



# MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

„Implementierung eines modifizierten  
Queens-College-Step-Test in das Stellungssystem des  
österreichischen Bundesheers zur Bestimmung der  
individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit“

Verfasser

Ing. Stephan WERNER, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaft (Mag.rer.nat.)

Wien, 2012

Studienkennzahl lt. Studienblatt: A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt: Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer: Ass. Prof. Mag. Dr. Harald Tschan

## Zusammenfassung

**Ziel:** Das vorrangige Ziel der Untersuchung war, dass am besten geeignetste submaximale Testverfahren zur Bestimmung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit für die organisatorischen und baulichen Gegebenheiten der Stellungskommissionen des Österreichischen Bundesheers ausfindig zu machen. Dazu wurde die Validität eines modifizierten Queens-College-Step-Test geprüft, mit der Absicht einer möglichst exakten Vorhersage der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\text{max}$ ).

**Methodik:** 861 Stellungspflichtige (Alter:  $17.98 \pm 1.52$  Jahre, Körpergröße:  $178.68 \pm 6.52$  cm, Körpergewicht:  $73.45 \pm 13.12$  kg) aus ganz Österreich absolvierten einen modifizierten Step-Test in Anlehnung an McArdle, Katch, Pechar, Jakobson & Shelley (1972). Weitere 58 Rekruten (Alter:  $20.17 \pm 1.12$  Jahre, Körpergröße:  $181.73 \pm 6.45$  cm, Körpergewicht:  $78.03 \pm 11.52$  kg) wurden zusätzlich einer Sprioergometrie unterzogen. Mittels einfacher linearer Regression wurde die Korrelation der maximalen Herzfrequenz am Ende des Step-Tests und der  $VO_2\text{max}$  geprüft. Darüber hinaus wurden auch anthropometrische Messungen vorgenommen.

**Ergebnisse:** Das einfache lineare Regressionsmodell zeigte einen mäßigen Zusammenhang ( $r = 0.484$ ,  $p = 0.001$ ) zwischen der  $VO_2\text{max}$  und der maximalen Herzfrequenz am Ende des Step-Tests. Jedoch zeigte das multiple lineare Regressionsmodell eine stärkere Korrelation ( $r = 0.719$ ,  $p < 0.001$ ) durch die zusätzliche Aufnahme der Taille, als unter der Berücksichtigung des Body-Mass-Index ( $r = 0.655$ ,  $p < 0.001$ ).

**Konklusion:** Die maximale Herzfrequenz am Ende eines modifizierten Queens-College-Step-Tests ist ein schwacher Prädiktor um die  $VO_2\text{max}$  vorherzusagen. Durch die zusätzliche Aufnahme des Taillenumfangs kann die Vorhersagegenauigkeit erhöht werden.

Schlüsselwörter: modifizierter Queens-College-Step-Test, maximale Sauerstoffaufnahme, anthropometrische Parameter und Step-Test, submaximales Testverfahren, Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit

## Abstract

**Purpose:** The objective of this study was to identify the most suitable submaximal test procedure for assessing the individual endurance performance expressed as  $VO_2\text{max}$  in respect to the organizational and constructional conditions of the recruiting centers of the Austrian Federal Army. Therefore the validity of a modified version of the Queens-College-Step-Test was evaluated in respect of predicting  $VO_2\text{max}$ .

**Methods:** 861 conscripts (age:  $17.98 \pm 1.52$  years, body height:  $178.68 \pm 6.52$  cm, body weight:  $73.45 \pm 13.12$  kg) from all over of Austria completed a modified version of the Queens-College-Step-Test according to McArdle, Katch, Pechar, Jakobson & Shelley (1972). Another 58 recruits (age:  $20.17 \pm 1.12$  years, body height:  $181.73 \pm 6.45$  cm, body weight:  $78.03 \pm 11.52$  kg) additionally performed a spiroergometry. A single linear regression analysis was used to assess the correlation between maximum heart rate obtained at the end of the step test and  $VO_2\text{max}$ . Furthermore anthropometric measurements were done.

**Results:** The single linear regression analysis showed that there is a moderate association ( $r = 0.484$ ,  $p = 0.001$ ) between  $VO_2\text{max}$  and maximum heart rate obtained at the end of the step-test performance. However, results of the multiple linear regression analysis revealed a stronger correlation ( $r = 0.719$ ,  $p < 0.001$ ) considering the waist circumference compared to the body-mass-index ( $r = 0.655$ ,  $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** Maximum heart rate obtained at the end of a modified version of the Queens-College-Step-Test is a poor predictor of  $VO_2\text{max}$ . However, the explanatory power can be raised by accounting for the waist circumference.

Keywords: modified Queens-College-Step-Test, maximum oxygen uptake, antropometric parameter and step-test, submaximal test procedere, determination of the cardio respiratory endurance

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung .....	2
Abstract .....	3
1 Vorwort .....	7
2 Einleitung.....	8
2.1 Hintergrund.....	8
2.2 Bundesheer und Stellungskommissionen .....	8
2.3 Forschungsstand und Wahl des Step-Tests.....	10
2.4 Ziele .....	12
2.5 Hypothesen und Forschungsfragen .....	12
3 Prüfverfahren.....	13
3.1 Gütekriterien sportmotorischer Tests .....	13
3.1.1 Hauptgütekriterien .....	13
3.1.1.1 Objektivität .....	13
3.1.1.2 Reliabilität .....	13
3.1.1.3 Validität .....	13
3.1.2 Nebengütekriterien .....	13
3.1.2.1 Normierung .....	13
3.1.2.2 Nützlichkeit.....	14
3.1.2.3 Ökonomie .....	14
3.1.2.4 Vergleichbarkeit .....	14
3.2 Bestimmung der anthropometrischen Parameter .....	14
3.2.1 Body-Mass-Index.....	14
3.2.2 Taillenumfang.....	14
3.3 Ermittlung der konditionellen Fähigkeiten .....	15
3.3.1 Step-Tests und Queens-College-Step-Test .....	15
3.3.2 Spiroergometrie (pulmonale Funktionsdiagnostik unter Belastung).....	16
3.3.2.1 Maximale Sauerstoffaufnahme.....	17
3.3.2.2 Kohlendioxidabgabe.....	17
3.3.2.3 Respiratorischer Quotient.....	17
3.3.2.4 Atemminutenvolumen .....	18
3.3.2.5 Atemäquivalente für Sauerstoff und Kohlendioxid .....	18
3.3.2.6 Wahl des Belastungsprotokolls .....	18

4	Methodik .....	20
4.1	Zeitraum und Orte der Datenerhebungen .....	20
4.2	Probanden .....	22
4.3	Erhebungsmethoden .....	22
4.3.1	Anthropometrische Parameter .....	22
4.3.1.1	Körpergröße .....	22
4.3.1.2	Körpergewicht .....	23
4.3.1.3	Body-Mass-Index .....	23
4.3.1.4	Taillenumfang .....	23
4.3.2	Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit .....	23
4.3.2.1	modifizierter Queens-College-Step-Test .....	24
4.3.2.2	Spiroergometrie .....	25
4.3.3	Abbildungen Step-Test und Spiroergometrie .....	25
4.4	Auswertungsmethoden .....	30
4.4.1	Datenübertragung sowie weitere Bearbeitung .....	30
4.4.2	Statistische Verfahren .....	30
5	Ergebnisse .....	31
5.1	Konstitution .....	31
5.2	Step-Test .....	32
5.2.1	Herzfrequenz .....	32
5.2.2	Berechnete maximale Sauerstoffaufnahme .....	34
5.2.3	Abgebrochene Tests sowie Probleme bei der Herzfrequenz- und Pulserfassung .....	37
5.3	Spiroergometrie .....	39
5.3.1	Maximale Leistungen und Ausbelastungsherzfrequenzen .....	39
5.3.2	Testdauer .....	41
5.3.3	Maximale Sauerstoffaufnahme und Leveling-off-Phänomen .....	42
5.3.4	Gemessene vs. berechnete maximale Sauerstoffaufnahme .....	44
5.3.4.1	Gemessene maximale Sauerstoffaufnahme und mittels Regressions- gleichung „McArdle“ berechnete maximale Sauerstoffaufnahme .....	44
5.3.4.2	Gemessene maximale Sauerstoffaufnahme und mittels Regressions- gleichung „Chatterjee“ berechnete maximale Sauerstoffaufnahme .....	47
5.3.4.3	Zusammenhangsmaße .....	50
5.3.4.4	Einfache lineare Regression .....	54
5.3.4.5	Multiple lineare Regression durch Aufnahme des BMI (N=45) .....	58
5.3.4.6	Multiple lineare Regression durch Aufnahme der Taille (N=36) .....	62

5.3.4.7	Einfache lineare Regression mit Taille anstatt HF 5Sek Step-Test.....	66
6	Diskussion der Forschungsfragen.....	71
6.1	Beantwortung der Forschungsfrage 1 .....	71
6.2	Beantwortung der Forschungsfrage 2 .....	71
6.3	Beantwortung der Forschungsfrage 3 .....	72
6.4	Beantwortung der Forschungsfrage 4 .....	73
6.5	Beantwortung der Forschungsfrage 5 .....	75
6.6	Wahl des Belastungsprotokolls .....	75
6.7	Konklusion .....	76
7	Ausblick .....	77
8	Literaturverzeichnis.....	78
9	Abbildungsverzeichnis .....	80
10	Tabellenverzeichnis.....	82
11	Abkürzungsverzeichnis .....	84
12	Anhang.....	87
13	Lebenslauf .....	92
14	Erklärung.....	93

# 1 Vorwort

Das Zustandekommen dieser Arbeit wurde von der Abteilung Heeres-Sportwissenschaftlicher Dienst des Heeres-Sportzentrums unterstützt.

Für die Möglichkeit der Mitarbeit in der Abteilung Heeres-Sportwissenschaftlicher Dienst des Heeres-Sportzentrums möchte ich mich besonders beim Kommandanten des Heeres-Sportzentrums Herrn Oberst Gerhard Eckelsberger, dem Abteilungsleiter des Heeres-Sportwissenschaftlichen Dienstes Herrn Oberst Manfred Zeilinger, dem Referatsleiter Herrn Oberstleutnant Thorsten Kollnberger sowie bei allen im Hintergrund agierenden Personen bedanken, die es mir schlussendlich ermöglicht haben, die notwendigen Testungen für diese Arbeit durchzuführen.

Bei meinem Betreuer seitens des Heeres-Sportwissenschaftlichen Dienstes Herrn Dr. Wolfgang Rausch möchte ich mich für die organisatorische Hilfestellung bedanken.

Dem Leiter des Instituts für Leistungsmedizin und Wehrgenonomie am Heeresspital Wien Herrn Brigadier Prim. Dr. med. Peter Wittels und dem Sportwissenschaftler Herrn Mag.rer.nat. Robert Enne möchte ich ganz besonders für die tatkräftige und professionelle Unterstützung danken.

Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Peter Hofmann danke ich für die Anregungen der statistischen Heran- und Vorgehensweise.

Meinem Betreuer Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Harald Tschan danke ich für die zahlreichen Anregungen und das Ermöglichen der mir besonders wichtigen selbstständigen Arbeit.

## **2 Einleitung**

In den letzten Jahrzehnten wurde eine Vielzahl unterschiedlichster Testverfahren zur Erfassung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit entwickelt. Die Auswahl reicht von submaximalen Belastungstests bis hin zu aufwändigen Ausbelastungsverfahren der Leistungsdiagnostik. Zu den submaximalen Verfahren zählen unter anderem die Step-Tests, die sich innerhalb ihrer Gruppe wiederum unterscheiden lassen. Am Beispiel des Queens-College-Step-Test gemäß McArdle, Katch, Pechar, Jakobson & Shelley (1972) wird vom Erholungspuls nach der Belastung, mittels Regressionsrechnung auf die relative maximale Sauerstoffaufnahme geschlossen.

„Die maximale Sauerstoffaufnahme als globale kardiozirkulatorische und metabolische Kenngröße gilt als Bruttokriterium der maximalen aeroben Leistungsfähigkeit“ (Weineck, 2004, S. 206). Die möglichst exakte Bestimmung bedarf jedoch eines Ausbelastungstests mittels Sprioergometrie und stellt eines der aufwändigsten Verfahren dar.

Sollten größere Kollektive einem Ausdauer-test unterzogen werden, so haben Step-Tests gerade im Bereich der Ökonomie einen großen Vorteil, da mehrere Personen auf relativ einfache und kostengünstige Art und Weise gleichzeitig getestet werden können. Dieser Test eignet sich somit hervorragend als Screening- Verfahren, eine Ableitung von Trainingsbereichen ist jedoch nicht möglich.

### **2.1 Hintergrund**

Die Abteilung Heeres-Sportwissenschaftlicher Dienst des Heeres-Sportzentrums arbeitet an einem Projekt, welches die Adaptierung eines erweiterten sportmotorischen Profils zur Rekrutierung von Grundwehrdienern im Zuge der Stellungspflicht zum Ziel hat. Dabei sollen neben einer neuen und erweiterten Testung der isometrischen Maximalkraft, die koordinativen Fähigkeiten sowie die Ausdauerleistungsfähigkeit in eine Normwertdarstellung (Leistungsprofil) einfließen.

Die Ausdauerkomponente, beziehungsweise die Implementierung des dafür am besten geeigneten Testverfahrens zur indirekten Bestimmung der Sauerstoffaufnahmekapazität, wird auf den folgenden Seiten der vorliegenden Magisterarbeit detailliert abgehandelt.

### **2.2 Bundesheer und Stellungskommissionen**

In Österreich gibt es neben der aktuell häufig diskutierten allgemeinen Wehrpflicht auch eine Stellungspflicht. Für dieses Stellungsverfahren, welches jährlich zwischen 55.000 und 60.000 Jugendliche im Alter zwischen 17 und 18 Jahren durchlaufen, wurden baulich

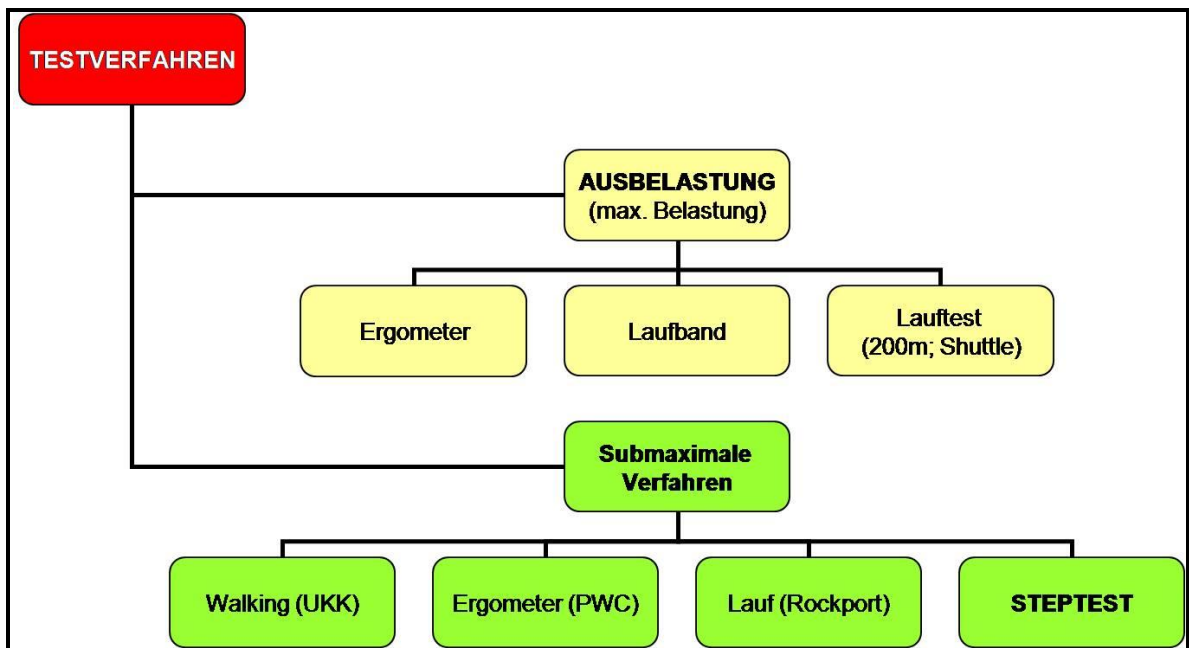


sechs vom Grundriss bis zur Ausstattung idente Stellungskommissionen geschaffen. Diese befinden sich jeweils in den Landeshauptstätten der Bundesländer von Wien, Niederösterreich, Oberösterreich, Tirol, Steiermark und Kärnten.

Wie zuvor erwähnt, soll das Stellungsverfahren um ein sportmotorisches Testprofil erweitert werden, in diesem Fall um einen Test zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit. Ganz besonders war dabei auf die baulichen Gegebenheiten der Stellungskommissionen sowie die Durchführbarkeit im Zuge der Stellungspflicht Rücksicht zu nehmen. Der ohnehin schon vor der Einführung dieses zusätzlichen Testverfahrens knapp anberaumte Zeitrahmen von eineinhalb Tagen, für jeden Turnus des Stellungsverfahrens, musste unangetastet bleiben. In Zahlen ausgedrückt bedeutet dies, dass pro Tag durchschnittlich 46 beziehungsweise pro Woche 184 Stellungspflichtige in jeder der sechs Stellungskommissionen Österreichs getestet werden. Die Anzahl der Stellungspflichtigen unterliegt je nach Einzugsgebiet innerhalb der Bundesländer unterschiedlichen Schwankungen, sodass es durchaus auch Spitzen von über 60 Stellungspflichtigen pro Tag geben kann.

Aus der Fülle von unterschiedlichen Testverfahren schieden zeitlich aufwändige Ausbelastungstests am Laufband- oder Fahrradergometer schnell aus. Auch maximale Lauftests wie zum Beispiel der Shuttle-Run, der Cooper-Test, der sechs Minuten-Lauf, um nur einige zu nennen, sind in den Stellungskommissionen nicht durchführbar. Zum Einen ist nicht überall in den angrenzenden Kasernenflächen eine entsprechende Laufbahn vorhanden, die wiederum Witterungseinflüssen unterliegen würde, andererseits gibt es auch als Ausweichmöglichkeit keine passenden Sporthallen. Somit nähern wir uns langsam den submaximalen Tests.

Relativ einfache Fahrradergometrien zur Bestimmung der Physical-Work-Capacity, besser bekannt als PWC-Test, beanspruchen in der Durchführung zu viel Zeit. Auch ein submaximaler Walking-Test oder Lauftest, ist wegen der zuvor bei den maximalen Belastungstests beschriebenen baulichen Voraussetzungen, nicht möglich. Als besonders ökonomisch und relativ einfaches submaximales Testverfahren zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit soll daher ein Step-Test eingeführt werden.



**Abbildung 1:** Testverfahren zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit

### 2.3 Forschungsstand und Wahl des Step-Tests

Aus der Fülle unterschiedlichster Step-Tests galt es den Besten für die zuvor beschriebenen Anforderungen sowie das zu testende Kollektiv zu finden. Nachstehend sollen einige Step-Tests kurz dargestellt werden.

Einer der ersten Step-Tests, der Harvard-Step-Test, wurde bereits in den 1940ern im Harvard-Fatigue-Laboratory entwickelt. Bei einer Stephöhe von 50.8 cm und einer Steigfrequenz von 30 Steps pro Minute gilt es fünf Minuten, beziehungsweise so lange als möglich, auf- und abzustiegen (Brouha, Graybiel & Heath, 1943). Diese Vorgaben gelten sowohl für Frauen als auch für Männer. Dieser Test war zumeist die Basis für eine Vielzahl von darauf aufbauenden Step-Tests.

Beim Quees-College-Step-Test (McArdle et al., 1972) beträgt die Stufenhöhe 41.3 cm und die Stepdauer drei Minuten. Frauen müssen dabei 22 Steps pro Minute, Männer 24 Steps pro Minute absolvieren.

Ein weiterer Step-Test, der Forestry-Step-Test, wurde ursprünglich zur Bestimmung der Fitness von Feuerwehrmännern und Feuerwehrfrauen entwickelt. Bei unterschiedlichen Stephöhen, 40 cm für Männer und 33 cm für Frauen, wird dieser Test bei einer Dauer von fünf Minuten und einer Stepfrequenz von fünf Minuten absolviert (Sharkey, 1979).

Der Canadian-Home-Fitness-Test (CHFT) beziehungsweise der modifizierte Test (mCAFT) wird auf einer Doppelstufe von 20 bis 22.5 cm Höhe durchgeführt. Die

Testdauer beträgt drei Minuten, die Stepfrequenz ist vom Alter als auch dem Geschlecht abhängig (Jette, Campbell, Mongeon & Routhier, 1976).

Der Siconolfi-Step-Test (Siconolfi, Garber, Lasater & Carleton, 1985) wird vorrangig in der Epidemiologie eingesetzt. Bei einer Stufenhöhe von 25.4 cm wird bis zu drei Mal drei Minuten bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten belastet.

Bezeichnung	Harvard Step Test	Queens College Test	Forestry Step Test	mCAFT
Dauer	5 min / max.	3 min	5 min	3 min
Stephöhe	50,8 cm	41,3 cm	40cm♂-33cm♀	Doppelstep 20-22,5 cm
Steps / min	30 Stp. /min	22 Stp./min ♀ 24 Stp./min ♂	22,5 Stp. /min	altersbedingt
Gender	nein	Berechnungsformel	Stephöhe	Berechnungsformel
Ergebnis	Fit - Index	VO <sub>2</sub> max	Score / VO <sub>2</sub> max	VO <sub>2</sub> max
Anmerkung	modifizierte Step Test	einfach	komplexe Berechnung	CF
Literatur	Brouha; 1943	McArdle; 1972	Sharkey; 1979	Jette; 1976

**Abbildung 2:** Überblick der geläufigsten Step-Tests

Bei sämtlichen Step-Tests wird vom Belastungs-Erholungs-Puls mehr oder weniger einfach auf die VO<sub>2</sub>max oder mittels Fit-Index auf die Leistungsfähigkeit geschlossen. Nach wie vor werden Step-Tests gerne eingesetzt, wenn es darum geht, bei größeren Kollektiven innerhalb kurzer Zeit die Ausdauerleistungsfähigkeit abzuschätzen. So finden sich in der Literatur auch immer wieder Abwandlungen alter bereits bewährter Tests zahlreicher Wissenschaftler. So untersuchten zum Beispiel unter anderem Chatterjee, Chatterjee, Mukherjee und Bandyopadhyay (2004) die Validität des Queen's-College-Step-Tests bei 30 indischen Männern im durchschnittlichen Alter von 22.6 Jahren und berechneten eine entsprechend angepasste neue Regressionsgleichung. Dieses Kollektiv wies jedoch bei einer durchschnittlichen Körpergröße von 166.4 cm ein Körpergewicht im Mittel von 53.8 kg auf, weshalb diese Regressionsformel für unser Kollektiv mit einer durchschnittlichen Körpergröße von 178.7 cm und einem Körpergewicht im Mittel von 73.5 kg problematisch werden könnte.

Aus der Fülle unterschiedlichster Step-Tests ist die Entscheidung schlussendlich auf den Queens-College-Step-Test gefallen. Dieser nicht-invasive submaximale Step-Test erscheint mit einer Stepdauer von lediglich drei Minuten, bei einer standardisierten Stufenhöhe sowie Stepfrequenz, für unsere Rahmenbedingungen als nahezu optimal. Mittels Regressionsgleichung wird vom palpatorisch ermittelten Erholungspuls nach der Belastung auf die relative maximale Sauerstoffaufnahme geschlossen, was somit eine Bestimmung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit ermöglicht.

## **2.4 Ziele**

Nachdem bei sämtlichen Step-Tests die Leistungsfähigkeit nachwievom vom palpatorisch erfassten Belastungs-Erholungs-Puls berechnet wird, stellte sich bald die Frage, ob der Test aufgrund neuer technischer Gegebenheiten neu validiert werden muss. Ziel war es, die Herzfrequenz EKG-genau mittels moderner Herzfrequenzmessgeräte zu erfassen und einfach und schnell auszuwerten. Da sich auch das zu testende Kollektiv von denen in der Literatur stark unterschied, wurde relativ rasch klar, dass höchstwahrscheinlich eine neue Regressionsformel zur Anwendung kommen musste.

## **2.5 Hypothesen und Forschungsfragen**

Aus einer Vielzahl von überprüften Forschungsfragen sollen nachstehende in der vorliegenden Arbeit genauer abgehandelt werden:

- Gibt es einen Unterschied zwischen der palpatorischen Pulserfassung und der EKG- genauen Herzfrequenzmessung bei Belastungsende des Queen's-College-Step-Tests?
- Ist eine neuerliche Validierung des Queen's-College-Step-Tests anhand neuer technischer Gegebenheiten notwendig?
- Wie würde eine neue Regressionsgleichung für das getestete Kollektiv aussehen?
- Können anthropometrische Parameter die Vorhersagegenauigkeit der linearen Regression erhöhen, beziehungsweise sollte eine multiple lineare Regression zur Anwendung kommen?
- Ist eine Vorhersage der Leistungsfähigkeit auch aus einem anderen Prädiktor möglich?

### **3 Prüfverfahren**

Nachstehend sollen die Gütekriterien sportmotorischer Tests, die Bestimmung der anthropometrischen Parameter sowie die Erfassung der konditionellen Fähigkeiten beschrieben werden.

#### **3.1 Gütekriterien sportmotorischer Tests**

Gemäß Bös, Tittlbach, Pfeifer, Stoll & Woll (2001) wird zwischen den unverzichtbaren Hauptgütekriterien sowie den bedingt notwendigen Nebengütekriterien unterschieden.

##### **3.1.1 Hauptgütekriterien**

###### **3.1.1.1 Objektivität**

„Unter Objektivität eines Tests verstehen wir den Grad, in dem die Ergebnisse eines Testes unabhängig vom Untersucher sind“ (Ballreich, 1970, S. 22). Man unterscheidet weiter die Durchführungsobjektivität, die Auswertungsobjektivität sowie die Interpretationsobjektivität (Bös et al., 2001). Vereinfacht ausgedrückt beschreibt die Objektivität die Genauigkeit eines Tests.

###### **3.1.1.2 Reliabilität**

„Unter der Reliabilität eines Tests versteht man den Grad der Genauigkeit, mit dem er ein bestimmtes Persönlichkeits- oder Vertrauensmerkmal misst, unabhängig davon, ob er dieses Merkmal auch zu messen beansprucht“ (Ballreich, 1970, S. 35). Die Reliabilität wird auch als Zuverlässigkeit verstanden.

###### **3.1.1.3 Validität**

„Die Validität eines Tests gibt den Grad der Genauigkeit an, mit dem dieser Test dasjenige Persönlichkeitsmerkmal oder diejenige Verhaltensweise, das/die er messen soll oder zu messen vorgibt, tatsächlich misst“ (Ballreich, 1970, S. 49). Die Validität ist somit als Gültigkeit zu verstehen.

##### **3.1.2 Nebengütekriterien**

###### **3.1.2.1 Normierung**

„Die Messwerte einer Versuchsperson werden in Bezug zu den Testergebnissen einer ausgewählten Population gesetzt; die Rohwerte werden dazu in sogenannte Normwerte umgewandelt“ (Bös, Pfeifer, Stoll, Tittlbach & Woll, 2001, S. 545).

### **3.1.2.2 Nützlichkeit**

Ein Test ist gemäß Bös et al. (2001, S. 545) nützlich wenn:

- „er ökonomisch ist bezüglich Testkonstruktion und Testanwendung“
- „für den Testinhalt ein praktisches Bedürfnis besteht“
- „es die Testanwendung erlaubt, relevante Entscheidungen zu treffen“

### **3.1.2.3 Ökonomie**

„Ein Test ist ökonomisch, wenn er hinsichtlich der organisatorischen, räumlichen, zeitlich/personellen, instruktions- und gerätespezifischen Testdurchführungsbedingungen keine oder nur geringe Ansprüche an Testleiter und Testpersonen stellt“ (Bös et al., 2001, S. 545).

### **3.1.2.4 Vergleichbarkeit**

„Ein Test wird dann als vergleichbar bezeichnet, wenn validitätsähnliche Tests oder Paralleltests eine intraindividuelle Reliabilitätskontrolle gestatten“ (Bös et al., 2001, S. 545).

