutet somit vieles auf eine unterschiedliche, auf die Arbeitsweise der Muskeln bezogene Ermüdung hin. Betrachtet man die Ergebnisse im Kapitel 3.4, so stellt man fest, dass die relative Leistungsminderung bei der exzentrischen Arbeitsweise größer ist als bei der konzentrischen.

Abschließend konnten auch noch Korrelationen für die Leistungsminderung vom ersten zum dritten Satz beim desmodromischen Training und für die Leistungsminderung von der ersten zur zweiten isometrischen Messung festgestellt werden. Im Zusammenhang mit der Leistungsminderung der Maximalkraft bei den isometrischen Messungen konnte ermittelt werden, dass exzentrisch bei allen getesteten Parametern des desmodromischen Krafttrainings signifikante Korrelationen von mittlerer Stärke auftraten. Konzentrisch hingegen waren für die Parameter der Maximalkraft und Maximalleistung die Korrelationen nicht signifikant.

Im Zusammenhang mit der Leistungsminderung der Kraftbildungsgeschwindigkeit bei den isometrischen Messungen stellte sich heraus, dass beim desmodromischen Krafttraining nur exzentrisch signifikante Korrelationen existieren. Konzentrisch war keine einzige Korrelation für die Parameter signifikant.

Es treten also vor allem bei der exzentrischen Arbeitsweise des desmodromischen Trainings Korrelationen für die Leistungsminderung mit den isometrischen Messungen auf.

Literaturverzeichnis

- Abãidia, A.-E., Delecroix, B., Leduc, C., Lamblin, J., McCall, A., Baquet, G., & Dupont, G. (2016). Effects of a strength training session after an exercise inducing muscle damage on recovery kinetics: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001479>
- Ahonen, J. (2003). *Sportmedizin und Trainingslehre: mit 22 Tabellen* (2. Aufl.). Stuttgart [u.a.]: Schattauer.
- Ahonen, J. (2008). *Sportmedizin und Trainingslehre*. Schattauer Verlag.
- Allen, D. G. (2001). Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 311–319. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.2001.00833.x>
- Al-Nawaiseh, A. M., Pritchett, R. C., & Bishop, P. A. (2016). Enhancing Short-Term Recovery After High-Intensity Anaerobic Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(2), 320–325.
- Beck, T. W., Kasishke, P. R., Stock, M. S., & DeFreitas, J. M. (2012). Neural Contributions to Concentric vs. Eccentric Exercise-Induced Strength Loss: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 633–640. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182474296>
- Bijur, P. E., Silver, W., & Gallagher, E. J. (2001). Reliability of the Visual Analog Scale for Measurement of Acute Pain. *Academic Emergency Medicine*, 8(12), 1153–1157. <https://doi.org/10.1111/j.1553-2712.2001.tb01132.x>
- Bishop, P. A., Jones, E., & Woods, A. K. (2008). Recovery from training: a brief review: brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 22(3), 1015–24. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816eb518>
- Bishop, P., Cureton, K., & Collins, M. (1987). Sex difference in muscular strength in equally-trained men and women. *Ergonomics*, 30(4), 675–687. <https://doi.org/10.1080/00140138708969760>
- Clark, B. C., Collier, S. R., Manini, T. M., & Ploutz-Snyder, L. L. (2005). Sex differences in muscle fatigability and activation patterns of the human quadriceps femoris. *European Journal of Applied Physiology*, 94(1–2), 196–206. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1293-0>

- Clark, B. C., Manini, T. M., Thé, D. J., Doldo, N. A., & Ploutz-Snyder, L. L. (2003). Gender differences in skeletal muscle fatigability are related to contraction type and EMG spectral compression. *Journal of Applied Physiology*, *94*(6), 2263–2272. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00926.2002>
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, *81*(11), S52–S69.
- Findeisen, D. G. R. (1980). *Grundlagen der Sportmedizin: für Studenten, Sportlehrer und Trainer. [1] : [Hauptbd.]. Mit programmierten Lernteil und 40 Tabellen* (2., durchges. Aufl.). Leipzig: Barth.
- Fisher, J. P., Carlson, L., & Steele, J. (2016). The effects of muscle action, repetition duration, and loading strategies of a whole-body, progressive resistance training programme on muscular performance and body composition in trained males and females. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *41*(10), 1064–1070. <https://doi.org/10.1139/apnm-2016-0180>
- Friedmann, B., Kinscherf, R., Vorwald, S., Müller, H., Kucera, K., Borisch, S., ... Billeter, R. (2004). Muscular adaptations to computer-guided strength training with eccentric overload. *Acta Physiologica Scandinavica*, *182*(1), 77–88. <https://doi.org/10.1111/j.1365-201X.2004.01337.x>
- Friedrich, W. (2011). *Optimale Regeneration im Sport: der Schlüssel zum Erfolg für Freizeit- und Leistungssportler*. Balingen: Spitta.
- Froyd, C., Millet, G. Y., & Noakes, T. D. (2013). The development of peripheral fatigue and short-term recovery during self-paced high-intensity exercise. *The Journal of Physiology*, *591*(5), 1339–1346. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.245316>
- Fulco, Rock, Muza, Lammi, Cymerman, Butterfield, ... Lewis. (1999). Slower fatigue and faster recovery of the adductor pollicis muscle in women matched for strength with men. *Acta Physiologica Scandinavica*, *167*(3), 233–239. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201x.1999.00613.x>
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and Supraspinal Factors in Human Muscle Fatigue. *Physiological Reviews*, *81*(4), 1725–1789.
- González-Badillo, J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Ribas, J., López-López, C., Mora-Custodio, R., ... Pareja-Blanco, F. (2015). Short-term Recovery Following Resistance Exercise Leading or not to Failure. *International Journal of Sports Medicine*, *37*(04), 295–304. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1564254>
- Grigereit, A. (1996). *Regeneration nach sportlicher Belastung.: Eine Meta-Analyse über Möglichkeiten der Intervention durch gezielte Maßnahmen*. LinguaMed-Verlag-GmbH.

