



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT / DIPLOMA THESIS

Titel der Diplomarbeit / Title of the Diploma Thesis

„Handkraft als Parameter körperlicher Fitness  
bei weiblichen Studierenden“

verfasst von / submitted by

Martina Wokoun

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of  
Magistra der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, 2017 / Vienna, 2017

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

A 190 445 313

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

Lehramtsstudium UF Biologie und Umweltkunde  
UF Geschichte, Sozialkunde, Politische Bildung

Betreut von / Supervisor:

Ao. Univ.-Prof. Mag. Mag. Dr. Sylvia Kirchengast



## Danksagung

Herzlichen Dank an meine Betreuerin Frau Prof. Sylvia Kirchengast, die mir die Bearbeitung dieses spannenden Themas erst ermöglicht und mich während dem Forschungs- und Schreibprozess stets kompetent und vor allem auch rasch unterstützt hat.

Ein großer Dank gilt außerdem den Studentinnen, die sich dazu bereit erklärten an dieser Studie teilzunehmen.

Vor allem möchte ich aber meiner Familie danken. Allen voran meinen Eltern, die mir ermöglicht haben dieses Studium zu absolvieren und nicht müde waren Teile dieser Arbeit zu korrigieren. Ebenso gilt der Dank meinem Bruder und meinen Omas. Ihr alle habt immer an mich geglaubt und mir den nötigen Halt gegeben – danke!

Nicht weniger wichtig war die Unterstützung durch meinen Verlobten, der meine Launen, die im Laufe eines Studiums doch sehr schwanken, am stärksten abbekommen hat und mich trotzdem jederzeit unterstützt hat. Danke für einfach alles!

And last but not least: Christiane, I'm your person!



## Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Diplomarbeit selbstständig und ohne die Benutzung anderer, als der angegebenen, Quellen und Hilfsmittel verfasst zu haben. Alle Inhalte, die wörtlich oder sinngemäß übernommen wurden, sind mit den jeweiligen Quellen gekennzeichnet. Außerdem wurde dieses Diplomarbeitsthema weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt.

Wien, am .....

Unterschrift: .....



# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	9
Abbildungsverzeichnis .....	10
Tabellenverzeichnis .....	11
Zusammenfassung .....	13
Abstract .....	14
1. Einleitung .....	15
2. Theoretische Grundlagen .....	16
2.1. 2D:4D-Verhältnis .....	16
2.1.1. 2D:4D-Verhältnis und Geschlechtsunterschiede .....	16
2.1.2. 2D:4D-Verhältnis als Ausprägung eines pränatalen Hormonzustandes .....	17
2.1.3. 2D:4D Entstehung .....	20
2.1.4. 2D:4D Forschung .....	22
2.2. Handkraft .....	25
2.3. Körperzusammensetzung .....	27
2.4. Hypothesen und Ziele .....	29
3. Material und Methoden .....	31
3.1. Beschreibung der Stichprobe .....	31
3.2. Datenerhebung mittels Fragebogen .....	32
3.2.1. Fragen zur Person .....	32
3.2.2. Fragen zur allgemeinen Anamnese .....	32
3.2.3. Fragen zum Sportverhalten .....	33
3.2.4. Edinburgh-Inventar .....	33
3.3. Datenerhebung .....	34
3.3.1. Körperhöhe und Körperzusammensetzung .....	34
3.3.2. Messung der Fingerlängen .....	36
3.3.3. Messung der Handkraft .....	37
3.4. Datenaufbereitung .....	37
3.5. Datenauswertung .....	38
4. Ergebnisse .....	40
4.1. Deskriptive Statistik .....	40

4.1.1.	Demographische Daten .....	40
4.1.2.	Anamnesedaten.....	42
4.1.3.	Anthropometrische Daten im Überblick .....	46
4.1.4.	Kategorisierung der Probandinnen .....	47
4.2.	Vergleich der Gruppen.....	49
4.3.	Vergleich der BMI-Klassen .....	56
4.4.	Korrelationen .....	58
4.4.1.	Handkraft.....	58
4.4.2.	Fingerlängenverhältnis .....	59
4.4.3.	Körperhöhe.....	60
4.4.4.	Körperzusammensetzung.....	61
5.	Diskussion .....	62
5.1.	Hypothesen.....	62
5.2.	Conclusio.....	67
5.3.	Limitierungen der Studie .....	67
5.4.	Ausblick auf weitere Forschungsschwerpunkte .....	68
	Literaturverzeichnis .....	70
	Anhang.....	78

## Abkürzungsverzeichnis

BMI .....	Body-Mass-Index
FM .....	Fettmasse
F% .....	Fettprozent
HK .....	Handkraft
KG .....	Körpergewicht
KH .....	Körperhöhe
KW .....	Körperwasser
MM .....	Muskelmasse
WCR .....	waist-to-chest ratio
WHR .....	waist-to-hip ratio

### Länderabkürzungen

AUT	Österreich
GBR	Großbritannien
GER	Deutschland
GRC	Griechenland
JPN	Japan
POL	Polen
SWE	Schweden
TUR	Türkei

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anzahl der Probandinnen im jeweiligen Alter .....	40
Abbildung 2: Anzahl der Mütter und Väter aus den jeweiligen Herkunftsländern .....	41
Abbildung 3: Prozent der Probandinnen nach BMI-Klassen (Anzahl der Probandinnen in der jeweiligen BMI Klasse: untergewichtig, 6; normalgewichtig, 44; übergewichtig, 6; adipös, 2).....	41
Abbildung 4: Probandinnen pro Kontrazeptivum in Prozent (Anz. d. Prob. pro Kontrazeptivum: Dreimonatsspritze, 1; Hormonpflaster, 1; Hormonspirale, 2; Implanon, 3; Pille, 26) .....	42
Abbildung 5: Selbsteinschätzung der Probandinnen zur eigenen sportlichen Betätigung nach den Kategorien "unsportlich", "Gelegenheitssportlerin", "Freizeitsportlerin" und "Leistungssportlerin" .....	44
Abbildung 6: Anzahl der Probandinnen pro erhobener Sportart .....	46
Abbildung 7: Mittelwerte der Körperhöhe und des Körpergewichts der erhobenen Gruppen .....	51
Abbildung 8: Mittelwerte des BMI der erhobenen Gruppen.....	51
Abbildung 9: Mittelwerte der Fettmasse und Fettprozent der erhobenen Gruppen .....	52
Abbildung 10: Durchschnittliche Handkraft je Gruppe .....	54
Abbildung 11: Digit Ratio (Mittelwert) der Gruppen im Vergleich .....	55
Abbildung 12: Mittelwerte der Handkraft nach BMI-Klassen.....	57

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Wirkungsweise des Androgen- und Östrogenrezeptors und Auswirkungen verschiedener Hormonkonzentrationen .....	21
Tabelle 2:	Unterschiede in der Körperzusammensetzung von Männern und Frauen ...	27
Tabelle 3:	Häufigkeit und Prozent der Brüche an Handgelenk, Unterarm und Oberarm.. ..	43
Tabelle 4:	Zusammenfassung der Daten zur sportlichen Betätigung .....	45
Tabelle 5:	Anthropometrische Daten der Probandinnen im Überblick ( $\bar{x}$ , SD, Min und Max) .....	47
Tabelle 6:	Messwerte (KH, KG, FM, F%, MM, KW, BMI) der sportbetreibenden und nicht-sportbetreibenden Probandinnen.....	48
Tabelle 7:	Messwerte (Handkraft und Fingerlängenverhältnis) der sportbetreibenden und nicht-sportbetreibenden Probandinnen .....	48
Tabelle 8:	Alter (Min, Max, Mittelwert und SD) nach Gruppen .....	49
Tabelle 9:	Prozentzahl der Eltern pro Herkunftsland nach Gruppen .....	49
Tabelle 10:	Messwerte (KH, KG, BMI, FM, F% und KW) der erhobenen Gruppen.....	50
Tabelle 11:	Messwerte (HK re und li, MM, 2D:4D-Verhältnis re und li) der erhobenen Gruppen .....	53
Tabelle 12:	Messwerte (KH, FM, F%, MM, HK re und li, 2D:4D-Verhältnis re und li) nach den vier BMI-Klassen, wobei alle signifikanten Korrelationen blau hinterlegt sind [dunkelblau $\triangleq p \leq 0,01$ ; hellblau $\triangleq p \leq 0,05$ ].....	56
Tabelle 13:	Signifikanz zwischen den erfassten Parametern und der Handkraft (rechts und links).....	59
Tabelle 14:	Signifikanz ( $p \leq 0,05$ ) zwischen den erfassten Parametern und dem 2D:4D-Verhältnis.....	60
Tabelle 15:	Signifikanz zwischen den erfassten Parametern und der Körperhöhe .....	61
Tabelle 16:	Signifikanz zwischen den Parametern der Körperzusammensetzung ( $p \leq 0,01$ ), ergänzt um die Signifikanz der Körperhöhe und des BMI.....	61
Tabelle 17:	Unterschiede zwischen den Korrelationen (rechte Handkraft VS Alter/KG/KH/BMI) aus einer Fremdmessung (Chandrasekaran et al., 2010, S.60) und der Eigenmessung.....	65



## Zusammenfassung

Das individuelle Fingerlängenverhältnis wird auf das Verhältnis pränataler Hormone zurückgeführt, wobei pränatales Testosteron und pränatales Östrogen in dem Fall zu den entscheidenden Hormonen zählen. Dieses Hormonverhältnis äußert sich in einem Geschlechtsdimorphismus: Männern weisen universal ein kleineres Fingerlängenverhältnis als Frauen auf. In der Forschung wurden Zusammenhänge des 2D:4D-Verhältnisses mit Fertilität, Krankheiten und Leistung im Sport gefunden. Ein kleineres Fingerlängenverhältnis war dabei oftmals mit besseren Leistungen bei Männern verbunden.

Das Ziel der vorliegenden Studie war es herauszufinden, ob Muskelmasse und Handkraft mit dem 2D:4D-Verhältnis von weiblichen Studierenden korrelieren. Außerdem wurde analysiert, ob die Probandinnen Unterschiede in der Körperzusammensetzung aufweisen. Alle Probandinnen dieser Studie, insgesamt 58 weibliche Studierende im Alter zwischen 18 und 29 Jahren, bearbeiteten zuerst ein Datenerhebungsblatt, das Fragen zur allgemeinen Anamnese, zum Sportverhalten und zum Edinburgh-Inventar beinhaltete. Anschließend wurden Körperhöhe, Körpergewicht und -zusammensetzung, sowie Fingerlängen gemessen. Mittels Handdynamometer wurde außerdem beidhändig die Handkraft ermittelt. Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mithilfe des Programms SPSS.

Die Analysen ergaben keinen Zusammenhang zwischen dem Fingerlängenverhältnis der Probandinnen und deren Handkraft oder Muskelmasse. Im Zuge der Auswertungen wurden signifikante Unterschiede in der Körperzusammensetzung (Fettmasse, Fettprozent und Muskelmasse) und der Handkraft der unterschiedlichen BMI-Klassen gefunden. Das 2D:4D-Verhältnis betreffend unterschieden sich die BMI-Klassen nicht signifikant.

Dem allen nach kann geschlussfolgert werden, dass eine Zunahme an Fettmasse und Fettprozent nicht per se einen nachteiligen Effekt auf die Handkraft von normalgewichtigen und übergewichtigen Studentinnen hat, solange diese einer sportlichen Betätigung nachgehen und somit auch die Muskelmasse zunimmt. Da sich die BMI-Klassen hinsichtlich ihres Fingerlängenverhältnisses nicht unterscheiden, ist anzunehmen, dass alle Probandinnen, unabhängig von der Zugehörigkeit einer BMI-Klasse, dem gleichen pränatalen Hormonzustand ausgesetzt waren.

## Abstract

The 2nd to 4th digit ratio is a putative proxy of the relationship between prenatal hormones, most notably prenatal testosterone and oestrogen. The digit ratio is sexually dimorphic in humans because men and women are exposed to different in utero concentrations of prenatal hormones. Men show a lower 2D:4D ratio than do women. Studies revealed that 2D:4D ratio is related to different diseases, fertility and behaviour. Moreover, there is a link between digit ratio and performance in sports, where a lower ratio is linked to better performance in men.

The aim of this study was to investigate the correlation between muscle mass and hand-grip strength with the 2D:4D ratio of female students. In addition, the body composition of the subjects and possible differences were determined.

The sample consists of 58 female students with an age of 18-29 years. To get a general anamnesis all the subjects had to fill in a questionnaire that also contained questions about sports behaviour and the Edinburgh-inventory. A hand dynamometer was used to determine the hand-grip strength of both hands after height, weight and body composition as well as digit length were measured. The collected data was evaluated by using IBM SPSS. No significant correlation was found between digit ratio and muscle mass, as well as digit ratio and hand-grip strength. Due to analysis, significant differences in body composition (fat mass, fat percentage and muscle mass) and hand-grip strength depending on the nutritional status of the subjects were found. Nutritional status and digit ratio were not correlated in this sample.

In conclusion, an increase of fat mass and fat percentage did not decrease the hand-grip strength of normal weight and overweight female students, if they are physically active and muscle mass also increases. There is a good case to believe, that subjects with different nutritional status in this sample were exposed the same amount of prenatal testosterone, because they do not differ concerning the digit ratio.

## 1. Einleitung

Die vorliegende empirische Abschlussarbeit behandelt den Zusammenhang der Fingerlängenverhältnisse mit Handkraft und Muskelmasse. Die Stichprobe dieser Studie wird aus weiblichen Studierenden der Universität Wien gebildet, die im Rahmen der Datenerhebung stets dieselbe Abfolge an Messungen durchliefen.

Das Forschungsziel ist es einerseits herauszufinden, ob die vermuteten Korrelationen zutreffen und andererseits etwaige Unterschiede in der Körperzusammensetzung der Probandinnen aufzuzeigen.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in vier etwa gleich gewichtete Teile. Im ersten Teil werden die nötigen theoretischen Grundlagen zu den auftretenden Forschungsfeldern erläutert und außerdem die Hypothesen der Studie vorgestellt. Das Kapitel „Material und Methoden“ soll sowohl die Stichprobe näher beschreiben als auch die verwendeten Methoden darlegen. Sämtliche Ergebnisse wurden möglichst übersichtlich im dritten Teil dargestellt. Um die Arbeit abzurunden, endet sie mit einer Diskussion der Ergebnisse, in der auf weitere Studienergebnisse eingegangen wird. Außerdem wird ein Ausblick auf weitere Forschungsansätze gegeben.

## 2. Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen der verschiedenen Forschungsschwerpunkte näher erläutert. Zuerst wird auf das 2D:4D-Verhältnis und damit verbundene Geschlechtsunterschiede eingegangen um anschließend verschiedene Forschungsbereiche zu diesem vorzustellen. Anschließend wird auf zwei weitere sexualdimorphe Eigenschaften des Menschen, die Handkraft und die Körperzusammensetzung eingegangen, bevor der aktuelle Forschungsstand zu diesen Schwerpunkten dargelegt wird. Zuletzt werden das Forschungsvorhaben und die Hypothesen der vorliegenden Arbeit vorgestellt.

### 2.1. 2D:4D-Verhältnis

Unter Fingerlängenverhältnis versteht man die Länge des Zeigefingers (2. Finger, engl. „second digit“ – 2D) im Verhältnis zur Länge des Ringfingers (4. Finger, engl. „fourth digit“ – 4D) derselben Hand. Es wird daher auch als 2D:4D-Verhältnis bezeichnet.

Das 2D:4D-Verhältnis (x) wird nach folgender Formel berechnet:

$$x = \frac{[\text{Länge des Zeigefingers}]}{[\text{Länge des Ringfingers}]}$$

#### 2.1.1. 2D:4D-Verhältnis und Geschlechtsunterschiede

Bereits im 19. Jahrhundert haben sich Wissenschaftler mit der Erforschung der Hand und damit auch mit den Fingerlängen befasst (Ecker, 1875; Baker, 1888). Seit der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts, vor allem zu Beginn des 21. Jahrhunderts haben zahlreiche Studien (Phelps, 1952; Manning et al., 1998; Fink et al., 2003; Putz et al., 2004; Hone & McCullough, 2012) einen Sexualdimorphismus des Fingerlängenverhältnisses festgestellt, wobei gezeigt wurde, dass Männer häufiger ein kleineres Fingerlängenverhältnis aufweisen als Frauen. Diese Beobachtung ergibt sich daraus, dass Männer in der Regel einen kürzeren Zeigefinger als Ringfinger haben, während bei Frauen der Zeigefinger im Vergleich zum Ringfinger gleichlang oder länger ist. Manning et al. (1998) konstatierten für Männer ein

durchschnittliches Fingerlängenverhältnis von 0,98 und für Frauen ein durchschnittliches 2D:4D-Verhältnis von 1,00.

Peters et al. (2002a) stellten fest, dass bislang keine Studie ein durchschnittlich kleineres 2D:4D-Verhältnis bei Frauen als bei Männern zum Ergebnis hatte. Dieser Geschlechtsdimorphismus dürfte somit für den Menschen auf der ganzen Welt, unabhängig der ethnischen Zugehörigkeit, universal gültig sein. Zu demselben Ergebnis kamen auch Manning et al. (2007a) mit einer Stichprobengröße von über 250.000 Probandinnen.

Der Sexualdimorphismus des Fingerlängenverhältnisses wird bereits bei Kleinkindern gefunden und erfährt über die Pubertät hinweg bis ins Erwachsenenalter nahezu keine Veränderung (McIntyre et al., 2005; Trivers et al., 2006). Zahlreiche Studien haben allerdings gezeigt, dass die durchschnittlichen Fingerlängenverhältnisse, sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen, je nach ethnischer Herkunft variieren (Manning et al., 2003b; Peters et al., 2002b; Manning et al., 2004). Während Europäer, Asiaten (mit Ausnahme der chinesischen Bevölkerung) und Menschen nahöstlicher Herkunft eher größere Fingerlängenverhältnisse aufweisen, werden kleinere 2D:4D-Verhältnisse bei chinesischen oder afroamerikanischen Stichproben gefunden (Manning et al., 2003b).

### *2.1.2. 2D:4D-Verhältnis als Ausprägung eines pränatalen Hormonzustandes*

Hox-Gene, eine Unterfamilie der Homöobox-Gene, sind essentiell für die Entwicklung der Gliedmaßen und Genitalien bei Vertebraten (Herault et al., 1997; Peichel et al., 1997). Sie liegen als sogenannte Hox-Cluster vor, von denen der Mensch vier besitzt: Hoxa, Hoxb, Hoxc und Hoxd. Vor allem die hinten gelegenen Hox-Cluster, Hoxd und Hoxa, sind für das Wachstum und die Anordnung der Finger und Zehen, sowie des Urogenitalsystems notwendig (Kondo et al., 1997). Eine Mutation des HoxA13-Gens führt beispielsweise zum Hand-Fuß-Genitalien-Syndrom, das sich in anatomischen Defekten der Finger, Zehen und Genitalien äußert (Mortlock und Innis, 1997).

Das Wissen um die genetische Grundlage der Finger und des Urogenitalsystems ließen die Vermutung zu, dass es einen Zusammenhang zwischen Fingerlängenverhältnissen und Fertilität gibt (Manning et al., 1998). Manning et al. (1998) publizierten ein richtungsweisendes Paper, aus dem hervorgeht, dass das 2D:4D-Verhältnis möglicherweise

interuterin festgelegt wird, da es schon bei 2-Jährigen sexualdimorph auftritt. Sie stellten des Weiteren den Zusammenhang eines kleinen 2D:4D-Verhältnisses mit einer erhöhten Spermienzahl und einer erhöhten Testosteronkonzentration bei Männern fest. Eine hohe Konzentration an luteinisierendem Hormon und Prolaktin korreliert wiederum mit einem großen Fingerlängenverhältnis der rechten Hand und eine hohe Konzentration an Östrogen steht mit einem hohen Fingerlängenverhältnis in beiden Händen in Zusammenhang. Die Erkenntnisse zu den eben genannten Hormonen (LH, Prolaktin und Östrogen) gelten sowohl für Männer als auch für Frauen. Aufgrund der Ergebnisse ihrer Studie und dem Wissen, dass der männliche Fötus nach der Ausdifferenzierung der Leydigischen Zellen in den Hoden Testosteron produziert, interpretierten Manning et al. (1998) eine Beeinflussung der Entwicklung des 2D:4D-Verhältnisses durch die Testosteronkonzentration.