## **3.2 Bestimmung der anthropometrischen Parameter**

Die Ermittlung der möglichst genauen Körperzusammensetzung erfreut sich zunehmender Beliebtheit. Dabei wird zumeist die fettfreie Körpermasse und das Körperfett im Sinne eines Zweikomponentensystems unterschieden.

### **3.2.1 Body-Mass-Index**

Trotz aller Nachteile konnte sich der Body-Mass-Index (BMI) zur groben Beurteilung des Gewichts in den letzten Jahren sehr gut behaupten. Der BMI ist der Quotient aus dem Körpergewicht in Kilogramm und der Körperoberfläche in Quadratmeter.  $BMI = \text{Körpergewicht [kg]} / (\text{Körperlänge [m]})^2$ . Die Körperoberfläche wird näherungsweise aus dem Quadrat der Körperlänge berechnet. Besonders ungenau ist der BMI bei Personen mit geringen als auch großen Muskelmassen. Bei einem Wert unter  $15.5 \text{ kg/m}^2$  spricht man von untergewichtig, zwischen  $15.5$  und  $24.9 \text{ kg/m}^2$  von normalgewichtig und ab  $25 \text{ kg/m}^2$  von übergewichtig (McArdle, Katch & Katch, 2010, S. 796).

### **3.2.2 Taillenumfang**

Der Taillenumfang (Taille), auch als Bauchumfang bekannt, wird immer öfters herangezogen um indirekt auf den Körperfettanteil zu schließen. Dabei wird der größte Bauchumfang, in etwa auf der Höhe des Bauchnabels, gemessen. McArdle et al. (2010,

S. 796) empfehlen zur möglichst genauen Beurteilung von Risikogruppen den Body-Mass-Index um den Taillenumfang zu erweitern. Bei Umfängen über 80 cm bei Frauen und über 94 cm bei Männern spricht man von einem leicht erhöhten Risiko, bei Umfängen größer als 88 cm bei Frauen und größer als 102 cm bei Männern von einem deutlich erhöhten Risiko (McArdle et al., 2010).

### **3.3 Ermittlung der konditionellen Fähigkeiten**

Aus einer Vielzahl unterschiedlichster Testverfahren, zur Prüfung der konditionellen Fähigkeiten sollen nachstehend die für diese Arbeit relevanten Verfahren beschrieben werden.

#### **3.3.1 Step-Tests und Queens-College-Step-Test**

Die Idee eine Stufe über eine gewisse Dauer und einem vorgegebenen Rhythmus auf- und abzustiegen wurde vor circa 70 Jahre geboren. Ursprünglich wollte man damit zu mehr körperlicher Aktivität beziehungsweise einem aktiveren Lebensstil motivieren. Im Laufe der letzten Jahre haben sich eine Vielzahl unterschiedlichster Step-Tests entwickelt, die sich hauptsächlich in der Stufenhöhe, Testdauer und Steigfrequenz unterscheiden.

Als besonderer Vorteil der Step-Tests ist der geringe apparative Aufwand, bezogen auf Platzbedarf, Kosten, Wartung sowie die fehlende Eichproblematik zu nennen (Bachl, 1985, S. 478). Nachdem mehrere Probanden den Step-Test gleichzeitig durchführen können, ist er nahezu optimal wenn es darum geht größere Kollektive in möglichst kurzer Zeit einem submaximalen nicht invasiven Leistungstest zu unterziehen. Nachteilig ist, verglichen mit der sehr aufwändigen direkten spiroergometrischen Bestimmung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit, die wesentlich geringere Genauigkeit zu nennen. Ferner können auch keine Trainingsbereiche vom Step-Test abgeleitet werden.

Aus dem Körpergewicht, der Stufenhöhe und der Steigfrequenz kann die erbrachte Leistung in Watt berechnet werden. Wegen der unterschiedlichen Wirkungsgrade ist ein Vergleich mit der Fahrradergometerbelastung jedoch nicht möglich (Bachl, 1985, S. 478).

Beim Queens-College-Step-Test gilt es bei standardisierten Testbedingungen, eine Steppe von 41.3 cm für die Dauer von drei Minuten, bei einer Steigfrequenz von 22 Steps pro Minute für Frauen und 24 Steps pro Minute für Männer zu bewältigen. Nachdem Männer tendenziell fitter als Frauen abschnitten wurden unterschiedliche Steigfrequenzen gewählt (McArdle et al., 2010, S. 245). Basierend auf dem linearen Zusammenhang von Herzfrequenz und der maximalen Sauerstoffaufnahme während submaximaler Belastung, wurde gemäß McArdle, et al. (2010, S. 245), aus der

anschließenden palpatorischen Pulserfassung, von Sekunde fünf bis Sekunde 20 unmittelbar nach der dreiminütigen Belastung, auf den Puls pro Minute hochgerechnet und mittels Regressionsgleichung auf die maximale Sauerstoffaufnahme geschlossen. Vereinfacht lässt sich dies so erklären, dass eine niedrigere Herzfrequenz nach der Step-Belastung auf eine höhere Leistungsfähigkeit und somit auch eine höhere maximale Sauerstoffaufnahme hinweist, sowie umgekehrt eine höhere Herzfrequenz auf ein schlechteres Ausdauerndeau schließen lässt.

In Tabelle 1 sind die Regressionsformeln zur Berechnung der maximalen Sauerstoffaufnahme gemäß McArdle et al., 2010 dargestellt. Die Hauptgütekriterien des Queens-College-Step-Tests werden in Tabelle 2 beschrieben.

**Tabelle 1:** Regressionsgleichungen, getrennt nach Geschlecht, zur indirekten Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_2max$ ) beim Queens-College-Step-Test (McArdle et al., 2010, S. 245).

Geschlecht	$VO_2max$ [ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ]
männlich	$111.33 - (0.42 \times Step\text{-}Test\text{-}Puls [b \cdot min^{-1}])$
weiblich	$65.81 - (0.1847 \times Step\text{-}Test\text{-}Puls [b \cdot min^{-1}])$

**Tabelle 2:** Beschreibung der Hauptgütekriterien des Queens-College-Step-Tests

<b>Objektivität</b>	bei standardisierten Bedingungen gegeben (Höner & Roth, 2002)
<b>Reliabilität</b>	Test-Retest-Reliabilität von $r = 0.95$ (McArdle et al., 1972, S. 183)
<b>Validität</b>	Zusammenhang zwischen Nachbelastungspuls und $VO_2max$ [ $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ] von $r = - 0.75$ (McArdle et al., 1972, S. 186)

### 3.3.2 Spiroergometrie (pulmonale Funktionsdiagnostik unter Belastung)

„Die Spiroergometrie – synonyme Bezeichnungen „Ergospirometrie“ und „Ergospirographie“ – ist ein diagnostisches Verfahren, mit dem sich qualitativ und quantitativ die Reaktion von Herz, Kreislauf, Atmung und Stoffwechsel, auf muskuläre Arbeit, sowie die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit beurteilen lassen“ (Hollmann & Hettinger, 2000, S. 332). Die Ergometrie und die Spirometrie wurden um 1929 durch Knipping und Brauer mehr oder weniger zusammengeschweißt, zuvor trafen Ergometrie und Spirometrie wissenschaftlich eher sporadisch aufeinander.



„Über eine Atemmaske werden drei prinzipielle Messsignale aufgezeichnet: die Sauerstofffraktion der ausgeatmeten Luft, die Kohlendioxidfraktion der ausgeatmeten Luft und das Volumen der ausgeatmeten Luft. Zusammen mit der Atemfrequenz und der Herzfrequenz lassen sich weitere Parameter berechnen. Bei den modernen Geräten werden diese Variablen bei jedem Atemzug mittels schneller Analysatoren („breath-by-breath-Analyse“) und online mittels einer entsprechenden Software verarbeitet“ (Pokan, Förster, Hofmann, Hörtnagl, Ledl-Kurkowski & Wonisch, 2004, S. 136).

### **3.3.2.1 Maximale Sauerstoffaufnahme**

„Die maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\text{max}$ ) ist die Standard-Messgröße der aeroben Leistungsfähigkeit. Es handelt sich hierbei um die Menge von Sauerstoff ( $O_2$ ), die vom Organismus maximal aufgenommen und verwertet werden kann. Die  $VO_2$  wird in Liter/min angegeben, zur besseren Vergleichbarkeit erfolgt eine Normierung auf das Körpergewicht [ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ]“ (Wonisch, Pokan, Hofmann, 2004, S.137).

### **3.3.2.2 Kohlendioxidabgabe**

„Bei der Kohlendioxidabgabe ( $VCO_2$ ) handelt es sich um die Menge Kohlendioxid ( $CO_2$ ), die pro Zeiteinheit abgeatmet wird. Kohlendioxid wird während körperlicher Belastung aus zwei Quellen produziert. Zum einen entsteht  $CO_2$  über den oxidativen Metabolismus- in Ruhe werden circa 85% des aufgenommenen Sauerstoffs zu  $CO_2$  abgebaut und durch das venöse System über das rechte Herz transportiert und als  $CO_2$  extrahiert. Zum anderen entsteht zusätzliches  $CO_2$  aus der Pufferung von Milchsäure bei höheren Belastungsintensitäten. Eine Verringerung des Bicarbonats ( $HCO_3$ ) kann durch die konsekutive Erhöhung des  $CO_2$  im Blut zu einer matabolischen Azidose führen, das anfallende  $CO_2$  wird jedoch rasch über die Steigerung der Ventilation abgeatmet“ (Wonisch et al., 2004, S.137).

### **3.3.2.3 Respiratorischer Quotient**

„Als respiratorischen Quotient (RQ) bezeichnet man den Quotienten aus  $VCO_2/VO_2$ . Unter stabilen Bedingungen (stady state) hängt der RQ vom metabolischen Substrat der Energiegewinnung ab. Daher kann der RQ zum Abschätzen des Anteils der Fett- und Kohlenhydratverwertung verwendet werden. Bei reiner Kohlenhydratverstoffwechslung ist der RQ 1, bei reiner Fettverbrennung 0.7. Eine Durchschnittsernährung führt zu einem RQ von circa 0.82 – 0.85. Bei instabilen Bedingungen (non stady state) und hohen Belastungsintensitäten kann die  $CO_2$ -Produktion die  $O_2$ -Aufnahme übersteigen, sodass der RQ auf Werte über eins ansteigt“ (Wonisch et al., 2004, S.138).

#### **3.3.2.4 Atemminutenvolumen**

„Das Atemminutenvolumen (AMV) oder die Ventilation ( $V_E$ ) ist das Volumen an Luft, welches pro Zeiteinheit ein- bzw. ausgeatmet wird und in Liter/min angegeben wird. Es berechnet sich aus dem Produkt von Atemfrequenz (AF) und dem Atemzugvolumen (=Tidalvolumen  $V_T$ ). Bei gesunden Proband(inn)en erfolgt die Steigerung der  $V_E$  auf niedrigen Belastungsstufen vorrangig über eine Erhöhung des Tidalvolumens, bei höheren Belastungen bis zum Maximum kann eine zusätzliche Ventilationssteigerung durch einen Anstieg der Atemfrequenz erreicht werden (Jones, 1997). Nachdem die maximal mögliche Sauerstoffdifferenz bei gesunden Individuen einigermaßen ident ist, stellt die  $V_E$  eine wichtige Größe für die Sauerstoffaufnahme unter Belastung dar“ (Wonisch et al., 2004, S.138).

#### **3.3.2.5 Atemäquivalente für Sauerstoff und Kohlendioxid**

„Die Atemäquivalente werden durch die Division der Ventilation ( $V_E$ ), durch den Sauerstoffverbrauch ( $VO_2$ ) (Atemäquivalent für Sauerstoff =  $V_E/VO_2$ ), bzw. die Kohlendioxidproduktion ( $VCO_2$ ) (Atemäquivalent für Kohlendioxid =  $V_E/VCO_2$ ) berechnet. Korrekterweise wird die gerätbedingte Totraumventilation (z.B. Atemmaske) von der Gesamtventilation abgerechnet.  $V_E/VO_2$  reflektiert die notwendige Menge an geatmeter Luft, um einen Liter Sauerstoff aufzunehmen und ist somit ein Index der ventilatorischen Effizienz.  $V_E/VCO_2$  repräsentiert die ventilatorischen Erfordernisse um das anfallende  $CO_2$  abzutransportieren“ (Wonisch et al., 2004, S.139).

#### **3.3.2.6 Wahl des Belastungsprotokolls**

Bei der Wahl des Belastungsprotokolls ist auf die Leistungsfähigkeit der Proband(inn)en entsprechend Rücksicht zu nehmen. Internationale Gesellschaften empfehlen aus diesem Grund individuelle, der Leistungsfähigkeit angepasste Belastungsvorgaben. Ziel der Spiroergometrie ist, in circa acht bis zwölf Minuten eine Ausbelastung zu erreichen. Kürzere Belastungszeiten führen nicht zur notwendigen kardiorespiratorischen Ausbelastung. Belastungen bis zu 17 Minuten Dauer führen zu keiner signifikanten Einschränkung der Maximalwerte (Buchfuhrer, Hansen, Robinson, Sue, Wassermann & Whipp, 1983). Länger als zwölf Minuten andauernde Belastungszeiten bringen jedoch keinen zusätzlichen Informationsgewinn. Darüber hinaus können sie zu einem vorzeitigen Belastungsabbruch durch muskuläre Erschöpfung führen, ohne kardiorespiratorische oder symptomlimitierte Ausbelastung (Wonisch et al., 2008, S. 7). Als problematisch ist bei untrainierten, besonders älteren Personen die periphere Limitierung zu nennen, wenn die Belastung wegen fehlender Beinmuskulatur ohne hinreichender Ausbelastung im kardiopulmonalen Bereich frühzeitig abgebrochen werden muss (Bachl, 1985, S. 479).

Daher ist der Auswahl des geeigneten Protokolls entsprechende Aufmerksamkeit zu widmen. Durchschnittliche Erwartungswerte der maximalen Wattleistung, differenziert nach Alter und Geschlecht ermittelt über ein Nomogramm zur Berechnung der Körperoberfläche (nach Du Bois), können bei der Wahl des richtigen Protokolls einen guten Anhaltspunkt liefern (Wonisch et al., 2008, S. 9).

In Tabelle 3 sind einige Belastungsprotokolle der Ergometrie, in Abhängigkeit der zu erwartenden maximalen Leistung in Watt [W], dargestellt.

**Tabelle 3:** *Belastungsprotokollbeispiele der Ergometrie*

<b>Erwartete Maximalbelastung</b>	<b>Belastungsprotokoll</b>	<b>Start- und Erholungsbelastung</b>
mind. 240W	20W/min	40W
mind. 180W	15W/min	30W
mind. 150W	12W/min	24W
mind. 120W	10W/min	20W
mind. 90W	7W/min	14W
unter 70W	5W/min	10W

Quelle: Wonisch et al. (2008, S. 8)

## **4 Methodik**

Die zur Anwendung gekommenen Prüfverfahren unterteilen sich in anthropometrische Messverfahren, einem sportmotorischen Test zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit als submaximales Verfahren, sowie einem Ausbelastungstest in Form eines spiroergometrischen Prüfverfahrens. Der Ordnung halber sei hier auch erwähnt, dass mit den Step Testungen begonnen wurde und erst nach dem Auswerten der daraus gewonnenen Daten und Diskussion der Ergebnisse sowie Erkenntnisse mit den Ausbelastungstests fortgefahren wurde.

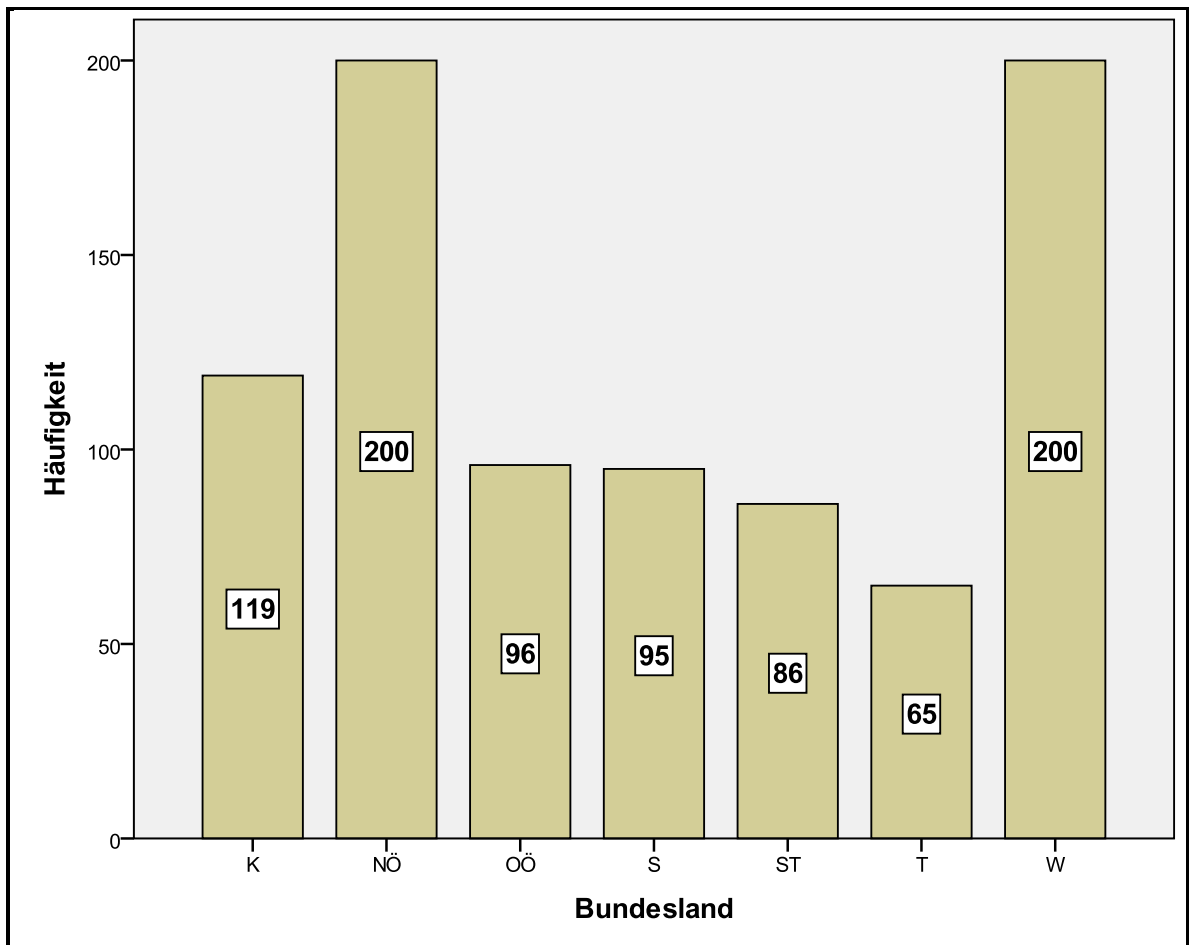
Die Methodik wird zur besseren Übersicht in die Erhebungsmethodik sowie die Auswertungsmethodik unterteilt.

### **4.1 Zeitraum und Orte der Datenerhebungen**

Nach zahlreichen Prüfungen des optimalen Testverfahrens für die zur Verfügung stehenden Rahmenbedingungen sowie diversen Vorbereitungen im Sommer 2010, wurden im November 2010 in Wien mehrere Pretestungen durchgeführt. Ziel war vorerst den Umgang mit den zum Teil neuen Messsystemen zu erlernen sowie die Optimierung des Testablaufs selbst.

Die Datenerhebung der Step-Tests wurde ausschließlich während des Regelbetriebs der einzelnen Stellungskommissionen durchgeführt, um die Durchführbarkeit des QCST zu prüfen. Im Dezember 2010, in den Kalenderwochen 48 und 50, wurde in der Stellungsstraße des Militärkommandos Wien mit den Step-Testungen begonnen. Nachdem die Testungen von Anfang an relativ problemlos in den Regelbetrieb der Stellungskommissionen integriert werden konnten, folgten die weiteren Erhebungen sofort zu Beginn des neuen Jahres. Im Jänner 2011, in der Kalenderwoche drei, wurde im Militärkommando Steiermark getestet, in der Kalenderwoche vier folgte das Militärkommando Niederösterreich. Im Februar 2011, in der Kalenderwoche fünf, stand das Militärkommando Oberösterreich und in der Kalenderwoche sechs das Militärkommando Kärnten am Programm. Abschließend fanden ebenfalls noch im Februar 2011, in der Kalenderwoche acht, im Militärkommando Tirol die letzten Testungen aus der Step-Test-Serie statt. Bei dieser Testserie absolvierten 861 Probanden den Step-Test.

Abbildung 3 enthält eine Übersicht der einzelnen Step-Test-Stichprobengrößen der Bundesländer Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich, Salzburg, Steiermark, Tirol und Wien.



**Abbildung 3:** Stichprobengröße der Step-Tests in den einzelnen Bundesländern (K= Kärnten, NÖ= Niederösterreich, OÖ= Oberösterreich, S= Salzburg, ST= Steiermark, T= Tirol, W= Wien).

Die Ausbelastungstests, in Form von Spiroergometrien, waren etwas schwieriger zu terminieren und wurden zum Teil in den Stellungskommissionen von Niederösterreich und Wien sowie zum größten Teil im Heeresspital von Wien durchgeführt. Bei sämtlichen Testungen kamen die gleichen Gerätschaften zur Anwendung. Die Spiroergometrien in Niederösterreich wurden im März 2011, in den Kalenderwochen zwölf und 13, sowie im Juli, in der Kalenderwoche 29, durchgeführt. In der Stellungskommission von Wien wurde in der Kalenderwoche zwölf getestet. Die meisten Spiroergometrien wurden im Heeresspital von Wien durchgeführt. Im Juni 2011 wurden von Kalenderwoche 24 bis 26 die Tests durchgeführt, im Juli 2011 von Kalenderwoche 26 bis 29 sowie die abschließenden Testungen in der Kalenderwoche 30. Insgesamt wurden 58 Grundwehrdiener dem Ausbelastungstest unterzogen.

Zusätzlich absolvierten die Probanden der Spiroergometrie, mindestens eine Woche zeitversetzt vor oder nach der Ausbelastung am Fahrradergometer, den Step-Test unter Verwendung des mobilen Ergospirometers.

## 4.2 Probanden

Den Step-Test im Zuge des Stellungsverfahrens absolvierten 861 Probanden. Der Ablauf des Testverfahrens wurde vorweg jeweils detailliert erklärt, die Teilnahme daran erfolgte freiwillig. Verletzte oder kranke Personen wurden bei der zuvor durchgeführten medizinischen Untersuchung ausgeschieden. Die am Tag des Step-Tests erhobenen Daten von Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index und Taillenumfang betragen dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung:  $17.98 \pm 1.52$  Jahre,  $178.68 \pm 6.52$  cm,  $73.45 \pm 13.12$  kg,  $22.98 \pm 3.76$  kg/m<sup>2</sup> und  $85.81 \pm 10.11$  cm.

Die Probanden der Spiroergometrien waren Grundwehrdiener des österreichischen Bundesheeres, da die Personen des Stellungsverfahrens aus zeitlichen sowie rechtlichen Gründen nicht diesem Ausbelastungstest unterzogen werden konnten. Die Teilnahme an der Studie erfolgte ebenfalls auf freiwilliger Basis. Vor dem Ausbelastungstest wurden die Probanden einer umfassenden medizinischen Prüfung unterzogen, verletzte oder kranke Personen schieden dabei aus. Insgesamt wurden 58 Spiroergometrien durchgeführt, davon schieden 13 wegen eines defekten Sauerstoffsensors aus, wodurch sich diese Stichprobe auf 45 Personen dezimierte. Die Spiroergometrien erfolgten unter ständiger EKG- und Blutdruck- Kontrolle bei Anwesenheit eines Mediziners. Die am Tag der Spiroergometrie erhobenen Daten von Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index und Taillenumfang betragen dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung:  $20.17 \pm 1.12$  Jahre,  $181.73 \pm 6.45$  cm,  $78.03 \pm 11.52$  kg,  $23.57 \pm 2.70$  kg/m<sup>2</sup> und  $86.49 \pm 9.19$  cm.

## 4.3 Erhebungsmethoden

Die zur Anwendung gekommenen Verfahren werden in anthropometrische Parameter, sowie Tests zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit unterteilt.

### 4.3.1 Anthropometrische Parameter

Die Anthropometrie ist die Lehre von den Maßen und Maßverhältnissen am menschlichen Körper. Vereinfacht ausgedrückt beschäftigt sich die Anthropometrie mit der Vermessung des Körpers. Nachstehend soll die Bestimmung von Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index und Taille beschrieben werden.

#### 4.3.1.1 Körpergröße

Messaufgabe: Bestimmung der Körperhöhe

Maßeinheit: Zentimeter [cm]

Messinstrument: Maßband an der Wand befestigt mit mechanischem Messstab

Messstrecke: Entfernung von der Standfläche bis zum höchsten Punkt des Schädels (=Vertex)

Positionierung: Der Proband steht aufrecht, ohne Schuhe, mit geschlossenen Beinen angelehnt an der Wand.

#### **4.3.1.2 Körpergewicht**

Messaufgabe: Bestimmung des Körpergewichts

Maßeinheit: Kilogramm [kg]

Messinstrument: elektronische Säulenwaage der Firma SECA

Positionierung: aufrechter und ruhiger Stand bei leicht geöffneten Beinen

#### **4.3.1.3 Body-Mass-Index**

Messaufgabe: Bestimmung des Körpermassenindex

Berechnung: Quotient aus dem Körpergewicht in Kilogramm und der Körperoberfläche in Quadratmeter. Die Körperoberfläche wird näherungsweise aus dem Quadrat der Körperlänge berechnet.

$$\text{BMI} = \text{Körpergewicht [kg]} / (\text{Körperlänge [m]} )^2$$

Maßeinheit: Kilogramm pro Quadratmeter [kg/m<sup>2</sup>]

#### **4.3.1.4 Taillenumfang**

Messaufgabe: Bestimmung des Bauchumfangs

Maßeinheit: Zentimeter [cm]

Messinstrument: Schneidermaßband

Messstrecke: Messen des größten Bauchumfangs, in etwa auf der Höhe des Bauchnabels

Positionierung: Der Proband steht aufrecht, ohne Schuhe und mit geschlossenen Beinen bei normaler Atmung.

#### **4.3.2 Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit**

Zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit kamen zwei unterschiedliche Prüfverfahren, ein modifizierter Queens-College-Step-Test sowie die Spiroergometrie, zur Anwendung. Zusätzlich absolvierten die Probanden der Spiroergometrie, mindestens eine

Woche zeitversetzt vor oder nach der Ausbelastung am Fahrradergometer, den Step-Test unter Verwendung des mobilen Ergospirometers.

#### **4.3.2.1 modifizierter Queens-College-Step-Test**

Messaufgabe:	Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit
Messwerte:	palpatorisch erfasster Belastungs-Erholungs-Puls, Herzfrequenz [Anzahl der Schläge pro Minute] bei Belastungsende sowie fünf und 20 Sekunden nach der Belastung im Stehen
Messinstrumente:	Steps, Laptop, Lautsprecher, Tonspur Step-Test mit 24 Takten pro Minute, Polar Team <sup>2</sup> Pro-Einheit (bestehend aus: PC-Software, Empfänger bzw. Basisstation, Brustgürte, Sender, Ladeschale)
Messprotokoll:	Stephöhe von 41.3 cm, Belastungsdauer von 3 min, Steigfrequenz von 24 Steps/min
Kapazität:	bei geeigneten Räumlichkeiten, ausreichend Steps sowie Polar Team <sup>2</sup> Pro- Einheit bis zu zehn Personen gleichzeitig testbar
Bekleidung:	kurze Hose, freier Oberkörper, keine Schuhe (Socken oder Barfuß)
Fragebogen:	Alle Versuchspersonen erhielten vor der Testung einen Fragebogen zur Abschätzung der individuellen Belastbarkeit inklusive Probandeninformation und Einverständniserklärung.
Ablauf:	Nach exakter Erklärung des Testablaufs, inklusive Schulung der palpatorischen Pulserfassung sowie einem kurzen Probedurchgang, erfolgte ein dreiminütiges Hoch- und Niedersteigen im vorgegebenen Rhythmus der Tonspur von 24 Steps/min, immer mit dem gleichen Bein beginnend (links oder rechts). Reihenfolge: rechts hoch – links hoch – rechts runter – links runter oder links hoch – rechts hoch – links runter – rechts runter. Es muss mit dem ganzen Fuß auf den Step gestiegen werden, das Kniegelenk muss anschließend annähernd komplett durchgestreckt werden. Die Arme hängen während der gesamten Testung passiv nach unten.
Variante Ergo- spirometer:	Bei identem Testablauf absolvierten die Probanden der Spiroergometrie einzeln den Step-Test unter Verwendung des mobilen Ergospirometers.