- Hitchcock, H. C. (1989). Recovery of short-term power after dynamic exercise. *Journal of Applied Physiology*, 67(2), 677–681.
- Hubal, M. J., Rubinstein, S. R., & Clarkson, P. M. (2008). Muscle function in men and women during maximal eccentric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1332–1338.
- KIM, S., KIM, J., LEE, Y., SEO, M. K., & SUNG, D. J. (2016). Anti-Fatigue Effects of Acute Red Ginseng Intake in Recovery from Repetitive Anaerobic Exercise. *Iranian Journal of Public Health*, 45(3), 387–389.
- Lattier, G., Millet, G. Y., Martin, A., & Martin, V. (2004a). Fatigue and Recovery After High-Intensity Exercise Part I: Neuromuscular Fatigue. *International Journal of Sports Medicine*, 25(6), 450–456. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820939>
- Lattier, G., Millet, G. Y., Martin, A., & Martin, V. (2004b). Fatigue and Recovery After High-Intensity Exercise Part II: Recovery Interventions. *International Journal of Sports Medicine*, 25(7), 509–515. <https://doi.org/10.1055/s-2004-820946>
- Laurent, C. M., Green, J. M., Bishop, P. A., Sjökvist, J., Schumacker, R. E., Richardson, M. T., & Curtner-Smith, M. (2010). Effect of gender on fatigue and recovery following maximal intensity repeated sprint performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 50(3), 243–253.
- Legpress athletic Einführung. (o. J.). Abgerufen 3. November 2016, von http://www.isomed2000.de/prod.lp.intro.php?lc=de_il
- Mika, A., Oleksy, Ł., Kielnar, R., Wodka-Natkaniec, E., Twardowska, M., Kamiński, K., & Małek, Z. (2016a). Comparison of Two Different Modes of Active Recovery on Muscles Performance after Fatiguing Exercise in Mountain Canoeist and Football Players. *PLOS ONE*, 11(10), e0164216. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164216>
- Mika, A., Oleksy, Ł., Kielnar, R., Wodka-Natkaniec, E., Twardowska, M., Kamiński, K., & Małek, Z. (2016b). Comparison of Two Different Modes of Active Recovery on Muscles Performance after Fatiguing Exercise in Mountain Canoeist and Football Players. *PLOS ONE*, 11(10), e0164216. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164216>
- Morales-Alamo, D., Losa-Reyna, J., Torres-Peralta, R., Martin-Rincon, M., Perez-Valera, M., Curtelin, D., ... Calbet, J. A. L. (2015). What limits performance during whole-body incremental exercise to exhaustion in humans? *The Journal of Physiology*, 593(20), 4631–4648. <https://doi.org/10.1113/JP270487>
- Newham, D. J., Jones, D. A., & Clarkson, P. M. (1987). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *Journal of applied physiology*, 63(4), 1381–1386.

- Rahbek, S. K., Farup, J., Paoli, F. de, & Vissing, K. (2015). No differential effects of divergent isocaloric supplements on signaling for muscle protein turnover during recovery from muscle-damaging eccentric exercise. *Amino Acids*, *47*(4), 767–778. <https://doi.org/10.1007/s00726-014-1907-8>
- Rezaei, M., Ebrahimi-Takamjani, I., Jamshidi, A. A., Vassaghi-Gharamaleki, B., Hedayatpour, N., & Havaei, N. (2014). Effect of eccentric exercise-induced muscle damage on electromyographic activity of quadriceps in untrained healthy females. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*, *28*, 154.
- Salis-Soglio, G. F. von. (2015). Die Neutral-0-Methode: Mit Längen- und Umfangsmessung (2016.). Berlin ; Heidelberg: Springer.
- Sargeant, A. J., & Dolan, P. (1987). Effect of prior exercise on maximal short-term power output in humans. *Journal of Applied Physiology*, *63*(4), 1475–1480.
- Sayers, S. P., & Clarkson, P. M. (2001). Force recovery after eccentric exercise in males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *84*(1–2), 122–126. <https://doi.org/10.1007/s004210000346>
- Sayers, S. P., & Clarkson, P. M. (o. J.). Force recovery after eccentric exercise in males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *84*(1–2), 122–126. <https://doi.org/10.1007/s004210000346>
- Sjökvist, J., Laurent, M. C., Richardson, M., Curtner-Smith, M., Holmberg, H.-C., & Bishop, P. A. (2011). Recovery from high-intensity training sessions in female soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *25*(6), 1726–1735.
- Stults-Kolehmainen, M. A., & Bartholomew, J. B. (2012). Psychological Stress Impairs Short-Term Muscular Recovery from Resistance Exercise: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *44*(11), 2220–2227. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31825f67a0>
- Weineck, J. (2010). *Optimales Training: leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (16., durchges. Aufl.). Balingen: Spitta. Abgerufen von http://medizin.spitta.de/Sport/145_index.html
- Ye, X., Beck, T. W., & Wages, N. P. (2015). Acute Effects of Concentric vs. Eccentric Exercise on Force Steadiness and Electromyographic Responses of the Forearm Flexors: *Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(3), 604–611. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000674>