Seit der Veröffentlichung dieser Studie rückte das 2D:4D-Verhältnis immer mehr in den Blickpunkt der Forschung und mittlerweile bestätigen mehrere Studien, dass das 2D:4D-Verhältnis negativ mit pränatalem Testosteron korreliert. Im Folgenden werden einige bestätigende Ergebnisse erläutert:

Das 2D:4D-Verhältnis ist bereits bei Kleinkindern zu finden. Ebenso ist der Sexualdimorphismus bei Kindern stabil (Manning et al., 1998; McIntyre et al., 2005; Trivers et al., 2006). Obwohl das Fingerlängenverhältnis mit der Ethnie variiert, ist der Sexualdimorphismus sowohl bei Kindern als auch Erwachsenen verschiedener Ethnien zu erkennen (Manning et al., 2004; Peters et al., 2002b).

Individuen mit Merkmalen, die einer hohen pränatalen Androgenkonzentration zuzuordnen sind, wie z.B. Menschen mit Adrenogenitalem Syndrom oder Polyzystischem Ovarialsyndrom, weisen ein kleineres 2D:4D-Verhältnis auf als die Kontrollgruppen (Cattrall et al., 2005; Brown et al., 2002; Ökten et al., 2002).

Das Adrenogenitale Syndrom (kurz: AGS) ist eine autosomal rezessiv vererbte Stoffwechselkrankheit, die zu einer Störung der Hormonbildung in der Nebenniere führt. So kommt es in der Nebennierenrinde zur vermehrten Testosteronkonzentration, die bei Mädchen unter anderem zu einer Virilisierung, also Vermännlichung, der äußeren Genitalien führt. Sowohl Brown et al. (2002) als auch Ökten et al. (2002) konnten nachweisen, dass ProbandInnen mit AGS ein deutlich kleineres Fingerlängenverhältnis als ProbandInnen ohne AGS aufweisen.

Das Polyzystische Ovarialsyndrom (kurz: PCOS, polycystic ovary syndrom) ist eine hormonelle Erkrankung bei Frauen, die zu erhöhten Androgenwerten führt, die wiederum zu Zyklusstörungen führen können. Cattrall et al. (2005) verglichen die Fingerlängenverhältnisse von 70 Frauen, die an PCOS leiden, mit einer Kontrollgruppe und kamen zu dem Ergebnis, dass die Probandinnen, die an PCOS leiden ein signifikant kleineres 2D:4D-Verhältnis als die Kontrollgruppe aufweisen. Da nicht geklärt ist, wie PCOS entsteht, ist der Zusammenhang zwischen dem Fingerlängenverhältnis und PCOS allerdings nur eingeschränkt gültig, zumal nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, ob es auf die erhöhte Testosteronproduktion zurückzuführen ist.

Individuen, die, aufgrund von Polymorphismen an den Androgenrezeptoren, an einer leichten Testosteron-Resistenz leiden, weisen größere Fingerlängenverhältnisse als die Kontrollgruppe auf (Manning et al., 2003a).

Sowohl Van Anders et al. (2006) als auch Voracek & Dressler (2007) fanden einen interuterinen Testosterontransfer zwischen Zwillingen. Mädchen aus zweigeschlechtlichen Zwillingschwangerschaften weisen ein kleineres Fingerlängenverhältnis auf, während Mädchen aus gleichgeschlechtlichen Zwillingschwangerschaften ein größeres Fingerlängenverhältnis haben. Die WissenschaftlerInnen erklären diese Beobachtung durch einen Testosterontransfer vom Zwillingsbruder auf seine Schwester.

Die intrauterine Testosteronkonzentration beeinflusst die Entwicklung und die Differenzierung verschiedener Hirnregionen. Kallai et al. (2005) fanden eine asymmetrische Ausprägung des Hippocampus, die häufig bei Männern auftritt, signifikant aber auch bei Frauen mit einem kleineren Fingerlängenverhältnis. Frauen mit einem kleinen 2D:4D-Verhältnis weisen ein kleineres Volumen der hinteren Region in der linken Hälfte des Hippocampus auf, während Frauen mit einem größeren 2D:4D-Verhältnis über ein kleineres Volumen der mittleren Region in der linken Hälfte des Hippocampus verfügen. Daraus ergab sich die Schlussfolgerung, dass die verschiedenen Bereiche im Hippocampus auf entgegengesetzte Weise auf die pränatale Testosteronkonzentration reagieren.

Einen weiteren Beleg für die Korrelation zwischen pränatalem Testosteron und dem Fingerlängenverhältnis liefert eine Studie, in deren Rahmen unter anderem das 2D:4D-Verhältnis von 2-jährigen Kleinkindern gemessen wurde. Zwei Jahre zuvor wurden durch routinemäßig stattfindenden Fruchtwasseruntersuchungen, die Testosteron- und

Östradiolkonzentrationen derselben Kinder gemessen (Lutchmaya et al., 2004). Das gemessene Verhältnis ([pränatales Testosteron]:[pränatalem Östradiol]) wurde anschließend mit den 2D:4D-Verhältnissen der 2-jährigen Kleinkinder verglichen. Die WissenschaftlerInnen stellten fest, dass das Verhältnis von Testosteron zu Östradiol unabhängig vom Geschlecht der Kinder in negativer Korrelation zum 2D:4D-Verhältnis stand.

### *2.1.3. 2D:4D Entstehung*

In der Entwicklung eines Jungen gibt es Phasen, in denen sein Gehirn höheren Androgenkonzentrationen ausgesetzt ist als das weibliche (Beaten et al., 2011). Eine dieser Phasen beginnt nach der Ausdifferenzierung der Leydigischen Zellen, die den Beginn der Testosteronproduktion in den Hoden darstellt. Die höchste Konzentration pränatalen Testosterons wirkt zwischen der 13. und 15. Schwangerschaftswoche auf das Kind (Migeon & Wisniewski, 1998).

Obwohl es als bewiesen gilt, dass die Androgenkonzentration (v.a. Testosteron) und die Östrogenkonzentration einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung des Fingerlängenverhältnisses haben, ist nicht geklärt, wie genau sich diese Steroidhormone auf die Entwicklung der Finger auswirken.

Aufgrund ethischer Gründe kann die Hormonkonzentration nicht direkt vom menschlichen Fötus gemessen werden. Daher wird der genaue Entwicklungsmechanismus durch Vergleichsstudien an Tieren (Manning et al., 2014; Zheng & Cohn, 2011; Vaillancourt et al. 2012) untersucht. Bei einigen Mammalia (Säugetieren), wie zum Beispiel Schimpansen, Bonobos, Nagetieren, Mäusen und Ratten, konnte derselbe Sexualdimorphismus wie beim Menschen gefunden werden (Manning et al., 2014).

Zheng & Cohn (2011) stellten fest, dass das 2D:4D-Verhältnis bei Mäusen in einem schmalen Zeitfenster der Fingerentwicklung durch das Verhältnis von Androgenen und Östrogenen gesteuert wird. Da die Aktivität des Androgenrezeptors (kurz: AR) und des Östrogenrezeptors (kurz: ER- $\alpha$ ) im Ringfinger höher als im Zeigefinger sind, wirkt sich das hormonelle Umfeld zum Zeitpunkt der Entwicklung der Finger stärker auf das Längenwachstum des Ringfingers aus. Die genaue Funktionsweise der Rezeptoren und die

Auswirkungen künstlich herbeigeführter Hormonkonzentrationen auf diese, können Tabelle 1 entnommen werden:

*Tabelle 1: Wirkungsweise des Androgen- und Östrogenrezeptors und Auswirkungen verschiedener Hormonkonzentrationen*

AR	a) Die Inaktivierung des AR verringert das Wachstum des Ringfingers, wodurch ein größeres 2D:4D-Verhältnis entsteht.
	b) Die Zugabe von Östrogenen mimt die Inaktivierung des AR und führt somit auch zu einem größeren Fingerlängenverhältnis.
(ER- $\alpha$ )	a) Die Inaktivierung des ER- $\alpha$ verstärkt das Wachstum des Ringfingers, wodurch ein kleineres 2D:4D-Verhältnis entsteht.
	b) Die Zugabe von Androgenen hat dieselbe Wirkung wie die Inaktivierung des ER- $\alpha$ und führt dadurch ebenfalls zu einem kleineren Fingerlängenverhältnis.

Androgene und Östrogene wirken auf unterschiedliche Weise auf die Hox-Cluster von Mäusen, die wie bereits erwähnt für das Wachstum der Finger zuständig sind. Daher kommt es zu unterschiedlichen Fingerlängenverhältnissen bei männlichen und weiblichen Mäusen. Zheng & Cohn (2011) schlussfolgerten daher, dass das 2D:4D-Verhältnis ein lebenslanges Zeichen pränataler Hormonkonzentrationen ist und gehen von ähnlichen Wirkungsweisen aus, die das Fingerlängenverhältnis von Menschen bestimmen.

In einer anderen experimentellen Tierstudie untersuchten Vaillancourt et al. (2012) die Folgen mehrerer Polymorphismen im Tandem Repeat eines Gens, das für den Östrogenrezeptor  $\alpha$  (kurz: ESR 1) kodiert, auf das Fingerlängenverhältnis bei männlichen Zebrafinken (*Taeniopygia guttata*), sowie dessen Auswirkung auf deren Aggressivitätsverhalten. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Anzahl der Polymorphismen signifikant auf das Fingerlängenverhältnis der linken Hand auswirken, wobei mehr Tandem Repeats mit größeren 2D:4D-Verhältnis einhergehen. Außerdem wurde ein Zusammenhang mit dem Aggressivitätsverhalten entdeckt, denn umso größer die Heterozygotität in den Tandem Repeats, desto weniger Aggressivität zeigten die Vögel. Die Ergebnisse der Studie (Vaillancourt et al., 2012) legen nahe, dass die Variation im linken 2D:4D-Verhältnis und das Aggressivitätsverhalten durch eine Variation im ESR 1 zu erklären sind.

#### 2.1.4. 2D:4D Forschung

Es gibt zwei große Forschungsbereiche, die sich seit Manning et al. (1998) etablierten: Einerseits wird der Zusammenhang pränataler Androgene mit dem 2D:4D-Verhältnis untersucht und andererseits wird das 2D:4D-Verhältnis als Indikator für die pränatale Androgen- bzw. Testosteronkonzentration herangezogen um es mit deren psychischen und physischen Auswirkungen in Verbindung zu bringen.

Zahlreiche WissenschaftlerInnen widmeten sich verschiedenen Krankheitsbildern und deren Zusammenhang mit dem Fingerlängenverhältnis (Manning et al., 2001; Brown et al., 2002; Ökten et al., 2002; Muller et al., 2012).

Neben dem bereits erläuterten Zusammenhang von AGS und dem PCOS mit dem Fingerlängenverhältnis, wurde ein ähnlicher Konnex auch bei Personen mit Autismus festgestellt (Manning et al., 2001).

Muller et al. (2012) untersuchten die Korrelation zwischen Fingerlängenverhältnis und Brustkrebs. Dabei wurden die 2D:4D-Verhältnisse beider Hände, sowie die Differenz zwischen rechtem und linkem 2D:4D-Verhältnis ( $\Delta_{r-l}$ ) für die Analyse herangezogen. Es wurde eine direkte Verbindung zwischen linkem 2D:4D-Verhältnis und dem Brustkrebsrisiko, sowie ein entgegengesetzter Zusammenhang zwischen  $\Delta_{r-l}$  und dem Brustkrebsrisiko gefunden. Das würde bedeuten, dass ein großes 2D:4D-Verhältnis, also eine geringe pränatale Testosteronkonzentration, mit einem geringen Brustkrebsrisiko einhergeht. Außerdem wurde eine negative Korrelation zwischen dem Alter der Diagnose und dem rechten 2D:4D-Verhältnis sowie  $\Delta_{r-l}$  gefunden.

Manning (2002) veröffentlichte eine Publikation zu den Themen Fertilität, Verhalten und Gesundheit und stellte unter anderem auch eine Studie zu Brustkrebs vor, die zu einem ähnlichen Ergebnis wie Muller et al. (2012) kam: Frauen mit einem kleineren 2D:4D-Verhältnis der linken Hand erkrankten zu einem späteren Zeitpunkt ihres Lebens an Brustkrebs als Frauen mit größeren 2D:4D-Verhältnissen, da interuterin mehr Testosteron als Östrogen auf sie wirkte. Auch bei Manning (2002) zeigt sich die signifikante Korrelation nur in der linken und nicht in der rechten Hand.

Eine weitere Erkrankung, die bei Männern und Frauen auf unterschiedliche Weise auftritt, ist der Herzinfarkt (Manning, 2002). Einerseits kommt er bei Männern häufiger vor als bei Frauen, andererseits sind Frauen später betroffen als Männer. Laut dem Ergebnis einer

Studie zu diesem Thema (zit. nach Manning, 2002) korreliert das durchschnittliche 2D:4D-Verhältnis signifikant negativ mit dem Alter des ersten Herzinfarktes. Das heißt umso kleiner das 2D:4D-Verhältnis, desto später tritt der erste Herzinfarkt auf.

Manning & Fink (2008) setzten Verhaltensweisen, die von fötalem Testosteron und Östrogen beeinflusst werden, in Zusammenhang mit dem 2D:4D-Verhältnis und zeigen eine signifikant negative Korrelation zwischen dem 2D:4D-Verhältnis und Dominanz bei Männern und Frauen. Wird zwischen sozialer und aggressiver Dominanz unterschieden, so ist die negative Korrelation lediglich zwischen der aggressiven Dominanz und dem Fingerlängenverhältnis bei Männern zu finden (Van der Meij et al., 2013).

Neave et al. (2003) wählten eine andere Herangehensweise und ließen Frauen die Gesichter von Männern hinsichtlich ihrer Männlichkeit beziehungsweise ihrer Dominanz bewerten. Es wurde eine signifikant negative Korrelation zwischen der wahrgenommenen Männlichkeit bzw. Dominanz und dem 2D:4D-Verhältnis der Probanden festgestellt. Es zeigte sich jedoch keine Korrelation zwischen dem Fingerlängenverhältnis und wahrgenommener Attraktivität. Meindl et al. (2012) zeigten, dass bereits bei präpubertierenden Jungen dieselben männlichen Gesichtszüge wie bei erwachsenen Männern zu finden sind und dass diese mit dem 2D:4D-Verhältnis korrelieren. Je kleiner das 2D:4D-Verhältnis, desto kleiner und kürzer ist die Stirn, desto dicker sind die Augenbrauen, desto breiter und kürzer ist die Nase und desto größer ist die untere Gesichtshälfte.

Moskowitz et al. (2015) untersuchten die Auswirkungen der pränatalen Androgenkonzentration auf das Sozialverhalten bei Männern. Dabei konnte festgestellt werden, dass ein kleineres Fingerlängenverhältnis bei Männern mit einer ausgeprägteren Verträglichkeit gegenüber Frauen als gegenüber anderen Männern einhergeht.

Viele Studien zeigten des Weiteren einen Zusammenhang zwischen dem 2D:4D-Verhältnis und körperlicher Fitness beziehungsweise Leistung im Sport (Manning et al., 2007b; Fink et al., 2006b; Halil et al., 2013; Hönekopp et al., 2006).

Manning & Taylor (2001) legten nahe, dass sich der direkte Wettkampf unter Männern um Frauen, der der intra-sexuellen Konkurrenz entspricht, in Geschlechtsunterschieden der sportlichen Leistungen niederschlägt. Männer und Frauen unterscheiden sich beispielsweise in der Ausdauerlaufleistung dahingehend, dass Männer eine gewisse

Strecke schneller zurücklegen können als Frauen (Coast et al., 2004; Manning et al., 2007b). Das ergibt sich aus verschiedenen sexualdimorphen Variablen, die zugunsten der Männer wirken. Dazu gehören eine höhere maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\max$ ), eine höhere anaerobe Schwelle und auch eine bessere Lauffeffizienz (Helgerud, 1994).

Longman et al. (2011) untersuchten die Leistung von männlichen und weiblichen Ruderern in Kombination mit dem 2D:4D-Verhältnis. Obwohl bei Männern und Frauen in etwa dieselbe Stichprobengröße vorlag, konnte nur bei Männern eine signifikant negative Korrelation zwischen der Leistung im 2000m Rudern und dem Fingerlängenverhältnis gefunden werden, bei Frauen hingegen war kein Zusammenhang erkennbar.

Paul et al. (2006) und Pokrywka et al. (2005) beschäftigten sich mit der weiblichen Performance im Sport im Hinblick auf das 2D:4D-Verhältnis. Paul et al. (2006) fand eine negative Korrelation des Fingerlängenverhältnisses mit dem höchsten Niveau an absolvierten Sportwettkämpfen, wobei das höchste Niveau der Teilnahme an Wettkämpfen auf nationaler Ebene entspricht. Das Ergebnis dieser Studie spricht dafür, dass Frauen mit kleineren Fingerlängenverhältnissen an einer höheren Wettkampfebene partizipieren und daher auch bessere sportliche Leistungen erbringen. Auch Pokrywka et al. (2005) stellten fest, dass Leistungssportlerinnen ein signifikant kleineres Fingerlängenverhältnis als die Kontrollgruppe aufweisen.

Mehrere Studien untersuchten den Zusammenhang des 2D:4D-Verhältnisses mit der Handkraft (Fink et al., 2006b; Halil et al., 2013). Fink et al. (2006b) analysierten den genannten Zusammenhang, da auch physische Kraft eine entscheidende Rolle bei intra-sexueller Konkurrenz einnimmt. Die Stichprobe wurde einerseits aus deutschen und andererseits aus Männern des nordwestlichen Indiens (Stamm Mizo) gebildet. Das Ergebnis zeigt deutlich, dass die deutschen Männer schwerer und stärker waren als die indischen, aber gleichzeitig auch ein größeres 2D:4D-Verhältnis aufweisen, das heißt weniger pränatalem Testosteron ausgesetzt waren. Außerdem wurden die Messwerte für die Handkraft im Median geteilt, in jene Probanden mit weniger Handkraft und jene mit mehr Handkraft. Es zeigte sich, dass jene Probanden mit weniger Handkraft, ungeachtet ihrer Ethnie, ein größeres 2D:4D-Verhältnis der rechten Hand aufwiesen als jene Probanden mit mehr Handkraft. Des Weiteren zeigten sie mit ihrer Studie, dass der Zusammenhang von Handkraft mit dem rechten Fingerlängenverhältnis unabhängig von Ethnie, Alter, Körperhöhe und Gewicht ist.

Halil et al. (2013) untersuchten das 2D:4D-Verhältnis als Indikator für die interuterine Androgenabgabe in Zusammenhang mit Muskelmasse (gemessen mittels Wadenumfang und Skelettmuskelmassen Index) und Muskelkraft (gemessen mittels Handkraft) bei älteren Patienten (Alter:  $73,32 \pm 6,23$ ). Das 2D:4D-Verhältnis der rechten und linken Hand korreliert hierbei negativ mit Handkraft, Wadenumfang und Skelettmuskelmasse bei älteren Frauen und Männern und legt somit den Verdacht nahe, dass interuterine Androgenabgabe eine positive Wirkung auf den Verlust der Muskelmasse und -kraft bei älteren Menschen hat.

## 2.2. Handkraft

Muskelkraft ist der limitierende Faktor, der die größtmögliche Stärke ausüben kann und ist aufgabenspezifisch (Xiao et al., 2005). Handkraft korreliert mit anderen Muskelgruppen und zeigt – wie auch die gesamte Muskelkraft – einen Sexualdimorphismus, der stabil in verschiedenen ethnischen Gruppen besteht (Fink et al., 2006b). Da es sehr einfach ist, die Handkraft zu messen und die Erhebung sehr schnell vonstattengeht, zählt die Messung der Handkraft zur häufigsten Methode, um die Kraft der oberen Extremitäten zu erfassen (Vespa & Watson, 1995).

Die Handkraft ist abhängig vom Geschlecht, dem Alter, der Händigkeit, der Körperhöhe, dem Körpergewicht und auch anderen anthropometrischen Variablen (Nicolay & Walker, 2005; Chandrasekaran et al., 2010). Männer haben zu jedem Zeitpunkt der Entwicklung mehr Handkraft als Frauen. Rechtshänder haben ungefähr 10% mehr Kraft in der rechten als in der linken Hand und dies gilt sowohl für Männer als auch für Frauen. Linkshänder haben im Vergleich zu Rechtshändern in beiden Händen gleich viel Kraft (Petersen et al., 1989). Laut Mathiowetz et al. (1985) ist die Handkraft zwischen dem 24. Lebensjahr und dem 39. Lebensjahr am höchsten.