#### 4.3.2.2 Spiroergometrie

Messaufgabe:	Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme
Messwerte:	maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\text{max}$ ) absolut in [ $l \cdot \text{min}^{-1}$ ] bzw. relativ in [ $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ]  maximale Herzfrequenz [Schläge/min]  maximale Leistung in Watt [W] absolut und relativ
Messinstrumente:	mobiler Ergospirometer (Modell: Metamax, Cortex Biophysik, Leipzig, Deutschland), Fahrradergometer (Modell: Ergoline-Ergometrics 800 S, Schiller Technik, Konstanz, Deutschland), Herzfrequenzmessgeräte (Modell: Polar S 810i, Polar Electro, Kempele, Finnland)
Messprotokoll:	Ausbelastungstest mittels Rampenprotokoll mit 40 Watt Anfangsbelastung, Belastungsincrement von 15 Watt, Stufendauer von 1 min, Trittfrequenz zwischen 70 und 80 Umdrehungen/min
Bekleidung:	kurze Hose, freier Oberkörper, Sportschuhe
Fragebogen:	Alle Versuchspersonen erhielten vor der Testung einen Fragebogen zur Abschätzung der individuellen Belastbarkeit inklusive Probandeninformation und Einverständniserklärung.
Ablauf:	Nach exakter Erklärung des Testablaufs, Spiroergometrie bis zur individuellen Ausbelastung unter ständiger EKG- und Blutdruck-Kontrolle

#### 4.3.3 Abbildungen Step-Test und Spiroergometrie

Ergänzend zur Beschreibung der Erhebungsmethodik- Ausdauerleistungsfähigkeit- sollen nachstehende Abbildungen zum besseren Verständnis der Testabläufe beitragen.



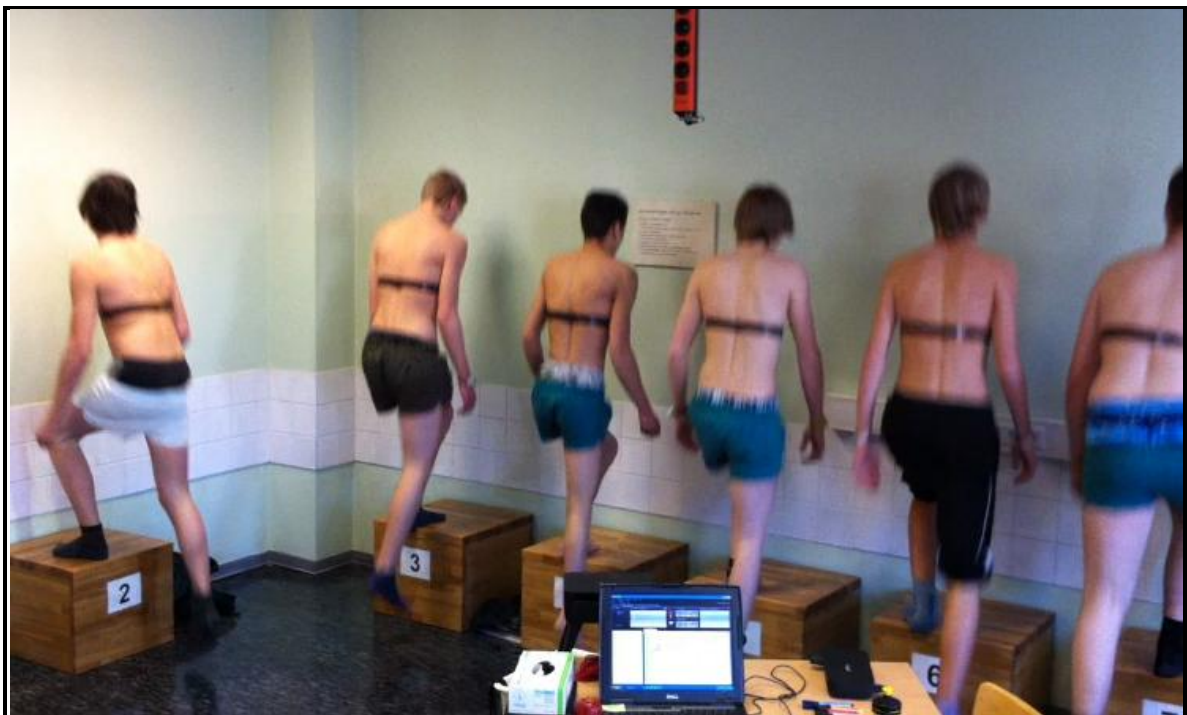
**Abbildung 4:** Ablauf des modifizierten Queens-College-Step-Tests (beim Start)



**Abbildung 5:** Ablauf des modifizierten Queens-College-Step-Tests (beim Hochsteigen)



**Abbildung 6:** Ablauf des modifizierten Queens-College-Step-Tests (am Step)



**Abbildung 7:** Ablauf des modifizierten Queens-College-Step-Tests (beim Runtersteigen)





Abbildung 8: Spiroergometrie bei einem Probanden



**Abbildung 9:** *Step-Test mit mobilem Ergospirometer bei einem Probanden*

## 4.4 Auswertungsmethoden

Die Auswertungsmethodik soll im Kapitel „Datenübertragung sowie weitere Bearbeitung“ einen Überblick verschaffen, wie sämtliche Daten erfasst und ausgewertet wurden, im Kapitel „statistische Verfahren“ wird das statistische Prozedere kurz skizziert.

### 4.4.1 Datenübertragung sowie weitere Bearbeitung

- Step-Test: Das Erfassen und Auswerten der einzelnen Herzfrequenzen erfolgte mittels Polar Team<sup>2</sup> Software.
- Spiroergometrie: Die Auswertung der Daten erfolgte Softwareunterstützt mittels Metasoft (Cortex Biophysik). Die Protokolle wurden auf 15 Sekunden konfiguriert und jeweils fünf Atemzüge gemittelt.
- Rohdaten: Die Erfassung sämtlicher Rohdaten erfolgte mittels Microsoft Office Excel 2003 sowie Microsoft Office Excel 2007.
- Statistik: Zur statistischen Berechnung wurde SPSS Statistics Version 19 herangezogen.

### 4.4.2 Statistische Verfahren

Die Wahl des Signifikanzniveaus wurde vorab definiert, bei sämtlichen statistischen Verfahren beibehalten und beträgt  $\alpha \leq .05$  für die Signifikanzprüfung der Ergebnisse. Die zum Teil berechneten p-Werte von .000 sind als  $p < 0.001$  zu interpretieren.

Die Prüfung der Normalverteilung aller Daten erfolgte mittels Kolmogorov-Smirnov-Test, Histogramm, Q-Q- Diagramm sowie dem Boxplot. Zur weiteren Berechnung wurde schlussendlich jeweils der Kolmogorov-Smirnov-Test herangezogen.

Zur Beschreibung der Zusammenhangsmaße konnte aufgrund der gegebenen Voraussetzungen die Pearson-Produkt-Moment-Korrelation zur Anwendung kommen. Zur übersichtlicheren graphischen Darstellung der Zusammenhänge zwischen den beiden Variablen sollen Streudiagramme dienen.

Die Prüfung der Vorhersage einer abhängigen und einer unabhängigen Variable wurde mittels einfacher linearer Regression durchgeführt. Bei mehreren unabhängigen Variablen und einer abhängigen Variable kam die multiple lineare Regression zur Anwendung. Dabei wurden jeweils lineare Vorhersagen einer metrischen Variable Y anhand einer anderen Variablen X oder mehrerer Prädiktoren (unabhängige Variablen) berechnet. Die Struktur der linearen Regressionen wird jeweils mittels Regressionsgleichung beschrieben. Zur graphischen Darstellung kamen Streudiagramme zur Anwendung. Lineare Zusammenhänge wurden jeweils mit einer Regressionsgeraden beschrieben.

## 5 Ergebnisse

Sämtliche relevanten Ergebnisse werden in den Kapiteln Konstitution, Step-Test und Spiroergometrie dargestellt. Zur besseren Übersicht wurden im Kapitel Step-Test sowie Spiroergometrie weitere Unterkapitel erstellt.

### 5.1 Konstitution

Die am Tag des Step-Tests erhobenen Probanden-Daten von Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index und Taillenumfang, betragen dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung:  $17.98 \pm 1.52$  Jahre,  $178.68 \pm 6.52$  cm,  $73.45 \pm 13.12$  kg,  $22.98 \pm 3.76$  kg/m<sup>2</sup> und  $85.81 \pm 10.11$  cm, entsprechend Tabelle 4.

**Tabelle 4:** Anthropometrische Daten der Probanden der Step-Tests.

	N	Mittelwert	Standardabweichung
Alter	861	17.98	1.52
Größe	861	178.68	6.52
Gewicht	861	73.45	13.12
BMI	861	22.98	3.76
Taille	861	85.81	10.11
Gültige Werte (Listenweise)	861		

*N = Stichprobengröße*

Die am Tag der Spiroergometrie erhobenen Probanden-Daten von Alter, Körpergröße, Körpergewicht, Body-Mass-Index und Taillenumfang, betragen dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung:  $20.17 \pm 1.12$  Jahre,  $181.73 \pm 6.45$  cm,  $78.03 \pm 11.52$  kg,  $23.57 \pm 2.70$  kg/m<sup>2</sup> und  $86.49 \pm 9.19$  cm, entsprechend Tabelle 5.

**Tabelle 5:** Anthropometrische Daten der Probanden der Spiroergometrien.

	N	Mittelwert	Standardabweichung
Alter	45	20.17	1.22
Größe	45	181.73	6.45
Gewicht	45	78.03	11.52
BMI	45	23.57	2.70
Taille	36	86.49	9.19
Gültige Werte (Listenweise)	36		

*N = Stichprobengröße*

## 5.2 Step-Test

Die Ergebnisse der Step-Tests werden zur besseren Übersicht in drei Kapitel dargestellt. Im ersten Kapitel „Herzfrequenz“ werden die unterschiedlichen Messzeitpunkte, Korrelationen sowie Unterschiedsprüfungen dargestellt und zum Teil beschrieben. Im Kapitel „Berechnete maximale Sauerstoffaufnahme“ werden die Berechnungen dieser unterschiedlichen Messzeitpunkte, Korrelationen sowie Unterschiedsprüfungen dargestellt und teilweise beschrieben. Das letzte Kapitel behandelt synonym mit dem Kapitelnamen die abgebrochenen Step-Tests sowie Probleme bei der Herzfrequenz- und Pulserfassung.

### 5.2.1 Herzfrequenz

Die Herzfrequenz der Probanden betrug, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung gerundet auf ganze Schläge, direkt am Ende des Step-Tests  $161 \pm 16$  Schläge pro Minute, nach fünf Sekunden ebenfalls  $161 \pm 16$  Schläge pro Minute, nach 20 Sekunden  $154 \pm 19$  Schläge pro Minute sowie im Mittel aus den Werten von fünf und 20 Sekunden  $157 \pm 17$  Schläge pro Minute. Der berechnete Puls, als das Produkt der palpatorischen Erfassung von der fünften bis zur 20. Sekunde nach dem Ende des Step-Tests, multipliziert mit dem Faktor vier, betrug  $148 \pm 22$  Schläge pro Minute. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 6 zusammenfasst sowie in Abbildung 10 als Boxplot dargestellt.

**Tabelle 6:** Gepaarte Stichproben der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte, sowie vom berechneten Puls der palpatorischen Erfassung.

		Mittelwert	N	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	HF Step-Ende	161.47	811	15.985	.561
	HF Hand ber.	148.26	811	21.546	.757
Paaren 2	HF 5Sek	161.43	814	16.525	.579
	HF Hand ber.	148.27	814	21.643	.759
Paaren 3	HF 20Sek	153.50	815	18.991	.665
	HF Hand ber.	148.23	815	21.659	.759
Paaren 4	HF mittel	157.45	814	17.391	.610
	HF Hand ber.	148.27	814	21.643	.759

*N = Stichprobengröße*

*HF Step-Ende = Herzfrequenz am Ende des Step-Tests (im Stehen)*

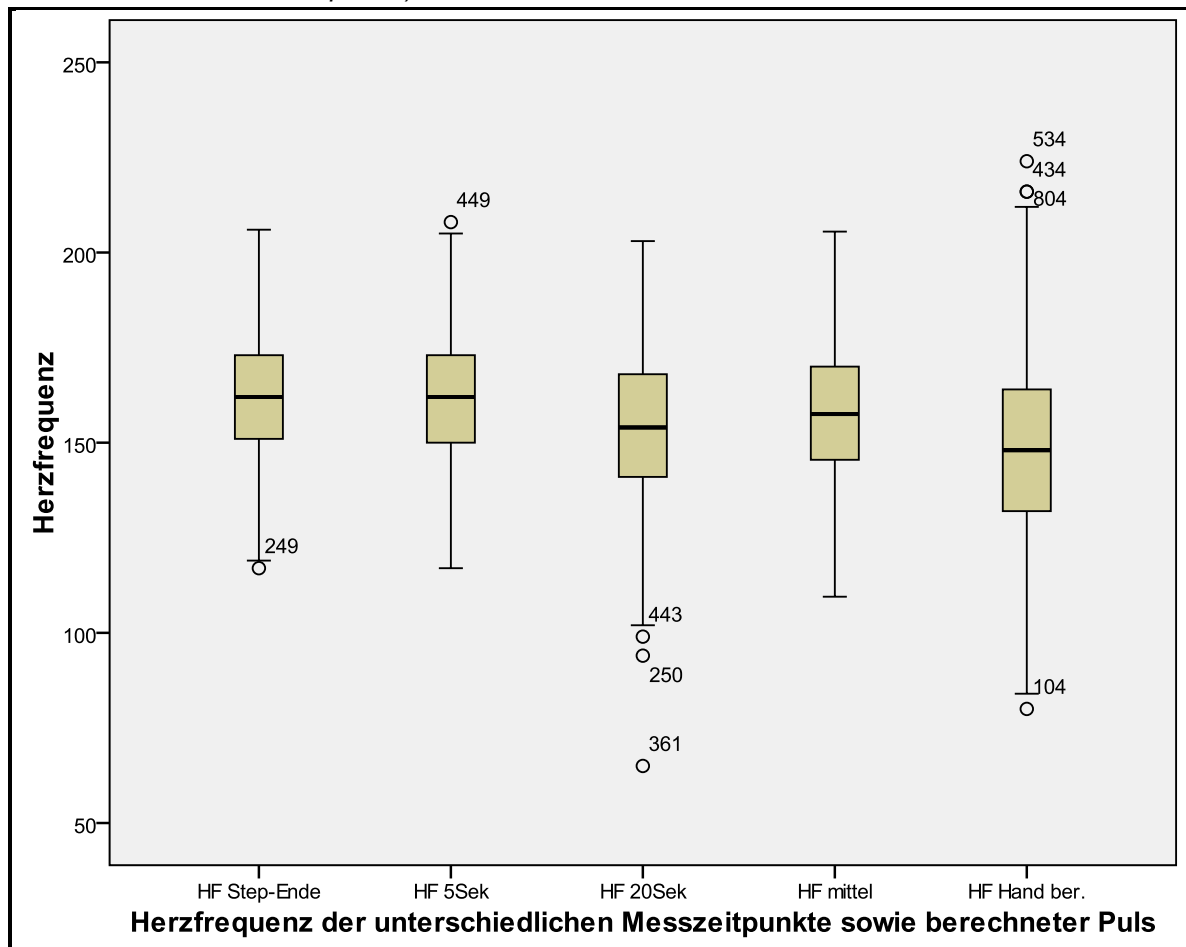
*HF 5Sek = Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests (im Stehen)*

*HF 20Sek = Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests (im Stehen)*

*HF mittel = Mittelwert aus HF5 und HF20*



HF Hand ber. = berechneter Puls pro Minute aus der palpatorischen Messung (von der 5. bis zur 20. Sekunde nach dem Step-Test)



**Abbildung 10:** Boxplot der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte, sowie vom berechneten Puls der palpatorischen Erfassung.

**Tabelle 7:** Korrelation bei gepaarten Stichproben der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte, sowie vom berechneten Puls der palpatorischen Erfassung.

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	HF Step-Ende & HF Hand ber.	811	.453	.000
Paaren 2	HF 5Sek & HF Hand ber.	814	.449	.000
Paaren 3	HF 20Sek & HF Hand ber.	815	.470	.000
Paaren 4	HF mittel & HF Hand ber.	814	.472	.000

N = Stichprobengröße

HF Step-Ende = Herzfrequenz am Ende des Step-Tests (im Stehen)

HF 5Sek = Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests (im Stehen)

HF 20Sek = Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests (im Stehen)

HF mittel = Mittelwert aus HF5 und HF20

HF Hand ber. = berechneter Puls pro Minute aus der palpatorischen Messung (von der 5. bis zur 20. Sekunde nach dem Step-Test)

**Tabelle 8:** *Unterschiedsprüfung bei gepaarten Stichproben der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte, sowie vom berechneten Puls der palpatorischen Erfassung.*

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)	
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz					
				Untere	Obere				
Paaren 1	HF Step-Ende - HF Hand ber.	13.218	20.197	.709	11.826	14.610	18.63 8	81 0	.000
Paaren 2	HF 5Sek – HF Hand ber.	13.156	20.504	.719	11.745	14.567	18.30 6	81 3	.000
Paaren 3	HF 20Sek – HF Hand ber.	5.269	21.053	.737	3.821	6.716	7.145	81 4	.000
Paaren 4	HF mittel – HF Hand ber.	9.175	20.384	.714	7.773	10.577	12.84 2	81 3	.000

*HF Step-Ende = Herzfrequenz am Ende des Step-Tests (im Stehen)*

*HF 5Sek = Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests (im Stehen)*

*HF 20Sek = Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests (im Stehen)*

*HF mittel = Mittelwert aus HF5 und HF20*

*HF Hand ber. = berechneter Puls pro Minute aus der palpatorischen Messung (von der 5. bis zur 20. Sekunde nach dem Step-Test)*

### 5.2.2 Berechnete maximale Sauerstoffaufnahme

Aus den Mittelwerten der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie des berechneten Pulses aus der palpatorischen Erfassung, wurde mittels Regressionsgleichung gemäß McArdle et al. (1972), die maximale Sauerstoffaufnahme [ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ] relativ zum Körpergewicht berechnet und dargestellt. Die errechnete maximale Sauerstoffaufnahme betrug, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung, direkt am Ende des Step-Tests  $43.46 \pm 6.71 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , nach fünf Sekunden fast idente  $43.56 \pm 6.99 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , nach 20 Sekunden  $47.07 \pm 7.91 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  sowie im Mittel aus den Werten von fünf und 20 Sekunden  $46.25 \pm 7.99 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Der berechnete Puls als das Produkt der palpatorischen Erfassung von der fünften bis zur 20. Sekunde nach dem Ende des Step-Tests, multipliziert mit dem Faktor vier, ergab eingesetzt in die Regressionsformel eine maximale Sauerstoffaufnahme von  $49.46 \pm 9.07 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Diese Ergebnisse sind in Tabelle 9 zusammenfasst sowie in Abbildung 11 als Boxplot dargestellt.

**Tabelle 9:** Gepaarte Stichproben der mittels Regressionsformel berechneten  $VO_2\max$  (gemessene Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie berechneter Puls der palpatorischen Erfassung).

		Mittelwert	N	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	$VO_2$ Step-Ende	43.4583	811	6.70983	.23561
	$VO_2$ Hand ber.	49.0623	811	9.04952	.31777
Paaren 2	$VO_2$ 5Sek	43.5562	814	6.99606	.24521
	$VO_2$ Hand ber.	49.0565	814	9.09001	.31860
Paaren 3	$VO_2$ 20Sek	47.0674	815	7.91282	.27717
	$VO_2$ Hand ber.	49.0731	815	9.09682	.31865
Paaren 4	$VO_2$ mittel	46.2549	817	7.98837	.27948
	$VO_2$ Hand ber.	49.0672	817	9.06902	.31728

$N$  = Stichprobengröße

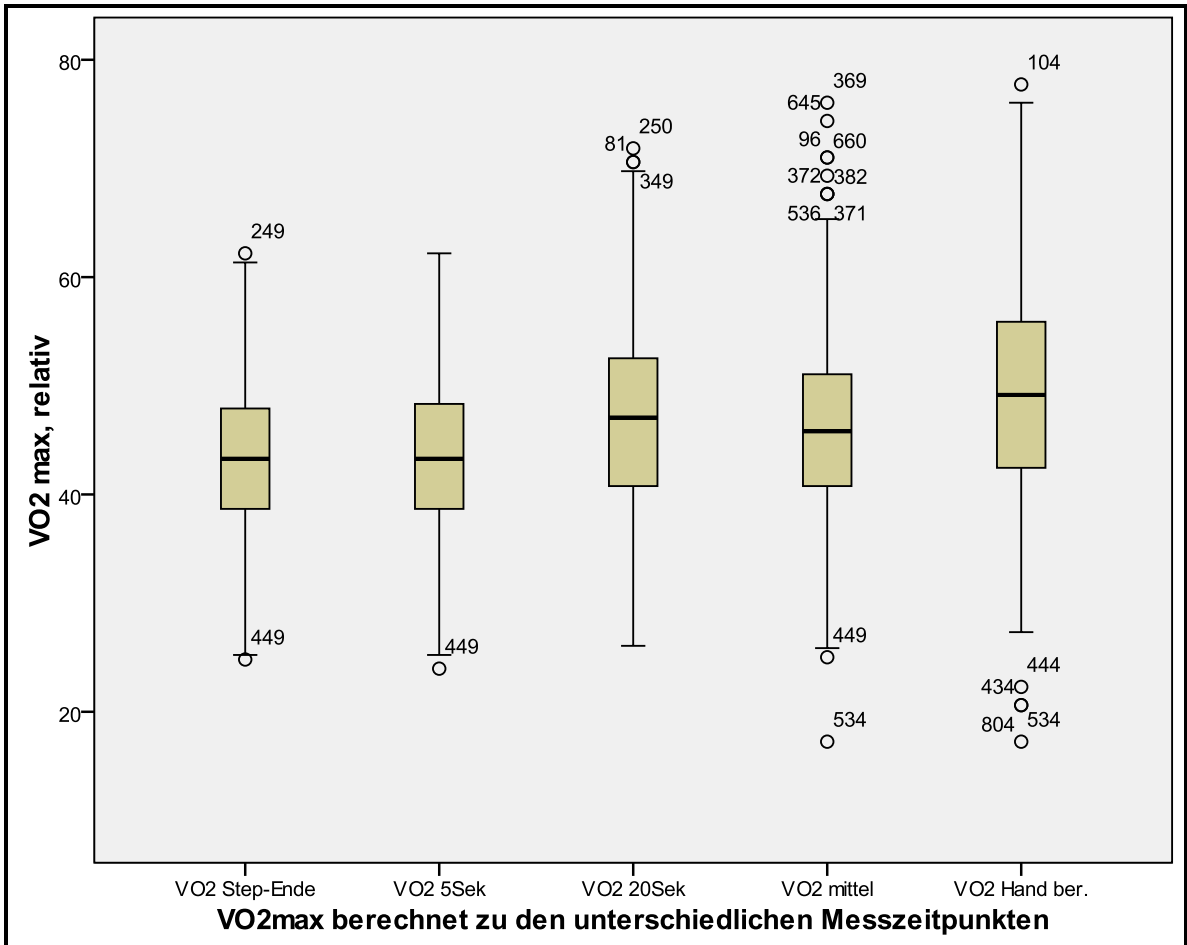
$VO_2$  Step-Ende = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ am Ende des Step-Tests

$VO_2$  5Sek = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

$VO_2$  20Sek = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

$VO_2$  mittel = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus dem Mittelwert von  $VO_2$  5Sek und  $VO_2$  20Sek

$VO_2$  Hand ber. = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus der palpatorischen Messung (von der 5. bis zur 20. Sekunde nach dem Step-Test)



**Abbildung 11:** Boxplot der mittels Regressionsformel berechneten  $VO_2$ max (gemessene Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie berechneter Puls der palpatorischen Erfassung).

**Tabelle 10:** Korrelation bei gepaarten Stichproben der mittels Regressionsformel berechneten  $VO_2$ max (gemessene Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie berechneter Puls der palpatorischen Erfassung).

		N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1	$VO_2$ Step-Ende & $VO_2$ Hand ber.	811	.451	.000
Paaren 2	$VO_2$ 5Sek & $VO_2$ Hand ber.	814	.453	.000
Paaren 3	$VO_2$ 20Sek & $VO_2$ Hand ber.	815	.485	.000
Paaren 4	$VO_2$ mittel & $VO_2$ Hand ber.	817	.610	.000

*N* = Stichprobengröße

$VO_2$  Step-Ende = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ am Ende des Step-Tests

$VO_2$  5Sek = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

$VO_2$  20Sek = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

$VO_2$  mittel = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus dem Mittelwert von  $VO_2$  5Sek und  $VO_2$  20Sek

$VO_2$  Hand ber. = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus der palpatorischen Messung (von der 5. bis zur 20. Sekunde nach dem Step-Test)

**Tabelle 11:** *Unterschiedsprüfung bei gepaarten Stichproben der mittels Regressionsformel berechneten VO<sub>2</sub>max (gemessene Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie berechneter Puls der palpatorischen Erfassung).*

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare n 1	VO <sub>2</sub> Step-Ende - VO <sub>2</sub> Hand ber	-5.60397	8.49150	.29818	-6.189	-5.018	-18.794	810	.000
Paare n 2	VO <sub>2</sub> 5Sek - VO <sub>2</sub> Hand ber.	-5.50025	8.59630	.30130	-6.091	-4.908	-18.255	813	.000
Paare n 3	VO <sub>2</sub> 20Sek - VO <sub>2</sub> Hand ber.	-2.00569	8.69110	.30444	-2.603	-1.408	-6.588	814	.000
Paare n 4	VO <sub>2</sub> mittel - VO <sub>2</sub> Hand ber.	-2.81225	7.58982	.26553	-3.333	-2.291	-10.591	816	.000

VO<sub>2</sub> Step-Ende = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ am Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> 5Sek = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> 20Sek = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> mittel = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus dem Mittelwert von VO<sub>2</sub> 5Sek und VO<sub>2</sub> 20Sek

VO<sub>2</sub> Hand ber. = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus der palpatorischen Messung (von der 5. bis zur 20. Sekunde nach dem Step-Test)

### 5.2.3 Abgebrochene Tests sowie Probleme bei der Herzfrequenz- und Pulserfassung

Von den 861 Probanden des Step-Tests, brachen fünf Probanden wegen unzureichender Leistungsfähigkeit vorzeitig ab, bei 28 Probanden kam es zu einem Ausfall des Herzfrequenz- Messsystems und zwölf Probanden hatten Probleme mit der palpatorischen Pulsmessung. Somit konnten von den 861 Probanden schlussendlich 816 Probanden gültig erfasst werden. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 12 zusammenfasst sowie in Abbildung 12 als Kreisdiagramm dargestellt.

**Tabelle 12:** Häufigkeitstabelle gültiger Messungen, abgebrochener Messungen, Ausfälle der Herzfrequenzmessung sowie keiner palpatorischen Erfassung.