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Komponenten der Trainingsbelastung (Weineck & Weineck, 2005, S. 27).....	15
Abb. 2: Zeitlicher Ablauf der Testung (selbst erstellt)	23
Abb. 3: Getriebestufen bei Legpress athletic Modul („Legpress athletic Einführung“).....	25
Abb. 4: Getriebestufen am IsoMed 2000 Leg press ahtletic modul (selbst erstellt).....	26
Abb. 5: Positionierung Testperson am IsoMed 2000 (selbst erstellt)	28
Abb. 6: Mess- & Trainingsblöcke der Testung am IsoMed 2000 (selbst erstellt).....	29
Abb. 7: Kniewinkel bei der isometrischen Messung (selbst erstellt).....	30
Abb. 8: Digitaler Goniometer zur Feststellung der Kniewinkel (selbst erstellt)	30
Abb. 9: Countdown bis zum Start der Messung/des Trainings (selbst erstellt)	31
Abb. 10: Mess- & Trainingsblöcke der Testung am IsoMed 2000 (selbst erstellt).....	31
Abb. 11: Bildschirmansicht während eines Trainings (1. Wiederholung im 2. Satz) (selbst erstellt).....	33
Abb. 12: Trigger zur Freigabe der Bewegung im Training (selbst erstellt)	33
Abb. 13: Probandin beim desmodromischen Krafttraining – Bewegung wird manuell ausgelöst (selbst erstellt)	34
Abb. 14: Visuelle Analogskala für das Befinden der vorderen Oberschenkelmuskulatur für den Messzeitpunkt A (selbst erstellt).....	35
Abb. 15: Formel für die Relativkraft (selbst erstellt mit http://quicklatex.com/)	38
Abb. 16: Abb. 17: Formel für Explosivkraft (selbst erstellt mit http://quicklatex.com/)	39
Abb. 18: Anfängliches absolutes Messrauschen [N] von 0-500ms einer isometrische Messung von Probandin X (selbst erstellt)	40
Abb. 19: Anfängliches relatives Messrauschen [% MVC] von 0-500ms einer isometrische Messung von Probandin X (selbst erstellt)	41
Abb. 20: Kraft-Zeit-Verlauf von 350-800ms der Probandin X mit den Zeitpunkten für den jeweiligen Kontraktionsbeginn der Messung (selbst erstellt)	42
Abb. 21: Prinzip des desmodromischen Krafttrainings: Gegen einen maschinell bewegten Widerstand (Kraftmessplatte) wird ständig Druck ausgeübt. Bewegungsarten: konzentrisch & exzentrisch (selbst erstellt)	46
Abb. 22: Formel für Leistung einer Kraft (selbst erstellt mit http://quicklatex.com/)	49
Abb. 23: Formel für Leistung einer Kraft [N] mit Geschwindigkeit in 1/10mm pro s (selbst erstellt mit http://quicklatex.com/)	49
Abb. 24: Beispielrechnung für die Leistung (selbst erstellt mit http://quicklatex.com/) ...	49
Abb. 25: Umformung der Formel für die Leistung zur Formel für die Arbeit (selbst erstellt mit http://quicklatex.com/)	53
Abb. 26: Beispielrechnung für die verrichtete Arbeit in 5ms (selbst erstellt mit http://quicklatex.com/)	54
Abb. 27: Programm TransformData_ISOMED2000v2.exe für die Extraktion & Transformation der Daten aus den Textdokumenten in strukturierte, Komma getrennte CSV-Dokumente (selbst erstellt)	56
Abb. 28: Prozess der Datenerfassung für eine Person (selbst erstellt, Excel Logo & TXT- Logo aus einer Google-Suche)	57
Abb. 29: Prozess des Zusammenführens der Daten der einzelnen Testpersonen (selbst erstellt, Excel Logo & SPSS-Logo aus einer Google-Suche).....	58
Abb. 30: Boxplot - Mittleres subjektives Befinden der vorderen Oberschenkelmuskulatur [%]	62
Abb. 31: Boxplot – Mittelwerte der Maximalkraftwerte (beide Beine, rechts, links)	64
Abb. 32: Boxplot – Mittelwerte der maximalen Kraftdifferenzen der Beine	64
Abb. 33: Boxplot – Geschlechtergetrennte mittlere Maximalkraftwerte (beide Beine, rechts, links)	68
Abb. 34: Boxplot – Geschlechtergetrennte Mittelwerte der maximalen Kraftdifferenzen der Beine	68
Abb. 35: Boxplot – Mittlere relative Maximalkraftwerte	70