In der älteren Population dient die Handkraft als Indikator für den Gesundheitszustand. Die Handkraft korreliert negativ mit Behinderungs-, Erkrankungs- und Sterblichkeitsraten bei Erwachsenen (Giampaoli et al., 1999; Gallup et al., 2007). Darüber hinaus stellt die Handkraft ein sehr zuverlässiges Maß dar, um den Ernährungsstatus und die körperliche Fitness eines Individuums abzuschätzen (Anupi & Marami, 2015).

Im Folgenden werden einige wenige Forschungsergebnisse zur Handkraft vorgestellt:

Gallup et al. (2007) untersuchten den Zusammenhang der Handkraft mit der Körpermorphologie, dem Aggressions- und dem Sexualverhalten, wobei mittels Taille-Hüft-Verhältnis und Schulter-Hüft-Verhältnis auf die Körpermorphologie geschlossen wurde. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Handkraft in direkter Verbindung mit dem Schulter-Hüft-Verhältnis, dem Aggressionsverhalten und dem Alter des ersten Sexualkontakts, sowie häufigem Partnerwechsel bei Männern, aber nicht bei Frauen, steht. Je größer die Handkraft ist, desto breiter sind die Schultern, desto aggressiver ist das Verhalten, desto jünger sind die Probanden beim ersten Sexualkontakt und desto mehr Sexualpartner hatten die Probanden. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch (Shoup & Gallup, 2007).

Mit der anthropometrischen Variation, Handdominanz und Geschlecht sowie deren Einfluss auf Handkraft und -ausdauer beschäftigten sich Nicolay & Walker (2005). Sie stellten einen signifikanten Unterschied zwischen der männlichen Handkraft und der Handkraft von Frauen fest, wobei die männliche Handkraft wie zu erwarten stärker war. Allerdings fanden sie keinen signifikanten Unterschied bezüglich der relativen Handkraftausdauer zwischen den Geschlechtern. Des Weiteren fanden sie heraus, dass die dominante Hand signifikant stärker als die nicht-dominante ist, aber auch schneller ermüdet. Dies ist bei Frauen deutlicher zu beobachten als bei Männern.

Außerdem gibt es Papers, die sich mit der Handkraft und dem 2D:4D-Verhältnis auseinandersetzen (Hone & McCullough, 2012; Zhao et al., 2012). Hone & McCullough (2012) untersuchten beispielsweise den Zusammenhang des Fingerlängenverhältnisses mit der Handkraft und der Handkraftausdauer, da es sich möglicherweise auch bei der Handkraft um eine Variable handelt, die von einer pränatalen Hormonausschüttung beeinflusst wird. Das Ergebnis zeigt eine positive Korrelation mit dem 2D:4D-Verhältnis bei Männern, nicht aber bei Frauen. Die Handkraftausdauer steht weder bei Männern noch bei Frauen mit dem 2D:4D-Verhältnis in Zusammenhang. Zhao et al. (2012) kamen bezüglich der Korrelation zwischen Fingerlängenverhältnis und Handkraft zu demselben Ergebnis.

Eine weitere Eigenschaft, die einem Sexualdimorphismus unterliegt, ist die Körperzusammensetzung des Menschen. Anupi & Marami (2015) analysierten daher den Zusammenhang der Handkraft und Handkraftausdauer mit dem Body-Mass-Index und

fanden einen direkten Zusammenhang zwischen dem BMI und Handkraft bei Frauen und eine direkte Korrelation zwischen BMI und Handkraftausdauer bei Männern.

### 2.3. Körperzusammensetzung

Sogenannte Kompartimentmodelle werden herangezogen, um den menschlichen Körper in seine einzelnen Bestandteile zu zerlegen (Elmadfa, 2004):

- Ein-Kompartimentmodell: lediglich das Körpergewicht wird berücksichtigt
- Zwei-Kompartimentmodell: das KG setzt sich aus Körperfett und fettfreier Körpermasse ( $\hat{=}$  Lean Body Mass) zusammen
- Drei-Kompartimentmodell
  - Variante 1: Fett, Zellmasse und Extrazellulärmasse
  - Variante 2: Fett, Muskulatur, Nichtmuskelmager-masse
- Vier-Kompartimentmodell: mittels chemischer Analyse oder in-vivo Neutronen-Aktivierungsanalyse werden Fett, Wasser, Protein und Knochenminerale unterschieden

Die Körperzusammensetzung ist nicht nur sexualdimorph, sondern auch abhängig von Alter, sportlicher Betätigung und Ernährungsform (Forbes, 1987).

*Tabelle 2: Unterschiede in der Körperzusammensetzung von Männern und Frauen*

	Männer	Frauen
Fettanteil	niedrig	hoch
Lean Body Mass	hoch	niedrig
Knochenmasse	hoch	niedrig

Frauen haben nahezu doppelt so viel Körperfett als Männer, das sich auch anders am Körper verteilt (Elmadfa, 2004). Daraus lässt sich schließen, dass auch die Körperfettverteilung sexualdimorph ist. Der Geschlechtsdimorphismus des Körperfetts ist in der Kindheit und im Alter gering, während er in der frühen reproduktiven Phase am größten ist. Die Körperfettverteilung ist einerseits vererbt und wird andererseits durch Steroidhormone geregelt (Nelson et al., 1999). Die Pubertät ändert die

Körperzusammensetzung insofern, dass sich der weibliche Körper auf eine mögliche Schwangerschaft vorbereitet und Körperfett als Energiereserve abspeichert wird.

Während der Pubertät wird nicht nur die Körperzusammensetzung verändert, sondern auch die Körperfettverteilung geregelt. Bei jungen Männern werden die Fett- und auch die Muskelmasse am Oberkörper gespeichert, während sich die Fettmasse bei jungen Frauen an den Oberschenkeln und am Gesäß festsetzt (Bjorntrop, 1997). Da die Dominanz von Östrogen in der Pubertät zu einer typisch weiblichen, sprich gynoiden, Körperform führt und die Dominanz von Testosteron zu einer typisch männlichen, sprich androgenen, Körperzusammensetzung führt, ist anzunehmen, dass das Verhältnis von pubertärem Östrogen zu pubertärem Testosteron die Körperfettverteilung regelt (Bjorntrop, 1997).

Das Taillen-Hüft-Verhältnis (engl. waist-to-hip ratio, kurz: WHR) und das Taillen-Brust-Verhältnis (engl. waist-to-chest ratio, kurz: WCR) werden unter anderem als Messwerte der Körperzusammensetzung herangezogen (Fink et al., 2003). In ihnen schlägt sich der Geschlechtsdimorphismus ebenso nieder. Evans et al. (1983) begründeten die Stabilität des Geschlechtsdimorphismus von WHR und WCR durch das Sexualhormonprofil eines jeden Individuums. Beispielsweise wird ein kleines Taillen-Hüft-Verhältnis mit hohen Leveln an Östrogen assoziiert, während hohe Taillen-Hüft-Verhältnisse mit einem hohen Level an Testosteron verbunden wird.

Das Risiko für kardiovasuläre Erkrankungen ist bei Frauen bei einer WHR  $> 0,85$  und bei Männern bei einer WHR  $> 1,00$  erhöht (Elmadfa, 2004).

Grundsätzlich ist die Körperzusammensetzung schwieriger zu ermitteln als der Body Mass Index, der als Messwert des Körpergewichts gilt. Die größte Einschränkung des BMIs ist allerdings, dass die Körperzusammensetzung nicht berücksichtigt wird. Das heißt, muskulöse Individuen mit einem hohen Körpergewicht werden als übergewichtig klassifiziert, da Muskeln schwerer sind als Fettmasse. Bei jenen Individuen, die durch steigendes Alter oder Invalidität an Muskelmasse verlieren, wird die Fettmasse unterschätzt (Schindler & Ludvik, 2004).

Die Bestimmung der Körperzusammensetzung des Menschen ist daher von größerer Bedeutung, allerdings auch schwerer zu bestimmen. Die Ermittlung der Körperzusammensetzung kann mittels Hautfaltendickenmessung, Konduktivitätsmessungen (z.B.

bioelektrischer Impedanzanalyse) und Computertomographie sowie Magnetfeldresonanz erfolgen (Pirlich & Norman, 2010).

Um der Thematik gerecht zu werden, werden im Folgenden zwei Studien zur Körperzusammensetzung vorgestellt:

Fink et al. (2003) untersuchten die drei Merkmale, die einem Geschlechtsdimorphismus unterliegen, wobei sie ihr Augenmerk darauf legen, inwieweit ein Geschlechtsdimorphismus, der interuterin festgelegt wurde (2D:4D-Verhältnis), mit Geschlechtsdimorphismen (Taillen-Hüften-Verhältnis und Taillen-Brust-Verhältnis) korrelieren, die im Zuge der Pubertät festgelegt wurden. Bei Frauen wurde ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen dem Fingerlängenverhältnis beider Hände mit dem Taillen-Hüft-Verhältnis sowie dem Taillen-Brust-Verhältnis gefunden. Bei den Männern korrelierte lediglich der Body Mass Index (kurz: BMI) mit dem 2D:4D-Verhältnis. Der Zusammenhang zwischen den drei Merkmalen war bei Frauen deutlicher zu beobachten als bei Männern. Die Wissenschaftler deuteten das Ergebnis dahingehend, dass die pränatale Hormonkonzentration auch Auswirkungen auf den BMI bei Männern und die weibliche Körperform hat, obwohl sich letztere erst während der Pubertät entwickelt.

Mit dem Zusammenhang zwischen Bewegung, Muskelkraft und Körperzusammensetzung bei KrankenpflegeschülerInnen setzten sich Preto et al. (2016) in ihrer Studie auseinander. Die Bewegung wurde mittels Physical Activity Questionnaire (IPAQ) erhoben, deren Ergebnis ein PAL-Wert (Physical Activity Level) darstellt. Dieser wurde dann mit der Handkraft, einer Maximalkraftmessung des Quadriceps femoris und der Körperzusammensetzung in Verbindung gebracht. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass ein höherer PAL-Wert zu erhöhten Muskelkraft und Muskelmasse, sowie weniger Körperfettprozent führt.

## 2.4. Hypothesen und Ziele

Aufgrund dieses Forschungsstandes ist die Idee für die vorliegende Arbeit und die folgenden Hypothesen entstanden:

1. Hypothese: Die Mehrheit der Probandinnen weist ein 2D:4D-Verhältnis größer gleich 1 auf.
2. Hypothese: Probandinnen mit einem kleineren Fingerlängenverhältnis weisen eine höhere Handkraft als jene Probandinnen mit größerem Fingerlängenverhältnis auf.
3. Hypothese: Probandinnen mit einem kleineren Fingerlängenverhältnis weisen eine höhere Muskelmasse als jene Probandinnen mit größerem Fingerlängenverhältnis auf.

Das Ziel der Studie ist es herauszufinden, ob Muskelmasse und Handkraft mit dem 2D:4D-Verhältnis von weiblichen Studierenden korrelieren. Zusätzlich werden sportbezogene Daten erhoben und anschließend in Tabellen oder Diagrammen dargestellt, um erwartete Gruppenunterschiede aufzuzeigen.

### 3. Material und Methoden

Im folgenden Kapitel sollen das verwendete Material, als auch die Methoden, die im Zuge dieser Arbeit zum Einsatz kamen, näher erläutert werden. Dazu zählen neben der Stichprobe, der erstellte Fragebogen sowie die Datenerhebung und deren Auswertung.

#### 3.1. Beschreibung der Stichprobe

Die Stichprobe der vorliegenden Arbeit wird aus weiblichen Studierenden im Alter zwischen 18 und 29 Jahren gebildet. Das Mindestalter von 18 Jahren ergibt sich einerseits aus der Tatsache, dass Studentinnen in den seltensten Fällen jünger als 18 Jahre alt sind und lässt gleichzeitig annehmen, dass kein weiteres Wachstum der Fingerknochen stattfinden wird.

Grundsätzlich gibt es drei Ausschlusskriterien:

- Brüche an Ring- oder Zeigefinger, da diese die Messung des Fingerlängenverhältnisses beeinflussen könnten,
- Brüche an den oberen Extremitäten, da diese die Messung der Handkraft beeinträchtigen könnten und
- Schwangerschaften, da diese die Körperzusammensetzung verändern.

Von insgesamt 60 Probandinnen mussten zwei ausgeschlossen werden, da eine Probandin schwanger war und eine andere nicht mit Sicherheit sagen konnte, ob ihr Zeigefinger als Kind gebrochen war oder nicht. Die für die Auswertung der Studie relevante Stichprobe besteht daher aus 58 weiblichen Studierenden im Alter von 18 bis 29 Jahren, mit einem durchschnittlichen Alter von 22,3 Jahren.

Neben der Messung der Fingerlängen, der Handkraft und der Körperzusammensetzung (einschließlich der Muskelmasse), wurden Daten zum Sportverhalten und auch das Edinburgh-Inventar erhoben.

## 3.2. Datenerhebung mittels Fragebogen

Im Rahmen der vorliegenden empirischen Studie wurde eigens ein anonymisierter Fragebogen erstellt, der neben demographischen Daten auch Daten zur allgemeinen Anamnese und zum Sportverhalten abfragt. Auch das Edinburgh-Inventar ist Teil dieses Fragebogens, mit dem die Händigkeit der Probandinnen ermittelt wird. Außerdem wird versucht eine allgemeine Anamnese durchzuführen, im Zuge derer Fragen zur (hormonellen) Verhütung, aber auch zu Erkrankungen des Bewegungsapparates gestellt werden.

Die letzte Seite des Fragebogens stellt der Analysebogen dar, auf dem die Ergebnisse der folgenden Messungen vermerkt werden: die Körperhöhe, die Körperzusammensetzung, die Fingerlängen des rechten und linken Zeige- und Ringfingers, sowie die Handkraft.

### 3.2.1. Fragen zur Person

Zu Beginn des Fragebogens wurden demographische Daten, wie das Alter und das Herkunftsland der Eltern, erhoben, die die Homogenität der Stichprobe gewährleisten sollten.

### 3.2.2. Fragen zur allgemeinen Anamnese

Im Zuge der allgemeinen Anamnese wird nach der Art der Verhütung gefragt, da hormonelle Verhütung die Körperzusammensetzung beeinflussen kann.

Außerdem wird erhoben, ob Brüche an den relevanten Teilen (Ring- und Zeigefinger, Handgelenk, Unter- und Oberarm) der oberen Extremitäten aufzuweisen waren, da die genannten Brüche die Messungen beeinflussen könnten. Ein Bruch des Zeige- oder Ringfingers könnte zu einer Veränderung der Fingerlänge führen, deshalb werden alle Probandinnen mit einem solchen Knochenbruch aus der Stichprobe ausgeschlossen. Ein Bruch des Unterarms könnte die Handkraft negativ beeinflussen, daher werden nur Probandinnen für die Stichprobe herangezogen, bei denen eine solche Verletzung länger als drei Jahre her ist.

Auch Erkrankungen der Hände und des restlichen Bewegungsapparates, sowie chronische Erkrankungen die zu Bewegungsstörungen führen, werden erfragt. Dadurch soll

gewährleistet werden, dass unter den Probandinnen dieselben Voraussetzungen herrschen.

### *3.2.3. Fragen zum Sportverhalten*

Anschließend folgen Fragen zum Sportverhalten: Zunächst sollen sich die Probandinnen einer von vier Kategorien selbsteinschätzend zuordnen. Zu den besagten Kriterien gehören „unsportlich“, „Gelegenheitssportlerin“, „Freizeitsportlerin“ und „Leistungssportlerin“, wobei sich Gelegenheitssportlerinnen von Freizeitsportlerinnen durch die Häufigkeit der sportlichen Betätigung unterscheiden. Während sich Freizeitsportlerinnen regelmäßig sportlichen Aktivitäten widmen, betreiben Gelegenheitssportler nur ab und zu Sport.

In einer Tabelle können die Studentinnen bis zu drei Sportarten anführen, welche sie mehr oder weniger regelmäßig ausüben. Hier soll des Weiteren angeführt werden, seit wann und wie oft pro Woche die jeweilige Sportart ausgeübt wird. Um die Angaben zu vereinheitlichen stehen drei Antwortmöglichkeiten zur Wahl, nämlich „< als 2x die Woche“, „2x-4x die Woche“ und „> als 5x die Woche“.

### *3.2.4. Edinburgh-Inventar*

Das Edinburgh-Inventar geht auf Oldfield (1971) zurück und ist eine einfache Methode zur Einstufung der Händigkeit mittels einer quantitativen Skala. Unter Händigkeit versteht man die Bevorzugung der rechten (Rechtshändigkeit) oder linken Hand (Linkshändigkeit) für verschiedenste Tätigkeiten, wie Schreiben oder Zähne putzen.

Es gibt sowohl Studien (Fink et al., 2004; Beaton et al., 2011), die sich mit der Händigkeit und dem 2D:4D-Verhältnis beschäftigen, als auch Studien, die sich mit der Händigkeit und der Handkraft befassen. Beispielsweise fanden Nicolay und Walker (2005) heraus, dass die dominante Hand signifikant stärker als die andere ist, aber auch schneller ermüdet. Dies sei bei Frauen deutlicher zu beobachten als bei Männern.

Aufgrund dieser Tatsache wurde auch in dieser Studie die Händigkeit erhoben. Die Probandinnen wurden gebeten anzugeben, mit welcher Hand sie verschiedene Tätigkeiten ausführen (werfen, schreiben, Streichholz entzünden) beziehungsweise mit welcher Hand sie einen bestimmten Gegenstand (Zahnbürste, Schere, Löffel, Messer [ohne Gabel],

Computermaus) verwenden. Für die Angabe der Handpräferenz gab es fünf Auswahlmöglichkeiten: immer rechts, meist rechts, keine Präferenz, meist links und immer links.

### 3.3. Datenerhebung

Alle Daten für die vorliegende Studie wurden von Donnerstag den 24. November 2016 bis Mittwoch den 07. Dezember 2016 im Biozentrum Althanstraße (UZA 1), 1090 Wien (Österreich) erhoben.

Zufällig vorbeikommende Studentinnen wurden am Gang oder nach Vorlesungen in Hörsälen gefragt, ob sie an einer Studie für die vorliegende Diplomarbeit zum Thema „2D:4D Verhältnis, Handkraft und Muskelmasse“ teilnehmen würden. Die Studienleiterin informierte sie zudem darüber, dass lediglich Studentinnen genommen werden könnten, die keine Brüche an Zeige- und/oder Ringfinger hatten und dass die Teilnahme 10 bis 15 Minuten ihrer Zeit in Anspruch nehmen würde. Nachdem sich die Studentinnen freiwillig dazu bereit erklärten an der Studie zu partizipieren, wurden sie in die Knochenkammer des Biozentrums (UZA 1, Raum 2.007a) geführt, in der die Probandinnen zuerst ihren Fragebogen ausgefüllt haben und anschließend alle anthropometrischen Messungen durchgeführt wurden.

Während die Probandinnen die Fragebögen ausfüllten, war die Studienleiterin immer im selben Raum an ihrem Schreibtisch oder mit der Vermessung anderer Probandinnen beschäftigt. So konnten die Probandinnen einerseits Fragen stellen und hatten andererseits genügend Privatsphäre, um ihre persönlichen Angaben zu machen.

Im Anschluss an die Beantwortung des Fragebogens wurden folgende Messungen, immer in der gleichen Reihenfolge, durchgeführt: Körperhöhe, Körperzusammensetzung, Fingerlängenverhältnis und Handkraft.

#### *3.3.1. Körperhöhe und Körperzusammensetzung*

Die Probandinnen wurden zunächst gebeten, Schuhe und Socken auszuziehen, um die Körperhöhe und das Gewicht zu ermitteln.

Die Körperhöhe wurde mithilfe eines Anthropometers gemessen. Der verwendete Anthropometer war ein in vier Teile zerlegbarer Metallstab mit Millimeterskalierung, auf dem ein verschiebbarer Querstab angebracht war. Die Skalierung wies eine Messweite von 2,1 m auf. Bei der ersten Messung wurden Markierungen an der Wand vorgenommen um den Anthropometer bei den folgenden Messungen immer gleich ausrichten zu können. Nach jeder Messung wurde die Körperhöhe sofort auf dem Analysebogen notiert.

Die Körperzusammensetzung wurde mittels bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA) gemessen. Dabei handelt es sich um eine weit verbreitete Methode zur Bestimmung der Körperzusammensetzung. Über zwei Elektroden wird niederfrequentierter Wechselstrom an den Füßen appliziert und der Spannungsabfall im Gewebe gemessen (Schindler & Ludvik, 2004). In flüssigkeitsreichen Geweben ist der Spannungsabfall gering, während er im Fettgewebe und Knochen hoch ist. Die BIA funktioniert über die Messwerte Impedanz, Resistenz, Reaktanz und Phasenwinkel (Foster & Lukaski, 1996). Die BIA wurde mit dem TANITA Body Composition analyzer (Model TBF-300) durchgeführt.