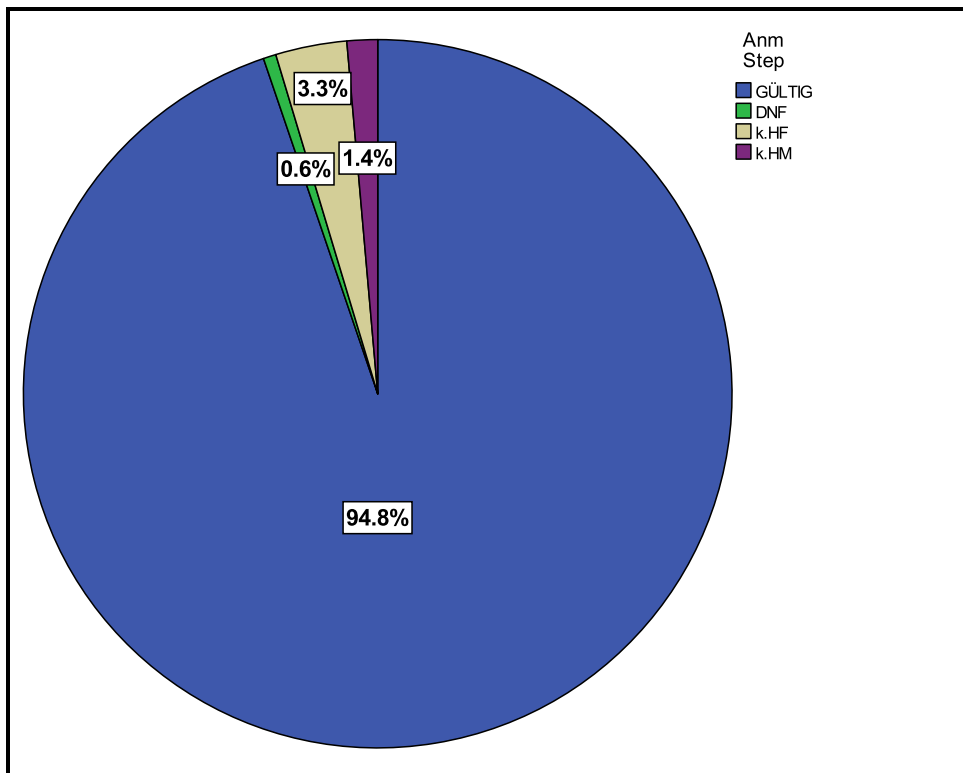
	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	816	94.8	94.8	94.8
DNF	5	.6	.6	95.4
k.HF	28	3.3	3.3	98.6
k.HM	12	1.4	1.4	100.0
Gesamt	861	100.0	100.0	

Gültig = gültige Messung

DNF = abgebrochene Testung da vor dem Testende ausbelastet

k.HF = keine Herzfrequenzmessung wegen Ausfalls

k.HM = keine palpatorische Erfassung



**Abbildung 12:** Diagramm der Häufigkeitsverteilung gültiger Messungen (GÜLTIG), abgebrochener Messungen (DNF), Ausfälle der Herzfrequenzmessung (k.HF) sowie keiner palpatorischen Erfassung (k.HM).

### 5.3 Spiroergometrie

Dieses Kapitel stellt eingangs zahlreiche Messwerte dar. Im ersten Kapitel werden die maximalen Leistungen sowie die Ausbelastungsherzfrequenzen zusammengefasst und abgebildet, das zweite Kapitel beschreibt die Testdauer der Spiroergometrien. Im dritten Kapitel werden die gemessenen Werte der maximalen Sauerstoffaufnahme der Spiroergometrie sowie das Leveling-Off-Phänomen dargestellt. Im letzten Kapitel, der gemessenen versus berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme, werden die Ergebnisse zahlreicher Berechnungen, vor dem Hintergrund einer möglichst exakten Vorhersage der maximalen Herzfrequenz aus den erfassten Daten eines modifizierten Queens-College-Step-Tests, dargestellt.

#### 5.3.1 Maximale Leistungen und Ausbelastungsherzfrequenzen

Die maximale Leistung der Probanden und somit Belastungsabbruch der Spiroergometrie betrug, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung, absolut  $261.82 \pm 35.50$  Watt. Relativ auf das Körpergewicht bezogen entspricht dies  $3.39 \pm 0.49$  Watt/kg. Abgebrochen wurde bei einer maximalen Herzfrequenz, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung gerundet auf ganze Schläge, von  $189 \pm 11$  Schlägen pro Minute. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 13 zusammenfasst. Tabelle 14 fasst die Häufigkeiten der maximalen Leistung in Watt [W] zusammen, Abbildung 11 stellt diese als Histogramm dar.

**Tabelle 13:** Spiroergometrie- Leistungen absolut und relativ sowie Ausbelastungsherzfrequenz

		Pmax	relPmax	HFmax
N	Gültig	45	45	45
	Fehlend	0	0	0
Mittelwert		261.82	3.3943	189.44
Standardabweichung		35.501	.49114	10.927
Minimum		190	2.30	168
Maximum		325	4.54	214

*N = Stichprobengröße*

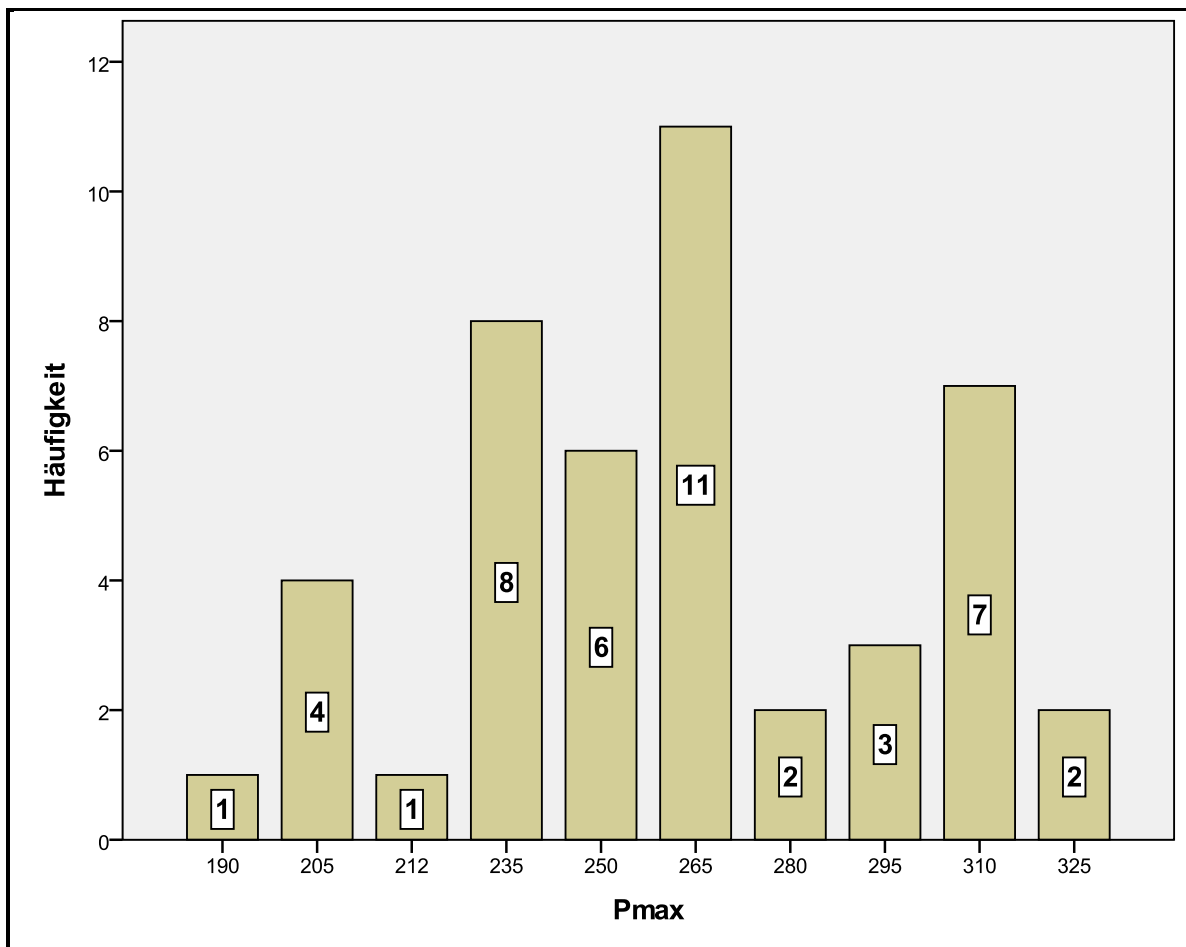
*Pmax = maximal erbrachte Leistung bei der Spiroergometrie absolut*

*relPmax = maximal erbrachte Leistung bei der Spiroergometrie relativ*

*HFmax = maximale Herzfrequenz*

**Tabelle 14:** Häufigkeiten der maximalen Leistungen absolut der Spiroergometrien

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	190	1	2.2	2.2	2.2
	205	4	8.9	8.9	11.1
	212	1	2.2	2.2	13.3
	235	8	17.8	17.8	31.1
	250	6	13.3	13.3	44.4
	265	11	24.4	24.4	68.9
	280	2	4.4	4.4	73.3
	295	3	6.7	6.7	80.0
	310	7	15.6	15.6	95.6
	325	2	4.4	4.4	100.0
	Gesamt	45	100.0	100.0	



**Abbildung 13:** Häufigkeitsverteilung der maximalen Leistungen der Spiroergometrien



### 5.3.2 Testdauer

Die maximale Testdauer der Spiroergometrie, die aufgrund der Ausbelastung der Probanden zum Belastungsabbruch führte, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung, betrug  $15.80 \pm 2.35$  Minuten; siehe Tabelle 15, Abbildung 14 stellt die Häufigkeitsverteilung der Testdauer in Minuten [min] als Histogramm dar.

**Tabelle 15:** Testdauer der Spiroergometrie

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Dauer Spiroergometrie	45	11	20	15.80	2.351
Gültige Werte (Listenweise)	45				

*N* = Stichprobengröße



**Abbildung 14:** Häufigkeitsverteilung der Testdauer der Spiroergometrie

### 5.3.3 Maximale Sauerstoffaufnahme und Leveling-off-Phänomen

Die maximale Sauerstoffaufnahme, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung des höchst gemessenen Wertes knapp vor Belastungsabbruch der Spiroergometrie, betrug  $49.02 \pm 7.41 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , direkt bei Belastungsabbruch  $46.38 \pm 7.30 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Dieses Ergebnis ist in Tabelle 16 zusammenfasst sowie in Abbildung 15 als Boxplot dargestellt.

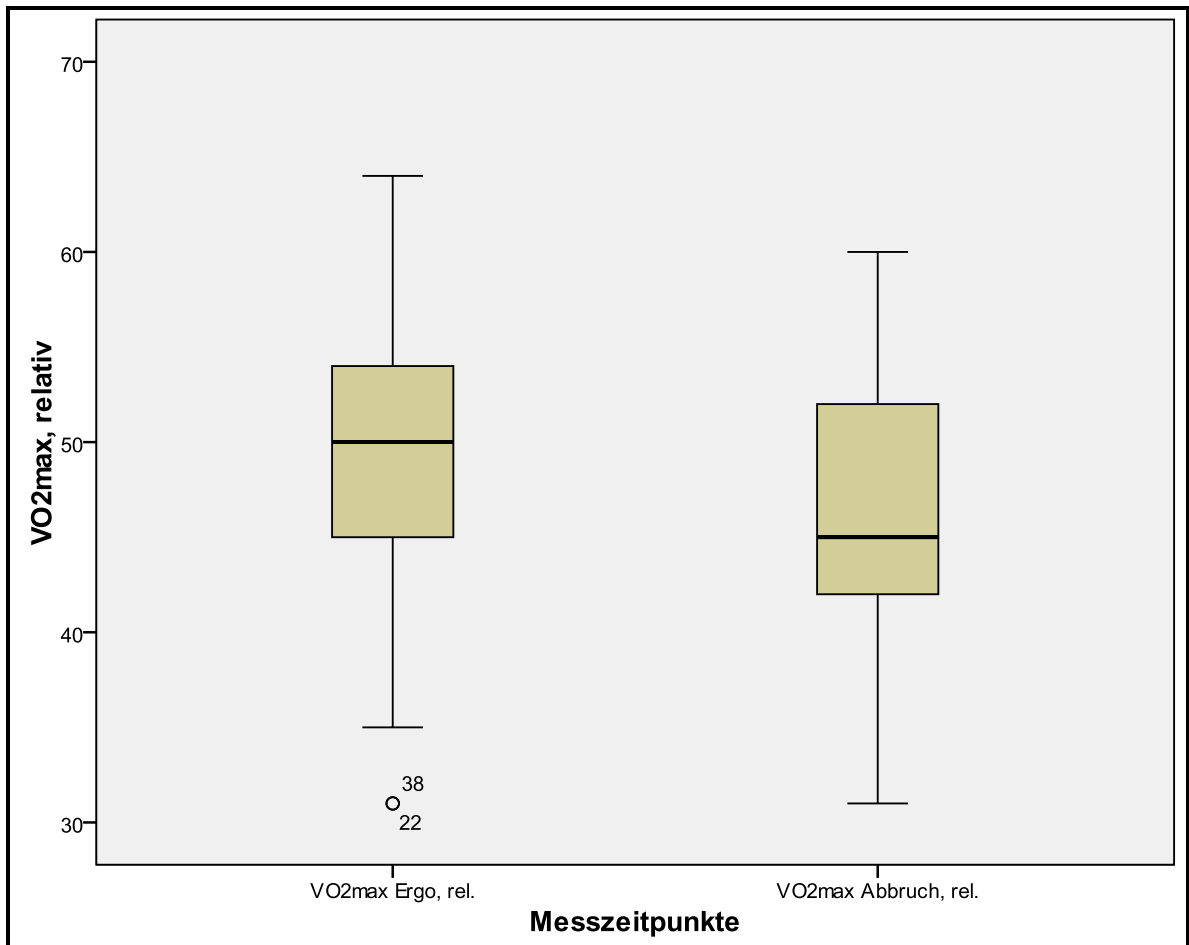
**Tabelle 16:** Maximale Sauerstoffaufnahme von höchster gemessener Wert knapp vor Belastungsabbruch sowie bei Belastungsabbruch

		Mittelwert	N	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	VO <sub>2</sub> max Ergo, rel.	49.02	45	7.408	1.104
	VO <sub>2</sub> max Abbruch, rel.	46.38	45	7.303	1.089

*N = Stichprobengröße*

*VO<sub>2</sub>max Ergo, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme knapp vor Belastungsabbruch*

*VO<sub>2</sub>max Abbruch, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme bei Belastungsabbruch*



**Abbildung 15:** Boxplot der maximalen Sauerstoffaufnahme von höchstem gemessenen Wert knapp vor und bei Belastungsabbruch

**Tabelle 17:** Korrelation der maximalen Sauerstoffaufnahme von höchstem gemessenen Wert knapp vor und bei Belastungsabbruch

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. & VO <sub>2</sub> max Abbruch, rel.	45	.919	.000

*N* = Stichprobengröße

*VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.* = maximale Sauerstoffaufnahme knapp vor Belastungsabbruch

*VO<sub>2</sub>max Abbruch, rel.* = maximale Sauerstoffaufnahme bei Belastungsabbruch

**Tabelle 18:** *Unterschiedsprüfung der maximalen Sauerstoffaufnahme von höchstem gemessenen Wert knapp vor und bei Belastungsabbruch*

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. - VO <sub>2</sub> max Abbruch, rel.	2.644	2.971	.443	1.752	3.537	5.971	44	.000

VO<sub>2</sub>max Ergo, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme knapp vor Belastungsabbruch

VO<sub>2</sub>max Abbruch, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme bei Belastungsabbruch

### 5.3.4 Gemessene vs. berechnete maximale Sauerstoffaufnahme

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse zahlreicher Berechnungen, vor dem Hintergrund einer möglichst exakten Vorhersage der maximalen Sauerstoffaufnahme aus den erfassten Daten eines modifizierten Queens-College-Step-Tests, dargestellt. Im ersten Kapitel wird der Unterschied zwischen der tatsächlich gemessenen maximalen Sauerstoffaufnahme der Spiroergometrie und der mittels Regressionsgleichung McArdle, et al. (1972) berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme geprüft. Das zweite Kapitel untersucht den Unterschied der tatsächlich gemessenen maximalen Sauerstoffaufnahme der Spiroergometrie und der mittels Regressionsgleichung Chatterjee, et al. (2004) berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme. Im Kapitel Zusammenhangsmaße wird der Zusammenhang zwischen den Variablen der Herzfrequenz, fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests, des Body-Mass-Index und des Taillenumfangs dargestellt. Darauf aufbauend wird mittels linearer Regressionsberechnungen die Vorhersagegenauigkeit der maximalen Sauerstoffaufnahme aus mehreren Prädiktoren geprüft. Bei sämtlichen Regressionen wurde die Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests herangezogen, was sich am Besten geeignet erwies. Bei der Herzfrequenz unmittelbar nach dem Step-Test kam es gelegentlich zu falschen Messungen aufgrund von Artefakten, hervorgerufen durch die Hautverschiebung durch das Auf- und Absteigen.

#### 5.3.4.1 Gemessene maximale Sauerstoffaufnahme und mittels Regressionsgleichung „McArdle“ berechnete maximale Sauerstoffaufnahme

Die maximale Sauerstoffaufnahme, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung des höchst gemessenen Wertes knapp vor Belastungsabbruch der Spiroergometrie, betrug  $49.02 \pm 7.41 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Die Probanden der Spiroergometrie wurden auch einem

Step-Test unterzogen. Aus der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte wurde mittels Regressionsgleichung gemäß McArdle, et al. (1972) die maximale Sauerstoffaufnahme [ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ] relativ zum Körpergewicht berechnet und dargestellt. Die errechnete maximale Sauerstoffaufnahme betrug, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung, mit der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests  $46.86 \pm 5.77 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , mit der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests  $49.96 \pm 6.39 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  sowie im Mittel aus den jeweiligen Herzfrequenz-Werten von fünf und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests  $48.41 \pm 6.02 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Diese Ergebnisse sind in Tabelle 19 zusammenfasst sowie in Abbildung 16 als Boxplot dargestellt.

**Tabelle 19:** Deskriptive Statistik der gemessenen  $\text{VO}_2\text{max}$  und der mittels Regressionsformel „McArdle“ berechneten  $\text{VO}_2\text{max}$

		Mittelwert	N	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	$\text{VO}_2\text{max}$ Ergo, rel.	49.02	45	7.408	1.104
	$\text{VO}_2$ 5Sek McArdle	46.8647	45	5.77031	.86019
Paaren 2	$\text{VO}_2\text{max}$ Ergo, rel.	49.02	45	7.408	1.104
	$\text{VO}_2$ 20Sek McArdle	49.9633	45	6.39237	.95292
Paaren 3	$\text{VO}_2\text{max}$ Ergo, rel.	49.02	45	7.408	1.104
	$\text{VO}_2$ mittel McArdle	48.4140	45	6.01905	.89727

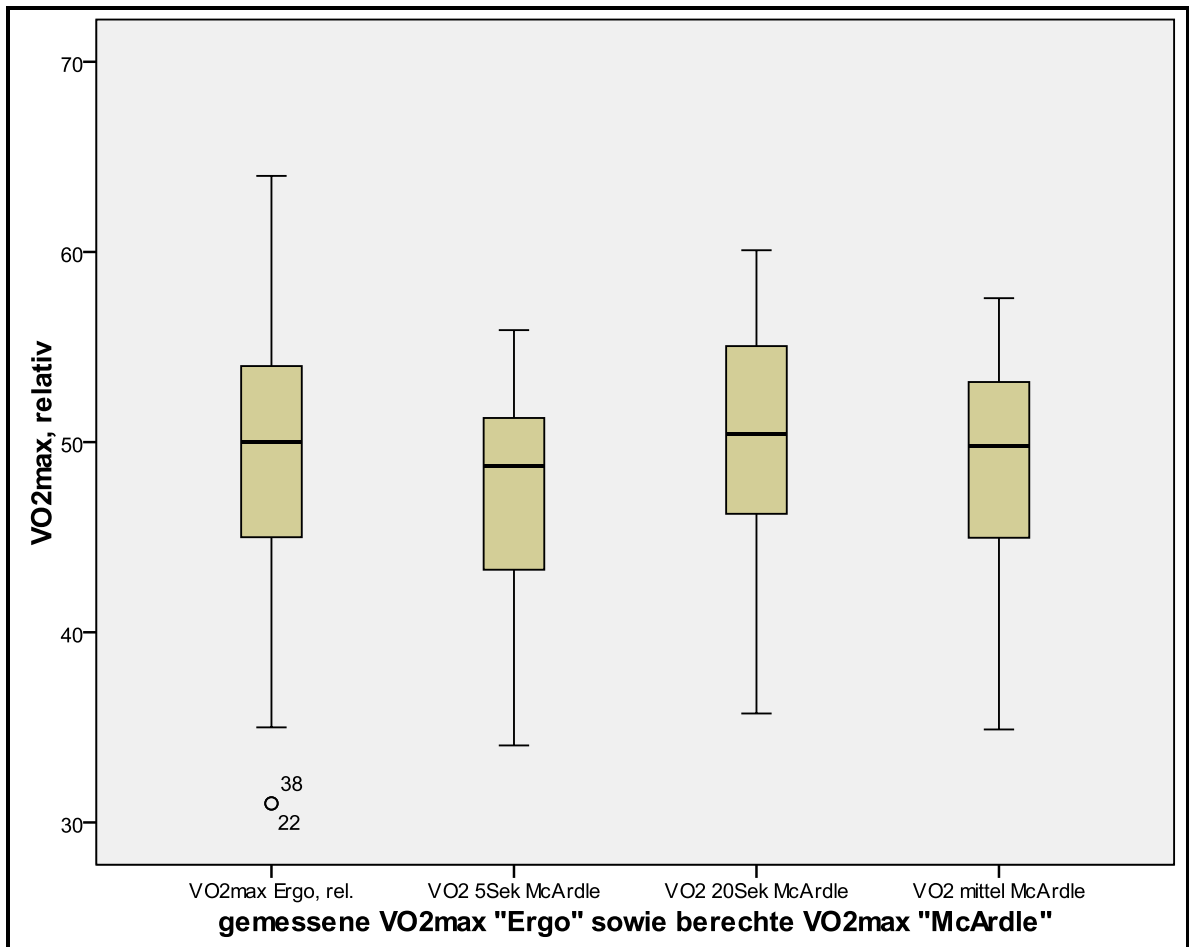
$N$  = Stichprobengröße

$\text{VO}_2\text{max}$  Ergo, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme

$\text{VO}_2$  5Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ mit der Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

$\text{VO}_2$  20Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ mit der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

$\text{VO}_2$  mittel McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus dem Mittelwert der Herzfrequenz 5 Sekunden und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests



**Abbildung 16:** Boxplot der gemessenen  $VO_2max$  und der mittels Regressionsformel „McArdle“ berechneten  $VO_2max$

**Tabelle 20:** Korrelationen der gemessenen  $VO_2max$  und der mittels Regressionsformel „McArdle“ berechneten  $VO_2max$

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. & VO <sub>2</sub> 5Sek McArdle	45	.484	.001
Paaren 2 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. & VO <sub>2</sub> 20Sek McArdle	45	.383	.009
Paaren 3 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. & VO <sub>2</sub> mittel McArdle	45	.436	.003

N= Stichprobengröße

VO<sub>2</sub>max Ergo, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme

VO<sub>2</sub> 5Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ mit der Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> 20Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ mit der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> mittel McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus dem Mittelwert der Herzfrequenz 5 Sekunden und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

**Tabelle 21:** *Unterschiedsprüfung der gemessenen VO<sub>2</sub>max und der mittels Regressionsformel „McArdle“ berechneten VO<sub>2</sub>max*

	Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2- seitig)
	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
				Untere	Obere			
Paaren 1 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. - VO <sub>2</sub> 5Sek McArdle	2.15756	6.83848	1.01942	.10305	4.21206	2.116	44	.040
Paaren 2 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. - VO <sub>2</sub> 20Sek McArdle	-.94111	7.70943	1.14925	-3.25728	1.37506	-.819	44	.417
Paaren 3 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. - VO <sub>2</sub> mittel McArdle	.60822	7.22838	1.07754	-1.56342	2.77987	.564	44	.575

*VO<sub>2</sub>max Ergo, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme*

*VO<sub>2</sub> 5Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ mit der Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests*

*VO<sub>2</sub> 20Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ mit der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests*

*VO<sub>2</sub> mittel McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus dem Mittelwert der Herzfrequenz 5 Sekunden und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests*

#### **5.3.4.2 Gemessene maximale Sauerstoffaufnahme und mittels Regressionsgleichung „Chatterjee“ berechnete maximale Sauerstoffaufnahme**

Die maximale Sauerstoffaufnahme, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung des höchst gemessenen Wertes knapp vor Belastungsabbruch der Spiroergometrie, betrug  $49.02 \pm 7.41 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ . Die Probanden der Spiroergometrie wurden auch einem Step-Test unterzogen. Aus der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte wurde mittels Regressionsgleichung gemäß Chatterjee, et al. (2004), die maximale Sauerstoffaufnahme [ $\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ] relativ zum Körpergewicht berechnet und dargestellt. Die errechnete maximale Sauerstoffaufnahme betrug, dargestellt als Mittelwert sowie Standardabweichung mit der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests,  $41.42 \pm 1.24 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ , mit der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests  $42.08 \pm 1.37 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$  sowie im Mittel aus den jeweiligen Herzfrequenz-Werten von fünf und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests  $41.75 \pm$

1.29 ml·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 21 zusammenfasst sowie in Abbildung 17 als Boxplot dargestellt.