Abb. 36: Boxplot –Mittelwerte der relativen maximalen Kraftdifferenzen der Beine	70
Abb. 37: Boxplot –Mittlere relative maximale Kraftdifferenzen der Beine Männer vs. Frauen	72
Abb. 38: Boxplot – Mittlere relative Maximalkraftwerte Männer vs. Frauen	73
Abb. 39: Boxplot – Kraftbildungsgeschwindigkeit RFD (max., 0-50ms, 50-100ms & 100-200ms)	75
Abb. 40: Boxplot – RFD 0-50ms	75
Abb. 41: Boxplot – Kraftbildungsgeschwindigkeiten RFD der Frauen.....	77
Abb. 42: Boxplot – Kraftbildungsgeschwindigkeiten RFD der Männer.....	78
Abb. 43: Boxplot – Durchschnittskraft in 4s (linkes, rechtes & beide Beine)	81
Abb. 44: Boxplot – Durchschnittliche Kraftdifferenzen beider Beine in 4s.....	81
Abb. 45: Boxplot – Durchschnittskraft in 4s pro Messung (linkes, rechtes & beide Beine) Männer vs. Frauen.....	83
Abb. 46: Boxplot - Durchschnittliche Kraftdifferenzen beider Beine in 4s Männer vs. Frauen	84
Abb. 47: Boxplot – Mittelwerte der relativen Durchschnittskraftwerte in 4s pro Messung ..	86
Abb. 48: Boxplot – Mittelwerte der relativen durchschnittlichen Kraftdifferenzen pro Messung.....	87
Abb. 49: Boxplot – Relative Durchschnittskraft in 4s pro Messung Männer vs. Frauen	90
Abb. 50: Boxplot – Maximalkraft pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	92
Abb. 51: Boxplot – Maximalkraft pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen	95
Abb. 52: Boxplot – Maximalkraft relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	100
Abb. 53: Boxplot – Maximalkraft relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen.....	102
Abb. 54: Boxplot – Maximalleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	104
Abb. 55: Boxplot – Maximalleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen.....	107
Abb. 56: Boxplot – Maximalleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	111
Abb. 57: Boxplot – Maximalleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen.....	113
Abb. 58: Boxplot – Durchschnittsleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) ..	115
Abb. 59: Boxplot – Durchschnittsleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen.....	118
Abb. 60: Boxplot – Durchschnittsleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	122
Abb. 61: Boxplot – Durchschnittsleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen.....	124
Abb. 62: Boxplot – Arbeit pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	126
Abb. 63: Boxplot – Arbeit pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen	129
Abb. 64: Boxplot – Arbeit pro Satz relativ zur Masse (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	132
Abb. 65: Boxplot – Arbeit relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) Männer vs. Frauen.....	135
Abb. 66: Histogramm Differenz der Maximalkraft ISO1-ISO2.....	138
Abb. 67: Streudiagramm	151

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Parameterbeschreibung und -benennung des visuellen Oberschenkelbefindens (selbst erstellt)	36
Tab. 2: Parameterbeschreibung und -benennung der isometrischen Maximalkraft in SPSS (selbst erstellt)	37
Tab. 3: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen isometrischen Maximalkraft in SPSS (selbst erstellt)	38
Tab. 4: Tabellenausschnitt einer Probandenauswertung des Tabellenblatts Werte – gelb markiert sind die Zeitpunkte t_0 des jeweiligen Kontraktionsbeginn der isometrischen Messung (selbst erstellt)	41
Tab. 5: Parameterbeschreibung und -benennung des Kraftanstiegs (RFD) in SPSS (selbst erstellt).....	42
Tab. 6: Parameterbeschreibung und -benennung der durchschnittlichen Kraft 0-4s in SPSS (selbst erstellt)	43
Tab. 7: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen durchschnittlichen Kraft 0-4s in SPSS (selbst erstellt).....	44
Tab. 8: Parameterbeschreibung und -benennung der Maximalkraft beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt).....	47
Tab. 9: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen Maximalkraft beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)	48
Tab. 10: Parameterbeschreibung und -benennung der Maximalleistung beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)	50
Tab. 11: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen Maximalleistung beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)	51
Tab. 12: Parameterbeschreibung und -benennung der Durchschnittsleistung beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)	52
Tab. 13: Parameterbeschreibung und -benennung der Durchschnittsleistung beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)	53
Tab. 14: Parameterbeschreibung und -benennung der Gesamtarbeit beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt).....	54
Tab. 15: Parameterbeschreibung und -benennung der relativen Gesamtarbeit beim Krafttraining in SPSS (selbst erstellt)	55
Tab. 16: Deskriptive Darstellung der personenbezogenen Daten	59
Tab. 17: Deskriptive Darstellung der personenbezogenen Daten der männlichen Probanden.....	60
Tab. 18: Deskriptive Darstellung der personenbezogenen Daten der weiblichen Probanden.....	60
Tab. 19: Deskriptive Darstellung der personenbezogenen Daten ohne die beiden männlichen Probanden, bei denen die Datenaufzeichnung beim desmodromischen Training fehlschlug.....	61
Tab. 20: Deskriptive Darstellung des subjektiven Oberschenkelbefindens direkt vor den isometrischen Messungen (ISO1, ISO2 & ISO3).....	61
Tab. 21: Deskriptive Darstellung der Differenzen des subjektiven Oberschenkelbefindens zweier Zeitpunkte.....	62
Tab. 22: Deskriptive Darstellung der Maximalkraft beider Beine, rechtes Bein & linkes Bein und maximale Kraftdifferenzen der Beine	64
Tab. 23: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalkraft beider Beine, rechtes Bein & linkes Bein und maximale Kraftdifferenzen der Beine	67
Tab. 24: Deskriptive Darstellung der relativen Maximalkraft beider Beine und relative maximale Kraftdifferenzen der Beine	69
Tab. 25: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der relativen Maximalkraft beider Beine und relativen maximalen Kraftdifferenzen der Beine	72
Tab. 26: Relative Kraftbildungsgeschwindigkeiten	74