Da die Probandinnen lediglich Schuhe und Socken ausgezogen haben und die Messungen im Winter stattgefunden haben, wurde eine Tara von 2,0 kg abgezogen um das Gewicht der übrigen Kleidung auszugleichen. Zu Beginn jeder Messung mussten folgende Parameter auf der Waage eingegeben werden:

1. Tara: 2,0 kg
2. Geschlecht: weiblich
3. Fitnesszustand: „normal“ oder „athletisch“. Da keine Probandin angab Leistungssportlerin zu sein, wurden alle Messungen im „normal“-Modus durchgeführt.
4. Alter: von der jeweiligen Probandin auf dem Fragebogen angegebenes Alter
5. Körperhöhe: zuvor ermittelte und auf dem Analysebogen notierte Körperhöhe

Nachdem die Daten eingegeben wurden, konnten sich die Probandinnen auf die Waage stellen und die Körperzusammensetzung ermittelt werden. Die gemessenen Daten wurden auf einem Zettel ausgegeben, der nach dem Abreißen sofort auf den Analysebogen geheftet wurde, um alle Daten beisammen zu haben.

Während die Versuchsleiterin die Daten übertrug, konnten sich die Probandinnen wieder ihre Socken und Schuhe anziehen.

### *3.3.2. Messung der Fingerlängen*

Es gibt verschiedene Methoden um die Fingerlängen zu messen. In dieser Studie kam eine der häufigsten Methoden zur Anwendung, nämlich die direkte Messung der Fingerlängen mittels digitalem Caliper (Manning & Robinson, 2003; Gallup et al., 2007; Manning et al., 2007b). Der verwendete digitale Caliper hatte eine Messbreite von 0-150 Millimeter.

Die Probandinnen legten für die Messung ihre Hand, mit dem Handrücken nach unten und mit den Fingern parallel zueinander, auf eine ebene Fläche. Dabei wurden sie gebeten ihre Finger nicht zu überstrecken, sondern entspannt ruhen zu lassen. Mit dem Caliper wurden nun die Fingerlängen von Zeige- und Ringfinger der linken und rechten Hand ermittelt, wobei in der Mitte des Fingers von der untersten Beugefalte (am Übergang von Handteller zum Finger) bis zur obersten Spitze des Fingers gemessen wurde. Jeder Finger wurde zwei Mal gemessen.

Eine andere häufig verwendete Methode ist die Messung der Fingerlängen von Fotokopien (Fink et al., 2003; Voracek et al., 2010; Hone & McCullough, 2012). Dabei wird die ventrale Seite der Hand auf die Glasplatte des Fotokopierers gelegt und anschließend eine Kopie erstellt. Dabei muss auf die gute Qualität der Fotokopie geachtet und gegebenenfalls eine weitere angefertigt werden, um zu garantieren, dass die Beugefalten gut erkennbar sind. Die Fingerlängen werden im Anschluss mithilfe eines digitalen Vernier Caliper von der Fotokopie gemessen.

Manning et al. (2005) haben eine Studie durchgeführt, in der die Ergebnisse der zwei bisher vorgestellten Methoden zur Fingerlängenmessung miteinander verglichen wurden. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das 2D:4D-Verhältnis gemessen von Fotokopien kleiner ist als das direkter Messungen. Demnach sollten die Methoden innerhalb einer Studie oder in einer vergleichenden Studie nicht kombiniert werden.

Darüber hinaus besteht die Möglichkeit die Fingerlängen mithilfe eines Scanners zu messen (Halil et al., 2013). Auch hier legen die ProbandInnen ihre Handunterseite auf die Glasplatte

eines Scanners, wobei darauf geachtet wird, dass Ring- und Zeigefinger parallel zueinander liegen. Die Hand wird anschließend gescannt und mittels GIMP Software analysiert. Die Fingerlängen werden mithilfe eines mausgesteuerten Calipers gemessen.

### *3.3.3. Messung der Handkraft*

Zuletzt wurde die Handkraft mit einem Handdynamometer (Jamar plus + by Sammons Preston) gemessen, wobei jede Hand einmal gemessen wurde.

Da während der Messung kein Längenwachstum des Muskels stattfindet, handelt es sich bei der Messung der Handkraft um eine isometrische Kontraktion, anhand derer die Maximalkraft der Probandinnen ermittelt werden soll.

Die Probandinnen saßen hierfür aufrecht auf einem Sessel, die Füße ruhten entspannt am Boden. Der gerade gemessene Arm befand sich seitlich vom Körper, zwischen Ober- und Unterarm war ein Winkel von 90 Grad und das Handgelenk war neutral, also nach vorne, ausgerichtet. Die Probandinnen bekamen den Handdynamometer in die Hand gelegt. Dabei wurde gefragt, ob er gut in der Hand liegt und bei Bedarf die Griffweite angepasst. Nachdem die Probandinnen darüber aufgeklärt wurden, dass sie den Ellbogen während der Messung nicht vom Körper wegbewegen dürfen und der Handdynamometer nicht nachgibt, sollten sie ihn so fest wie möglich drücken bis die Messung von der Studienleiterin beendet wurde. Um die Maximalkraft aus den Probandinnen herauszuholen, wurden sie während der Messung motiviert und ermutigt noch fester zu drücken.

## **3.4. Datenaufbereitung**

Zur weiteren Bearbeitung wurden lediglich die 58 Datensätze herangezogen, die nach den zwei Ausschlüssen noch übrig blieben.

Zuerst wurden die Angaben hinsichtlich des Zeitraumes, seit dem eine Sportart ausgeführt wird, vereinheitlicht. Die Zeitangaben waren sehr unterschiedlich: Während einige Probandinnen die Jahreszahlen angegeben haben, in denen sie begonnen haben jene Sportart auszuüben, haben andere die Anzahl der Jahre angegeben, die sie jenen Sport betreiben und wieder andere, die jene Sportart noch nicht so lange betreiben, haben die

Dauer in Monaten angegeben. Die einfachste Möglichkeit zur Vereinheitlichung war daher die Angabe der Dauer in Monaten. Außerdem wurde die Muskelmasse nach der Formel [Fettfreie Masse] - [Körperwasser] berechnet.

Alle vorhandenen Daten wurden dann in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 24 eingegeben. Die erhobenen Daten wurden anschließend auf Korrektheit überprüft, bevor mit ihnen neue Variablen berechnet wurden.

Zu den neu ermittelten Variablen gehören der Body Mass Index, das Fingerlängenverhältnis und die Händigkeit.

Der BMI wurde nach der Formel  $\frac{\text{Körpergewicht in kg}}{(\text{Körpergröße in m})^2}$  berechnet. Der ermittelte BMI wird nach der World Health Organisation (kurz: WHO) in folgende Gewichtskategorien eingeteilt:

- BMI < 18,5  $\hat{=}$  untergewichtig
- BMI 18,5-24,9  $\hat{=}$  normalgewichtig
- BMI 25,0-29,9  $\hat{=}$  übergewichtig
- BMI > 30,0  $\hat{=}$  adipös

Mit den vorhandenen Daten der Fingerlängen wurden die Mittelwerte von Zeige- und Ringfinger beider Hände und damit das Fingerlängenverhältnis beider Hände ermittelt.

Die Angaben des Edinburgh-Inventars wurden zu einem Summenwert zusammengerechnet um die Variable der Händigkeit zu bestimmen.

### 3.5. Datenauswertung

Zuerst wurden diverse Häufigkeitstabellen erstellt, die zur genauen Beschreibung der Stichprobe herangezogen wurden.

Anschließend wurden die Daten mithilfe eines Kolmogorow-Smirnov-Tests (kurz: KS-Test) auf Normalverteilung getestet und um statistische Zusammenhänge festzustellen wurde eine bivalente Korrelation (Spearman-Korrelation oder Rangkorrelationskoeffizient) durchgeführt.

Außerdem waren nichtparametrische Tests nötig, um den Unterschied zwischen Gruppen festzustellen. Dazu gehörten der Kruskal-Wallis-Test, der Mann-Whitney-U-Test und die einfaktorielle Varianz-Analyse (ANOVA).

Die Tabellen und Diagramme wurden allesamt mittels Microsoft Office Word erstellt.

## 4. Ergebnisse

In diesem Kapitel sollen die Ergebnisse der vorliegenden Studie dargestellt werden. Die deskriptive Statistik widmet sich zunächst den Probandinnen und deren Hintergrund. Anschließend werden die Gruppen der Unsportlichen, der Gelegenheitsportlerinnen und der Freizeitsportlerinnen hinsichtlich ihrer Ergebnisse bei den Tests miteinander verglichen, bevor näher auf gefundene Korrelationen eingegangen wird.

### 4.1. Deskriptive Statistik

#### 4.1.1. Demographische Daten

Bei den Probandinnen für diese Studie handelt es sich um 58 weibliche Studierende der Universität Wien, wobei die jüngste Probandin 18 Jahre und die älteste 29 Jahre alt ist. Das durchschnittliche Alter der Stichprobe beträgt 22,3 Jahre ( $SD=2,4$ ).

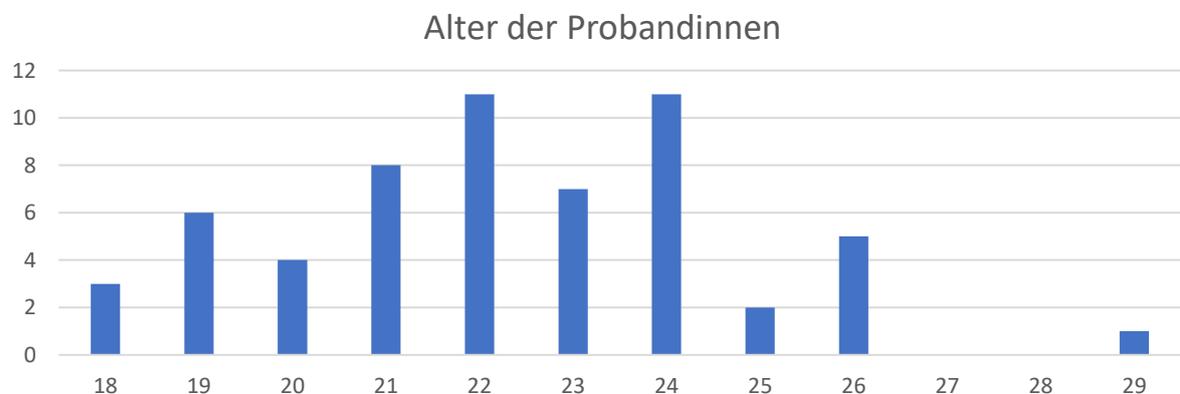


Abbildung 1: Anzahl der Probandinnen im jeweiligen Alter

Die Eltern der Probandinnen stammen größtenteils aus Österreich (87,9% der Mütter und 89,7% der Väter). Das folgende Diagramm zeigt deutlich, dass die Herkunft der Probandinnen sehr homogen ist.

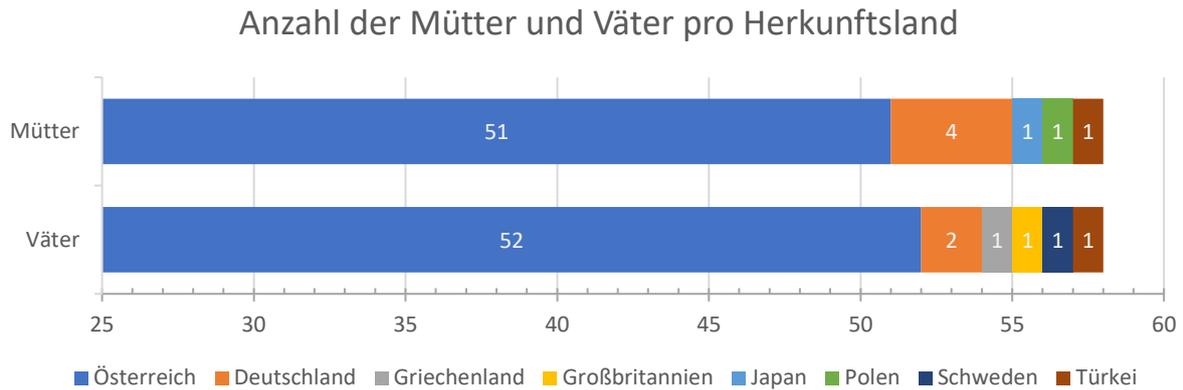


Abbildung 2: Anzahl der Mütter und Väter aus den jeweiligen Herkunftsländern

Die Ermittlung des Body Mass Index ergab, dass rund drei Viertel der Probandinnen „normalgewichtig“, 10,3 Prozent der Probandinnen „untergewichtig“, 10,3 Prozent der Probandinnen „übergewichtig“ und 3,4 Prozent der Probandinnen „adipös“ sind.

### Prozentteil der Probandinnen in der jeweiligen BMI-Klasse

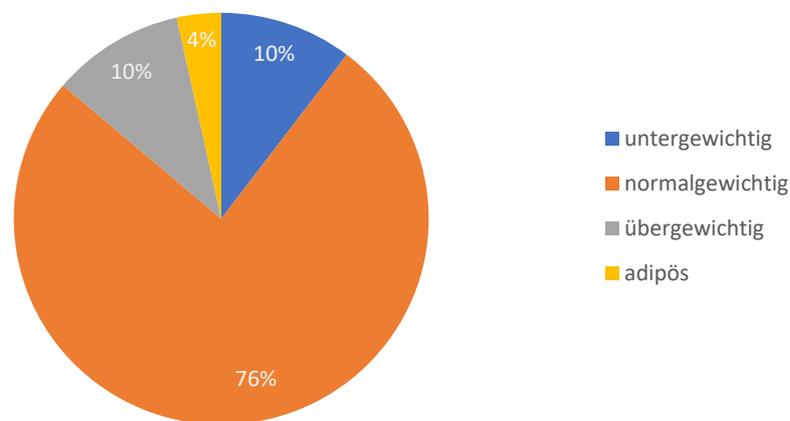


Abbildung 3: Prozent der Probandinnen nach BMI-Klassen (Anzahl der Probandinnen in der jeweiligen BMI Klasse: untergewichtig, 6; normalgewichtig, 44; übergewichtig, 6; adipös, 2)

Die Auswertung des Edinburgh-Inventars zeigt, dass 51 Probandinnen (87,9%) rechtshändig sind und die übrigen sieben Probandinnen (12,1%) keine Präferenz für eine der beiden Hände zeigen.

#### 4.1.2. Anamnesedaten

Zur Erhebung der allgemeinen Anamnese der Probandinnen zählten Fragen zur hormonellen Verhütung, zu Brüchen an den oberen Extremitäten, da diese für mögliche Ausschlüsse wichtig gewesen wären, und zu sonstigen Erkrankungen, die sich negativ auf den Bewegungsapparat auswirken könnten.

56,9 Prozent der Probandinnen gaben an, hormonell zu verhüten, während die anderen 43,1 Prozent die Frage nach hormoneller Verhütung verneinten. Die Bandbreite der zur Verfügung stehenden hormonellen Verhütungsmethoden wird durch die Probandinnen nahezu ausgeschöpft, lediglich der Verhütungsring kommt in der Stichprobe nicht zum Einsatz. Die Antibabypille ist mit Abstand das am häufigsten verwendete hormonelle Kontrazeptivum, wobei anzumerken ist, dass in der Erhebung nicht zwischen Antibabypille und Minipille unterschieden wurde.

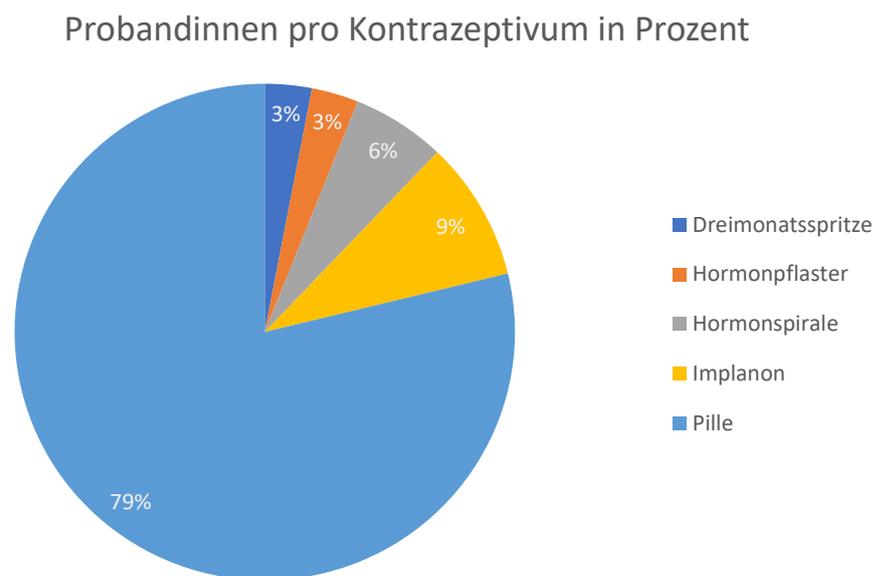


Abbildung 4: Probandinnen pro Kontrazeptivum in Prozent (Anz. d. Prob. pro Kontrazeptivum: Dreimonatsspritze, 1; Hormonpflaster, 1; Hormonspirale, 2; Implanon, 3; Pille, 26)

Keine der Probandinnen weist einen Bruch des Zeigefingers und/oder Ringfingers auf, da zur Auswertung nur die Datensätze derer herangezogen worden sind, die keinen solchen Bruch hatten. Mit den Brüchen des Handgelenks, des Unterarms oder des Oberarms verhält es sich anders. Allerdings liegen alle Brüche mindestens zehn Jahre in der Vergangenheit und entsprechen somit der Vorgabe (von mindestens drei Jahren) für den Einschluss. Der

häufigste Bruch war der des Unterarms (5 Probandinnen), der seltenste der Oberarmbruch (2 Probandinnen).

*Tabelle 3: Häufigkeit und Prozent der Brüche an Handgelenk, Unterarm und Oberarm*

<b>Art des Bruchs</b>		<b>Häufigkeit</b>	<b>Prozent</b>
<b>Handgelenk</b>	nein	55	94,8
	rechts	2	3,4
	links	1	1,7
<b>Unterarm</b>	nein	53	91,4
	rechts	3	5,2
	links	2	3,4
<b>Oberarm</b>	nein	56	96,6
	rechts	0	0
	links	2	3,4

Die Erkrankungen betreffend, die Hände und/oder Arme beeinträchtigen, gaben 56 Probandinnen an, keinerlei Erkrankungen zu haben, das entspricht 96,6 Prozent. Lediglich zwei Probandinnen gaben Erkrankungen an, welche sie nach eigenen Angaben allerdings nicht im Sportverhalten einschränken würden. Dabei handelt es sich um eine operativ entfernte Ansammlung von Gelenksflüssigkeit und Neurodermitis.

Unter Erkrankungen des Bewegungsapparates leiden drei Probandinnen, das entspricht 5,2 Prozent. Sie weisen nach eigenen Angaben eine leichte Form der Skoliose auf, die sie aber nicht davon abhält Sport zu betreiben. Die übrigen 94,8 Prozent geben keine Erkrankungen des Bewegungsapparates an.