**Tabelle 22:** Deskriptive Statistik der gemessenen VO<sub>2</sub>max und der mittels Regressionsformel „Chatterjee“ berechneten VO<sub>2</sub>max

		Mittelwert	N	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Paaren 1	VO <sub>2</sub> max Ergo, rel.	49.02	45	7.408	1.104
	VO <sub>2</sub> 5Sek Chatterjee	41.4160	45	1.23650	.18433
Paaren 2	VO <sub>2</sub> max Ergo, rel.	49.02	45	7.408	1.104
	VO <sub>2</sub> 20Sek Chatterjee	42.0800	45	1.36979	.20420
Paaren 3	VO <sub>2</sub> max Ergo, rel.	49.02	45	7.408	1.104
	VO <sub>2</sub> mittel Chatterjee	41.7504	45	1.29007	.19231

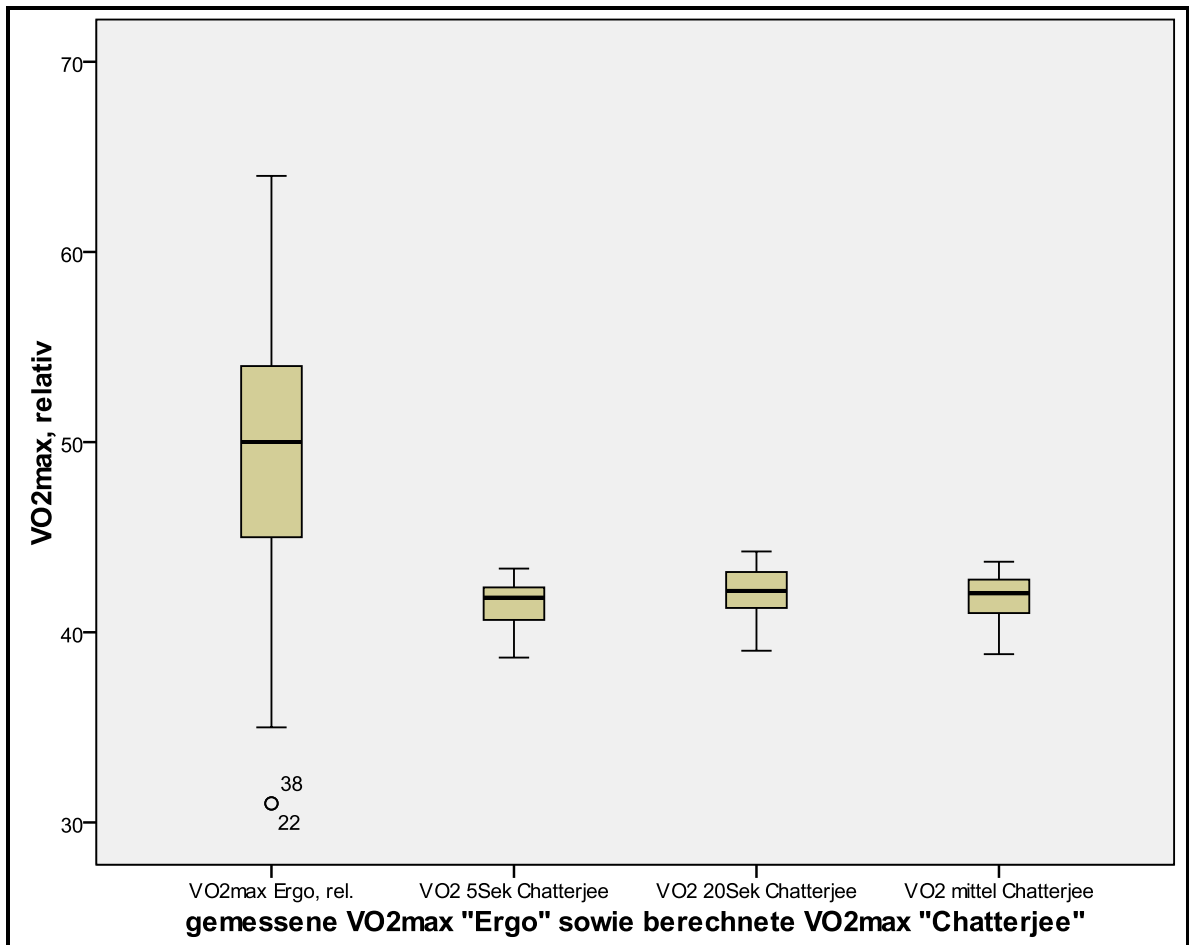
VO<sub>2</sub>max Ergo, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme

VO<sub>2</sub> 5Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ mit der Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> 20Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ mit der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> mittel McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ aus dem Mittelwert der Herzfrequenz 5 Sekunden und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests





**Abbildung 17:** Boxplot der gemessenen VO<sub>2</sub>max und der mittels Regressionsformel „Chatterjee“ berechneten VO<sub>2</sub>max

**Tabelle 23:** Korrelationen der gemessenen VO<sub>2</sub>max und der mittels Regressionsformel „Chatterjee“ berechneten VO<sub>2</sub>max

	N	Korrelation	Signifikanz
Paaren 1 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. & VO <sub>2</sub> 5Sek Chatterjee	45	.484	.001
Paaren 2 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. & VO <sub>2</sub> 20Sek Chatterjee	45	.383	.009
Paaren 3 VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. & VO <sub>2</sub> mittel Chatterjee	45	.436	.003

N = Stichprobengröße

VO<sub>2</sub>max Ergo, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme

VO<sub>2</sub> 5Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ mit der Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> 20Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ mit der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

VO<sub>2</sub> mittel McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ aus dem Mittelwert der Herzfrequenz 5 Sekunden und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests

**Tabelle 24:** *Unterschiedsprüfung der gemessenen VO<sub>2</sub>max und der mittels Regressionsformel „Chatterjee“ berechneten VO<sub>2</sub>max*

		Gepaarte Differenzen					T	df	Sig. (2-seitig)
		Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes	95% Konfidenzintervall der Differenz				
					Untere	Obere			
Paare n 1	VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. - VO <sub>2</sub> 5Sek Chatterjee	7.60622	6.89490	1.02783	5.53477	9.67768	7.400	44	.000
Paare n 2	VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. - VO <sub>2</sub> 20Sek Chatterjee	6.94222	6.99863	1.04329	4.83960	9.04484	6.654	44	.000
Paare n 3	VO <sub>2</sub> max Ergo, rel. - VO <sub>2</sub> mittel Chatterjee	7.27178	6.94378	1.03512	5.18564	9.35792	7.025	44	.000

*VO<sub>2</sub>max Ergo, rel. = maximale Sauerstoffaufnahme*

*VO<sub>2</sub> 5Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ mit der Herzfrequenz 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests*

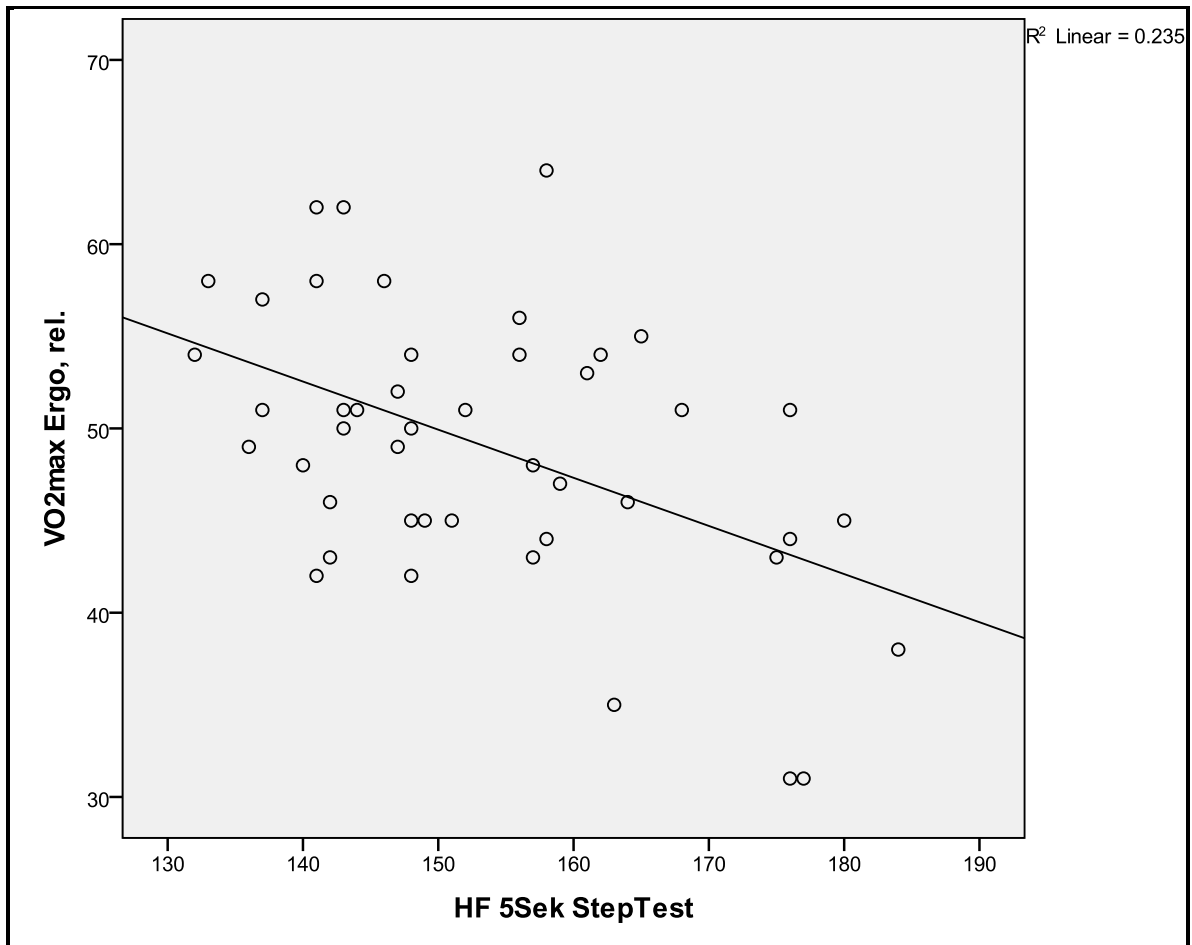
*VO<sub>2</sub> 20Sek McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ mit der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests*

*VO<sub>2</sub> mittel McArdle = berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „Chatterjee“ aus dem Mittelwert der Herzfrequenz 5 Sekunden und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests*

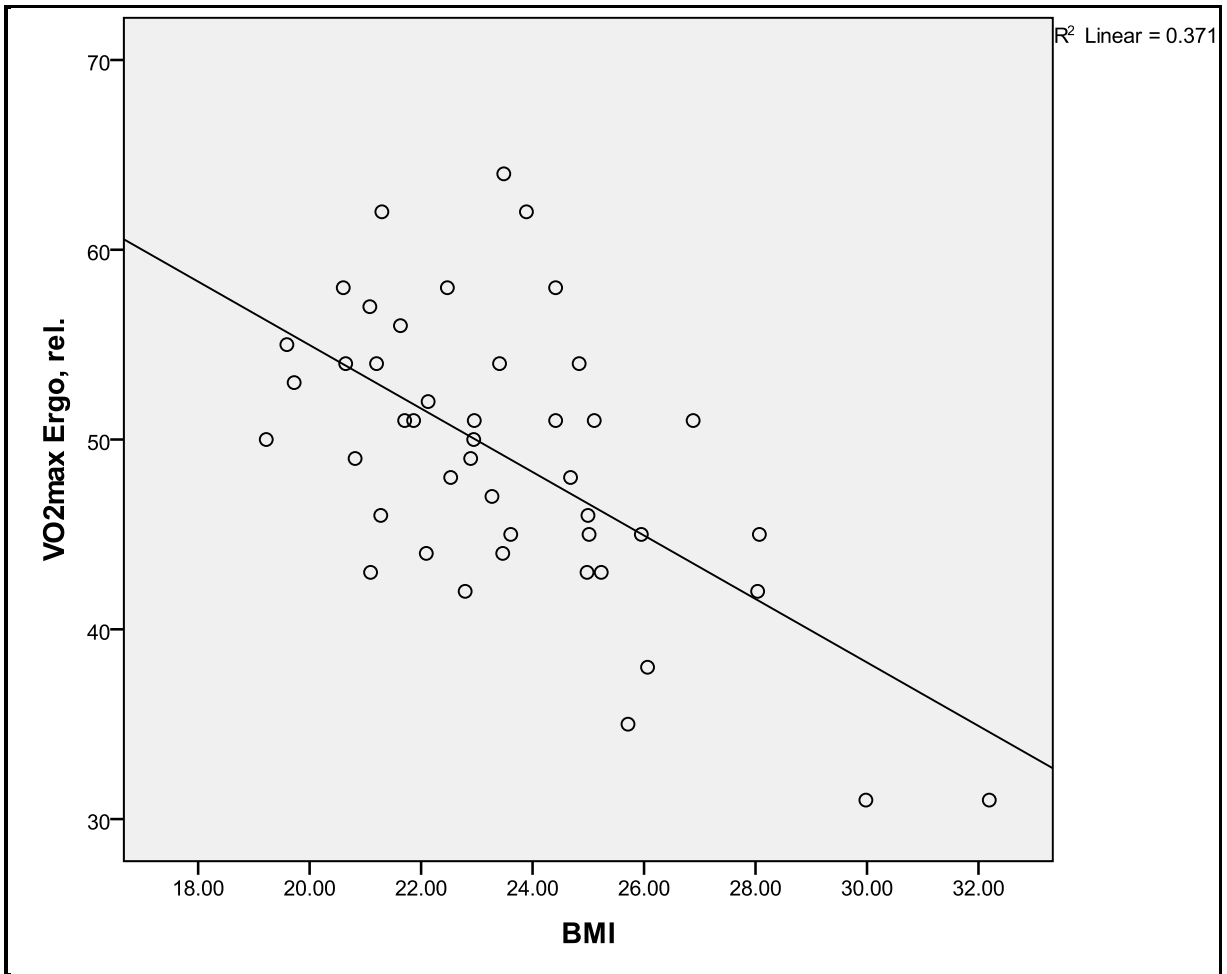
### 5.3.4.3 Zusammenhangsmaße

Nach der Beschreibung der erhobenen Daten soll nachfolgend der Zusammenhang zwischen den Variablen dargestellt werden. Die in Abbildung 18, 19 und 20 dargestellten Streudiagramme aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests, des Body-Mass-Index und des Taillenumfangs, jeweils mit der maximalen Sauerstoffaufnahme der Spiroergometrie, dienen zur Vorschau, ob eine Korrelation als sinnvoll betrachtet werden kann und sind zugleich das erste Gütekriterium der im nächsten Kapitel folgenden Regression. Lineare Zusammenhänge werden dabei durch eine Anpassungslinie mittels Regressionsgerade beschrieben. Die Korrelation nach Pearson der maximalen Sauerstoffaufnahme der Spiroergometrie und der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests, beträgt  $r = -0.484$  ( $p = 0.001$ ), der maximalen Sauerstoffaufnahme der Spiroergometrie und des Body-Mass-Index  $r = -0.609$  ( $p < 0.001$ ) sowie der maximalen Sauerstoffaufnahme der Spiroergometrie und des

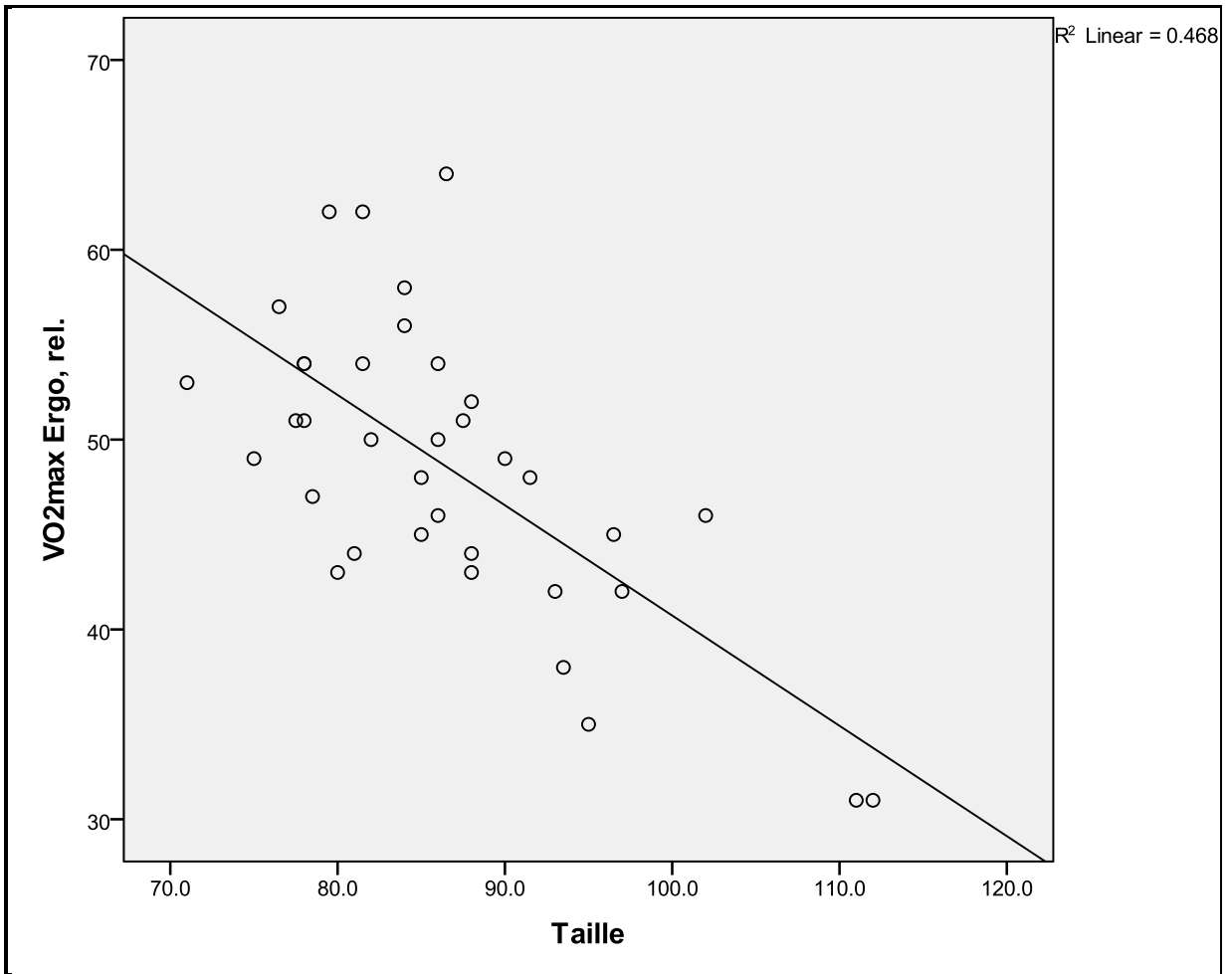
Taillenumfangs  $r = 0.684$  ( $p < 0.001$ ). Diese Ergebnisse sind in Tabelle 25 zusammengefasst.



**Abbildung 18:** Streudiagramm inklusive Regressionsgerade aus der Herzfrequenz 5 Sek nach dem Step-Test und der  $VO_2$ max der Spiroergometrie



**Abbildung 19:** Streudiagramm inklusive Regressionsgerade aus dem Body-Mass-Index und der  $VO_2max$  der Spiroergometrie



**Abbildung 20:** Streudiagramm inklusive Regressionsgerade aus dem Taillenumfang und der VO<sub>2</sub>max der Spiroergometrie

**Tabelle 25:** Korrelationen zwischen  $VO_2max$  der Spiroergometrie, der Herzfrequenz 5 Sek nach dem Step-Test, des Body-Mass-Index sowie des Taillenumfangs

		VO <sub>2</sub> max Ergo, rel.	HF 5Sek StepTest	BMI	Taille
VO <sub>2</sub> max Ergo, rel.	Korrelation nach Pearson	1	-.484**	-.609**	-.684**
	Signifikanz (2-seitig)		.001	.000	.000
	N	45	45	45	36
HF 5Sek StepTest	Korrelation nach Pearson	-.484**	1	.442**	.504**
	Signifikanz (2-seitig)	.001		.002	.002
	N	45	45	45	36
BMI	Korrelation nach Pearson	-.609**	.442**	1	.857**
	Signifikanz (2-seitig)	.000	.002		.000
	N	45	45	45	36
Taille	Korrelation nach Pearson	-.684**	.504**	.857**	1
	Signifikanz (2-seitig)	.000	.002	.000	
	N	36	36	36	36

\*\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

#### 5.3.4.4 Einfache lineare Regression

Regressionen dienen dazu, um Vorhersagen zu treffen und kausale Zusammenhänge zu beschreiben. Aus der unabhängigen Variablen (=Prädiktor), in diesem Fall der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests, soll in der abhängigen Variablen der Effekt gemessen und in weitere Folge die maximale Sauerstoffaufnahme vorausgesagt werden.

Die Modellzusammenfassung der einfachen linearen Regression aus der unabhängigen Variablen- Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie der abhängigen Variablen- maximale Sauerstoffaufnahme, ergibt eine Korrelation von  $R = 0.484$  sowie ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0.235$ . Diese Ergebnisse sind in Tabelle 26 zusammengefasst. Die Prüfung des Regressionsmodells auf Signifikanz mit dem Ergebnis  $p = 0.001$  ist dem Anova- Table in Tabelle 27 zu entnehmen. Die Korrelation des Prädiktors mit der abhängigen Variable beträgt  $R = -0.484$  und hat mit  $p = 0.001$  einen signifikanten Einfluss; vgl. Tabelle 28.

Die Struktur der einfachen linearen Regression aus der additiven Konstante zu einem Basiswert plus multiplikativer Konstante des Prädiktors hat somit folgendes Bild:

$$VO_2max = 89.116 - 0.261 \times HF \ 5Sek \ StepTest$$

Mit dieser Funktion lässt sich aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests die maximale Sauerstoffaufnahme, spricht der vorhergesagte Wert, berechnen. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 28 zusammengefasst.

Die tatsächlich abhängige Variable wird in den Streudiagrammen den vorhergesagten Werten sowie den Residuen gegenübergestellt und ist in den Abbildungen 21 und 22 dargestellt. Tabelle 29 ist als zusätzlicher Informationsgewinn gedacht um nachzulesen, bei welchen Personen die Abweichungen groß und bei welchen gering sind.

**Tabelle 26: Güte des Gesamtmodells**

Modellzusammenfassung <sup>b</sup>				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.484 <sup>a</sup>	.235	.217	6.556

*a = Einflussvariable: (Konstante), HF 5Sek StepTest*

*b = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.*

*R = Korrelation (ohne Vorzeichen)*

*R-Quadrat = Bestimmtheitsmaß*

**Tabelle 27: Signifikanzprüfung des gesamten Regressionsmodells**

ANOVA <sup>b</sup>						
Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	566.712	1	566.712	13.185	.001 <sup>a</sup>
	Nicht standardisierte Residuen	1848.266	43	42.983		
	Gesamt	2414.978	44			

*a = Einflussvariable: (Konstante), HF 5Sek StepTest*

*b = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.*

**Tabelle 28:** Korrelation der unabhängigen Variablen und Einfluss des Prädiktors

Koeffizienten <sup>a</sup>						
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	89.116	11.085		8.039	.000
	HF 5Sek StepTest	-.261	.072	-.484	-3.631	.001

*a = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.*

*Regressionskoeffizient B = multiplikatives Gewicht der Vorhersage*

*Regressionskoeffizient B (Konstante) = additive Konstante*

*Beta = Pearson- Korrelation der unabhängigen mit der abhängigen Variablen*

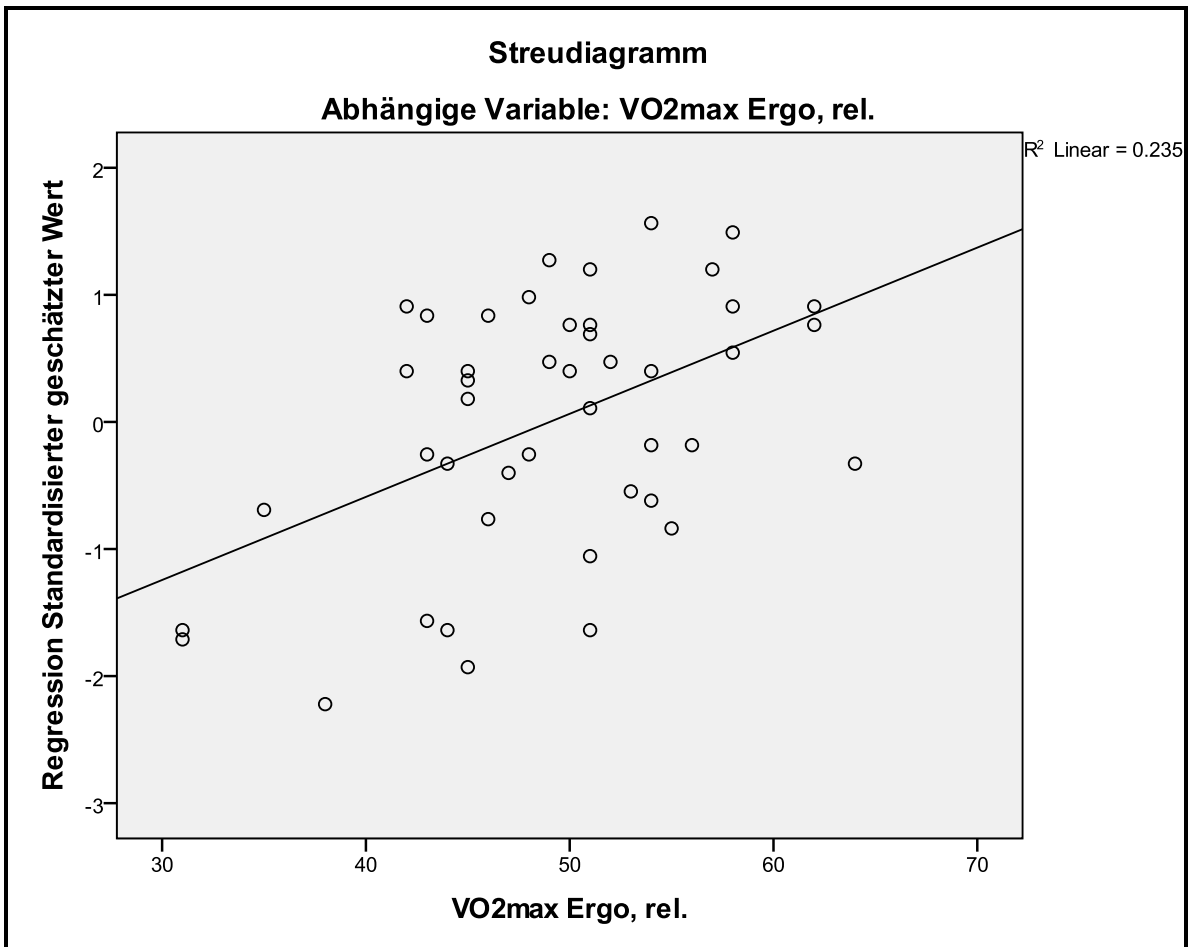
*Sig. = Einfluss des Prädiktors*

**Tabelle 29:** Residuenstatistik der abhängigen Variablen

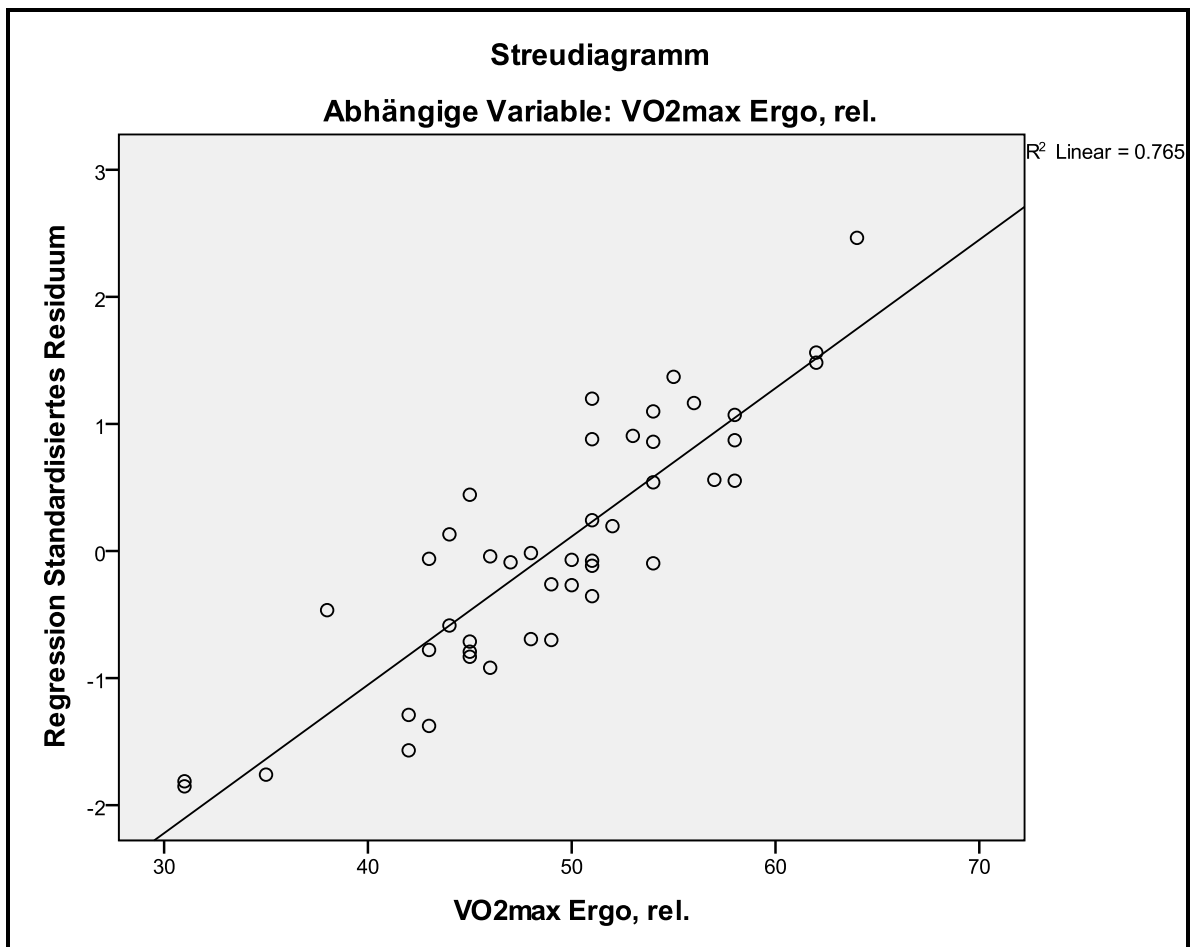
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	N
Nicht standardisierter vorhergesagter Wert	41.05	54.64	49.02	3.589	45
Nicht standardisierte Residuen	-12.142	16.156	.000	6.481	45
Standardisierter vorhergesagter Wert	-2.221	1.564	.000	1.000	45
Standardisierte Residuen	-1.852	2.464	.000	.989	45

*N = Stichprobengröße*





**Abbildung 21:** Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der vorhergesagten Werte.



**Abbildung 22:** Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der Residuen.

#### 5.3.4.5 Multiple lineare Regression durch Aufnahme des BMI (N=45)

Aufbauend auf die einfache lineare Regression vom letzten Kapitel soll hier, durch die zusätzliche Aufnahme des Body-Mass-Index in das Regressionsmodell, das Ergebnis der multiplen linearen Regression dargestellt werden. Regressionen dienen dazu, um Vorhersagen zu treffen und kausale Zusammenhänge zu beschreiben. Aus den unabhängigen Variablen (=Prädiktoren), in diesem Fall der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie dem Body-Mass-Index, soll in der abhängigen Variablen der Effekt gemessen und in weitere Folge die maximale Sauerstoffaufnahme vorausgesagt werden.