Tab. 27: Deskriptive Darstellung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit und der Kraftbildungsgeschwindigkeiten für 0-50ms,50-100ms,100-200ms.....	75
Tab. 28: Relative Kraftbildungsgeschwindigkeiten der Frauen	76
Tab. 29: Relative Kraftbildungsgeschwindigkeiten der Männer	76
Tab. 30: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der maximalen Kraftbildungsgeschwindigkeit und der Kraftbildungsgeschwindigkeiten für 0-50ms,50-100ms,100-200ms	79
Tab. 31: Deskriptive Darstellung der Durchschnittskraft in 4s beider Beine, des linken & des rechten Beins + Durchschnittliche Differenzen beider Beine in 4s	81
Tab. 32: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Durchschnittskraft in 4s beider Beine, des linken & des rechten Beins + Durchschnittliche Kraftdifferenzen beider Beine in 4s.....	85
Tab. 33: Deskriptive Darstellung der relativen Durchschnittskraft in 4s beider Beine + durchschnittliche relative Kraftdifferenzen beider Beine in 4s.....	87
Tab. 34: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der relativen Durchschnittskraft in 4s beider Beine + durchschnittliche relative Kraftdifferenzen beider Beine in 4s	89
Tab. 35: Deskriptive Darstellung der Maximalkraft pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	91
Tab. 36: Relative Maximalkraftunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch	93
Tab. 37: Relative Maximalkraftminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	93
Tab. 38: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalkraft pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	94
Tab. 39: Relative Maximalkraftunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Frauen	96
Tab. 40: Relative Maximalkraftunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Männer	96
Tab. 41: Relative Maximalkraft (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Frauen	98
Tab. 42: Relative Maximalkraft (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Männer	98
Tab. 43: Absolute und relative Differenzen der Maximalkräfte (Männer – Frauen)	99
Tab. 44: Deskriptive Darstellung der Maximalkraft relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	100
Tab. 45: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalkraft relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	101
Tab. 46: Absolute und relative Differenzen der Maximalkräfte relativ zur Masse (Männer – Frauen).....	103
Tab. 47: Deskriptive Darstellung der Maximalleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	104
Tab. 48: Relative Maximalleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch	105
Tab. 49: Relative Maximalleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	105
Tab. 50: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	106
Tab. 51: Relative Maximalleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Frauen	107
Tab. 52: Relative Maximalleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Männer	108
Tab. 53: Relative Maximalleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Frauen	109
Tab. 54: Relative Maximalleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Männer	109
Tab. 55: Absolute und relative Differenzen der Maximalleistung (Männer – Frauen)....	110
Tab. 56: Deskriptive Darstellung der Maximalleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	111
Tab. 57: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Maximalleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	112
Tab. 58: Absolute und relative Differenzen der Maximalleistungen relativ zur Masse (Männer – Frauen).....	114

Tab. 59: Deskriptive Darstellung der Durchschnittsleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	115
Tab. 60: Relative Durchschnittsleistungsunterschiede - exzentrisch vs. konzentrisch ...	116
Tab. 61: Relative Durchschnittsleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	116
Tab. 62: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Durchschnittsleistung pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	117
Tab. 63: Relative Durchschnittsleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Frauen	119
Tab. 64: Relative Durchschnittsleistungsunterschiede exzentrisch vs. konzentrisch der Männer	119
Tab. 65: Relative Durchschnittsleistungsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch) der Frauen	120
Tab. 66: Relative Durchschnittsleistungsminderung der Männer (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	120
Tab. 67: Absolute und relative Differenz der Durchschnittsleistungen (Männer – Frauen)	121
Tab. 68: Deskriptive Darstellung der Durchschnittsleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	122
Tab. 69: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Durchschnittsleistung relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	123
Tab. 70: Absolute und relative Differenzen der Durchschnittsleistungen relativ zur Masse (Männer – Frauen).....	125
Tab. 71: Deskriptive Darstellung der Arbeit pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	126
Tab. 72: Relative Unterschiede in der Arbeit - exzentrisch vs. konzentrisch.....	127
Tab. 73: Relative Arbeitsminderung (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	127
Tab. 74: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Arbeit pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	128
Tab. 75: Relative Unterschiede in der Arbeit der Frauen - exzentrisch vs. konzentrisch	129
Tab. 76: Relative Unterschiede in der Arbeit der Männer - exzentrisch vs. konzentrisch	130
Tab. 77: Relative Minderung der Arbeit der Frauen (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	130
Tab. 78: Relative Minderung der Arbeit der Männer (gesamt, exzentrisch, konzentrisch)	130
Tab. 79: Absolute und relative Differenz der Durchschnittsleistungen (Männer – Frauen)	131
Tab. 80: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Arbeit relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	133
Tab. 81: Deskriptive geschlechtergetrennte Darstellung der Arbeit relativ zur Masse pro Satz (gesamt, exzentrisch, konzentrisch).....	134
Tab. 82: Absolute und relative Differenzen der Durchschnittsleistungen relativ zur Masse (Männer – Frauen).....	135
Tab. 83: K-S Test – Prüfung auf Normalverteilung – Daten sind normalverteilt.....	138
Tab. 84: Korrelationskoeffizient ($r=0,343$)	151

Anhang

Probanden- /Probandinneninformation und Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie

Auswirkungen eines stark ermüdenden desmodromischen Krafttrainings auf die Kraftleistungsfähigkeit

Sehr geehrte Teilnehmerin, sehr geehrter Teilnehmer!

Wir laden Sie ein, an der oben genannten Studie teilzunehmen. Die Aufklärung darüber erfolgt in einem ausführlichen Gespräch.

Ihre Teilnahme an dieser Studie erfolgt freiwillig. Sie können jederzeit ohne Angabe von Gründen aus der Studie ausscheiden. Die Ablehnung der Teilnahme oder ein vorzeitiges Ausscheiden aus dieser Studie hat keine nachteiligen Folgen für Sie.