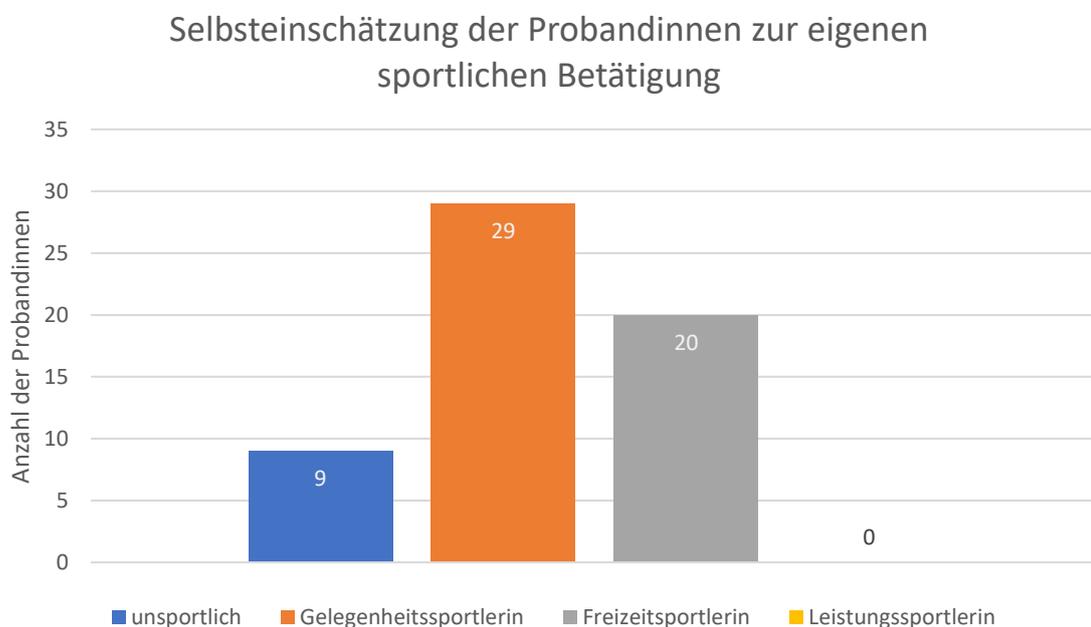
Während 98,3 Prozent der Probandinnen angegeben haben, keinerlei chronische Erkrankungen zu haben, die Bewegungsstörungen herbeiführen, hat eine Probandin angegeben, an leichtem Asthma zu leiden. Nach eigenen Angaben führt dies aber nicht zu Problemen, wenn sie sich adäquat aufwärmt.

Hinsichtlich der körperlichen Voraussetzungen herrscht größtenteils Homogenität unter den Probandinnen. Alle drei Fragen zu Erkrankungen des Bewegungsapparats wurden von mindestens 94 Prozent positiv beantwortet. Auch jene Probandinnen, die eine oder mehr

Fragen negativ beantworteten, gaben an, dass sie durch die Erkrankungen nicht in ihren sportlichen Gewohnheiten eingeschränkt seien.

Werden alle bisher besprochenen Faktoren betrachtet, kann davon ausgegangen werden, dass innerhalb der Stichprobe dieselben Voraussetzungen für die anthropometrische Datenerhebung gelten. Die Stichprobe kann als homogen angesehen werden.

Die Sportlichkeit der Probandinnen wurde durch zwei Fragen erfasst. Einerseits sollten sie selbst einschätzen, ob sie unsportlich oder sportlich sind und andererseits sollten sie angeben wie oft pro Woche sie welchen Sport betreiben und wie lange schon.



*Abbildung 5: Selbsteinschätzung der Probandinnen zur eigenen sportlichen Betätigung nach den Kategorien "unsportlich", "Gelegenheitssportlerin", "Freizeitsportlerin" und "Leistungssportlerin"*

Aus Abbildung 5 kann entnommen werden, dass sich unter den Probandinnen keine Leistungssportlerinnen befinden. Die Hälfte der Probandinnen schätze sich selbst als „Gelegenheitssportlerin“ ein, 34,5 Prozent bezeichneten sich als „Freizeitsportlerinnen“ und 15,5 Prozent schätzen sich als „unsportlich“ ein.

Es wäre anzunehmen, dass es sich bei dem Prozentteil derer, die keinen Sport betreiben, auch um 15,5 Prozent handeln sollte, allerdings gaben 19,0 Prozent an, keinen Sport zu

betreiben. 47 Probandinnen, das entspricht 81 Prozent, gaben an, in unterschiedlichem Ausmaß sportlicher Betätigung nachzugehen.

*Tabelle 4: Zusammenfassung der Daten zur sportlichen Betätigung*

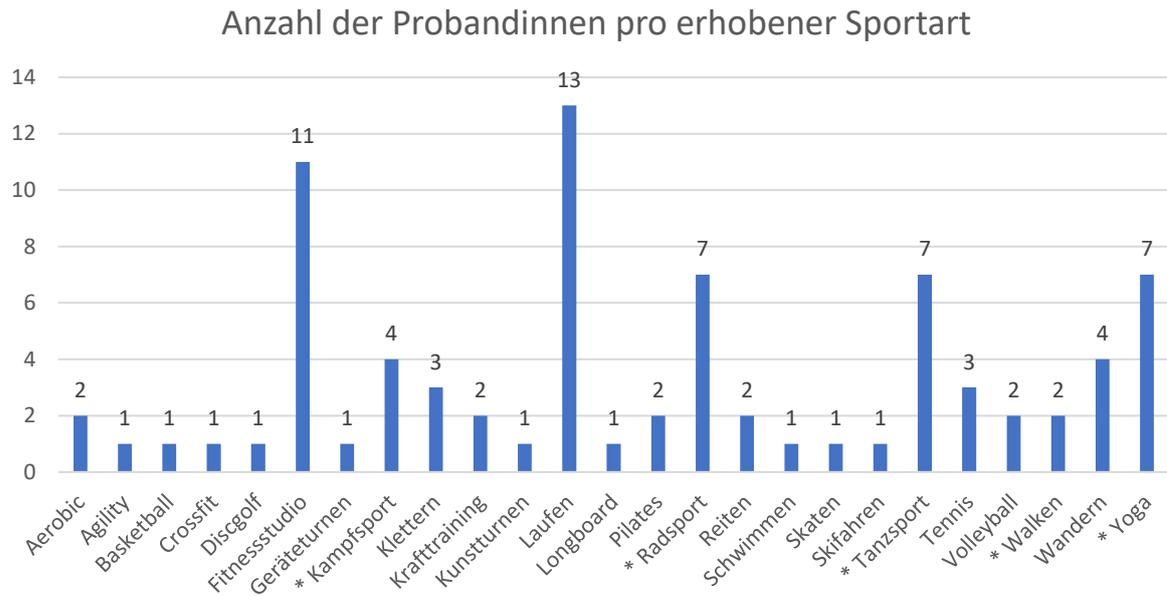
	(Gesamt-) Anzahl der Probandinnen	Anzahl der Probandinnen je Sportfrequenz / Woche			Zeitraum der Sportausübung			
		< 2x	2-4x	> 5x	Minimum	Maximum	$\bar{x}$	SD
					(in Monaten)	(in Monaten)		
Sport 1	47	29	16	2	1	192	68,16	60,64
Sport 2	25	19	6	0	2	240	57,33	38,31
Sport 3	9	7	2	0	12	120	57,89	53,75

Tabelle 4 führt vor Augen, dass die Sportfrequenz pro Woche mit jeder weiteren Sportart abnimmt, das heißt Sportart 1 wird öfter ausgeführt als Sportart 2 und dieser wird wiederum öfter nachgegangen als Sportart 3.

Der Zeitraum zwischen Beginn der regelmäßigen sportlichen Betätigung und der Datenerhebung ist von Probandin zu Probandin sehr unterschiedlich gewesen. Das erklärt die enorme Spannweite von bis zu 238 Monaten (19,83 Jahren). Der Mittelwert dieser Zeiträume ( $\bar{x}$ ) zeigt, dass Sportart 1 durchschnittlich um elf Monate länger betrieben wird als die Sportarten 2 und 3.

Die folgende Abbildung 6 zeigt alle Sportarten, die von den Probandinnen betrieben werden in alphabetischer Reihenfolge und unabhängig von der Reihung als Sportart 1, Sportart 2 und Sportart 3. Des Weiteren ist ersichtlich, wie oft der jeweilige Sport angeführt worden ist.

Anzumerken ist an dieser Stelle, dass verschiedene Sportarten, die einer Kategorie zuzuordnen waren, zusammengefasst wurden. Beispielsweise wurden Boxen, Karate und Taekwondo in der Kategorie Kampfsport zusammengefasst. In der Abbildung 6 sind die Kategorien, die aus mehreren Sportarten bestehen, mit einem „\*“ markiert. Eine Auflistung der Kategorien und aller angegebener Sportarten ist im Anhang zu finden.



*Abbildung 6: Anzahl der Probandinnen pro erhobener Sportart*

Abbildung 6 zeigt insbesondere fünf Spitzen, die die am häufigsten genannten Sportarten repräsentieren. Zu ihnen gehören Laufen, das Trainieren im Fitnessstudio, Radsport, Tanzsport und Yoga. Auffallend dabei ist, dass Laufen und Fitnessstudio das Ranking anführen, obwohl es sich im Gegensatz zu den anderen dreien nicht um Kategorien handelt. Grundsätzlich ist die Liste der angegebenen Sportarten sehr divers: Neben Hundesport (Agility) umfasst sie Einzel- und Mannschaftssportarten, Freiluft- und Hallensport, sowie Sommer- und Wintersportarten.

#### **4.1.3. Anthropometrische Daten im Überblick**

In diesem Kapitel sind sämtliche anthropometrische Daten aller 58 Probandinnen mit Mittelwert, Standardabweichung und Minimum, sowie Maximum in Tabelle 5 zusammengefasst. Dazu gehören neben dem Alter alle im Zuge der Datenerhebung durchgeführten Messungen.

Tabelle 5: Anthropometrische Daten der Probandinnen im Überblick ( $\bar{x}$ , SD, Min und Max)

	<b>Mittelwert</b>	<b>Standardabweichung</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>
	$\bar{x}$	SD	min	max
Alter	22,3	2,4	18,0	29,0
Körperhöhe (in cm)	167,5	7,3	154,0	183,0
Körpergewicht (in kg)	61,7	13,1	42,5	131,1
BMI	21,90	3,96	17,24	40,69
Fettmasse (in kg)	16,4	9,6	1,2	66,7
Fettprozent (in kg)	25,2	7,9	2,9	50,9
Muskelmasse (in kg)	12,1	1,0	10,7	17,3
Körperwasser (in kg)	33,1	2,8	29,2	47,1
2D rechts (in cm)	69,0	3,4	60,3	75,5
4D rechts (in cm)	70,7	3,3	63,1	78,4
2D links (in cm)	69,3	3,5	62,4	75,7
4D links (in cm)	69,8	3,5	61,0	77,8
Digit Ratio rechts	0,98	0,04	0,89	1,1
Digit Ratio links	0,99	0,04	0,92	1,1
Muskelkraft rechts	31,9	5,1	22,1	47,6
Muskelkraft links	29,9	4,7	19,0	43,1

#### 4.1.4. Kategorisierung der Probandinnen

Die Probandinnen dieser Studie können auf zwei Arten unterschieden werden. Einerseits in diejenigen, die Sport betreiben und diejenigen, die keinen Sport betreiben. Andererseits kann die Unterscheidung durch die Kategorien erfolgen, denen sich die Probandinnen selbst zugeordnet haben: „unsportlich – Gelegenheitssportlerinnen – Freizeitsportlerinnen“.

Erfolgt die Einteilung der Probandinnen in jene, die Sport betreiben und jene, die keinen Sport betreiben, so zeigt sich, dass beide Gruppen in etwa gleich groß sind und die Sportlichen durchschnittlich um vier Kilogramm schwerer sind. Daraus ergibt sich, dass unter anderem auch Fettmasse, Fettprozent, Muskelmasse, Körperwasser und der BMI bei

den Sportlichen höher ist als bei denen, die keinen Sport machen. Die Handkraft der Probandinnen zeigt ein zu erwartendes Ergebnis, nämlich, dass die Handkraft der Sportlichen in beiden Händen höher ist als bei denen, die keinen Sport betreiben.

Das Fingerlängenverhältnis bei jenen, die keinem Sport nachgehen ist durchschnittlich höher als bei jenen, die angegeben haben Sport zu betreiben.

*Tabelle 6: Messwerte (KH, KG, FM, F%, MM, KW, BMI) der sportbetreibenden und nicht-sportbetreibenden Probandinnen*

		KH	KG	FM	F%	MM	KW	BMI
Sport: ja	$\bar{x}$	167,3	62,5	17,0	25,6	12,2	33,4	22,29
	SD	7,2	13,8	10,1	8,2	1,0	2,9	4,17
	min	154,0	42,5	1,2	2,9	10,9	29,8	17,24
	max	183,0	131,1	66,7	50,9	17,3	47,1	40,69
Sport: nein	$\bar{x}$	168,5	58,2	14,1	23,4	11,8	32,3	20,46
	SD	7,8	8,9	6,4	6,4	0,8	2,3	2,53
	min	154,0	48,4	8,5	17,0	10,7	29,2	17,89
	max	180,0	79,9	30,9	38,7	13,1	35,9	25,97
p-Wert zwischen Gruppen		,617	,321	,369	,412	,270	,254	,169

*Tabelle 7: Messwerte (Handkraft und Fingerlängenverhältnis) der sportbetreibenden und nicht-sportbetreibenden Probandinnen*

		HK re	HK li	2D:4D re	2D:4D li
Sport: ja	$\bar{x}$	32,4	30,0	0,98	0,99
	SD	4,9	4,4	0,04	0,03
	min	22,2	23,9	0,89	0,92
	max	47,6	43,1	1,07	1,08
Sport: nein	$\bar{x}$	29,9	29,4	0,98	1,01
	SD	5,7	6,2	0,04	0,04
	min	22,1	19,0	0,92	0,96
	max	38,4	39,7	1,04	1,10
p-Wert zwischen Gruppen		,145	,707	,539	,231

Die Tabellen 6 und 7 zeigen, dass es keine signifikanten Korrelationen zwischen den Gruppen derer, die Sport betreiben und jenen, die keinen Sport betreiben, und einem der erfassten Parameter gibt.

Es hat sich während der Analyse außerdem gezeigt, dass die Aufschlüsselung in die drei Gruppen („Unsportlichen“, „Gelegenheitssportlerinnen“ und „Freizeitsportlerinnen“) deutlichere Ergebnisse erbringt. Daher widmet sich das kommende Kapitel den genannten Gruppen.

## 4.2. Vergleich der Gruppen

Hinsichtlich des Alters zeigt sich, dass sich die Gruppen im Wesentlichen nicht unterscheiden.

*Tabelle 8: Alter (Min, Max, Mittelwert und SD) nach Gruppen*

	min	max	$\bar{x}$	SD
„Unsportlichen“	19	26	21,9	2,5
„Gelegenheitssportlerinnen“	19	29	22,6	2,3
„Freizeitsportlerinnen“	18	26	22,1	2,5

Wird der Blick auf die Herkunftsländer der Eltern geworfen, zeigt sich ein sehr homogenes Bild. In allen Gruppen stammen mindestens 77,8 Prozent der Mütter und 85,0 Prozent der Väter aus Österreich.

*Tabelle 9: Prozentzahl der Eltern pro Herkunftsland nach Gruppen*

		AUT	GBR	GER	GRC	JPN	POL	SWE	TUR
„Unsportlichen“	Mutter	77,8	.	11,1	.	.	.	.	11,1
	Vater	88,9	.	.	.	.	.	.	11,1
„Gelegenheits-sportlerinnen“	Mutter	93,1	.	3,4	.	3,4	.	.	.
	Vater	93,1	.	3,4	.	.	.	3,4	.
„Freizeit-sportlerinnen“	Mutter	85,0	.	10,0	.	.	5,0	.	.
	Vater	85,0	5,0	5,0	5,0	.	.	.	.

Die Aufschlüsselung der Kontrazeptiva zeigt, dass lediglich bei den Unsportlichen mehr als die Hälfte (55,6%) der Probandinnen nicht hormonell verhüten, bei den restlichen Gruppen verhüten je mehr als die Hälfte hormonell (62,1% der Gelegenheitsportlerinnen und 55,0% der Freizeitsportlerinnen). Die Pille ist bei allen Gruppen das gefragteste hormonelle Verhütungsmittel.

Um Unterschiede der körperlichen Verfassung zwischen den Gruppen herauszuarbeiten, werden in den folgenden Tabellen 10 und 11 die jeweiligen Gruppen-Ergebnisse präsentiert.

*Tabelle 10: Messwerte (KH, KG, BMI, FM, F% und KW) der erhobenen Gruppen*

		KH	KG	BMI	FM	F%	KW
„Unsportlichen“	$\bar{x}$	169,3	67,4	23,19	20,7	27,1	34,2
	SD	9,2	25,6	7,05	18,5	11,1	5,4
	min	154,0	50,2	18,74	8,5	17,0	29,7
	max	180,0	131,1	40,69	66,7	50,9	47,1
„Gelegenheits- sportlerinnen“	$\bar{x}$	169,0	61,0	21,32	15,8	25,1	33,1
	SD	6,0	8,3	2,47	6,1	6,1	2,0
	min	155,5	48,4	17,89	8,4	15,8	29,2
	max	182,5	79,8	28,27	31,5	39,5	37,0
„Freizeit- sportlerinnen“	$\bar{x}$	164,4	60,2	22,29	15,5	24,3	32,7
	SD	7,5	10,9	3,96	8,1	8,9	2,3
	min	154,0	42,5	17,24	1,20	2,9	29,8
	max	183,0	87,2	34,06	35,8	41,1	37,6
p-Wert zwischen Gruppen		,064	,368	,420	,355	,681	,451

Aus Tabelle 10 geht hervor, dass die Unterschiede zwischen den Unsportlichen, den Gelegenheitsportlerinnen und den Freizeitsportlerinnen in Hinblick auf verschiedene Parameter nicht signifikant sind.

Werden die Mittelwerte von Körperhöhe und Körpergewicht in einem Diagramm verglichen, zeigt sich, dass die Freizeitsportlerinnen durchschnittlich um 4,5 cm kleiner sind

als die Unsportlichen und die Gelegenheitssportlerinnen. Gleichzeitig sind sie auch um rund 7 kg leichter als die Unsportlichen. Der Gewichtsunterschied ist zwischen den Unsportlichen und den Gelegenheitssportlerinnen am größten, obwohl sie durchschnittlich gleich groß sind.

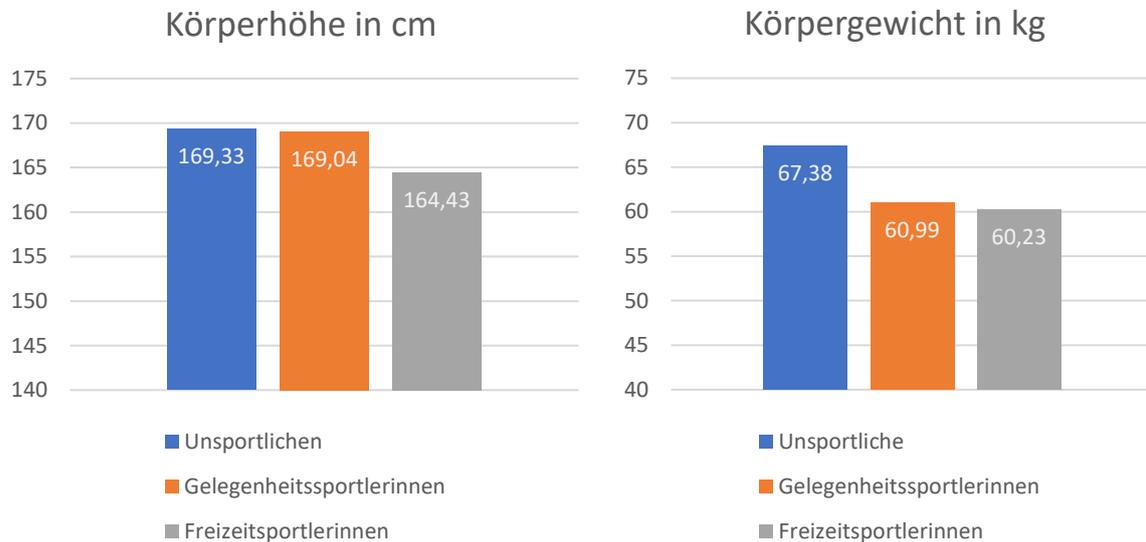


Abbildung 7: Mittelwerte der Körperhöhe und des Körpergewichts der erhobenen Gruppen

Werden die Ergebnisse von Körperhöhe und Körpergewicht berücksichtigt, so ist nicht weiter verwunderlich, dass die Unsportlichen den höchsten BMI haben, da sie am größten und am schwersten sind und dass die Gelegenheitssportlerinnen den niedrigsten BMI haben, da sie durchschnittlich größer als die Freizeitsportlerinnen sind, aber in etwa gleich schwer. Dessen ungeachtet liegen die Durchschnittswerte der Gruppen alle im Normalbereich (19-24).