Die Modellzusammenfassung der multiplen linearen Regression aus den unabhängigen Variablen- Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie des Body-Mass-Index und der abhängigen Variablen- maximale Sauerstoffaufnahme, ergibt eine Korrelation von  $R = 0.655$  sowie ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0.428$ . Diese Ergebnisse sind in Tabelle 30 zusammengefasst. Die Prüfung des Regressionsmodells auf

Signifikanz mit dem Ergebnis  $p < 0.001$  ist dem Anova-Table in Tabelle 31 zu entnehmen.

Die multiple lineare Regression prüft die Güte jedes Modellteils separat. Die Korrelation des Prädiktors- Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests mit der abhängigen Variable beträgt  $R = -0.267$  und hat mit  $p = 0.046$  einen signifikanten Einfluss, die Korrelation des Prädiktors- Body-Mass-Index mit der abhängigen Variable beträgt  $R = -0.491$  und hat mit  $p < 0.001$  ebenso einen signifikanten Einfluss; vgl. Tabelle 32.

Die Struktur der multiplen linearen Regression aus der additiven Konstante zu einem Basiswert plus multiplikativer Konstanten der Prädiktoren hat somit folgendes Bild:

$VO_2max = 102.911 - 0.144 \times HF\ 5Sek\ StepTest - 1.348 \times BMI$
--

Mit dieser Funktion lässt sich aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie des Body-Mass-Index, die maximale Sauerstoffaufnahme, sprich der vorhergesagte Wert, berechnen. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 32 zusammengefasst.

Die tatsächlich abhängige Variable wird in den Streudiagrammen, den vorhergesagten Werten sowie den Residuen gegenübergestellt und ist in den Abbildungen 23 und 24 dargestellt. Tabelle 33 ist als zusätzlicher Informationsgewinn gedacht, um nachzulesen, bei welchen Personen die Abweichungen groß und bei welchen gering sind.

**Tabelle 30: Güte des Gesamtmodells**

<b>Modellzusammenfassung<sup>b</sup></b>				
Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.655 <sup>a</sup>	.428	.401	5.733

*a = Einflussvariablen: (Konstante), BMI, HF 5Sek StepTest*

*b = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.*

*R = multiple Korrelation (ohne Vorzeichen)*

*R-Quadrat = multiples Bestimmtheitsmaß*

**Tabelle 31: Signifikanzprüfung des gesamten Regressionsmodells**

ANOVA <sup>b</sup>						
Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	1034.544	2	517.272	15.738	.000 <sup>a</sup>
	Nicht standardisierte Residuen	1380.433	42	32.867		
	Gesamt	2414.978	44			

a = Einflussvariablen: (Konstante), BMI, HF 5Sek StepTest

b = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.

**Tabelle 32: Korrelation der unabhängigen Variablen und Einfluss der Prädiktoren**

Koeffizienten <sup>a</sup>						
Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		RegressionskoeffizientB	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	102.911	10.360		9.933	.000
	HF 5Sek StepTest	-.144	.070	-.267	-2.056	.046
	BMI	-1.348	.357	-.491	-3.773	.000

a = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.

RegressionskoeffizientB = multiplikatives Gewicht der Vorhersage

RegressionskoeffizientB (Konstante) = additive Konstante

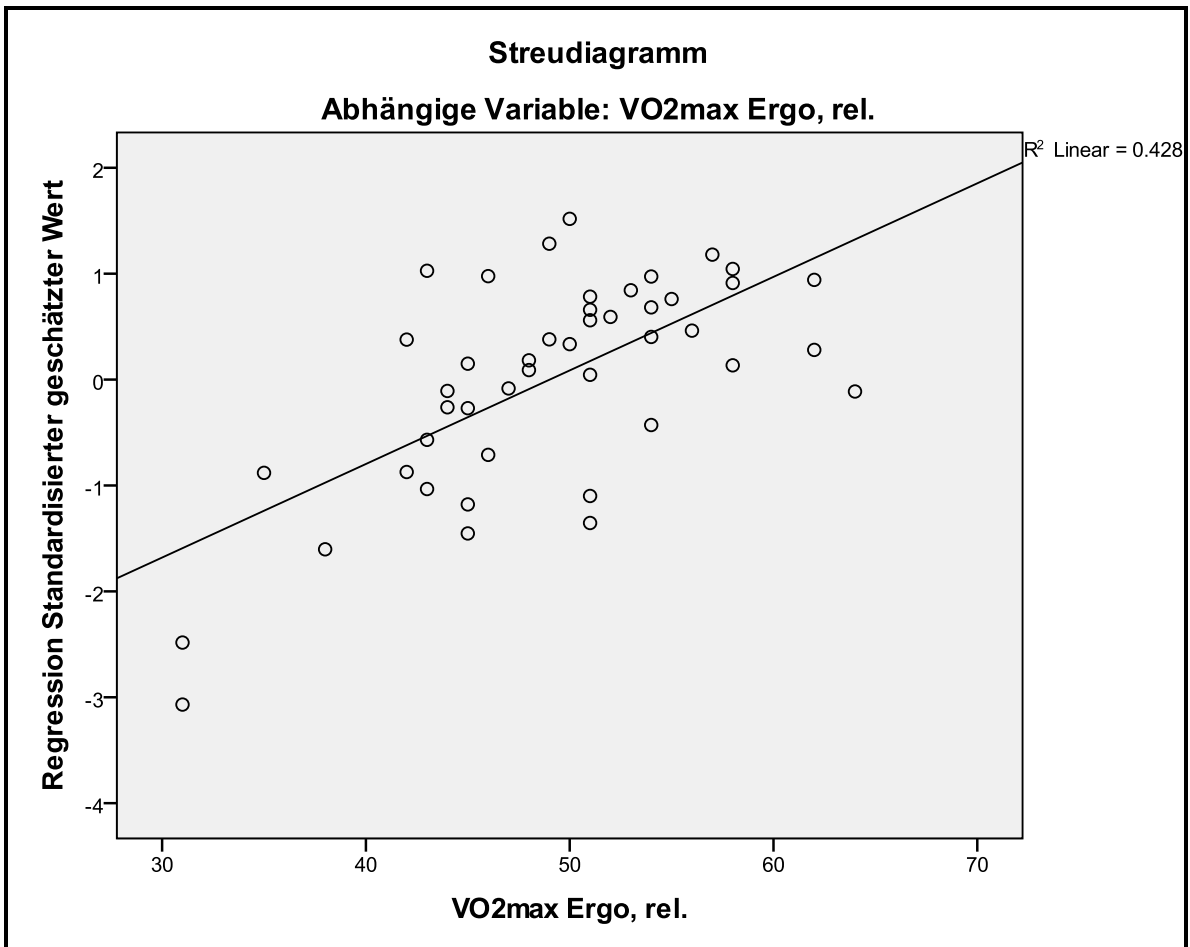
Beta = Pearson- Korrelation jeder unabhängigen mit der abhängigen Variablen

Sig. = Einfluss der Prädiktoren

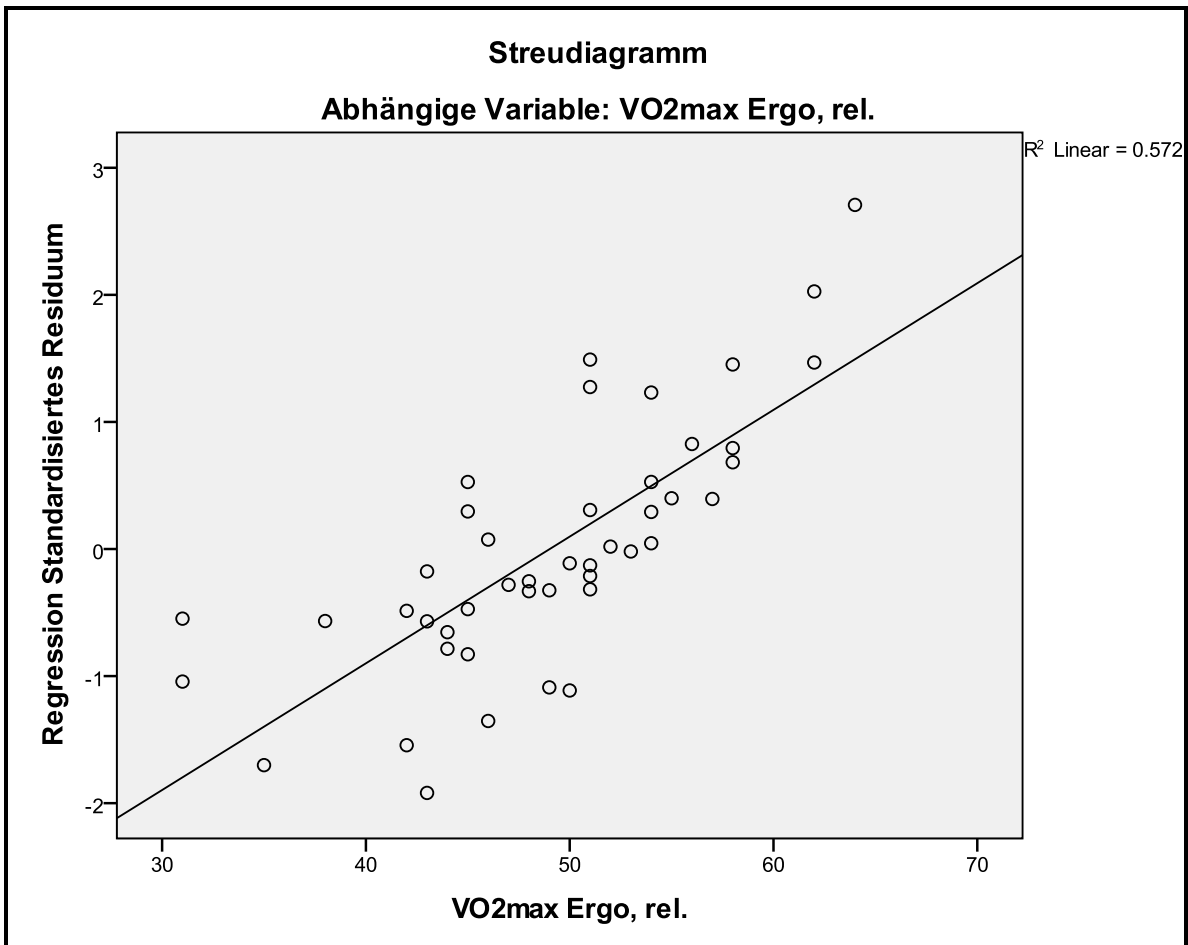
**Tabelle 33: Residuenstatistik der abhängigen Variablen**

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	N
Nicht standardisierter vorhergesagter Wert	34.14	56.38	49.02	4.849	45
Nicht standardisierte Residuen	-11.004	15.524	.000	5.601	45
Standardisierter vorhergesagter Wert	-3.069	1.518	.000	1.000	45
Standardisierte Residuen	-1.919	2.708	.000	.977	45

N = Stichprobengröße



**Abbildung 23:** Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der vorhergesagten Werte.



**Abbildung 24:** Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der Residuen.

#### 5.3.4.6 Multiple lineare Regression durch Aufnahme der Taille (N=36)

Einleitend sei an dieser Stellen auch kurz erwähnt, dass der Taillenumfang nur bei 36 Probanden gemessen wurde, weshalb die Stichprobe nur N=36 beträgt.

Aufbauend auf die einfache lineare Regression vom vorletzten Kapitel soll hier, durch die zusätzliche Aufnahme des Taillenumfangs in das Regressionsmodell, das Ergebnis der multiplen linearen Regression dargestellt werden. Regressionen dienen dazu, um Vorhersagen zu treffen und kausale Zusammenhänge zu beschreiben. Aus den unabhängigen Variablen (=Prädiktoren), in diesem Fall der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie dem Taillenumfang, soll in der abhängigen Variablen der Effekt gemessen und in weitere Folge die maximale Sauerstoffaufnahme vorausgesagt werden.

Die Modellzusammenfassung der multiplen linearen Regression aus den unabhängigen Variablen- Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie des

Taillenumfangs und der abhängigen Variablen- maximale Sauerstoffaufnahme, ergibt eine Korrelation von  $R = 0.719$  sowie ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0.517$ . Diese Ergebnisse sind in Tabelle 34 zusammengefasst. Die Prüfung des Regressionsmodells auf Signifikanz mit dem Ergebnis  $p < 0.001$  ist dem Anova- Table in Tabelle 35 zu entnehmen.

Die multiple lineare Regression prüft die Güte jedes Modellteils separat. Die Korrelation des Prädiktors- Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests mit der abhängigen Variablen beträgt  $R = -0.257$  und hat mit  $p = 0.076$  *keinen* signifikanten Einfluss, die Korrelation des Prädiktors- Taillenumfang mit der abhängigen Variablen beträgt  $R = -0.554$  und hat mit  $p < 0.001$  jedoch einen signifikanten Einfluss; vgl. Tabelle 36.

Die Struktur der multiplen linearen Regression aus der additiven Konstante zu einem Basiswert, plus multiplikativer Konstanten der Prädiktoren, hat somit folgendes Bild:

$VO_2max = 113.188 - 0.157 \times HF\ 5Sek\ StepTest - 0.471 \times Taille$
---

Mit dieser Funktion lässt sich aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie des Taillenumfangs, die maximale Sauerstoffaufnahme, sprich der vorhergesagte Wert, berechnen. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 36 zusammengefasst.

Die tatsächlich abhängige Variable wird in den Streudiagrammen den vorhergesagten Werten sowie den Residuen gegenübergestellt und ist in den Abbildungen 25 und 26 dargestellt. Tabelle 37 ist als zusätzlichen Informationsgewinn gedacht, um nachzulesen, bei welchen Personen die Abweichungen groß und bei welchen gering sind.

**Tabelle 34:** Güte des Gesamtmodells

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.719 <sup>a</sup>	.517	.488	5.584

*a = Einflussvariablen: (Konstante), Taille, HF 5Sek StepTest*

*b = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.*

*R = multiple Korrelation (ohne Vorzeichen)*

*R-Quadrat = multiples Bestimmtheitsmaß*

**Tabelle 35: Signifikanzprüfung des gesamten Regressionsmodells**

**ANOVA<sup>b</sup>**

Modell		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1	Regression	1101.676	2	550.838	17.664	.000 <sup>a</sup>
	Nicht standardisierte Residuen	1029.074	33	31.184		
	Gesamt	2130.750	35			

*a = Einflussvariablen: (Konstante), Taille, HF 5Sek StepTest*

*b = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.*

**Tabelle 36: Korrelation der unabhängigen Variablen und Einfluss der Prädiktoren**

**Koeffizienten<sup>a</sup>**

Modell		Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
		RegressionskoeffizientB	Standardfehler	Beta		
1	(Konstante)	113.188	11.880		9.528	.000
	HF 5Sek StepTest	-.157	.086	-.257	-1.834	.076
	Taille	-.471	.119	-.554	-3.958	.000

*a = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.*

*RegressionskoeffizientB = multiplikatives Gewicht der Vorhersage*

*RegressionskoeffizientB (Konstante) = additive Konstante*

*Beta = Pearson- Korrelation jeder unabhängigen mit der abhängigen Variablen*

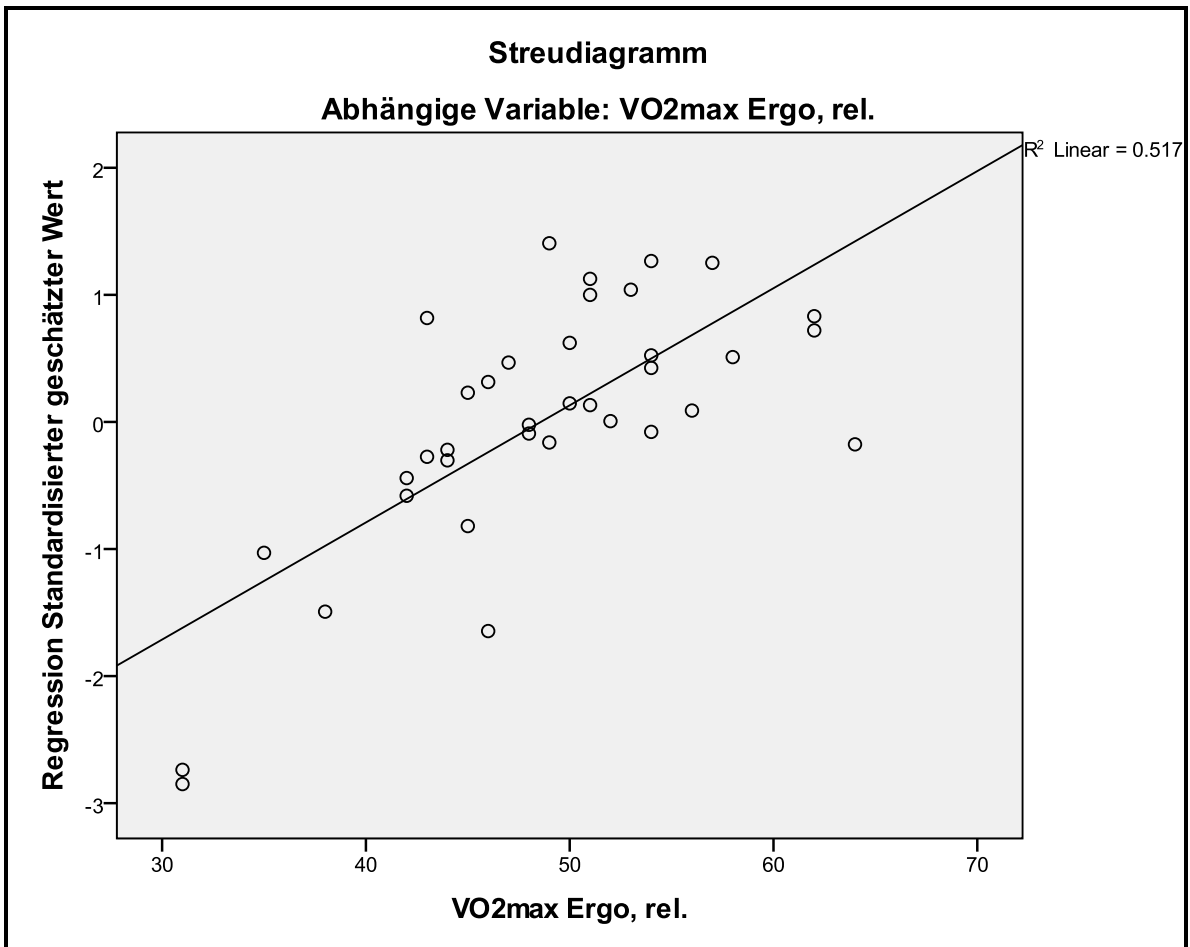
*Sig. = Einfluss der Prädiktoren*

**Tabelle 37: Residuenstatistik der abhängigen Variablen**

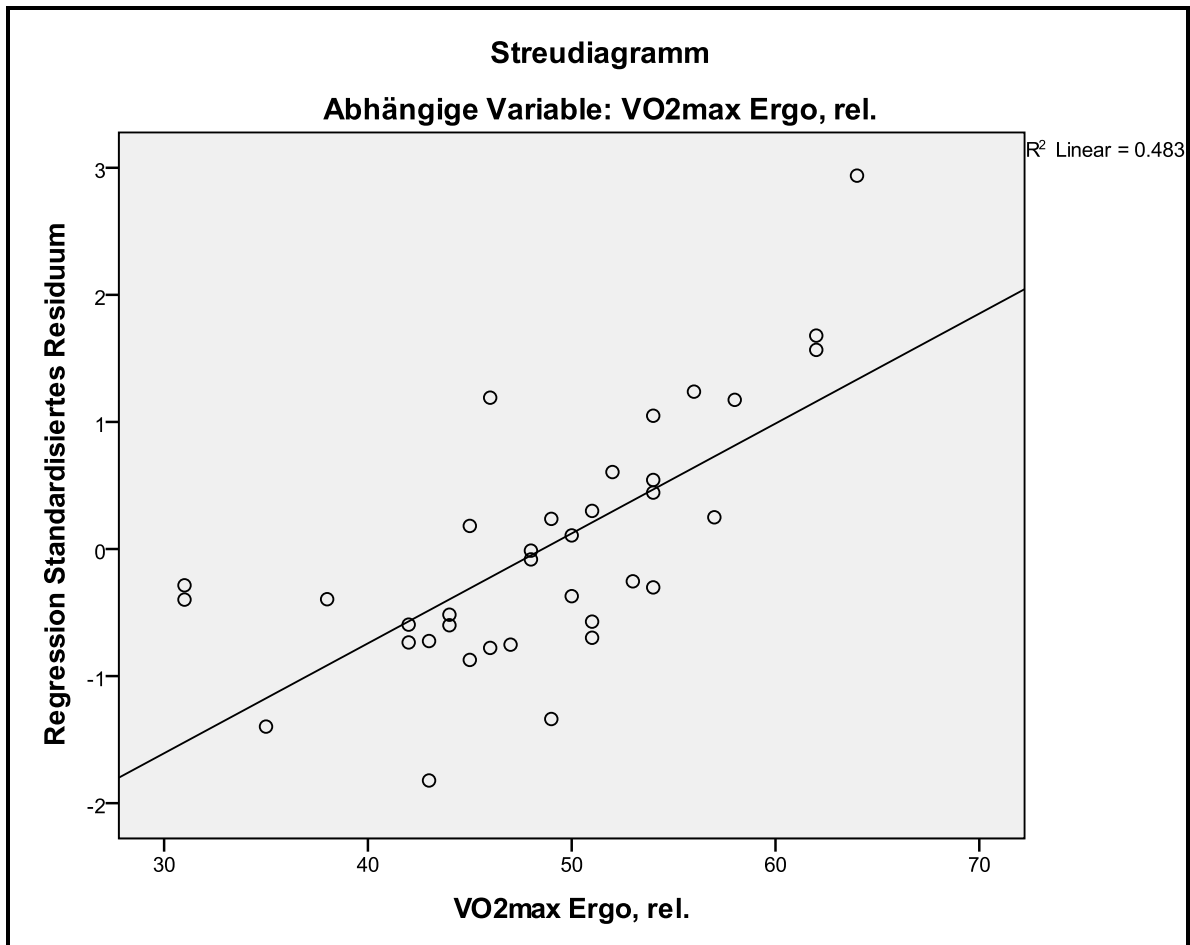
	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	N
Nicht standardisierter vorhergesagter Wert	32.60	56.47	48.58	5.610	36
Nicht standardisierte Residuen	-10.172	16.407	.000	5.422	36
Standardisierter vorhergesagter Wert	-2.850	1.406	.000	1.000	36
Standardisierte Residuen	-1.822	2.938	.000	.971	36

*N = Stichprobengröße*





**Abbildung 25:** Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der vorhergesagten Werte.



**Abbildung 26:** Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der Residuen.

#### 5.3.4.7 Einfache lineare Regression mit Taille anstatt HF 5Sek Step-Test

Nachdem das Ergebnis der multiplen linearen Regression im letzten Kapitel gezeigt hat, dass die Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests nur sehr schwach mit der maximalen Sauerstoffaufnahme korreliert und keinen signifikanten Einfluss hat, soll hier ergänzend eine einfache lineare Korrelation abgeleitet dargestellt werden. Aus der unabhängigen Variablen (=Prädiktor), in diesem Fall der Taillenumfang, soll in der abhängigen Variablen der Effekt gemessen und in weitere Folge die maximale Sauerstoffaufnahme vorausgesagt werden.

Die Modellzusammenfassung der einfachen linearen Regression aus der unabhängigen Variablen- Taillenumfang sowie der abhängigen Variablen- maximale Sauerstoffaufnahme, ergibt eine Korrelation von  $R = 0.684$  sowie ein Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0.468$ . Diese Ergebnisse sind in Tabelle 38 zusammengefasst. Die Prüfung des Regressionsmodells auf Signifikanz mit dem Ergebnis  $p < 0.001$  ist dem Anova- Table in Tabelle 39 zu entnehmen. Die Korrelation der unabhängigen Variablen mit der

abhängigen Variablen beträgt  $R = -0.684$  und hat mit  $p < 0.001$  einen signifikanten Einfluss; vgl. Tabelle 40.

Die Struktur der einfachen linearen Regression aus der additiven Konstante zu einem Basiswert plus multiplikativer Konstante des Prädiktors hat somit folgendes Bild:

$VO_2\max = 98.828 - 0.581 \times \text{Taille}$
--

Mit dieser Funktion lässt sich aus dem Taillenumfang die maximale Sauerstoffaufnahme, sprich der vorhergesagte Wert, berechnen. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 40 zusammengefasst.

Die tatsächlich abhängige Variable wird in den Streudiagrammen, den vorhergesagten Werten sowie den Residuen gegenübergestellt und ist in den Abbildungen 27 und 28 dargestellt. Tabelle 41 ist als zusätzlichen Informationsgewinn gedacht, um nachzulesen, bei welchen Personen die Abweichungen groß und bei welchen gering sind.