Studien sind notwendig, um verlässliche neue Forschungsergebnisse zu gewinnen. Unverzichtbare Voraussetzung für die Durchführung einer Studie ist jedoch, dass Sie und gegebenenfalls Ihr gesetzlicher Vertreter Ihr Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie schriftlich erklären. Bitte lesen Sie den folgenden Text als Ergänzung zum Informationsgespräch mit dem Studienleiter sorgfältig durch und zögern Sie nicht, Fragen zu stellen.

Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung nur,

wenn Sie Art und Ablauf der Studie vollständig verstanden haben,

wenn Sie bereit sind, der Teilnahme zuzustimmen, und

wenn Sie sich über Ihre Rechte als Teilnehmer an dieser Studie im Klaren sind.

1. Was ist der Zweck der Studie?

Ein desmodromisches Krafttraining ist eng verwandt mit dem isokinetischen Krafttraining. Dabei wird eine Bewegung bei variabel einstellbarer Geschwindigkeit absolviert, wodurch Belastungsspitzen im Bewegungsablauf vermieden werden können. Das System fordert von dem Probanden/der Probandin in jeder Phase sowohl konzentrisch als auch exzentrisch eine maximale Beanspruchung der Muskulatur. Dadurch kann die Muskulatur energetisch völlig ausgeschöpft werden, was wiederum ideal für die Kraftausdauer und den Muskelaufbau ist.

Der Zweck dieser Studie ist, eine eventuelle Leistungsminderung der maximalen Kraftleistungsfähigkeit durch ein vorhergehendes, ermüdendes desmodromisches Krafttraining festzustellen. Dies wird anhand vergleichender Muskelkraft- und Leistungswerten im Verhältnis zu einem maximalen Ausgangswert beurteilt.

2. Wie läuft die Studie ab?

Diese Studie wird an der Universität Wien durchgeführt und es werden ca. insgesamt 20 Personen daran teilnehmen.

Die Studie wird sich insgesamt voraussichtlich 4 Wochen hinziehen, wobei Ihre Teilnahme an der Studie an einem Tag ca. 2 Stunden dauert.

Folgende Maßnahmen werden ausschließlich aus Studiengründen durchgeführt:

Während des Besuches müssen Sie Angaben zu Ihrem Gesundheitszustand machen. Insgesamt werden drei Untersuchungen zu unterschiedlichen Messzeitpunkten durchgeführt. Zwischen den Messzeitpunkten 1 und 2 erfolgt ein stark ermüdendes Krafttraining und zwischen den Messzeitpunkten 2 und 3 erfolgt eine 30-minütige Ruhepause im Liegen.

1. Untersuchung - Messzeitpunkt 1

Nach einem kurzen standardisierten Aufwärmen wird die maximale isometrische Kraftleistungsfähigkeit der Oberschenkelmuskulatur (Kniewinkel 90°) mittels einer hochsensitiven Kraftmessplatte ermittelt (Messzeitpunkt 1). Zusätzlich wird noch das persönliche Befinden der Oberschenkelmuskulatur mittels einer visuellen Skala bestimmt.

2. Krafttraining

Anschließend erfolgt ein muskulär stark ermüdendes Krafttraining bei einer definierten konstanten Geschwindigkeit. Der Umfang beträgt 3 Belastungssätze zu je 12 Wiederholungen (Serienpause 120 Sekunden), wobei die ProbandenInnen angehalten werden, mit maximaler Intensität eine Kniestreckung über den gesamten Bewegungsumfang (Kniewinkel: 10°-100°) durchzuführen.

3. Untersuchung – Messzeitpunkt 2

Direkt anschließend (nach ca. 120 Sekunden) erfolgt eine neuerliche Untersuchung der maximalen Kraftleistungsfähigkeit nach gleicher Vorgehensweise wie bei der Untersuchung zum Messzeitpunkt 1.

4. Ruhepause

Die Ruhepause erfolgt im Liegen und dauert 30 Minuten.

5. Untersuchung – Messzeitpunkt 3

Die dritte und letzte Untersuchung der maximalen Kraftleistungsfähigkeit findet wiederum nach der Ruhepause (nach ca. 120 Sekunden) (Kontrollgruppe) statt.

Wir ersuchen Sie, an Ihrem Termin (2 Stunden) für die Tests zur Verfügung zu stehen. Die Einhaltung der Anweisungen der Studienleitung ist von entscheidender Bedeutung für den Erfolg dieser Studie.

3. Worin liegt der Nutzen einer Teilnahme an der Studie?

Es ist nicht zu erwarten, dass Sie aus Ihrer Teilnahme an dieser Studie gesundheitlichen Nutzen ziehen werden. Die Teilnahme an der Studie sowie alle Testverfahren sind für Sie selbstverständlich kostenlos. Sie erhalten eine Zusammenfassung der Studienergebnisse nach Abschluss der Studie.

4. Gibt es Risiken, Beschwerden und Begleiterscheinungen?

Vor Beginn dieser Studie wird Ihr Gesundheitszustand mit einem Fragebogen erhoben. Es sind keine zusätzlichen Risiken zu erwarten, die nicht auch während Ihrer üblichen Sportausübung auftreten könnten. Die im Rahmen der Studie durchgeführten Belastungstests können als intensive sportliche Tätigkeit betrachtet werden. Die damit verbundene Erschöpfung kann einige Stunden andauern. Die im Rahmen der Studie angewandten Untersuchungsmethoden werden in Österreich regelmäßig eingesetzt. Aufgrund des Krafttrainings kann in den Tagen danach ein Muskelkater auftreten.