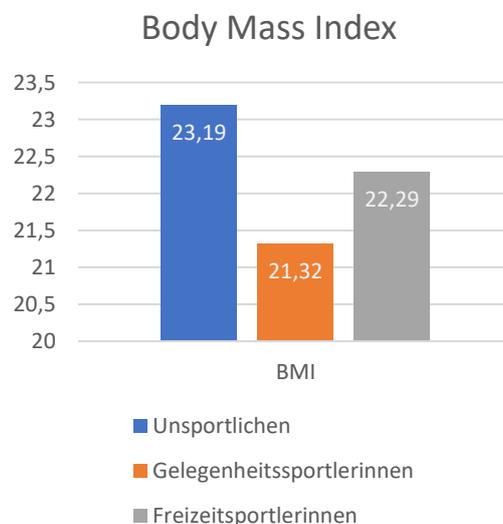
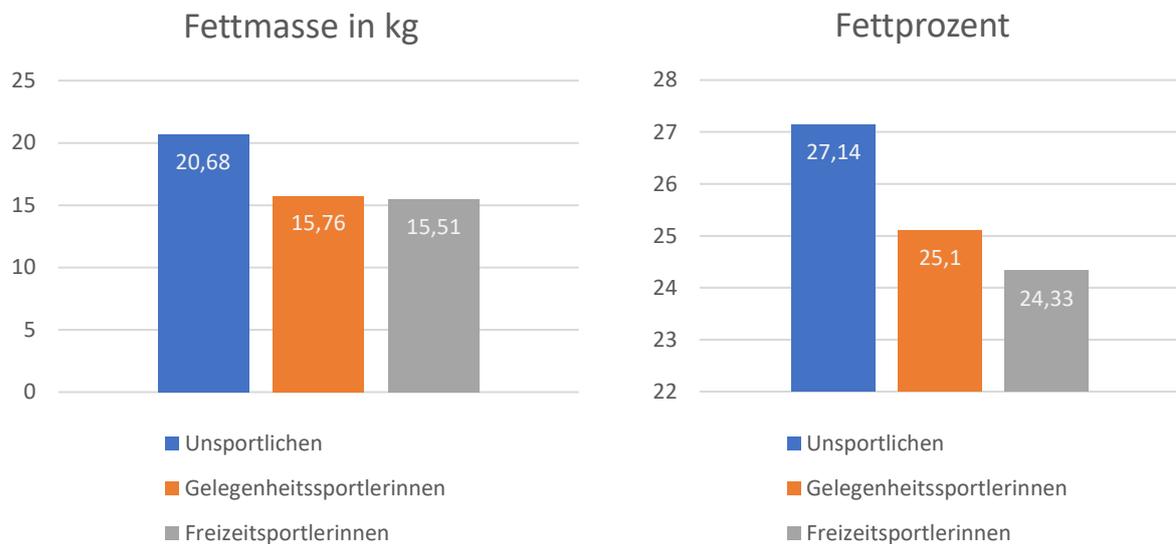


Abbildung 8: Mittelwerte des BMI der erhobenen Gruppen

Hinsichtlich der Fettmasse (in kg) und der Fettprozent wird der Unterschied zwischen den Gruppen durch die graphische Darstellung verdeutlicht. Sowohl die Fettmasse als auch die Fettprozent nehmen mit steigendem Aktivitätsgrad ab. Auffallend ist hier außerdem, dass der Unterschied zwischen den Unsportlichen und den Gelegenheitssportlerinnen größer ist als jener zwischen den Gelegenheitssportlerinnen und den Freizeitsportlerinnen.



*Abbildung 9: Mittelwerte der Fettmasse und Fettprozent der erhobenen Gruppen*

Das Körperwasser nimmt von Gruppe zu Gruppe, mit steigender sportlichen Betätigung, ein wenig ab.

Tabelle 11: Messwerte (HK re und li, MM, 2D:4D-Verhältnis re und li) der erhobenen Gruppen

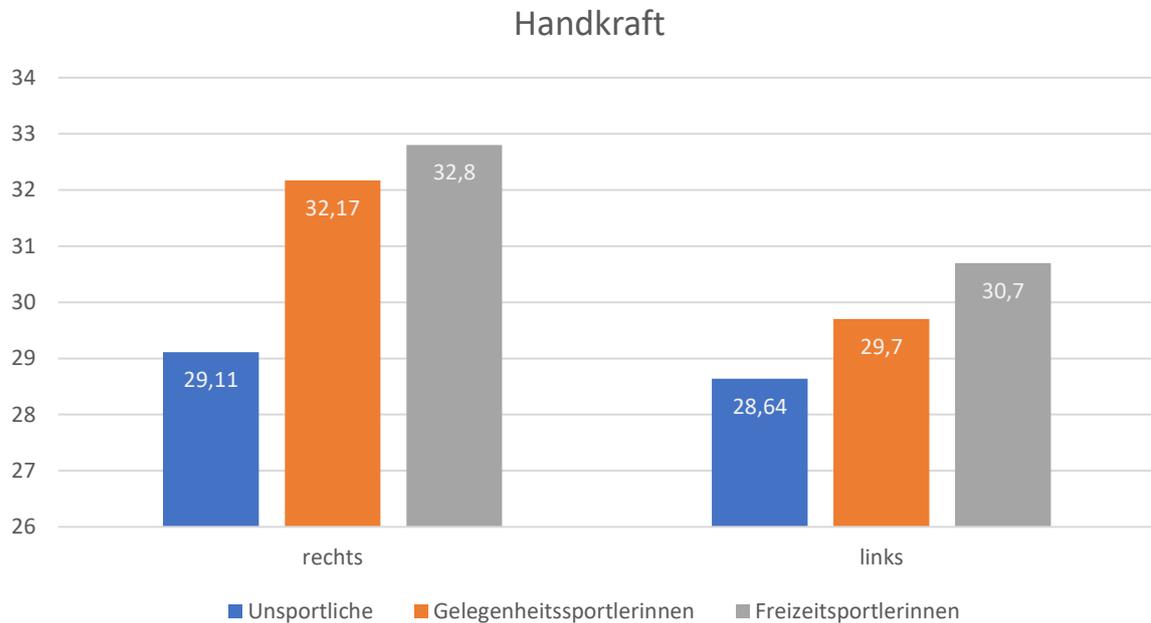
		Handkraft		Muskelmasse	Digit Ratio	
		rechts	links		rechts	links
„Unsportlichen“	$\bar{x}$	29,1	28,6	12,5	0,98	1,00
	SD	5,6	6,7	2,0	0,04	0,03
	min	22,1	19,0	10,9	0,92	0,96
	max	38,4	39,7	17,3	1,02	1,05
„Gelegenheits- sportlerinnen“	$\bar{x}$	32,2	29,7	12,1	0,98	1,00
	SD	4,1	3,9	0,7	0,04	0,38
	min	25,2	23,9	10,7	0,89	0,93
	max	43,8	37,8	13,5	1,07	1,10
„Freizeit- sportlerinnen“	$\bar{x}$	32,8	30,7	12,0	0,97	0,98
	SD	5,9	4,9	0,8	0,04	0,03
	min	22,2	24,2	10,9	0,89	0,92
	max	47,6	43,1	13,8	1,02	1,05
p-Wert zwischen Gruppen		,187	,548	,443	,575	,317

Tabelle 11 zeigt unter anderem, dass die Muskelmasse der Unsportlichen größer ist als die der Gelegenheitsportlerinnen und der Freizeitsportlerinnen. Auf den ersten Blick erscheint dieses Ergebnis unlogisch, allerdings muss bedacht werden, dass auch die Körpergröße der Freizeitsportlerinnen unter jener der Unsportlichen liegt und somit auch die Muskelmasse geringer ist.

Außerdem kann anhand von Tabelle 11 beobachtet werden, dass die Handkraft der rechten als auch der linken Hand mit steigender sportlicher Betätigung zunimmt. Auffallend ist, dass der Unterschied zwischen Unsportlichen und Gelegenheitsportlerinnen größer ist als der zwischen Gelegenheitsportlerinnen und Freizeitsportlerinnen. Dies gilt für die rechte als auch die linke Hand.

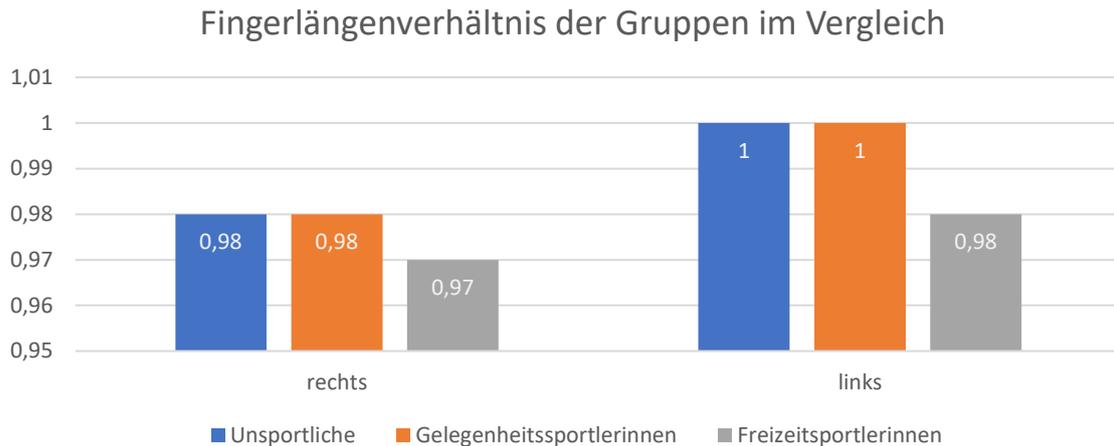
Abbildung 10 führt einerseits die mit steigender sportlichen Betätigung zunehmende Kraft vor Augen und zeigt andererseits deutlich, dass die rechte stärker als die linke Hand ist.

Letzteres war zu erwarten, da es sich laut Edinburgh Inventar zu 87,9 Prozent um Rechtshänder handelt.



*Abbildung 10: Durchschnittliche Handkraft je Gruppe*

Der Unterschied zwischen den durchschnittlichen Fingerlängenverhältnissen der Gruppen bleibt gering (vergleiche Abb. 11). Sowohl die Unsportlichen als auch die Gelegenheitsportlerinnen haben ein 2D:4D-Verhältnis von 0,98 rechts und 1,00 links. Das Fingerlängenverhältnis der Freizeitsportlerinnen ist beidseitig niedriger: Sie weisen ein durchschnittliches 2D:4D-Verhältnis von 0,97 rechts und 0,98 links auf. Das Ergebnis erweckt den Anschein, als wären die Freizeitsportlerinnen mehr pränatalem Testosteron ausgesetzt gewesen als die anderen Gruppen, allerdings ist der Unterschied nicht signifikant.



*Abbildung 11: Digit Ratio (Mittelwert) der Gruppen im Vergleich*

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die erfassten Gruppen in einigen Variablen unterscheiden:

1. Das Körpergewicht nimmt mit steigendem Aktivitätsgrad ab.
2. Die Fettmasse nimmt mit steigendem Aktivitätsgrad ab.
3. Die Fettprozent nehmen mit steigendem Aktivitätsgrad ab.
4. Das Körperwasser nimmt mit steigendem Aktivitätsgrad ab.
5. Die Handkraft nimmt beidhändig mit steigendem Aktivitätsgrad zu, wobei die rechte Hand bei allen Gruppen stärker ist als die linke.

Obwohl hinsichtlich dieser Variablen ein Trend zu beobachten ist, sind die Unterschiede zwischen den Unsportlichen, den Gelegenheitssportlerinnen und den Freizeitsportlerinnen nicht signifikant.

Bezüglich dieser fünf Variablen lässt sich außerdem beobachten, dass der Unterschied zwischen den Unsportlichen und den Gelegenheitssportlerinnen immer größer ist als jener zwischen den Gelegenheitssportlerinnen und den Freizeitsportlerinnen. Diese Beobachtung lässt vermuten, dass bereits wenig, aber regelmäßige sportliche Betätigung große Auswirkungen auf die Körperzusammensetzung und die Handkraft hat.

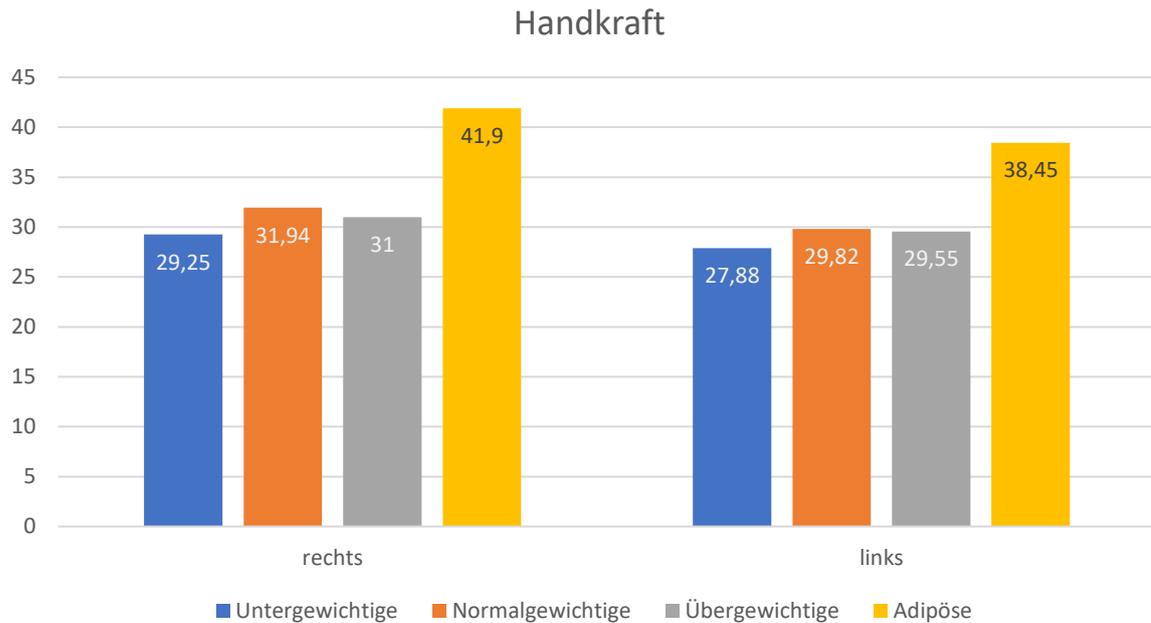
### 4.3. Vergleich der BMI-Klassen

Eine weitere Möglichkeit die Probandinnen aufzuschlüsseln stellen die BMI-Klassen dar (Vgl. Abb. 3, S.40).

Anhand von Tabelle 12 wird ersichtlich, dass die BMI-Klassen und die Parameter Fettmasse, Fettprozent und Muskelmasse auf dem Signifikanzniveau  $p \leq 0,01$  korrelieren und außerdem die rechte und linke Handkraft signifikant ( $p \leq 0,05$ ) positiv mit den BMI-Klassen korrelieren.

*Tabelle 12: Messwerte (KH, FM, F%, MM, HK re und li, 2D:4D-Verhältnis re und li) nach den vier BMI-Klassen, wobei alle signifikanten Korrelationen blau hinterlegt sind [dunkelblau  $\triangleq p \leq 0,01$ ; hellblau  $\triangleq p \leq 0,05$ ]*

		KH	FM	F%	MM	HK re	HK li	2D:4D re	2D:4D li
„Untergewichtige“	$\bar{x}$	165,1	6,8	13,7	11,3	29,3	27,9	0,96	0,98
	SD	5,0	3,0	5,6	0,4	4,9	4,1	0,05	0,04
„Normalgewichtige“	$\bar{x}$	168,5	15,3	24,8	12,0	31,9	29,8	0,98	0,99
	SD	7,2	5,4	5,5	0,7	4,7	4,4	0,03	0,03
„Übergewichtige“	$\bar{x}$	162,2	22,9	32,3	12,7	31,0	29,5	0,98	1,01
	SD	6,6	5,1	3,9	0,8	4,3	6,0	0,05	0,05
„Adiöse“	$\bar{x}$	169,8	51,3	46,0	15,6	41,9	38,5	0,99	0,99
	SD	13,8	21,8	6,9	2,5	8,1	2,6	0,04	0,02
p-Wert zwischen Gruppen		,188	,000	,000	,000	,020	,049	,629	,418



*Abbildung 12: Mittelwerte der Handkraft nach BMI-Klassen*

In Abbildung 12 werden die Unterschiede der Handkraft zwischen den BMI-Klassen deutlich erkennbar. Während die Untergewichtigen durchschnittlich am Schwächsten sind, sind die Adipösen am Stärksten. Die Mittelwerte der Handkraft von Normalgewichtigen und Übergewichtigen liegen nahe beieinander, wobei die Übergewichtigen ein wenig schwächer sind.

Außerdem kann Abbildung 12 entnommen werden, dass die linke Handkraft schwächer als die rechte ist. Dabei ist der Unterschied zwischen der rechten und linken Hand bei den adipösen Probandinnen am größten (durchschnittlich 3,42 kg) und bei den untergewichtigen Probandinnen am kleinsten (durchschnittlich 1,37 kg).

Der Vergleich der Fingerlängenverhältnisse zeigt, dass das durchschnittliche rechte 2D:4D-Verhältnis steigt, allerdings nicht signifikant. Auch das linke 2D:4D-Verhältnis steigt mit der BMI-Klasse ohne dabei signifikant zu sein.

## 4.4. Korrelationen

In diesem Kapitel werden die in der Analyse gefundenen Korrelationen zwischen den verschiedenen Parametern vorgestellt.

### 4.4.1. Handkraft

Die Spearman Korrelation zeigt, dass die rechte und die linke Handkraft positiv miteinander korrelieren. Das heißt, umso stärker die rechte Hand, desto stärker ist die linke Hand und umgekehrt.

Außerdem korreliert die Handkraft, der sowohl rechten als auch linken Hand, mit folgenden Parametern: Alter, Körpergewicht, Fettmasse, Fettprozent, Muskelmasse, Körperwasser und Body Mass Index.

Aus Tabelle 13 kann entnommen werden, dass die aufgezählten Variablen signifikant positiv korrelieren. Das Signifikanzniveau liegt bei den Parametern Handkraft links und Alter bei  $p \leq 0,05$ , bei allen anderen Korrelationen ist  $p \leq 0,01$ . Das bedeutet, dass der Zusammenhang von Handkraft und Alter im Vergleich zu den anderen Korrelationen am schwächsten (aber dennoch sehr stark) ist.

Tabelle 13: Signifikanz zwischen den erfassten Parametern und der Handkraft (rechts und links)

	Handkraft links		Handkraft rechts	
	N = 58		N = 58	
	p-Wert	rho	p-Wert	rho
HK li	.	.	,000	,746
HK re	,000	,746	.	.
2D:4D li	,235	,005	,326	,070
2D:4D re	,486	,097	,301	,060
Alter	,015	,284	,005	,333
KH	,320	,160	,116	,063
KG	,001	,386	,001	,390
FM	,003	,360	,002	,372
F%	,004	,347	,002	,367
MM	,001	,398	,005	,336
KW	,001	,404	,004	,345
BMI	,004	,343	,001	,392

#### 4.4.2. Fingerlängenverhältnis

Das rechte und linke 2D:4D-Verhältnis korrelieren positiv, bei einem Signifikanzlevel von  $p \leq 0,01$ . Während die Handkraft beidseitig jeweils mit denselben Parametern korreliert, zeigen sich bezüglich dem rechten und linken Fingerlängenverhältnis Unterschiede.

Tabelle 14: Signifikanz ( $p \leq 0,05$ ) zwischen den erfassten Parametern und dem 2D:4D-Verhältnis

	2D:4D links		2D:4D rechts	
	N = 58		N = 58	
	p-Wert	rho	p-Wert	rho
2D:4D li	.	.	0,000	,607
2D:4D re	0,000	,607	.	.
HK li	,235	,097	,486	,005
HK re	,326	,060	,301	,070
Alter	,492	-,003	,458	,014
KH	,050	,219	,158	,134
KG	,028	,252	,090	,178
FM	,041	,231	,049	,220
F%	,045	,224	,042	,229
MM	,029	,251	,226	,101
KW	,025	,259	,194	,115
BMI	,178	,123	,152	,138

Wie aus Tabelle 14 ersichtlich ist, korreliert das linke 2D:4D-Verhältnis mit deutlich mehr Parametern signifikant positiv als das rechte 2D:4D-Verhältnis.

Während das linke 2D:4D-Verhältnis mit allen Parametern der Körperzusammensetzung und der Körperhöhe in Zusammenhang steht, korreliert das rechte 2D:4D-Verhältnis lediglich mit der Fettmasse und der Fettprozent positiv. Das bedeutet, dass die linke Fingerlängenverhältnis signifikant positiv ( $p \leq 0,05$ ) mit der Muskelmasse der Probandinnen korreliert.

#### 4.4.3. Körperhöhe

Die Körperhöhe korreliert wie bereits erwähnt signifikant positiv ( $p \leq 0,05$ ) mit dem linken Fingerlängenverhältnis.