**Tabelle 38: Güte des Gesamtmodells**

**Modellzusammenfassung<sup>b</sup>**

Modell	R	R-Quadrat	Korrigiertes R-Quadrat	Standardfehler des Schätzers
1	.684 <sup>a</sup>	.468	.452	5.775

*a = Einflussvariable: (Konstante), Taille*

*b = abhängige Variable:  $VO_2\max$  Ergo, rel.*

*R = Korrelation (ohne Vorzeichen)*

*R-Quadrat = Bestimmtheitsmaß*

**Tabelle 39: Signifikanzprüfung des gesamten Regressionsmodells**

**ANOVA<sup>b</sup>**

Modell	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
1 Regression	996.753	1	996.753	29.885	.000 <sup>a</sup>
Nicht standardisierte Residuen	1133.997	34	33.353		
Gesamt	2130.750	35			

*a = Einflussvariable: (Konstante), Taille*

*b = abhängige Variable:  $VO_2\max$  Ergo, rel.*

**Tabelle 40:** Korrelation der unabhängigen Variablen und Einfluss des Prädiktors

**Koeffizienten<sup>a</sup>**

Modell	Nicht standardisierte Koeffizienten		Standardisierte Koeffizienten	T	Sig.
	Regressionskoeffizient B	Standardfehler	Beta		
1 (Konstante)	98.828	9.241		10.694	.000
Taille	-.581	.106	-.684	-5.467	.000

*a = abhängige Variable: VO<sub>2</sub>max Ergo, rel.*

*Regressionskoeffizient B = multiplikatives Gewicht der Vorhersage*

*Regressionskoeffizient B (Konstante) = additive Konstante*

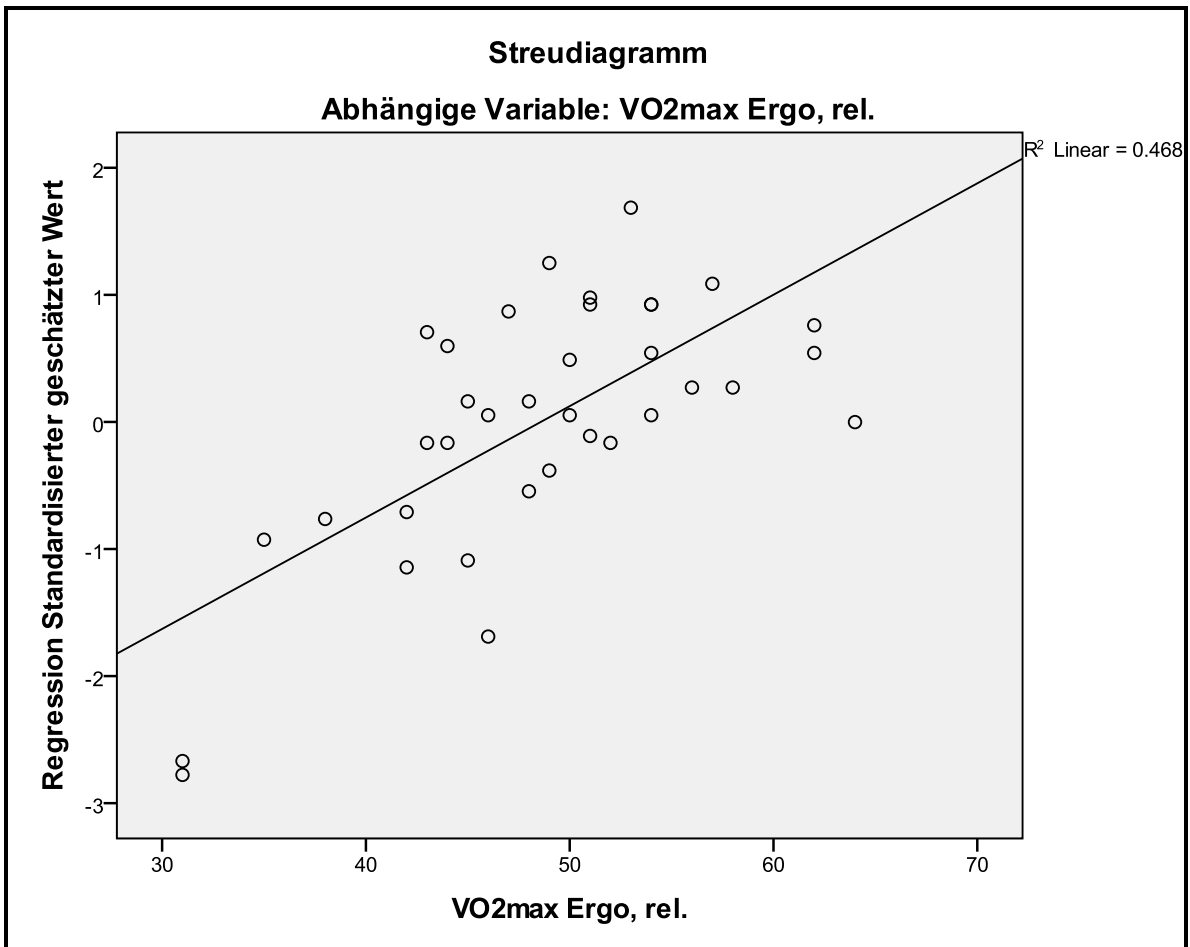
*Beta = Pearson- Korrelation der unabhängigen mit der abhängigen Variablen*

*Sig. = Einfluss des Prädiktors*

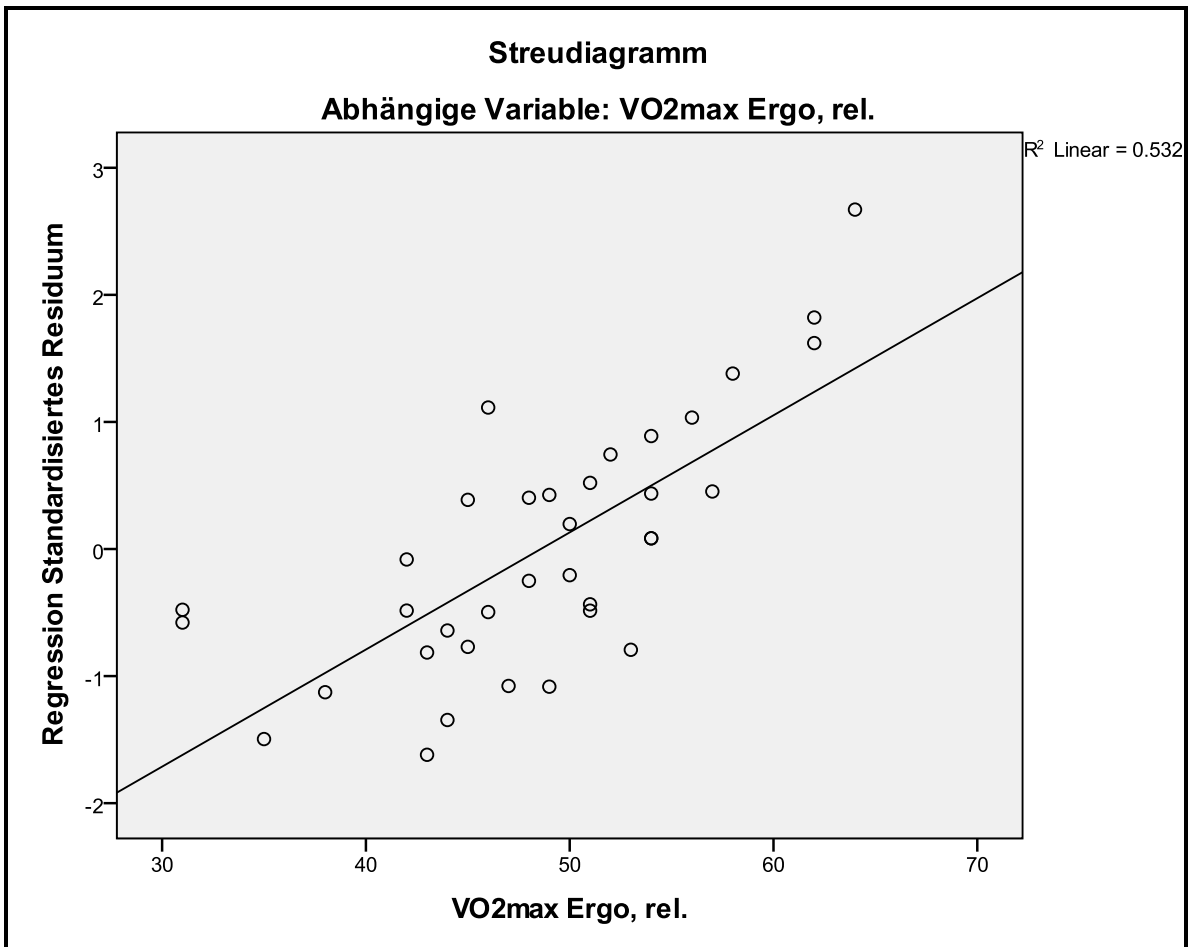
**Tabelle 41:** Residuenstatistik der abhängigen Variablen

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung	N
Nicht standardisierter vorhergesagter Wert	33.76	57.58	48.58	5.337	36
Nicht standardisierte Residuen	-9.351	15.425	.000	5.692	36
Standardisierter vorhergesagter Wert	-2.778	1.686	.000	1.000	36
Standardisierte Residuen	-1.619	2.671	.000	.986	36

*N = Stichprobengröße*



**Abbildung 27:** Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der vorhergesagten Werte.



**Abbildung 28:** Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der Residuen.

## 6 Diskussion der Forschungsfragen

In diesem Kapitel werden die eingangs formulierten Hypothesen und Forschungsfragen in einzelnen Unterkapiteln vor dem Hintergrund der Ergebnisse erörtert sowie um das Kapitel „Wahl des Belastungsprotokolls“ erweitert.

### 6.1 Beantwortung der Forschungsfrage 1

*Es gibt einen Unterschied zwischen der palpatorischen Pulserfassung und der EKG-genauen Herzfrequenzmessung bei Belastungsende des Queens-College-Step-Test.*

Sämtliche gemessenen Werte der Herzfrequenz nach dem Step-Test (unmittelbar danach, fünf Sekunden und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests, sowie der berechnete Mittelwert der Herzfrequenz fünf Sekunden und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests) unterschieden sich signifikant ( $p < 0.001$ ) vom gemäß McArdle et al. (1972) palpatorisch erfassten und in weitere Folge berechneten Puls (vgl. Tabelle 8). Dies deckt sich mit der mittels Regressionsgleichung berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme sämtlicher Messzeitpunkte (vgl. Tabelle 11). Dieses Ergebnis bejahte auch die folgende Fragestellung und wird dort näher erklärt.

### 6.2 Beantwortung der Forschungsfrage 2

*Aufgrund des Ergebnisses der Unterschiedsprüfung von gemessener Herzfrequenz und berechnetem Puls, erscheint eine neuerliche Validierung des Queens-College-Step-Tests anhand neuer technischer Gegebenheiten als notwendig.*

Interessanterweise gilt diese Aussage nur bei der Unterschiedsprüfung von gemessener Herzfrequenz und berechnetem Puls (vgl. Tabelle 8). Die Unterschiedsprüfung der tatsächlich gemessenen maximalen Sauerstoffaufnahme und der aus der Herzfrequenz mittels Regressionsformel berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme geht damit teilweise nicht konform. Vergleicht man die tatsächlich gemessene maximale Sauerstoffaufnahme mit der aus der Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests durch die Regressionsformel gemäß McArdle et al. (1972) berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme, so ergibt dies mit  $p = 0.417$  *keinen* Unterschied (vgl. Tabelle 21). Ebenso ergibt die tatsächlich gemessene maximale Sauerstoffaufnahme mit der berechneten, aus dem Mittelwert der Herzfrequenz fünf Sekunden und 20 Sekunden nach dem Step-Test, was der palpatorischen Erfassung entspricht, mit  $p = 0.575$  *keinen* Unterschied (vgl. Tabelle 21). Ein Vergleich der tatsächlich gemessenen maximalen Sauerstoffaufnahme mit der berechneten maximalen Sauerstoffaufnahme aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step Tests, ergibt mit  $p = 0.040$  hingegen einen Unterschied (vgl. Tabelle 21).

### 6.3 Beantwortung der Forschungsfrage 3

*Die Struktur der einfachen linearen Regression, als eine an die Probanden angepasste neue Regressionsgleichung, aus der additiven Konstante zu einem Basiswert plus multiplikativer Konstante des Prädiktors hat somit folgendes Bild:*

$$VO_2max = 89.116 - 0.261 \times HF\ 5Sek\ StepTest$$

Dies wäre die Struktur der einfachen linearen Regression für das getestete Kollektiv eines modifizierten Queens-College-Step-Tests. Mit einer Validität von  $r = 0.484$  sowie  $r^2 = 0.235$  muss die Güte des Modells jedoch als schlecht beurteilt werden (vgl. Tabelle 26 und Abbildung 18). Selbst wenn die Signifikanzprüfung des Modells mit  $p = 0.001$  eine Vorhersage zuließe (vgl. Tabelle 27), wäre diese mit einer Vorhersagegenauigkeit von 23.5 Prozent sehr schlecht. Der Einfluss der unabhängigen Variablen, der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests, ist mit  $p = 0.001$  zwar signifikant, jedoch ist die Güte des Prädiktors mit  $r = -0.484$  sehr gering (vgl. Tabelle 28). Auch die Gegenüberstellung der maximalen Sauerstoffaufnahme mit den vorhergesagten Werten deutet auf eine schlechte Vorhersage hin (vgl. Abbildung 21). Bei den Residuen sind ebenfalls große Mängel vorhanden (vgl. Abbildung 22).

Bei der Einführung des Queens-College-Step-Test gemäß McArdle et al. (1972) wurde ein Kollektiv von 41 Studentinnen des Queens-College getestet. Davon waren sechs aktive Sportlerinnen und 35 untrainiert. McArdle et al. (1972) publizierten einen linearen Zusammenhang der palpatorischen Pulserfassung mit der maximalen Sauerstoffaufnahme von  $r = -0.75$ . Selbst wenn dieses Ergebnis auch nur in 56.3 Prozent der Fälle eine korrekte Vorhersage ermöglicht, ist dennoch ein großer Unterschied zum vorliegenden Ergebnis dieser Arbeit erkennbar. Wenn man bedenkt, dass der Puls damals durch Palpieren erhoben wurde, ist dieses Ergebnis umso erschreckender. Chatterjee et al. (2004) publizierten bei ihrer Studie, einer für deren Kollektiv angepassten Regressionsgleichung des Queens-College-Step-Tests an 30 indischen Studenten, eine Validität mit  $r = -0.96$  ( $p = <0.001$ ). Der Puls wurde dabei ebenfalls nur palpatorisch erfasst. Ebenso überprüften Chatterjee, Chatterjee und Bandyopadhyay (2005) die Validität des Queens-College-Step-Tests bei 40 Studentinnen der Universität von Kalkutta und wiesen dabei eine etwas geringere Validität mit  $r = -0.83$  ( $p = <0.001$ ) nach. Dennoch sind all diese Ergebnisse deutlich besser als das Ergebnis dieser Erhebung. Darauf aufbauend wurde der Versuch unternommen, durch die zusätzliche Aufnahme von anthropometrischen Parametern in das Regressionsmodell, die Vorhersagegenauigkeit zu erhöhen.



## 6.4 Beantwortung der Forschungsfrage 4

*Durch die zusätzliche Aufnahme von anthropometrischen Parametern kann die Vorhersagegenauigkeit erhöht werden. Somit kommt anstatt der einfachen linearen Regression eine multiple lineare Regression zur Anwendung.*

Mittels unterschiedlichster Streudiagramme wurde vorweg geprüft, welche anthropometrischen Parameter für eine aussagekräftige Korrelation herangezogen werden können (vgl. Abbildungen 19 und 20). Dabei war eine gewisse Linearität aus dem Bestimmtheitsmaß durchaus annehmbar. Die Korrelation des Body-Mass-Index und der maximalen Sauerstoffaufnahme konnte mit  $r = -0.609$  ( $p < 0.001$ ) ein besseres Ergebnis aufwarten, als zuvor die Herzfrequenz nach dem Step-Test (vgl. Tabelle 25). Die Korrelation des Taillenumfangs mit der maximalen Sauerstoffaufnahme korreliert mit  $r = -0.684$  ( $p < 0.001$ ) noch etwas mehr (vgl. Tabelle 25). Somit wurden einmal der Body-Mass-Index und ein weiteres Mal die Taille mit in das Regressionsmodell aufgenommen.

Durch die beiden Prädiktoren der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie des Body-Mass-Index, lässt sich die Vorhersagegenauigkeit der maximalen Sauerstoffaufnahme erhöhen. Dabei haben beide Modellteile einen signifikanten Einfluss auf das insgesamt signifikante Regressionsmodell. Die einzelnen Modellteile haben unterschiedliche Güte (vgl. Tabelle 32). Der Body-Mass-Index hat mit  $r = -0.491$  ( $p < 0.001$ ) mehr Güte als die Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests mit  $r = -0.267$  ( $p = 0.046$ ). Mit einer Validität von  $r = 0.655$  sowie  $r^2 = 0.428$  muss die Güte des Gesamtmodells, verglichen mit McArdle et al. (1972) und Chatterjee et al. (2004), trotz der Aufnahme eines zusätzlichen Prädiktors nach wie vor als schlecht(er) beurteilt werden (vgl. Tabelle 30). Selbst wenn die Signifikanzprüfung des Modells mit  $p < 0.001$  eine Vorhersage zuließe (vgl. Tabelle 31), wäre diese mit einer Vorhersagegenauigkeit von 42.8 Prozent nicht besonders gut. Auch die Gegenüberstellung der maximalen Sauerstoffaufnahme mit den vorhergesagten Werten, deutet auf keine gute Vorhersage hin (vgl. Abbildung 23). Bei den Residuen sind ebenfalls Mängel vorhanden (vgl. Abbildung 24). Durchaus interessant in diesem Beispiel ist die Tatsache, dass die Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Step-Test mit  $p = 0.046$  zwar noch signifikant ist und daher auch noch einen Einfluss hat, dieser jedoch deutlich geringer als der des Body-Mass-Index ausfällt (vgl. Tabelle 32).

Die Struktur der multiplen linearen Regression, als eine an die Probanden angepasste neue Regressionsgleichung, aus der additiven Konstante zu einem Basiswert plus multiplikativer Konstanten der Prädiktoren, hat somit folgendes Bild:

$$\text{VO}_2\text{max} = 102.911 - 0.144 \times \text{HF 5Sek StepTest} - 1.348 \times \text{BMI}$$

Mit dieser Funktion lässt sich aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie des Body-Mass-Index, die maximale Sauerstoffaufnahme, sprich der vorhergesagte Wert, berechnen (vgl. Tabelle 32).

Ein weiteres multiples lineares Regressionsmodell durch die beiden Prädiktoren Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie des Taillenumfangs, kann die Vorhersagegenauigkeit der maximalen Sauerstoffaufnahme noch etwas mehr als im Beispiel zuvor erhöhen. In diesem Beispiel haben *nicht* beide Modellteile einen signifikanten Einfluss auf das insgesamt signifikante Regressionsmodell. Die einzelnen Modellteile haben unterschiedliche Güte (vgl. Tabelle 36). Der Taillenumfang hat mit  $r = -0.554$  ( $p < 0.001$ ) deutlich mehr Güte als die Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests mit  $r = -0.257$  ( $p = 0.076$ ), die noch dazu *nicht signifikant* ist. Mit einer Validität von  $r = 0.719$  sowie  $r^2 = 0.517$  (vgl. Tabelle 34) entspricht die Güte des Gesamtmodells in etwa dem Ergebnis des Queens-College-Step-Test gemäß mit McArdle et al. (1972). Es muss jedoch bedacht werden, dass McArdle et al. (1972) dieses Ergebnis mit einer einfachen linearen Regression sowie einer Herzfrequenzerfassung durch Palpieren nachgewiesen hat, was wiederum das vorliegende Ergebnis relativiert. Verglichen mit Chatterjee et al. (2004) muss das Ergebnis trotz der Aufnahme eines zusätzlichen Prädiktors nach wie vor als schlecht(er) beurteilt werden. Selbst wenn die Signifikanzprüfung des Modells mit  $p < 0.001$  eine Vorhersage zuließe (vgl. Tabelle 35), wäre diese mit einer Vorhersagegenauigkeit von 51.7 Prozent nicht besonders gut. Auch die Gegenüberstellung der maximalen Sauerstoffaufnahme mit den vorhergesagten Werten deutet auf keine besonders gute Vorhersage hin (vgl. Abbildung 25). Bei den Residuen sind ebenfalls Mängel vorhanden (vgl. Abbildung 26). Durchaus interessant in diesem Beispiel ist die Tatsache, dass die Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Step-Test mit  $p = 0.076$  *nicht* signifikant ist und daher auch keinen Einfluss hat. Der Taillenumfang hat mit  $r = -0.554$  ( $p < 0.001$ ) hingegen einen deutlichen Einfluss (vgl. Tabelle 36). Dieses Ergebnis führt auch zur nächsten Forschungsfrage.

Die Struktur der multiplen linearen Regression, als eine an die Probanden angepasste neue Regressionsgleichung aus der additiven Konstante zu einem Basiswert plus multiplikativer Konstanten der Prädiktoren, hat somit folgendes Bild:

$$VO_2\max = 113.188 - 0.157 \times HF \text{ 5Sek StepTest} - 0.471 \times \text{Taille}$$

Mit dieser Funktion lässt sich aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests sowie des Taillenumfangs, die maximale Sauerstoffaufnahme, sprich der vorhergesagte Wert, berechnen (vgl. Tabelle 36).

## 6.5 Beantwortung der Forschungsfrage 5

*Die maximale Sauerstoffaufnahme lässt sich beim getesteten Kollektiv auch aus dem Taillenumfang mehr oder weniger genau voraussagen.*

Als durchaus besonders interessant zu bezeichnen ist, dass sich aus dem Taillenumfang die maximale Sauerstoffaufnahme mehr oder weniger genau vorhersagen lässt und daher auch die Antwort entsprechend hergeleitet werden kann. Mittels einfacher linearer Regression wurde aus der unabhängigen Variablen dem Taillenumfang, in der maximalen Sauerstoffaufnahme als die abhängige Variable, der Effekt gemessen. Dabei konnte eine Validität mit  $r = 0.684$  sowie  $r^2 = 0.468$  nachgewiesen werden (vgl. Tabelle 38). Auch die Signifikanzprüfung des Modells lässt mit  $p < 0.001$  eine Vorhersage zu (vgl. Tabelle 39). Der Einfluss der unabhängigen Variablen des Taillenumfangs ist mit  $p < 0.001$  signifikant, die Güte des Prädiktors lässt sich mit  $r = - 0.684$  beschreiben (vgl. Tabelle 40). Zwar ist die Vorhersagegenauigkeit mit 46.8 Prozent nicht überwältigend, jedoch deutlich höher als im Beispiel der Vorhersage aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests mit 23.5 Prozent, was doch sehr beachtlich ist. Die Differenz zur Vorhersagegenauigkeit des Queens-College-Step-Tests, der in 56.3 Prozent der Fälle richtig liegt, beträgt 9.5 Prozent. Selbst wenn diese Differenz nicht gering ausfällt, ist die Bestimmung des Taillenumfangs nochmals um einiges einfacher und ökonomischer als die Durchführung eines Step-Tests.

## 6.6 Wahl des Belastungsprotokolls

Kritisch anzumerken ist die Wahl des Belastungsprotokolls der Spiroergometrie. Ziel war, ein einheitliches Protokoll für alle Probanden zu verwenden. Eine mittlere Belastungsdauer von  $15.80 \pm 2.35$  Minuten erscheint jedoch als etwas zu lange zur Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme. Aus Untersuchungen geht hervor, dass Belastungen bis zu 17 Minuten Dauer zu keiner signifikanten Einschränkung der Maximalwerte führen (Buchfuhrer et al., 1983). Länger als zwölf Minuten andauernde Belastungszeiten bringen jedoch keinen zusätzlichen Informationsgewinn. Darüber hinaus können sie zu einem vorzeitigen Belastungsabbruch durch muskuläre Erschöpfung führen, ohne kardiorespiratorische oder symptomlimitierte Ausbelastung (Wonisch et al., 2008, S. 7). Ob diese Tatsache das schlechte Ergebnis der Regressionen, speziell der einfachen linearen Regression mit der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests erklärt, ist fraglich und bleibt leider offen.

## 6.7 Konklusion

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass der modifizierte Queens-College-Step-Test für die beschriebenen Rahmenbedingungen durchaus als optimal und praktikabel genannt werden kann. Das exakte Messen der Herzfrequenz mittels Brustgurt und entsprechender Hard- und Software, stellt eine gute und durchaus zuverlässige Alternative zur palpatorischen Erfassung dar. Im Zuge des künftigen Stellungsverfahrens ist die modifizierte Erfassung der Herzfrequenz zu empfehlen, da bei dieser Untersuchung Unterschiede bei der exakten Herzfrequenzmessung sowie der palpatorischen Pulserfassung nachgewiesen wurden. Deshalb wurde eingangs fälschlicherweise angenommen, dass McArdle et al. (1972) aus den Erkenntnissen der Step-Test-Serien falsch positiv messen. Diese Annahme konnte aufgrund der gewonnenen Daten der Spiroergometrien und der zeitlich versetzten Step-Tests derselben Probanden schlussendlich widerlegt werden. Somit dürfte rein statistisch betrachtet auch die Regressionsgleichung gemäß McArdle et al. (1972) zur Anwendung kommen.

Der negative Zusammenhang der Herzfrequenz nach einem Step-Test und der maximalen Sauerstoffaufnahme einer Spiroergometrie konnte auch in diesem Beispiel mehr oder weniger gut nachgewiesen werden. Die Regressionsgleichung liefert für Gruppen durchaus gute Ergebnisse, bei der Bestimmung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit muss jedoch aufgrund der möglichen ungenauen Vorhersagen mit Vorsicht vorgegangen werden. Diese Tatsache ist gerade im Hinblick auf die formulierte Fragestellung beziehungsweise dem Ziel, der Bestimmung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit jedes Probanden, nicht sehr zufriedenstellend.

Multiple lineare Regressionsmodelle, durch die Aufnahme anthropometrischer Parameter, können die Genauigkeit der Vorhersage deutlich erhöhen. Der Body-Mass-Index brachte eine bessere Vorhersage, als optimal erscheint die zusätzliche Aufnahme des Taillenumfangs in künftige Step-Tests.

Sehr interessant war das Ergebnis der Vorhersagegenauigkeit der maximalen Sauerstoffaufnahme aus dem Taillenumfang alleine. Eventuell kann der Taillenumfang in Zukunft auch zur einfachen Abschätzung der Ausdauerleistungsfähigkeit herangezogen werden. Durchaus spannend wäre dies bei inhomogeneren Kollektiven, was auch das Alter und Geschlecht betrifft, zu überprüfen.

Die Probanden dieser Untersuchung können trotz homogener Altersverteilung in ihrem Körperbau, sowie der Leistungsfähigkeit, als durchaus inhomogenes Kollektiv beschrieben werden. Warum dennoch keine bessere Vorhersage mittels linearer Regression, wie in vergangenen Untersuchungen nachgewiesen möglich war, bleibt offen.

## 7 Ausblick

Nachdem der modifizierte Queens-College-Step-Test in das Stellungsverfahren gut integriert werden konnte, wurden bereits sämtliche Stellungskommissionen mit ausreichend Steps sowie der notwendigen Hard- und Software ausgestattet. Aufgrund der großen Anzahl zu erwartender Testungen wurde auf eine massive und sichere Konstruktion der Steps besonderer Wert gelegt.

In welcher Form der modifizierte Queens-College-Step-Test in das Stellungsverfahren des österreichischen Bundesheers schlussendlich eingeführt werden wird, bleibt vorerst noch offen und ist auch nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit.

Es ergibt sich natürlich sinngemäß die Frage, ob eine Vorhersage der maximalen Sauerstoffaufnahme als Ausdruck der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit überhaupt als notwendig betrachtet werden muss. Die Fragestellung der möglichst exakten Voraussage könnte ohne weiteres in eine Unterschiedsfrage umgewandelt werden. Sehr wahrscheinlich wäre das reine Erfassen der Belastungsherzfrequenz nach dem Ende des Step-Tests durchaus ausreichend, um entsprechende Gruppen unterschiedlicher Ausdauerleistungsfähigkeit zu bilden. Dies würde die Interpretation des Ergebnisses, des als durchaus praktikabel zu bezeichnenden modifizierten Queens-College-Step-Test, nochmals vereinfachen.

Fakt ist, welches Ergebnis auch immer herangezogen werden wird, dass die unterschiedlichen Leistungsgruppen zur Beurteilung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit in Perzentilnrängen zusammengefasst und in weiterer Folge unterschieden werden. Dies bedeutet vereinfacht ausgedrückt, dass die individuelle Ausdauerleistungsfähigkeit der Stellungspflichtigen in zehn unterschiedlichen Gruppen dargestellt werden wird.

Somit ist das Stellungsverfahren des Österreichischen Bundesheers, neben den ebenfalls neuen und erweiterten Testungen der isometrischen Maximalkraft sowie der koordinativen Fähigkeiten, ab sofort auch um einen Test zur Bestimmung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit erweitert worden.