5. Hat die Teilnahme an der Studie sonstige Auswirkungen auf die Lebensführung und welche Verpflichtungen ergeben sich daraus?

Zwei Tage vor der Untersuchung dürfen keine bzw. nur leichte sportliche Aktivitäten durchgeführt werden, um die Tests in ermüdungsfreiem Zustand absolvieren zu können. An den Testtagen sollten Sie 3 Stunden vor der Belastung eine leichte Mahlzeit zu sich nehmen.

6. Was ist zu tun beim Auftreten von Symptomen, Begleiterscheinungen und/oder Verletzungen?

Sollten im Verlauf der Studie irgendwelche Symptome, Begleiterscheinungen oder Verletzungen auftreten, müssen Sie diese dem Studienleiter mitteilen, bei schwerwiegenden Begleiterscheinungen umgehend, ggf. telefonisch (Telefonnummern etc. siehe unten).

7. Wann wird die Studie vorzeitig beendet?

Sie können jederzeit auch ohne Angabe von Gründen Ihre Teilnahmebereitschaft widerrufen und aus der Studie ausscheiden, ohne dass dadurch irgendwelche Nachteile für Sie entstehen.

Es ist aber auch möglich, dass der Studienleiter entscheidet, Ihre Teilnahme an der Studie vorzeitig zu beenden, ohne vorher Ihr Einverständnis einzuholen. Die Gründe hierfür können sein:

1. Sie können den Erfordernissen der Studie nicht entsprechen.
2. Der Studienleiter hat den Eindruck, dass eine weitere Teilnahme an der Studie nicht in Ihrem Interesse ist.

Zwingende Gründe für ein Beenden der Teilnahme sind:

1. Verletzung vor oder während der Studie
2. Schwerwiegende kardiovaskuläre, pulmonale oder metabolische Erkrankung(en), die die Teilnahme an körperlich intensiven Tests nicht erlauben
3. Akute Infektion bzw. Fieber
4. Einnahme von Medikamenten, die die Messung beeinflussen
5. Bekannte Autoimmunkrankheit oder Erkrankung des Immunsystems betreffend

8. In welcher Weise werden die im Rahmen dieser Studie gesammelten Daten verwendet?

Sofern es gesetzlich nicht etwas anderes vorgesehen ist, haben nur der Studienleiter und dessen Mitarbeiter Zugang zu den vertraulichen Daten, in denen Sie namentlich genannt werden. Der Studienleiter und dessen Mitarbeiter verpflichteten sich zur Verschwiegenheit.

Die Verarbeitung der Daten erfolgt ausschließlich zu statistischen Zwecken und Sie werden ausnahmslos darin nicht namentlich genannt. Auch in etwaigen Veröffentlichungen der Daten dieser Studie werden Sie nicht namentlich genannt.

9. Entstehen für die Teilnehmer Kosten? Gibt es einen Kostenersatz oder eine Vergütung?

Durch Ihre Teilnahme an der Studie entstehen Ihnen keine Kosten. Für Ihre Teilnahme an dieser Studie kann kein Kostenersatz gewährt werden.

10. Möglichkeit zur Diskussion weiterer Fragen

Für weitere Fragen im Zusammenhang mit dieser Studie stehen Ihnen der Studienleiter und seine Mitarbeiter gerne zur Verfügung. Auch Fragen, die Ihre Rechte als Teilnehmer an dieser Studie betreffen, werden Ihnen gerne beantwortet.

Studienleiter: Harald Tschan
+43 1 4277 48862
harald.tschan@univie.ac.at

Mitarbeiter: Andreas Lahmer
+43 680 1152296
andreas.lahmer@univie.ac.at

11. Einwilligungserklärung

Name des Probanden/der Probandin in Druckbuchstaben:

Geb.Datum: Code:

Ich erkläre mich bereit, an der Studie „Auswirkungen eines stark ermüdenden desmodromischen Krafttrainings auf die Kraftleistungsfähigkeit“ teilzunehmen.

Ich bin von Herrn Andreas Lahmer ausführlich und verständlich über mögliche Belastungen und Risiken sowie über Wesen, Bedeutung und Tragweite der Studie, sich für mich daraus ergebenden Anforderungen aufgeklärt worden. Ich habe darüber hinaus den Text dieser Probandenaufklärung und Einwilligungserklärung, die insgesamt 3 Seiten umfasst, gelesen sowie den Fragebogen zu meinem Gesundheitszustand nach bestem Wissen beantwortet. Aufgetretene Fragen wurden mir vom Studienleiter verständlich und genügend beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, mich zu entscheiden. Ich habe zur Zeit keine weiteren Fragen mehr.

Ich werde den Anordnungen, die für die Durchführung der Studie erforderlich sind, Folge leisten, behalte mir jedoch das Recht vor, meine freiwillige Mitwirkung jederzeit zu beenden, ohne dass mir daraus Nachteile entstehen.

Ich bin zugleich damit einverstanden, dass meine im Rahmen dieser Studie ermittelten Daten aufgezeichnet werden.

Die Ergebnisse dieser Studie können in Arbeiten einfließen, die öffentlich aufliegen müssen (Diplomarbeiten oder Dissertationen).

Eine Kopie dieser Probandeninformation und Einwilligungserklärung habe ich erhalten. Das Original verbleibt beim Studienleiter.

.....
(Datum und Unterschrift des Probanden und/oder dessen gesetzlichen Vertreters)

.....
(Datum, Name und Unterschrift des Studienverantwortlichen)

(Der Proband erhält eine unterschriebene Kopie der Probandeninformation und Einwilligungserklärung, das Original verbleibt im Studienordner des Studienleiters.)

Anamnesebogen zur Erhebung der Risikofaktoren

Anamnesebogen zur Erhebung der Risikofaktoren bei körperlicher Aktivität										
Studientitel:		Auswirkungen eines stark ermüdenden desmodromischen Krafttrainings auf die Kraftleistungsfähigkeit								
Name					Größe (cm)					
Geburtsdatum					Gewicht (kg)					
Bitte beantworten Sie die folgenden Fragen nach bestem Wissen . Sollten Sie Schwierigkeiten bei der Beantwortung einer Frage haben, kontaktieren Sie bitte die für die Untersuchung verantwortliche Person. Die Fragen sind ausschließlich dazu bestimmt, um Ihre Eignung für die geplanten körperlichen Aktivitäten festzustellen. Ihre Daten werden strikt geheim behandelt und nicht an dritte Personen weitergegeben .										
									ja	nein
1 a	Waren Sie während der letzten 6 Monate in ärztlicher Behandlung?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 b	Ist aufgrund dieser ärztlichen Behandlung eine Genesung erfolgt?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Wurden bei Ihnen jemals Herzbeschwerden festgestellt?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Nehmen Sie regelmäßig Medikamente gegen Herzbeschwerden ein?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Haben Sie während körperlicher Belastung Beschwerden im Brustkorb?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Wurde bei Ihnen jemals Bluthochdruck diagnostiziert?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Hatten Sie jemals unbegründete Atemnot?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Hatten Sie jemals Schwindel- oder Ohnmachtsanfälle?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Wurde bei Ihnen jemals Epilepsie diagnostiziert?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Wurde bei Ihnen jemals Diabetes (Zuckerkrankheit) diagnostiziert?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Wurde bei Ihnen jemals Asthma oder eine andere Lungenkrankheit diagnostiziert?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Nehmen Sie im Moment Medikamente ein?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Haben Sie im Moment Muskel- oder Gelenksbeschwerden?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Haben Sie im Moment akute Verletzungen?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Nur für Frauen: Sind Sie schwanger?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Besteht Ihrer Meinung nach ein Grund warum Sie nicht körperlich aktiv sein sollten?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn Sie eine der Fragen 2-15 mit "Ja" beantwortet haben, wird vor Beginn einer körperlichen Belastung eine genauere Befragung vorgenommen.										
Kardiovaskuläre Risikofaktor								1 für Ja oder 0 für Nein		
16	Aktueller Blutdruck systolisch > 140 mm Hg oder diastolisch > 90 mm Hg, wenn systolisch > 160 mm Hg oder diastolisch > 100 mm Hg nicht testen! (wird vor Ort gemessen)								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	BMI >30 oder Taillenumfang >102 cm (Männer) oder >88 cm (Frauen) (wird vor Ort gemessen)								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Hatte einer Ihrer Angehörigen (Vater, Mutter, Schwester und/oder Bruder) einen Herzinfarkt?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Rauchen Sie oder haben Sie innerhalb der letzten 6 Monate zu rauchen aufgehört?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
20	Sind Sie an weniger als 3 Tagen pro Woche 30 Minuten körperlich aktiv?								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Summe der kardiovaskulären Risikofaktoren (Fragen 16-20)								Summe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Andreas Lahmer
Adresse: Krackingerstraße 34
3671 Marbach\D
Telefon: (+43) 7413 7875
Mobil: (+43) 680 1152296
E-mail: andreas.lahmer@gmail.com
Geburtsdatum: 16.08.1991
Geburtsort: Melk
Staatsangehörigkeit: Österreich
Geschlecht: männlich



Schulbildung

1997-2001 Volksschule in Marbach /Donau
2001-2005 Hauptschule in Persenbeug
2005-2010 IT-HTL in Ybbs (Netzwerktechnikzweig)
2011-heute Lehramtsstudent (Informatik und Sport)

Arbeitserfahrungen

August 2007 einmonatige Ferialpraxis in der IT-HTL in Ybbs
August 2008 einmonatige Ferialpraxis im Bundesrechenzentrum in Wien
August 2009 einmonatige Ferialpraxis im Bundesrechenzentrum in Wien
August - September 2010 zweimonatige Ferialpraxis im Bundesrechenzentrum in Wien
September 2010 -Juni 2011 neunmonatiger Zivildienst im TZ Ybbs and der Donau
Juni 2013 – heute Nebenjob bei Fabasoft AG & Mindbreeze GmbH

Persönliche Fähigkeiten und Kompetenzen

Sprachen: Deutsch (Muttersprache)
Englisch

Fähigkeiten und Kompetenzen: Einsatzbereitschaft und Zielstrebigkeit
Sozialkompetenz (Zivildienst) und Lernbereitschaft
Teamfähigkeit
sehr gute Informatik-Kenntnisse (versch. Clients (Mac, Windows, Linux) und Server (Windows, Linux) sowie Netzwerkmodelle und -protokolle), Hardware und Softwarekenntnisse

Hobbys: Sport (Fußball, Schifahren, Snowboarden, Radfahren, ...)
Computer - Programmieren (C,C#, C++, Java,..), CMS – Joomla, Datenbanken

Führerschein: Klasse A, B und E

Erklärung

„Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde weder an einer anderen Stelle eingereicht (z. B. für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z.B. Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.“