Außerdem steht sie mit dem Körpergewicht, der Fettmasse, dem Wert der Fettprozent, der Muskelmasse und dem Körperwasser in Zusammenhang. Die Körperhöhe korreliert also signifikant positiv ( $p \leq 0,01$ ) mit der Körperzusammensetzung.

Tabelle 15: Signifikanz zwischen den erfassten Parametern und der Körperhöhe

	HK li	HK re	2D:4D li	2D:4D re	Alter	KG	FM	F%	MM	KW	BMI
p-Wert	,116	,320	,050	,158	,054	,000	,001	,003	,000	,000	,356
KH rho	,160	,063	,219	,134	,213	,473	,402	,357	,568	,575	- ,050

#### 4.4.4. Körperzusammensetzung

Tabelle 16 zeigt, dass alle erhobenen Parameter der Körperzusammensetzung bei einem Signifikanzlevel von  $p \leq 0,01$  miteinander korrelieren. Auch der Body Mass Index korreliert signifikant mit der Körperzusammensetzung ( $p \leq 0,01$ ), da dieser von Körpergewicht und auch Körperhöhe abhängt.

Tabelle 16: Signifikanz zwischen den Parametern der Körperzusammensetzung ( $p \leq 0,01$ ), ergänzt um die Signifikanz der Körperhöhe und des BMI

		KG	FM	F%	MM	KW	KH	BMI
KG	p	.	,000	,000	,000	,000	,000	,000
	rho	.	,968	,935	,878	,880	,473	,819
FM	p	,000	.	,000	,000	,000	,001	,000
	rho	,968	.	,992	,749	,752	,402	,835
F%	p	,000	,000	.	,000	,000	,003	,000
	rho	,935	,992	.	,675	,680	,357	,830
MM	p	,000	,000	,000	.	,000	,000	,000
	rho	,878	,749	,675	.	,997	,568	,633
KW	p	,000	,000	,000	,000	.	,000	,000
	rho	,880	,752	,680	,997	.	,575	,634

## 5. Diskussion

Im letzten Kapitel der Arbeit sollen die Ergebnisse dieser Studie interpretiert und mit bisher veröffentlichten Arbeiten zu diesem Thema verknüpft werden. Außerdem soll auf Einschränkungen dieser Arbeit eingegangen und ein Ausblick auf weitere mögliche Studien zu den behandelten Themen gegeben werden.

Das Ziel der Studie war es, herauszufinden, ob Muskelmasse und Handkraft mit dem 2D:4D-Verhältnis von weiblichen Studierenden korrelieren. Den Hypothesen zufolge sollten Probandinnen mit mehr Muskelmasse und/oder mehr Handkraft ein kleineres Fingerlängenverhältnis haben. Das würde bedeuten, dass sie während ihrer pränatalen Entwicklung mehr Testosteron ausgesetzt waren, daher ein kleineres Fingerlängenverhältnis haben und dieses mit der Handkraft und/oder der Muskelmasse korreliert. Daher war die Ermittlung des Fingerlängenverhältnisses, der Handkraft und der Muskelmasse der Probandinnen ein Hauptbestandteil dieser Studie. Nicht minder wichtig war die Erhebung der sportbezogenen Daten mittels Fragebogen, da diese unter anderem dazu herangezogen wurden, die Probandinnen in Gruppen („unsportlich“, „Gelegenheitssportlerin“, „Freizeitsportlerin“) einzuteilen.

### 5.1. Hypothesen

**Hypothese 1:** Die Mehrheit der Probandinnen weist ein Fingerlängenverhältnis größer gleich 1 auf.

Die erste Hypothese, die besagt, dass die Mehrheit der Probandinnen ein 2D:4D-Verhältnis größer gleich 1 aufweist, kann nicht verifiziert werden. Die gesamte Stichprobe zeigt für das rechte Fingerlängenverhältnis einen Durchschnittswert von 0,98 und für das linke Fingerlängenverhältnis einen Durchschnittswert von 0,99.

Die Studie von Manning et al. (1998) hat zum Ergebnis, dass das durchschnittliche Fingerlängenverhältnis von Frauen bei 1,00 und bei Männern 0,98 liegt. Somit würde das rechte durchschnittliche Fingerlängenverhältnis der gesamten Stichprobe den Angaben, die Manning et al. (1998) für Männer machten, entsprechen. Das linke

Fingerlängenverhältnis entspricht laut Manning et al. (1998) weder dem 2D:4D-Verhältnis für Männer noch dem für Frauen, da es mit 0,99 genau zwischen jenen Werten liegt.

Vergleichswerte aus der österreichischen Bevölkerung zeigen, dass das 2D:4D-Verhältnis von Schülerinnen bei  $0,97 \pm 0,02$  (rechts) und  $0,96 \pm 0,04$  (links) liegt (Fink et al., 2006a). Des Weiteren weisen Fechterinnen ein Fingerlängenverhältnis von  $0,96 \pm 0,02$  (rechts) und  $0,96 \pm 0,03$  (links) auf (Voracek et al., 2006). Die besagten Referenzwerte für die österreichische Bevölkerung liegen somit auch unter jenen, die Manning et al. (1998) festmachten.

Da die Unterschiede zwischen jenen Probandinnen, die Sport betreiben und jenen, die keinen Sport betreiben, aber auch die Unterschiede zwischen den Unsportlichen, den Gelegenheitssportlerinnen und den Freizeitsportlerinnen hinsichtlich des Fingerlängenverhältnisses nicht signifikant waren, können die Ergebnisse an dieser Stelle vernachlässigt werden.

**Hypothese 2:** Probandinnen, die ein kleineres Fingerlängenverhältnis aufweisen, haben eine höhere Handkraft als Probandinnen mit größerem Fingerlängenverhältnis.

Die Hypothese, dass Probandinnen mit einem kleineren Fingerlängenverhältnis eine höhere Handkraft aufweisen als Probandinnen mit einem größeren Fingerlängenverhältnis, konnte nicht verifiziert werden. Die Auswertung hat keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem 2D:4D-Verhältnis und der rechten oder linken Handkraft gezeigt.

Das vorliegende Ergebnis unterstützt somit die Studie von Van Anders (2007), die 99 nicht hormonell verhütende Probandinnen untersuchte und ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen dem Fingerlängenverhältnis und der Handkraft feststellte. Auch eine neuere Studie (Hone & McCullough, 2012) kommt zu demselben Ergebnis.

Dass es aber auch eine Studie (Halil et al., 2013) gibt, die einen signifikant negativen Zusammenhang zwischen dem 2D:4D-Verhältnis und der Handkraft bei älteren Frauen (Alter:  $73,72 \pm 6,23$ ) gefunden hat, zeigt, dass die Ergebnisse zur besagten Korrelation widersprüchlich sind. Jedoch können die gefunden Unterschiede möglicherweise auf die verschiedenen Alterskohorten, die bei den jeweiligen Studien untersucht wurden, zurückgeführt werden.

**Hypothese 3:** Probandinnen, die ein kleineres Fingerlängenverhältnis aufweisen, haben eine größere Muskelmasse als Probandinnen mit größerem Fingerlängenverhältnis.

Die dritte Hypothese, dass Probandinnen mit einem kleineren Fingerlängenverhältnis eine höhere Muskelmasse aufweisen als jene Probandinnen, die ein größeres Fingerlängenverhältnis haben, konnte ebenfalls nicht verifiziert werden. Die Auswertung hat gezeigt, dass das rechte 2D:4D-Verhältnis nicht mit der Muskelmasse korreliert, während das linke Fingerlängenverhältnis signifikant positiv ( $p \leq 0,05$ ) mit der Muskelmasse korreliert. Das heißt, je größer das linke Fingerlängenverhältnis der Probandinnen, desto mehr Muskelmasse haben sie. Dieses Ergebnis ist überraschend, da Halil et al. (2013) zu dem Ergebnis kamen, dass das 2D:4D-Verhältnis und die Muskelmasse, die anhand der Parameter Wadenumfang und Skelettmuskelmasse gemessen wurde, in signifikant negativen Zusammenhang stehen. Demnach ist ihre Korrelation genau entgegengesetzt zu dieser Studie.

Zudem sollen auch Erkenntnisse Beachtung finden, die nicht direkt mit den Hypothesen dieser Studie in Verbindung stehen.

Die Handkraft ist ein wichtiger Parameter um auf die Muskelkraft der oberen Extremitäten eines Individuums zurückzuschließen und wird von mehreren Faktoren beeinflusst. Dazu gehören neben dem Geschlecht und dem Alter auch die Haltung, sowie anthropometrische Eigenschaften wie Fettprozent, BMI und die Handgröße (Chandrasekaran et al., 2010). Da in der vorliegenden Studie lediglich weibliche Studierende als Probandinnen herangezogen wurden, fällt der Aspekt des Geschlechts in der Diskussion weg.

Die Ergebnisse der Korrelationen ( $p \leq 0,01$ ) zwischen der Handkraft mit den Parametern Alter, Größe, Gewicht und BMI stimmen weitgehend mit den Ergebnissen von Chandrasekaran et al. (2010) überein. Lediglich die Korrelation zwischen Handkraft und Größe konnte in der aktuellen Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Tabelle 17 zeigt die Unterschiede zwischen den Studien.

Tabelle 17: Unterschiede zwischen den Korrelationen (rechte Handkraft VS Alter/KG/KH/BMI) aus einer Fremdmessung (Chandrasekaran et al., 2010, S.60) und der Eigenmessung

	Handkraft rechts			
	Fremdmessungen		Eigenmessungen	
	N = 114		N = 58	
	p-Wert	rho	p-Wert	rho
Alter	,000	0,44	,005	0,33
KG	,000	0,57	,001	0,40
KH	,000	0,57	,320	0,06
BMI	,000	0,29	,001	0,40

Ähnliche Korrelationskoeffizienten zwischen Handkraft und Körpergewicht ( $\rho = 0,48$ ;  $p \leq 0,001$ ) sowie Handkraft und BMI ( $\rho = 0,35$ ;  $p \leq 0,05$ ) fanden Bansode et al. (2014).

Darüber hinaus wurden in der vorliegenden Studie auch Korrelationen zwischen der Handkraft und anderen anthropometrischen Daten, wie der Fettmasse, den Fettprozent, der Muskelmasse und dem Körperwasser gefunden ( $p \leq 0,05$ ). Dieselben Korrelationen gelten auch für die linke Handkraft. Eine positive Korrelation zwischen den Fettprozent und der Handkraft fanden Lad et al. (2012) bei übergewichtigen Frauen. Sie schlussfolgerten daher, dass die Zunahme an Körperfett keinen nachteiligen Effekt auf die Handkraft normalgewichtiger oder übergewichtiger Frauen hat.

Mittels ANOVA wurden die Unterschiede zwischen den BMI-Klassen und weiteren Parametern auf ihre Signifikanz geprüft. Unter anderem wurde dabei festgestellt, dass die Handkraft positiv mit den BMI-Klassen korreliert ( $p \leq 0,05$ ). Der Effekt ist für die rechte Handkraft deutlicher als für die linke. Diesem Ergebnis steht jenes von Anupi & Marami (2015) gegenüber, die eine signifikant negative Korrelation zwischen dem BMI und der Handkraft bei übergewichtigen Frauen fanden. Sie führten dies einerseits auf das Übergewicht und andererseits auf die geringere körperliche Fitness zurück. In der besagten Studie wurde zwischen den übergewichtigen und den adipösen Probandinnen nicht unterschieden, somit wurden sie in einer Gruppe zusammengefasst. Werden die besagten BMI-Klassen dieser Studie ebenfalls zusammengefasst, so gab lediglich eine von acht

Probandinnen an, keinen Sport zu betreiben. Dass sieben der übergewichtigen Probandinnen angegeben haben, Sport zu betreiben, könnte erklären, warum es in der vorliegenden Studie eine positive Korrelation zwischen der Handkraft und den BMI-Klassen gibt. Diese Schlussfolgerung würde, solange einer sportlichen Betätigung nachgegangen wird, auch mit der oben genannten Studie (Lad et al., 2012) übereinstimmen, nach der Körperfett keinen nachteiligen Effekt auf die Handkraft von Frauen hat.

Massy-Westropp et al. (2011) stellten fest, dass der BMI und die Handkraft bei unter 30-jährigen und über 70-jährigen Frauen und Männern schwach positiv korrelieren, während die Korrelation zwischen diesen Altersgrenzen umgekehrt ist. Da die Probandinnen dieser Studie unter 30 Jahre alt sind, stimmen die Ergebnisse der Studien diesbezüglich überein. Eine weitere Studie (Talupuru et al., 2016) kommt zu dem Schluss, dass die Handkraft auch bei professionellen Cricketspielern mit steigendem BMI signifikant zunimmt.

Da sich der BMI aus Körperhöhe und Körpergewicht berechnen lässt, wird der Anteil an Fett- oder Muskelmasse nicht berücksichtigt. Mit steigendem BMI nimmt einerseits die Fettmasse zu, andererseits steigt aber auch die Muskelmasse. Das erklärt, dass bei sportlicher Betätigung, der die Probandinnen der höchsten BMI Kategorien größtenteils nachgegangen sind, auch die Muskelkraft zunimmt.

Aufgrund der Tatsache, dass die Handkraft von mehreren Faktoren beeinflusst wird, die nicht im Zuge dieser Arbeit erhoben wurden, wie zum Beispiel der Arm- oder Wadenumfang, oder die Handlänge und die Griffweite, können die Gründe für die zunehmende Handkraft auch anderen Parametern geschuldet sein.

Durchaus interessant war der Trend in der Körperzusammensetzung der Probandinnen, der mit steigendem Aktivitätsgrad zu beobachten war. Durchschnittlich nahmen Körpergewicht, Fettmasse, Fettprozent und Körperwasser mit steigendem Aktivitätsgrad ab, während die Handkraft durchschnittlich mit steigendem Aktivitätsgrad beidhändig zunahm. Diese Ergebnisse waren allerdings nicht signifikant.

Preto et al. (2016) fanden in ihrer Studie, die den Zusammenhang von sportlicher Betätigung, Muskelkraft und Körperzusammensetzung untersuchten, keinen klaren Zusammenhang zwischen körperlicher Betätigung und Gewicht, sowie BMI. Die

Muskelmasse nahm allerdings mit steigendem Aktivitätslevel signifikant zu, während die Fettmasse signifikant abnahm.

## 5.2. Conclusio

Die vorliegende Studie zeigt, dass es keinen Zusammenhang zwischen dem 2D:4D-Verhältnis und der Handkraft oder der Muskelmasse weiblicher Studierenden gibt.

Allerdings wurden signifikante Unterschiede in der Körperzusammensetzung (Fettmasse, Fettprozent und Muskelmasse) und der Handkraft der verschiedenen BMI-Klassen gefunden. Es kann geschlussfolgert werden, dass eine Zunahme an Fettmasse und Fettprozent nicht per se einen nachteiligen Effekt auf die Handkraft von normalgewichtigen und übergewichtigen Studentinnen hat, solange diese einer sportlichen Betätigung nachgehen und somit auch die Muskelmasse hoch ist.

Hinsichtlich des 2D:4D-Verhältnisses unterschieden sich die BMI-Klassen nicht signifikant. Daher ist anzunehmen, dass alle Probandinnen, unabhängig von der Zugehörigkeit einer BMI-Klasse, einem ähnlichen pränatalen Hormonzustand ausgesetzt waren.

## 5.3. Limitierungen der Studie

Die Studie untersucht weibliche Studierende im Alter von 18 bis 29 Jahren. Da die Datenerhebung während des Semesterbetriebs (und nicht während der Prüfungszeit) immer im selben Gebäude erfolgte, ist anzunehmen, dass die Probandinnen aus den Studienrichtungen Biologie oder Pharmazie kommen, obwohl die Daten dazu nicht erhoben wurden. Die Stichprobe ist daher keine repräsentative für Wiener Studierende und repräsentiert nicht die österreichische Bevölkerung im Alter zwischen 18 und 30 Jahren.

Außerdem war die Stichprobengröße zu klein gewählt, da die einzelnen Gruppen, die im Zuge dieser Arbeit miteinander verglichen wurden, nicht annähernd gleich groß und daher schlecht zu vergleichen waren.

Im Zuge der Datenerhebung wurde des Weiteren ersichtlich, dass das Layout bei der Frage „Betreiben Sie Sport?“ und den dazu gehörigen Antwortmöglichkeiten (Sportarten, Sportfrequenz und Dauer der Sportausübung) zu unübersichtlich war und bei den Probandinnen teilweise Fragen aufgeworfen hat. Da die Probandinnen die Möglichkeit hatten, bei der Studienleitung nachzufragen, stellte dieses hier attestierte Manko keine große Einschränkung dar, kann aber durch Abänderung der Formulierungen für kommende Studien möglicherweise verbessert werden.

#### 5.4. Ausblick auf weitere Forschungsschwerpunkte

Die Erkenntnisse dieser Studie lassen tiefergehende und/oder andere Forschungsinteressen aufkommen, die in späteren Studien untersucht werden könnten.

Da die Korrelation zwischen den BMI-Klassen und der Handkraft für die kleine Stichprobe signifikant ist, sollte die Studie mit einer größeren Stichprobe wiederholt werden, in der die einzelnen BMI-Klassen in etwa gleich groß sind. Auch könnten zukünftige Studien ein breiteres Spektrum an Probandinnen heranziehen, das die weiblichen Wiener Studierenden besser widerspiegelt. Das könnte erreicht werden, indem auch an anderen Universitätsstandorten erhoben wird, dann sollte aber zusätzlich die Studienrichtung erfragt werden. Darüber hinaus könnten nicht nur weibliche Studierende, sondern auch männliche Studierende herangezogen werden um die Unterschiede in der Handkraft zwischen den Geschlechtern zu analysieren.

Überdies könnten in einer groß angelegten Studie die Studierenden mit der Gesamtbevölkerung verglichen werden, wobei allerdings auf ein Geschlecht limitiert werden sollte.

Wird das 2D:4D-Verhältnis außen vor gelassen, könnten in einer weiteren Studie neben der Handkraft auch andere Parameter, die die Handkraft beeinflussten, untersucht werden. Dazu zählen die Griffweite und Handlänge, aber auch der Armumfang. Gleichzeitig könnte zusätzlich die Handkraftausdauer untersucht werden.

Das Forschungsinteresse einer neu angelegten Studie könnte auch auf den Trend in der Körperzusammensetzung gelenkt werden, der sich im Vergleich von unsportlichen,

Gelegenheitssportlerinnen und Freizeitsportlerinnen gezeigt hat. Um die Studie mit internationalen Studien vergleichen zu können, könnte der Global Physical Activity Questionnaire der WHO zur Erhebung der sportlichen Betätigung herangezogen werden.

Da die Studie teilweise existierende Theorien zum 2D:4D-Verhältnis bestätigt, wäre es interessant, eine größere Stichprobe zu erheben und zusätzlich auch männliche Studierende einzubeziehen, da bei Männern in Hinblick auf die Handkraft ein anderes Ergebnis zu erwarten wäre (Hone & McCullough, 2012).