## 8 Literaturverzeichnis

- Bachl, N. (1985). Grundlagen der Belastungsuntersuchung und Leistungsbeurteilung. In A. Aigner (Hrsg.), *Sportmedizin in der Praxis* (S. 461-597). Wien: Hollinek.
- Ballreich, R. (1970). *Grundlagen sportmotorischer Tests*. (Studientexte zur Leibeserziehung, 11). Frankfurt: Limpert.
- Bandyopadhyay, A. (2008). Queen's College Step Test as an alternative of Havard Step Test in young indian women. *International Journal of Sport and Health Science*, 6, 15-20)
- Bandyopadhyay, B. & Chattopadhyay, H. (1981). Assessment of physical fitness of sedentary and physically active male college students by a modified Havard Step-Test. *Ergonomics*, 24(1), 15-20.
- Bös, K., Pfeifer, K., Stoll, O., Tittlbach, S. & Woll, A. (2001). Testtheoretische Grundlagen. In K. Bös (Hrsg.), *Handbuch Motorische Tests* (2. Aufl., S 532-569). Göttingen: Hogrefe.
- Buchfuhrer, M., Hansen, J., Robinson, T., Sue, D., Wasserman, K. & Whipp, B. (1983). Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. *Journal of Applied Physiology*, 55(5), 1558-1564.
- Brouha, L. (1943). A Simple Method of Evaluating Fitness in Boys: The Step Test. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 15(6), 769-779.
- Chatterjee, S., Chatterjee, P. & Bandyopadhyay, A. (2005). Vailidity of Queen's College Step Test for estimation of maximum oxygen uptake in female students. *Indian Journal of Medical Research*, 121, 32-35.
- Chatterjee, S., Chatterjee, P., Mukherjee, S. & Bandyopadhyay, A. (2004). Vailidity of Queen's College Step Test for use with young Indian men. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 289-291.
- Fetz, F. & Kornexel, E. (1993). *Sportmotorische Tests* (3. Aufl.). Wien: Pädagogischer Verlag.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2003). *Einführung in die Trainingswissenschaft* (3. Korr. und erw. Aufl.). Wiebelsheim: Limpert Verlag GmbH.
- Hollmann, W. & Hettinger, T. (2000). *Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin* (4. Aufl.). Stuttgart: Schattauer.
- Jetté, M., Campbell, J., Mongeon, J. & Routhier, R. (1976). The Canadian Home Fitness Test as a predictor for aerobic capacity. *Canadian Medical Association Journal*, 114(8), 680-682.

- Jones, N. (1997). *Clinical Exercise Testing* (4<sup>th</sup> ed.). Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Kurucz, R., Fox, E. & Mathews, D. (1969). Construction of a submaximal cardiovascular step test. *Research Quarterly*, 40(1), 454-461.
- Lin, K. & Liu, C. (2007). Estimation  $\dot{V}O_{2\max}$ : a comparative analysis of post-exercise heart rate and physical fitness index from 3-minute step test. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 5(2), 118-123.
- Martin, D., Carl, K. & Lehnertz, K. (2001). *Handbuch Trainingslehre* (3. unveränderte Aufl.). Schorndorf: Verlag Karl Hofmann.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. (2010). *Exercise Physiology. Nutrition, Energy and Human Performance* (7<sup>th</sup> ed.). Baltimore: Lippincott, Williams & Wilkins.
- McArdle, W., Katch, F., Pechar, G., Jacobson, L. & Ruck, S. (1972). Reliability and interrelationships between maximal oxygen intake, physical work capacity and step-test scores in college women. *Medicine and Science in Sports*, 4(4), 182-186.
- Schnabel, G., Harre, D., Krug, J. & Borde, A. (Hrsg.). (2005). *Trainingswissenschaft. Leistung, Training, Wettkampf* (stark überarb. und erw. Aufl.). München: Südwest Verlag.
- Sharkey, B. (1979). *Physiology of fitness: Prescribing exercise for fitness, weight control and health*. Human Kinetics Publisher.
- Shephard, R., Thomas, S. & Weller, I. (1991). The Canadian Home Fitness Test. 1991 Update. *Sports Medicine*, 11(6), 358-366.
- Siconolfi, S., Garber, C., Lasater, T. & Carleton, R. (1985). A simple, valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies. *American journal of epidemiology*, 121(3), 382-390.
- Weineck, J. (2004). *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings* (14. Aufl.). Balingen: Spitta.
- Witten, C. (1973). Construction of a submaximal cardiovascular Step Test for college females. *Research Quarterly*, 44(1), 46-50.
- Wonisch, M., Berent, R., Klicpera, M., Laimer, H., Marko, C., Pokan, R., Schmid, P. & Schwann, H. (Hrsg.). (2008). Praxisleitlinien Ergometrie [Themenheft]. *Journal für Kardiologie*, 15 (Suppl A).
- Wonisch, M., Pokan, R. & Hofmann, P. (2004). Funktionsdiagnostik akuter und chronischer Anpassung der Atmungsorgane. In R. Pokan, H. Förster, P. Hofmann, H. Hörtnagl, E. Ledl-Kurkowski & M. Wonisch (Hrsg.), *Kompendium der Sportmedizin. Physiologie, Innere Medizin und Pädiatrie* (S. 133-144). Wien: Springer-Verlag.

## 9 Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Testverfahren zur Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit .....	10
<b>Abbildung 2:</b> Überblick der geläufigsten Step-Tests .....	11
<b>Abbildung 3:</b> Stichprobengröße der Step-Tests in den einzelnen Bundesländern (K= Kärnten, NÖ= Niederösterreich, OÖ= Oberösterreich, S= Salzburg, ST= Steiermark, T= Tirol, W= Wien) .....	21
<b>Abbildung 4:</b> Ablauf des modifizierten Queens-College-Step-Tests (beim Start) .....	26
<b>Abbildung 5:</b> Ablauf des modifizierten Queens-College-Step-Tests (beim Hochsteigen) .....	26
<b>Abbildung 6:</b> Ablauf des modifizierten Queens-College-Step-Tests (am Step) .....	27
<b>Abbildung 7:</b> Ablauf des modifizierten Queens-College-Step-Tests (beim Runtersteigen) .....	27
<b>Abbildung 8:</b> Spiroergometrie bei einem Probanden .....	28
<b>Abbildung 9:</b> Step-Test mit mobilem Ergospirometer bei einem Probanden .....	29
<b>Abbildung 10:</b> Boxplot der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte, sowie vom berechneten Puls der palpatorischen Erfassung .....	33
<b>Abbildung 11:</b> Boxplot der mittels Regressionsformel berechneten $VO_2max$ (gemessene Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie berechneter Puls der palpatorischen Erfassung) .....	36
<b>Abbildung 12:</b> Diagramm der Häufigkeitsverteilung gültiger Messungen (GÜLTIG), abgebrochener Messungen (DNF), Ausfälle der Herzfrequenzmessung (k.HF) sowie keiner palpatorischen Erfassung (k.HM) .....	38
<b>Abbildung 13:</b> Häufigkeitsverteilung der maximalen Leistungen der Spiroergometrien .....	40
<b>Abbildung 14:</b> Häufigkeitsverteilung der Testdauer der Spiroergometrie .....	41
<b>Abbildung 15:</b> Boxplot der maximalen Sauerstoffaufnahme von höchstem gemessenen Wert knapp vor und bei Belastungsabbruch .....	43
<b>Abbildung 16:</b> Boxplot der gemessenen $VO_2max$ und der mittels Regressionsformel „McArdle“ berechneten $VO_2max$ .....	46
<b>Abbildung 17:</b> Boxplot der gemessenen $VO_2max$ und der mittels Regressionsformel „Chatterjee“ berechneten $VO_2max$ .....	49
<b>Abbildung 18:</b> Streudiagramm inklusive Regressionsgerade aus der Herzfrequenz 5 Sek nach dem Step-Test und der $VO_2max$ der Spiroergometrie .....	51
<b>Abbildung 19:</b> Streudiagramm inklusive Regressionsgerade aus dem Body-Mass-Index und der $VO_2max$ der Spiroergometrie .....	52
<b>Abbildung 20:</b> Streudiagramm inklusive Regressionsgerade aus dem Taillenumfang und der $VO_2max$ der Spiroergometrie .....	53



<b>Abbildung 21:</b> Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der vorhergesagten Werte. ....	57
<b>Abbildung 22:</b> Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der Residuen. ....	58
<b>Abbildung 23:</b> Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der vorhergesagten Werte. ....	61
<b>Abbildung 24:</b> Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der Residuen. ....	62
<b>Abbildung 25:</b> Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der vorhergesagten Werte. ....	65
<b>Abbildung 26:</b> Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der Residuen. ....	66
<b>Abbildung 27:</b> Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der vorhergesagten Werte. ....	69
<b>Abbildung 28:</b> Gegenüberstellung der tatsächlich abhängigen Variablen und der Residuen. ....	70

## 10 Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle 1:</b> Regressionsgleichungen, getrennt nach Geschlecht, zur indirekten Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\max$ ) beim Queens-College-Step-Test (McArdle et al., 2010, S. 245).....	16
<b>Tabelle 2:</b> Beschreibung der Hauptgütekriterien des Queens-College-Step-Tests .....	16
<b>Tabelle 3:</b> Belastungsprotokollbeispiele der Ergometrie .....	19
<b>Tabelle 4:</b> Anthropometrische Daten der Probanden der Step-Tests.....	31
<b>Tabelle 5:</b> Anthropometrische Daten der Probanden der Spiroergometrien.....	31
<b>Tabelle 6:</b> Gepaarte Stichproben der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte, sowie vom berechneten Puls der palpatorischen Erfassung.....	32
<b>Tabelle 7:</b> Korrelation bei gepaarten Stichproben der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte, sowie vom berechneten Puls der palpatorischen Erfassung. ....	33
<b>Tabelle 8:</b> Unterschiedsprüfung bei gepaarten Stichproben der gemessenen Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte, sowie vom berechneten Puls der palpatorischen Erfassung. ....	34
<b>Tabelle 9:</b> Gepaarte Stichproben der mittels Regressionsformel berechneten $VO_2\max$ (gemessene Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie berechneter Puls der palpatorischen Erfassung). ....	35
<b>Tabelle 10:</b> Korrelation bei gepaarten Stichproben der mittels Regressionsformel berechneten $VO_2\max$ (gemessene Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie berechneter Puls der palpatorischen Erfassung).....	36
<b>Tabelle 11:</b> Unterschiedsprüfung bei gepaarten Stichproben der mittels Regressionsformel berechneten $VO_2\max$ (gemessene Herzfrequenz der unterschiedlichen Messzeitpunkte sowie berechneter Puls der palpatorischen Erfassung). ....	37
<b>Tabelle 12:</b> Häufigkeitstabelle gültiger Messungen, abgebrochener Messungen, Ausfälle der Herzfrequenzmessung sowie keiner palpatorischen Erfassung. ....	38
<b>Tabelle 13:</b> Spiroergometrie- Leistungen absolut und relativ sowie Ausbelastungsherzfrequenz.....	39
<b>Tabelle 14:</b> Häufigkeiten der maximalen Leistungen absolut der Spiroergometrien.....	40
<b>Tabelle 15:</b> Testdauer der Spiroergometrie .....	41
<b>Tabelle 16:</b> Maximale Sauerstoffaufnahme von höchster gemessener Wert knapp vor Belastungsabbuch sowie bei Belastungsabbruch .....	42
<b>Tabelle 17:</b> Korrelation der maximalen Sauerstoffaufnahme von höchstem gemessenen Wert knapp vor und bei Belastungsabbruch.....	43

<b>Tabelle 18:</b> Unterschiedsprüfung der maximalen Sauerstoffaufnahme von höchstem gemessenen Wert knapp vor und bei Belastungsabbruch .....	44
<b>Tabelle 19:</b> Deskriptive Statistik der gemessenen $VO_2$ max und der mittels Regressionsformel „McArdle“ berechneten $VO_2$ max .....	45
<b>Tabelle 20:</b> Korrelationen der gemessenen $VO_2$ max und der mittels Regressionsformel „McArdle“ berechneten $VO_2$ max .....	46
<b>Tabelle 21:</b> Unterschiedsprüfung der gemessenen $VO_2$ max und der mittels Regressionsformel „McArdle“ berechneten $VO_2$ max .....	47
<b>Tabelle 22:</b> Deskriptive Statistik der gemessenen $VO_2$ max und der mittels Regressionsformel „Chatterjee“ berechneten $VO_2$ max.....	48
<b>Tabelle 23:</b> Korrelationen der gemessenen $VO_2$ max und der mittels Regressionsformel „Chatterjee“ berechneten $VO_2$ max .....	49
<b>Tabelle 24:</b> Unterschiedsprüfung der gemessenen $VO_2$ max und der mittels Regressionsformel „Chatterjee“ berechneten $VO_2$ max.....	50
<b>Tabelle 25:</b> Korrelationen zwischen $VO_2$ max der Spiroergometrie, der Herzfrequenz 5 Sek nach dem Step-Test, des Body-Mass-Index sowie des Taillenumfangs.....	54
<b>Tabelle 26:</b> Güte des Gesamtmodells .....	55
<b>Tabelle 27:</b> Signifikanzprüfung des gesamten Regressionsmodells .....	55
<b>Tabelle 28:</b> Korrelation der unabhängigen Variablen und Einfluss des Prädiktors .....	56
<b>Tabelle 29:</b> Residuenstatistik der abhängigen Variablen .....	56
<b>Tabelle 30:</b> Güte des Gesamtmodells .....	59
<b>Tabelle 31:</b> Signifikanzprüfung des gesamten Regressionsmodells .....	60
<b>Tabelle 32:</b> Korrelation der unabhängigen Variablen und Einfluss der Prädiktoren .....	60
<b>Tabelle 33:</b> Residuenstatistik der abhängigen Variablen .....	60
<b>Tabelle 34:</b> Güte des Gesamtmodells .....	63
<b>Tabelle 35:</b> Signifikanzprüfung des gesamten Regressionsmodells .....	64
<b>Tabelle 36:</b> Korrelation der unabhängigen Variablen und Einfluss der Prädiktoren .....	64
<b>Tabelle 37:</b> Residuenstatistik der abhängigen Variablen .....	64
<b>Tabelle 38:</b> Güte des Gesamtmodells .....	67
<b>Tabelle 39:</b> Signifikanzprüfung des gesamten Regressionsmodells .....	67
<b>Tabelle 40:</b> Korrelation der unabhängigen Variablen und Einfluss des Prädiktors .....	68
<b>Tabelle 41:</b> Residuenstatistik der abhängigen Variablen .....	68

## 11 Abkürzungsverzeichnis

$\alpha$	Signifikanzniveau
AF	Atemfrequenz
AMV	Atemminutenvolumen
b	beat
BMI	Body-Mass-Index
cm	Zentimeter
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
DNF	abgebrochene Testung da vor dem Testende ausbelastet
EKG	Elektrokardiogramm
Ergo	Ergometrie
HCO <sub>3</sub>	Bicarbonat
HF	Herzfrequenz
HF 5Sek	Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests (im Stehen)
HF 20Sek	Herzfrequenz 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests (im Stehen)
HF Hand ber.	Berechneter Puls pro Minute aus der palpatorischen Messung (von der fünften bis zur 20. Sekunde nach dem Step-Test)
HF mittel	Mittelwert aus der Herzfrequenz fünf Sekunden nach dem Ende des Step-Tests und 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests
HF Step-Ende	Herzfrequenz am Ende des Step-Tests (im Stehen)
K	Kärnten
kg	Kilogramm
k.HF	keine Herzfrequenz wegen Ausfalls
k.HM	keine palpatorische Erfassung
l	Liter
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter

min	Minute
mind.	mindestens
ml	Milliliter
max	maximal
N	Stichprobengröße
O <sub>2</sub>	Sauerstoff
OÖ	Oberösterreich
p	Signifikanz
P	Leistung
PC	Personal Computer
r	Korrelationskoeffizient
R	Korrelation
R <sup>2</sup>	Bestimmtheitsmaß
rel	relativ
RQ	respiratorischer Quotient
S	Salzburg
Sig.	Signifikanz
ST	Steiermark
Stp.	Steps
T	Tirol
Taille	Taillenumfang
VCO <sub>2</sub>	Kohlendioxidabgabe
VO <sub>2</sub> 5Sek	berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ 5 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests
VO <sub>2</sub> 20Sek	berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ 20 Sekunden nach dem Ende des Step-Tests
VO <sub>2</sub> Hand ber.	berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus der palpatorischen Messung (von der 5. bis zur 20. Sekunde nach dem Step-Test)

$VO_2$ mittel	berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ aus dem Mittelwert von $VO_2$ 5Sek und $VO_2$ 20Sek
$VO_2$ Step-Ende	berechnete maximale Sauerstoffaufnahme „McArdle“ am Ende des Step-Tests
$V_E$	Ventilation
$V_E/VO_2$	Atemäquivalent für Sauerstoff
$V_E/VCO_2$	Atemäquivalent für Kohlendioxid
$VO_2$	Sauerstoffverbrauch
$V_T$	Tidalvolumen
$VO_{2max}$	maximale Sauerstoffaufnahme
W	Watt

## 12 Anhang

Nachstehend wird der für die Testungen angefertigte Fragebogen, zur Abschätzung der individuellen Belastbarkeit im Speziellen im Bereich Rücken und Herzkreislaufsystem, inklusive Probandeninformation und Einverständniserklärung dargestellt.

### Heeres – Sportzentrum Heeres Sportwissenschaftlicher Dienst



Fragebogen zur Abschätzung ihrer individuellen Belastbarkeit im Speziellen im Bereich Rücken und Herzkreislaufsystem.

Name: \_\_\_\_\_  
Vorname: \_\_\_\_\_  
Geburtsdatum: \_\_\_\_\_  
Ablaufnummer: \_\_\_\_\_

Geschlecht:  männlich  
 weiblich

#### 1. Wie würden Sie Ihre Tätigkeit im Beruf beschreiben? (eine Antwortmöglichkeit)

- überwiegend sitzend       überwiegend stehend       überwiegend in Bewegung

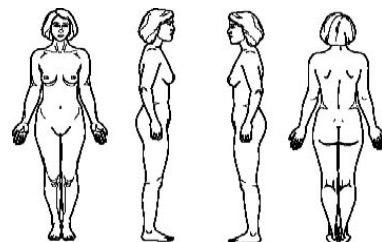
#### 2. Wie viel körperliche Anstrengung erfordert diese Tätigkeit? (eine Antwortmöglichkeit)

- keine besondere Anstrengung  
 mäßige körperliche Anstrengung  
 hohe körperliche Anstrengung

#### 3. Haben Sie derzeit Schmerzen? (wenn „nein“, dann weiter bei Frage 6)

- Ja       Nein

#### 3a) Wenn ja, wo haben sie die Schmerzen.



**LWS** unterer Teil des Rückens

ja

**BWS** mittlerer Teil des Rückens (Höhe Brustkorb)

ja

**HWS** oberer Teil des Rückens (Hals, Nacken)

ja

**Schulterbeschwerden**

rechts

links

**Armbeschwerden**

rechts

links

- |                        |                                 |                                |
|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Hüftbeschwerden</b> | rechts <input type="checkbox"/> | links <input type="checkbox"/> |
| <b>Knieschmerzen</b>   | rechts <input type="checkbox"/> | links <input type="checkbox"/> |
| <b>Fußschmerzen</b>    | rechts <input type="checkbox"/> | links <input type="checkbox"/> |

**3b. Wenn ja, wann haben Sie Schmerzen?**

- konstant     belastungsabhängig     hin und wieder     eher selten

**4. Wie stark schätzen Sie Ihre Schmerzen zurzeit ein?**

(0 = keine Schmerzen – 10 = die schlimmsten vorstellbaren Schmerzen)

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

**5. Wie stark fühlen Sie sich durch Ihre Schmerzen in Ihren Tätigkeiten und Bedürfnissen eingeschränkt?**

(0 = gar nicht – 10 = absolut)

0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

**6. Wurden bei Ihnen eine der folgenden Erkrankungen des Bewegungssystems von einem Arzt festgestellt?**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Nein                | <input type="checkbox"/> Arthrose              | <input type="checkbox"/> M. Bechterew         |
| <input type="checkbox"/> Bandscheibenvorfall | <input type="checkbox"/> Osteoporose           | <input type="checkbox"/> entzündliches Rheuma |
| <input type="checkbox"/> Skoliose            | <input type="checkbox"/> sonstige Rückenleiden |   |

- Unfallfolgen und zwar \_\_\_\_\_
- Operationen und zwar \_\_\_\_\_
- sonstiges und zwar \_\_\_\_\_

**6a. Sind Sie zurzeit wegen dieser Erkrankungen in ärztlicher oder physiotherapeutischer Behandlung?**

- Ja                       Nein

**7. Wurde bei Ihnen eine der folgenden Erkrankungen des Herz- Kreislaufsystems oder der Atmungsorgane von einem Arzt festgestellt?**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Nein                        | <input type="checkbox"/> hoher Blutdruck                  | <input type="checkbox"/> Herzinfarkt          |
| <input type="checkbox"/> Herzinsuffizienz / Schwäche | <input type="checkbox"/> Angina pectoris                  | <input type="checkbox"/> Herzmuskelentzündung |
| <input type="checkbox"/> Asthma bronchiale           | <input type="checkbox"/> chronische Bronchitis            |   |
| <input type="checkbox"/> insulinpflichtiger Diabetes | <input type="checkbox"/> obstruktive Atemwegserkrankungen |   |

- sonstige und zwar \_\_\_\_\_

**7a. Fühlen Sie sich durch die genannte Erkrankung in der körperlichen Aktivität eingeschränkt?**

- Ja                       Nein

**7b. Sind Sie zurzeit wegen dieser Erkrankungen in ärztlicher Behandlung?**

- Ja                       Nein



**8a. Hat Ihnen jemals ein Arzt gesagt, Sie hätten „etwas am Herzen“ und Ihnen nur unter medizinischer Kontrolle Bewegung und Sport empfohlen?**

- Ja  Nein

**8b. Hatten Sie im letzten Monat Schmerzen in der Brust in Ruhe oder bei körperlicher Belastung? Haben Sie Probleme mit der Atmung in Ruhe oder bei körperlicher Belastung? Sind Sie jemals wegen Schwindel gestürzt oder haben Sie schon jemals das Bewusstsein verloren?**

- Ja  Nein

**8c. Haben Sie Knochen- oder Gelenkprobleme, die sich unter körperlicher Belastung verschlechtern könnten?**

- Ja  Nein

**8d. Hat Ihnen jemals ein Arzt ein Medikament gegen hohen Blutdruck oder wegen eines Herzproblems oder Atemproblems verschrieben?**

- Ja  Nein

**8e. Kennen Sie irgendeinen weiteren Grund, warum Sie nicht körperlich/ sportlich aktiv sein sollten?**

- Ja  Nein

**9. Rauchen Sie?**

- Ja  Nein (ich habe in den letzten 6 Monaten zu Rauchen aufgehört)  Nein

**10. Gab es bei Ihrem Vater oder väterlicher Verwandtschaft ersten Grades vor dem 55. Lebensjahr, einen Fall von Herzinfarkt, Gefäßverschluss (Herzkranzgefäß) oder plötzlichen Herztod, oder bei Ihrer Mutter oder mütterlicher Verwandtschaft ersten Grades vor dem 65. Lebensjahr?**

- Ja  Nein

**11. Welche Hand bzw. Fuß bevorzugen sie?**

a) Bevorzugte Hand:  Links  Rechts

b) Bevorzugter Fuß:  Links  Rechts

## Probandeninformation

Sie nehmen an einer wissenschaftlichen Untersuchung freiwillig teil. Der gesamte Ablauf der Untersuchungen wurde Ihnen ausführlich erläutert und gliedert sich in folgende Untersuchungsteile an zwei vereinbarten Tagen:

1. Untersuchungstag:
  - Information zum Ablauf und Ziel der Untersuchung
  - Fragebogen zur Abschätzung der individuellen Belastbarkeit und Probandeninformation
  - Grobklinische Untersuchung und Ruhe-EKG
  - Step Test oder Fahrradergometrie (inkl. Belastungs-EKG) jeweils mit mobiler Spirometrieinheit (zur Messung der Sauerstoffaufnahme)
  
2. Untersuchungstag:
  - Step Test oder Fahrradergometrie (inkl. Belastungs-EKG) jeweils mit mobiler Spirometrieinheit (zur Messung der Sauerstoffaufnahme), je nachdem welcher Test noch ausständig ist

Ziel dieses wissenschaftlichen Projekts ist die Erstellung von Normwerten zur Klassifizierung der Ausdauerleistungsfähigkeit.

Um an der Studie teilnehmen zu können, ist eine entsprechende Voruntersuchung notwendig; diese dient zur Feststellung Ihrer Gesundheit und körperlichen Leistungsfähigkeit. Die Leistungsfähigkeit wird einerseits bei einem submaximalen Step Test erhoben, die Testung der maximalen Leistungsfähigkeit erfolgt mittels Fahrradergospirometrie (Rampenprotokoll bis zur individuellen Ausbelastung). Diese beiden Tests werden zeitversetzt durchgeführt und erfolgen an unterschiedlichen Testtagen.

Die Aktivitäten bei der Fahrradergometrie werden ärztlich überwacht und Sie können jederzeit Ihre Teilnahme zurückziehen.

Durch die wissenschaftliche Untersuchung unterziehen Sie sich bei der Fahrradergometrie einem vernachlässigbaren Risiko; diese ist entsprechend der in Österreich geltenden Vorschriften durch einen Facharzt überwacht. Das Anbringen der Elektroden für die EKG-Aufzeichnung könnte bei Überempfindlichkeit eine geringfügige Hautrötung hervorrufen, die vom medizinischen Team jederzeit behandelt werden kann. Durch das Tragen der mobilen Spirometrieinheit samt Atemmaske kann für Sie kein Risiko entstehen; es besteht lediglich die Möglichkeit, dass dies in einem geringen Ausmaß als unangenehm empfunden wird.

Beim zweiten Test werden Sie submaximal belastet. Sie müssen drei Minuten bei einem standardisierten Step (Höhe= 41,3cm) in einem vorgegebenen Takt hoch- und niedersteigen.

Alle wissenschaftlich erforderlichen Handlungen an Ihrer Person erfolgen innerhalb der Dienstzeit.

### **Einverständniserklärung**

Ich bin damit einverstanden, dass die an mir erhobenen Testparameter dieser Studie für wissenschaftliche Zwecke Verwendung finden (Erstellung von Normwerten für das ÖBH). Ich erhalte jederzeit Einblick in meine Untersuchungsdaten. Alle Untersuchungsergebnisse meine Person betreffend, können ohne Angabe meines Namens, Adresse und Standes vorausgesetzt, für Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften herangezogen werden. Die Untersuchungsdaten anderer, an diesem Projekt teilnehmender Personen, sind mir nicht zugänglich. Jede an dieser Studie teilnehmende Person erhält nur in ihre eigenen Ergebnisse Einsicht.

Ich, der Unterzeichnende, erkläre, dass ich über die Ziele und die Durchführung des wissenschaftlichen Projekts umfassend aufgeklärt wurde und daran freiwillig teilnehme. Meine freiwillige Teilnahme kann ich jederzeit widerrufen.

---

Unterschrift der Projektteilnehmer/INNEN

---

Ort und Datum

Die Anonymität der Befragten/Teilnehmenden bleibt natürlich gewahrt!

Die Daten werden lediglich für wissenschaftliche Auswertungen verwendet!

**Danke für Ihre Mitarbeit!**

## 13 Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Ing. Stephan WERNER, Bakk.rer.nat.  
Geburtsdatum 26.07.1978  
Geburtsort Villach

### Akademische Bildung

2009 - 2012 Magisterstudium der Sportwissenschaft an der Sportuniversität Schmelz in Wien sowie ausgewählten Themen der Betriebs- und Volkswirtschaftslehre an der Wirtschaftsuniversität Wien  
2005 - 2009 Bakkalaureatsstudium Sportwissenschaft mit den Schwerpunkten Leistungssport und ausgewählten Themen aus Sportmanagement

### Schulbildungsdaten

1993 - 1999 HTL- Villach (Hochbautechnik)  
1989 - 1993 Bundesrealgymnasium Villach- Perau  
1985 - 1989 Volksschule Villach Lind

### Berufliche Erfolge

Seit 2010 im Team der Sportordination in Wien  
Mitglied im Medical Center des Vienna City Marathons und dm Frauenlaufes  
Mountainbike Tutor am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien  
Skilanglauf Tutor am Institut für Sportwissenschaft der Universität Wien  
2010 - 2012 Implementierung eines Ausdauerstestverfahrens in Kooperation mit der Abteilung Heeres-Sportwissenschaftlicher Dienst des Heeres-Sportzentrums → Magisterarbeit  
2010 - 2011 Wissenschaftliche Mitarbeit in der Abteilung Heeres-Sportwissenschaftlicher Dienst des Heeres-Sportzentrums in Wien  
1999 - 2005 Bauingenieur/ Projektleiter

## **14 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 noch von anderen Personen vorgelegt.

Wien, 2012

Ing. Stephan WERNER, Bakk.rer.nat.