## Literaturverzeichnis

- ANUPI, D., MARAMI, D. (2015). Correlation between Body Mass Index and Handgrip Strength and Handgrip Endurance among Young Healthy Adults. *Journal of Evidence based Medicine and Healthcare*, 2 (27), 3995-4001
- BAKER, F. (1888). Anthropological notes on the human hand. *American Anthropologist*, 1, 51-76
- BANSODE, D.G., BORSE, L.J., YADAV, R.D. (2014). Study of correlation between Dominant Hand's Grip Strength and some Physical Factors in Adult Males and Females. *International Journal of Pharma Research and Health Sciences*, 2 (4), 316-323
- BEATEN, A.A., RUDLING, N., KISSLING, C., TAURINES, R., THOME, J. (2011). Digit ratio (2D:4D), salivary testosterone, and handedness. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 16 (2), 136-155
- BJORNTROP, P. (1997). Body fat distribution, insulin resistance, and metabolic diseases. *Nutrition*, 13 (9), 795-803
- BROWN, W.M., HINES, M., FANE, B.A., BREEDLOVE, S.M. (2002). Masculinized Finger Length Patterns in Human Males and Females with Congenital Adrenal Hyperplasia. *Hormones and Behavior*, 42 (4), 380-386
- CATTRALL, F.R., COLLENHOVEN, B.J., WESTON, G.C. (2005). Anatomical evidence for in utero androgen exposure in women with polycystic ovary syndrome. *Fertility and Sterility*, 84 (6), 1689-1692
- CHANDRASEKARAN, B., GHOSH, A., PRASAD, C., KRISHNAN, K., CHANDRASHARAM, B. (2010). Age and Anthropometric Traits Predict Handgrip Strength in Healthy Normals. *Journal of Hand and Microsurgery*, 2 (2), 58-61
- COAST, J.R., BLEVINS, J.S., WILSON, B.A. (2004). Do gender differences in running performance disappear with distance? *Canadian Journal of Applied Physiology*, 29 (2), 160
- ECKER, A. (1875): Einige Bemerkungen über einen schwankenden Charakter in der Hand des Menschen. *Archiv für Anthropologie*, 8, 67-75
- ELMADFA, I. (2004). Ernährungslehre. (Stuttgart, Eugen Ulmer Verlag)

- EVENS, D.J., HOFFMANN, R.G., KALKHOFF, R.K., KISSABAH, A.H. (1983). Relationship of androgenic activity to body fat topography, fat cell morphology and metabolic aberration in premenopausal women. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 57 (2), 304-310
- FINK, B., MANNING, J.T., NEAVE, N., TAN, U. (2004). Second to fourth digit ratio and hand skill in Austrian children. *Biological Psychology*, 67 (3), 375-384
- FINK, B., MANNING, J.T., WILLIAMS, J.H.G., PODMORE-NAPPIN, C. (2006a). The 2<sup>nd</sup> to 4<sup>th</sup> digit ratio and developmental psychopathology in school-aged children. *Personality and Individual Differences*, 42 (2), 369-379
- FINK, B., NEAVE, N., MANNING, J.T. (2003). Second to fourth digit ratio, body mass index, waist-to-hip ratio, and waist-to-chest ratio: their relationships in heterosexual men and women. *Annals of Human Biology*, 30 (6), 728-738
- FINK, B., THANZAMI, V., SEYDEL, H., MANNING, J.T. (2006b). Digit Ratio and Hand-Grip Strength in German and Mizos Men: Cross-Cultural Evidence for an Organizing Effect of Prenatal Testosterone on Strength. *American Journal of Human Biology*, 18 (2), 776-782
- FORBES, G.B. (1987). Human Body Composition. Growth, Aging, Nutrition, and Activity (New York: Springer-Verlag)
- FOSTER K.R., LUKASKI, H.C. (1996). Whole-body impedance - what does it measure? *American Journal of Clinical Nutrition* 64 (3), 388-396
- GALLUP, A.C., WHITE, D.D., GALLUP JR., G.G. (2007). Handgrip strength predicts sexual behavior, body morphology, and aggression in male college students. *Evolution and Human Behavior*, 28 (6), 423-429
- GIAMPAOLI, S., FERRUCCI, L, CECHI, F., LO NOCE, C., POCE, A., DIMA, F., SANTAQUILANI, A., VESCIO, M.F., MENOTTI, A. (1999). Handgrip strength predicts incident disability in non-disabled older men. *Age and Aging*, 28 (3), 283-288
- HALIL, M., GUREL, E.I., KUYUMCU, M.E., KARASMAILOGLU, S., YESIL, Y., OZTURK, Z.A., YAVUZ, B.B., CANKURTARAN, M., ARIOGUL, S. (2013). Digit (2D:4D) ratio is associated with muscle mass (MM) and strength (MS) in older adults: Possible effect of in utero androgen exposure. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 56 (2), 358-363

- HELGERUD, J. (1994). Maximal oxygen uptake, anaerobic threshold and running economy in women and men with similar performances level in marathons. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 68 (2), 155-161
- HERAULT, Y., FRADEAU, N., ZÁKÁNY, J., DUBOULE, D. (1997). Ulnaless (Ul), a regulatory mutation inducing both loss-of-function and gain-of-function of posterior Hoxd genes. *Development*, 124 (18), 3493-3500
- HONE, L.S.E., MCCULLOUGH, M.E. (2012). 2D:4D ratios predict hand grip strength (but not hand grip endurance) in men (but not in women). *Evolution and Human Behavior*, 33 (6), 780-789
- HÖNEKOPP, J., MANNING, J.T., MÜLLER, C. (2006). Digit ratio (2D:4D) and physical fitness in males and females: Evidence for effects of prenatal androgens on sexually selected traits. *Hormones and Behavior*, 49(4), 545-549
- KALLAI, J., CSATHÓ, A., KÖVÉR, F., MAKÁNY, T., NEMES, J., HORVÁTH, K., KOVÁCS, N., MANNING, J.T., NADEL, L., NAGY, F. (2005). MRI-assessed volume of left and right hippocampi in females correlates with the relative length of the second and fourth fingers (the 2D:4D ratio). *Psychiatry research*, 140 (2), 199-210
- KONDO, T., ZÁKÁNY, J., INNIS, J.W., DUBOULE, D. (1997). Of fingers, toes and penises. *Nature*, 390 (6655), 29
- LAD, U.P., SATYANARAYANA, C.C., SIRI, S., PRATNA KUMARI, S., SHISODE-LAD, S. (2013). A study on the correlation between the Body Mass Index (BMI), the body fat percentage, the handgrip strength and the handgrip endurance in underweight, normal weight and overweight adolescents. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 7 (1), 51-54
- LONGMAN, D., STOCK, J.T., WELLS, J.C.K. (2011). Digit ratio (2D:4D) and rowing ergometer performance in males and females. *American Journal of Physical Anthropology*, 144 (3), 337-341
- LUTCHMAYA, S., BARON-COHEN, S., RAGGATT, P., KNICKMEYER, R., MANNING, J.T. (2004). 2<sup>nd</sup> to 4<sup>th</sup> digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Human Development*, 77 (1), 23-28

MANNING, J.T. (2002). *Digit Ratio: a Pointer to Fertility, Behaviour and Health (New Jersey: Rutgers University Press)*

MANNING, J.T., BARON-COHEN, S., WHEELWRIGHT, S., SANDERS, G. (2001). The 2nd to 4<sup>th</sup> digit ratio and autism. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 43 (3), 160-164.

MANNING, J.T., BUNDRED, P.E., NEWTON, D.J., FLANAGAN, B.F. (2003a). The second to fourth digit ratio and variation in the androgen receptor gene. *Evolution and Human Behavior*, 24 (6), 399-405

MANNING, J.T., CHURCHILL, A.J.G., PETERS, M. (2007a). The Effects of Sex, Ethnicity, and Sexual Orientation on Self-Measured Digit Ratio (2D:4D). *Archives of Sexual Behavior*, 36 (2), 223-233

MANNING, J.T., FINK, B. (2008). Digit Ratio (2D:4D), Dominance, Reproductive Success, Asymmetry, and Sociosexuality in the BBC Internet Study. *American Journal of Human Biology*, 20 (4), 451-461

MANNING, J.T., FINK, B., NEAVE, N., CASWELL, N. (2005). Photocopies yield lower digit ratios (2D:4D) than direct finger measurements. *Archives of Sexual Behavior*, 34 (3), 329-333

MANNING, J.T., HENZI, P., VENKATRAMANA, P., MARTIN, S., SINGH, D. (2003b). Second to fourth digit ratio: ethnic differences and family size in English, Indian and South African populations. *Annals of Human Biology*, 30 (5), 579-588

MANNING, J.T., KILDUFF, L., COOK, C., CREWETHER, B., FINK, B. (2014) Digit Ratio (2D:4D): A Biomarker for prenatal sex steroids and adult sex steroids in challenge situations. *Frontiers in Endocrinology*, 5, 9

MANNING, J.T., MORRIS, L., CASWELL, N. (2007b). Endurance Running and Digit Ratio (2D:4D): Implications for Fetal Testosterone Effects on Running Speed and Vascular Health. *American Journal of Human Biology*, 19 (3), 416-421

MANNING, J.T., ROBINSON, S. J. (2003c). 2nd to 4th digit ratio and a universal mean for prenatal testosterone in homosexual men. *Medical Hypotheses*, 61 (2), 303-306

MANNING, J.T., SCUTT, D., WILSON, J., LEWIS-JONES, D.I. (1998). The ratio of 2<sup>nd</sup> to 4<sup>th</sup> digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, lutenizing hormone and oestogen. *Human Reproduction*, 13 (11), 3000-3004

MANNING, J.T., STEWART, A., BUNDRED, P.E., TRIVERS, R.L. (2004). Sex and ethnic differences in 2<sup>nd</sup> to 4<sup>th</sup> digit ratio of children. *Early Human Development*, 80 (2), 161-168

MANNING, J.T., TAYLOR, R.P. (2001). Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*, 22 (1), 61-69

MASSY-WESTTROPP, N.M., GILL, T.K., TAYLOR, A.W., BOHANNON, R.W., HILL, C.L. (2011). Hand Grip Strength: age and gender stratified normative data in a population-based study. *BMC Research Notes*, 4, 127

MATHIOWETZ, V., KASHMAN, N., VOLLAND, G., WEBER, K., DOWE, M., ROGERS, S. (1985). Grip and pinch strength: Normative data for adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 66, 69-74

MCINTYRE, M.H., ELLISON, P.T., LIEBERMAN, D.E., DEMERATH, E., TOWNE, B. (2005). The development of sex differences in digital formula from infancy in the Fels Longitudinal Study. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271 (1571), 1473-1479

MEINDL, K., WINDHAGER, S., WALLNER, B., SCHÄFER, K. (2012). Second-to-fourth digit ratio and facial shape in boys: the lower the digit ratio, the more robust the face. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270 (1529), 2167-2172

MIGEON, C.J., WISNIEWSKI, A. (1998). Sexual differentiation: From genes to gender. *Hormone Research*, 50 (5), 245-251

MORTLOCK, D.P., INNIS, J.W. (1997). Mutation of HOXA13 in hand-foot-genital syndrome. *Nature Genetics*, 15 (2), 179

MOSKOWITZ, D.S., SUTTON, R., ZUROFF, D., YOUNG, S.N. (2015). Fetal exposure to androgens, as indicated by digit ratios (2D:4D), increases men's agreeableness with women. *Personality and Individual Differences*, 75, 97-101

MULLER, D.C., BAGLIETTO, L., MANNING, J.T., MCLEAN, C., HOPPER, J.L., ENGLISH, D.R., GILES, G.G., SEVERI, G. (2012). Second to fourth digit ratio (2D:4D), breast cancer risk

- factors, and breast cancer risk: a prospective cohort study. *British Journal of Cancer*, 107 (9), 1631-1636
- NEAVE, N., LAING, S., FINK, B., MANNING, J.T. (2003). Second to fourth digit ratio, testosterone and perceived male dominance. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270 (1529), 2167- 2172.
- NELSON, T.L., VOGLER, G.P., PEDERSON, N.L., MILES, T.P. (1999). Genetic and environmental influences on waist-to-hip ratio and waist circumference in an older Swedish twin population. *International Journal of Obesity*, 23 (5), 449-455
- NICOLAY, C.W., WALKER, A.L. (2005). Grip strength and endurance: Influences of anthropometric variation, hand dominance, and gender. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35 (7), 605-618
- ÖKTEN, A., MUKADDES, K., NILGÜN, Y. (2002). The ratio of second- and fourth-digit lengths and congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency. *Early Human Development*, 70 (1), 47-54
- OLDFIELD, R.C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh Inventory. *Neuropsychologia*, 9, 97-113
- PAUL, S.N., KATO, B.S. HUNKIN, J.L. VIVEKANANDAN, S., SPECTOR, T.D. (2006). The Big Finger: the second to fourth digit ratio is a predictor of sporting ability in women. *British Journal of Sports Medicine*, 40 (12), 981-983
- PEICHEL, C.L., PRABHAKARAN, B., VOGT, T.F. (1997). The mouse *Ulnaless* mutation deregulates posterior *HoxD* gene expression and alters appendicular patterning. *Development*, 124 (18), 3481-3492
- PETERS, M., MACKENZIE, K., BRYDEN, P. (2002a). Finger length and distal finger extent patterns in humans. *American Journal of Physical Anthropology*, 117 (3), 209-217
- PETERS, M., TAN, U., KANG, Y., TEIXEIRA, L., MANDAL, M. (2002b). Sex-specific finger-length patterns linked to behavioral variables: consistency across various human populations. *Perceptual and Motor Skills*, 94 (1), 171-181

- PETERSEN, P., PETRICK, M., CONNOR, H., CONKLIN, D. (1989). Grip strength and hand dominance: Challenging the 10% rule. *American Journal of Occupational Therapy*, 43 (7), 444-447
- PHELPS, V.R. (1952). Relative index finger length as a sex-influenced trait in man. *American Journal of Human Genetics*, 4 (2), 72-89
- PIRLICH, M., NORMAN, K. (2010). Bestimmung der Körperzusammensetzung. In: Biesalski, H.K., Bischoff, S.C., Puchstein, C. Ernährungsmethodik (Stuttgart: Georg Thieme Verlag)
- POKRYWKA, L., RACHON, D., SUCHECKA-RACHON, K., BITEL L. (2005). The second to fourth digit ratio in elite and non-elite female athletes. *American Journal of Human Biology*, 17 (6), 796-800
- PRETO, L., NOVO, A., MENDES, M. (2016). Relationship between physical activity, muscle strength and body composition in a sample of nursing students. *Revista de Enfermagem Referência*, 4 (11), 81-89
- PUTZ, D. A., GAULIN, S. J. C., SPORTER, R. J., MCBURNEY, D. H. (2004). Sex hormones and finger length – What does 2D:4D indicate? *Evolution and Human Behavior*, 25 (3), 182-199
- SCHINDLER, K., LUDVIK, B. (2004). Methodische und praktische Aspekte der Bestimmung der Körperzusammensetzung. *Medizinische Wochenschau*, 154 (13), 305-312
- SHOUP, M.L., GALLUP JR., G.G. (2007). Male facial attractiveness predicts body morphology and strength: Additional evidence. *Paper presented at the meeting of the Human Behavior and Evolution Society, Williamsburg, Virginia.*
- TALUPURU, P.K., KULANDAIVELAN, S., HARIPRIYA, U. V., SINGH, V. (2016). Effect of BMI on hand grip strength in elite cricket players. *International Journal of Physiotherapy and Research*, 4 (5), 1696-1700
- TRIVERS, R., MANNING, J.T., JACOBSON, A. (2006) A longitudinal study of digit ratio (2D:4D) and other finger ratios in Jamaican children. *Hormones and Behavior*, 49 (2), 150-156
- VAILLANCOURT, K. L., DINSDALE, N.D., HURD, P.L. (2012). Estrogen Receptor 1 Promotor Polymorphism and Digit Ratio in Men. *American Journal of Human Biology*, 24 (5), 682-688

- VAN ANDERS, S.M. (2007). Grip strength and digit ratios are not correlated in women. *American Journal of Human Biology*, 19 (3), 437-439
- VAN ANDERS, S.M., VERNON, S.M., WILBUR, C.J. (2006). Finger length ratios show evidence of prenatal hormone transfer between opposite-sex twins. *Hormones and Behavior*, 49 (3), 315-319
- VAN DER MEIJ, L., ALMELA, M., BUUNK, A.P., DUBBS, S., SALVADOR, A. (2013). 2D:4D in Men is Related to Aggressive Dominance but Not to Sociable Dominance. *Aggressive Behavior*, 39 (2), 88-89
- VESPA, J., WATSON, I. (1995). Who are the nutritionally vulnerable in Bosnia Hercegovnia? *British Medical Journal*, 311 (7006), 652
- VORACEK, M., DRESSLER, S.G. (2007). Digit ratio (2D:4D) in twins: heritability estimates and evidence for a masculinized trait expression in women from opposite-sex pairs. *Psychological Reports*, 100 (1), 115-126
- VORACEK, M., REIMER, B., ERTL, C., DRESSLER, S.G. (2006). Digit Ratio (2D:4D), Lateral Preferences, and Performance in Fencing. *Perceptual and Motor Skills*, 103 (2), 428-446
- VORACEK, M., TRAN, U.S., DRESSLER, S.G. (2010). Digit ratio (2D:4D) and sensation seeking: New data and meta-analysis. *Personality and Individual Differences*, 48 (1), 72-77
- XIAO, G., LEI, L., DEMPSEY, P.G., LU, B., LIANG, Y. (2005). Isometric muscle strength and anthropometric characteristics of a Chinese sample. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35 (7), 674-679
- ZHAO, D., LI, B., YU, K., ZHENG, L. (2012). Digit Ratio (2D:4D) and Handgrip Strength in Subjects of Han Ethnicity: Impact of Sex and Age. *American Journal of Physical Anthropology*, 149 (2), 266-271
- ZHENG, Z., COHN, M. J. (2011). Developmental basis of sexually dimorphic digit ratio. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 108 (39), 16289-16294

## Anhang

Liste der erhobenen Sportarten und der erstellten Kategorien

		Sport 1	Sport 2	Sport 3
Aerobic			2	
Agility		1		
Basketball		1		
Crossfit		1		
Discgolf			1	
Fitnessstudio		7	1	3
Geräteturnen		1		
Kampfsport	Boxen	2		
	Karate	1		
	Teakwondo	1	1	
Klettern		2	1	
Krafttraining		2		
Kunstturnen		1		
Laufen		8	5	
Longboard		1		
Pilates		1		1
Radsport	normal	2	3	1
	Mountainbike		1	
Reiten		2		
Schwimmen			1	
Skaten			1	
Skifahren			1	
Tanzsport	Ballett			1
	Hip-Hop	1		
	Standardtanz	1		
	Tanz	2	2	
Tennis		2	1	

Volleyball		1		1
Walken	Walken	1		
	Spazieren		1	
Wandern		2	1	1
Yoga	Yoga	2	3	1
	Ashtanga Yoga	1		
Gesamt		47	25	9

Liebe Teilnehmerinnen!

Danke, dass Sie sich Zeit nehmen, an dieser Studie teilzunehmen. Im Zuge meiner Diplomarbeit führe ich eine Studie zum Zusammenhang von „2D:4D, Muskelkraft und Muskelmasse“ durch. Dafür bitte ich Sie den folgenden Fragebogen wahrheitsgetreu zu beantworten. Alle angegebenen Daten werden anonymisiert für rein wissenschaftliche Zwecke im Rahmen der Diplomarbeit verwendet und nicht an Dritte weitergegeben.

Wenn Interesse am Studienausgang besteht, erhalten Sie nach Abschluss der Diplomarbeit weiterführende Informationen. Hierfür bitte ich Sie Ihre Emailadresse anzugeben:

.....

## Datenerhebungsblatt

### Fragen zur Person

1) Alter: .....

2) Was ist das Herkunftsland Ihrer leiblichen Eltern? Mutter: .....

Vater: .....

### Allgemeine Anamnese

3) Verhüten Sie hormonell?  nein  ja

wenn ja, womit .....

4) Hatten Sie jemals einen Bruch an folgenden Knochen?

	nein	rechts	links	beide	Wann
Ringfinger					
Zeigefinger					
Handgelenk					
Unterarm					
Oberarm					

5) Leiden oder litten Sie an Erkrankungen, die Hände und/oder Arme betreffen (z.B. Rheuma, Gicht, Arthritis)?  nein  ja

wenn ja, welche

.....

6) Leiden Sie unter Erkrankungen des Bewegungsapparates?

- nein  ja

wenn ja, welche

.....

7) Leiden Sie unter einer chronischen Erkrankung, die zu Bewegungsstörungen führt?

- nein  ja

wenn ja, welche

.....

## Fragen zum Sportverhalten

8) Kreuzen Sie bitte an, wie Sie sich persönlich einschätzen würden:

- unsportlich  Gelegenheitssportlerin  Freizeitsportlerin  Leistungssportlerin

9) Betreiben Sie Sport?  ja  nein

wenn ja, welchen Sport				
wenn ja, seit wann				
wenn ja, wie häufig	< als 2x die Woche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	2x - 4x die Woche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	> als 5x die Woche	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## Edinburgh-Inventar

Kreuzen Sie bitte an mit welcher Hand Sie folgende Tätigkeiten durchführen:

	immer rechts	meist rechts	keine Präferenz	meist links	immer links
Werfen	<input type="checkbox"/>				
Schreiben	<input type="checkbox"/>				
Zahnbürste	<input type="checkbox"/>				
Schere	<input type="checkbox"/>				
Löffel	<input type="checkbox"/>				
Messer (ohne Gabel)	<input type="checkbox"/>				
Streichholz	<input type="checkbox"/>				
Computer Maus	<input type="checkbox"/>				

## Analysebogen (nicht von der Probandin auszufüllen)

re Zeigefinger:	1. Messung	2. Messung
re Ringfinger:	1. Messung	2. Messung
li Zeigefinger:	1. Messung	2. Messung
li Ringfinger:	1. Messung	2. Messung
Handkraft, rechts:		
Handkraft, links:		
Körperhöhe:		Körpergewicht:
Fettmasse:		Fett%:
Muskelmasse:		Körperwasser: