



universität
wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

„Direktionale Asymmetrien bei Awaren aus der
Csokorgasse, 1110 Wien“

verfasst von / submitted by

Johanna Treffner BSc

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

Master of Science (MSc)

Wien, 2018 / Vienna 2018

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

A 066 827

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

Masterstudium Anthropologie

Betreut von / Supervisor:

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

Danksagung

Besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Betreuerin Univ.-Prof. MMag. Dr. Sylvia Kirchengast, die mich in den letzten Monaten meiner Arbeit begleitet hat und mir stets mit ihrer kompetenten Betreuung und Unterstützung geholfen hat, diese Arbeit zu verfassen.

Ein großer Dank gilt auch meiner Familie, besonders meinen Eltern, die mich im Laufe meines Studiums immer unterstützt haben, sei es finanziell aber auch mit guten Ratschlägen, Ermutigungen sowie den Glauben an mich und einen erfolgreichen Abschluss meines Studiums.

Weiters möchte ich mich bei all meinen Freunden und Studienkollegen, die zu Freunden geworden sind, recht herzlich für ihre Unterstützung, Ratschläge und Ablenkung bedanken.

Ohne diese Menschen wäre ein Abschluss meines Studiums wohl nicht möglich gewesen.

Danke von ganzem Herzen!

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	8
2	Direktionale Asymmetrien	11
2.1	Knochenentwicklung	11
2.2	Knochenumbau	13
2.3	Vorkommen von direktionalen Asymmetrien	14
2.3.1	Ursachen Händigkeit.....	15
2.3.2	Ursachen Füßigkeit	15
2.4	Füßigkeit	16
2.5	Kontralateralität	16
2.6	Asymmetrien in Längen- und Breitenmaßen.....	17
2.7	Direktionale Asymmetrien im Altersvergleich.....	18
2.8	Direktionale Asymmetrien im Geschlechtervergleich	18
2.9	Ausnahme Clavicula.....	19
3	Die Awaren.....	20
3.1	Geschichtlicher Überblick	20
3.2	Lebensweise.....	21
4	Hypothesen	22
4.1	Haupthypothese 1 – Direktionale Asymmetrien	22
4.2	Haupthypothese 2 – Altersunterschiede	22
4.3	Haupthypothese 3 – Geschlechterunterschiede	22
5	Material und Methoden	23
5.1	Stichprobe	23
5.2	Osteometrie.....	25
5.3	Direktionale Asymmetrie	37
5.4	Arm- und Beinlänge	37
5.5	Statistische Auswertung	37
6	Ergebnisse.....	38

6.1	Osteometrie.....	38
6.1.1	Femur	38
6.1.2	Tibia	39
6.1.3	Calcaneus	40
6.1.4	Clavicula	40
6.1.5	Radius	41
6.1.6	Ulna.....	43
6.1.7	Humerus.....	44
6.2	Direktionale Asymmetrien	45
6.2.1	Femur	45
6.2.2	Tibia	47
6.2.3	Calcaneus	48
6.2.4	Clavicula	49
6.2.5	Radius	51
6.2.6	Ulna.....	52
6.2.7	Humerus.....	54
6.3	Arm- und Beinlänge	55
6.4	Altersvergleich.....	56
6.4.1	Femur	56
6.4.2	Tibia	57
6.4.3	Calcaneus	57
6.4.4	Clavicula	58
6.4.5	Radius	59
6.4.6	Ulna.....	60
6.4.7	Humerus.....	61
7	Diskussion	62
7.1	Haupthypothese 1 – Direktionale Asymmetrien	62
7.2	Haupthypothese 2 – Altersunterschied	65

7.3	Hauptthese 3 – Geschlechterunterschied	66
8	Schlussfolgerung und Ausblick	68
9	Literatur	69
10	Tabellenverzeichnis	73
11	Abbildungsverzeichnis	75
12	Zusammenfassung	76
13	Abstract.....	77

1 Einleitung

Die Mehrzahl der Organe sind im Körper des *Homo sapiens*, bilateral symmetrisch angeordnet. Als Ausnahmen wären z.B Herz oder Leber anzuführen. Als bilateral symmetrisch gilt ein Organismus dann, wenn sein Körper in zwei spiegelbildlich gleiche Hälften geteilt werden kann. Obwohl dieser symmetrische Aufbau genetisch determiniert ist, können zwischen den paarig angelegten Strukturen kleine Unterschiede auftreten. Diese kleinen Unterschiede wurden von Leigh van Valen (1962) als „fluktuierende Asymmetrie“ bezeichnet. Durch diese kleinen Abweichungen von der bilateralen Symmetrie, bekommt jedes Individuum die Fähigkeit, genetische oder durch die Umwelt injizierte Einwirkungen auszugleichen (van Valen, 1962). Bei einer stabilen Umwelt fallen diese Abweichungen sehr gering aus, jedoch werden sie bei stressreichen Ereignissen und Umweltinstabilität bedeutender (Palmer & Strobeck, 1986; Thornhill & Moller, 1998). Konsequenterweise werden fluktuierende Asymmetrien daher als Indikator für Entwicklungsinstabilitäten interpretiert.

Durch verminderte oder vermehrte Belastung können Asymmetrien auch vom Individuum selbst und ohne genetische oder Umwelteinflüsse hervorgerufen werden (Mays, 2002; Waidhofer, 2013). Dadurch kommt es zu deutlichen Abweichungen der Symmetrie, wie zum Beispiel eine Verbreiterung, Verlängerung oder Vergrößerung einer Seite. Neben den Organanlagen weisen auch die paarig angelegten Extremitäten mitunter deutliche Asymmetrien auf. Dies betrifft sowohl Weichteilgewebe, als auch die knöchernen Strukturen. Hier spielen vor allem einseitige mechanische Belastungen eine bedeutende Rolle. Das Phänomen des Knochenaufbaus beziehungsweise -abbaus auf Grund mechanischer Belastung wurde erstmals im Jahre 1892 von Julius Wolff als sogenanntes „Das Gesetz der Transformation“ formuliert und wird seitdem auch als das „Wolff’sche Gesetz“ bezeichnet (Ruff et al., 2006). Dies besagt, dass das Wachstum des Knochens durch unterschiedliche mechanische Belastung beeinflusst wird (Wolff, 1892). Bei starker einseitiger Belastung wird Knochen aufgebaut, nimmt die Belastung auf den Knochen wieder ab wird Knochen abgebaut (Wolff, 1892; Ruff et al., 2006). Aufgrund dessen kann es zu einer Abweichung der bilateralen Asymmetrie kommen und dies kann bei fast jedem paarigen Knochen des menschlichen Körpers festgestellt werden. Dies wird auch als „direktionale Asymmetrie“ bezeichnet und wird sowohl beim einzelnen Individuen als auch populationsübergreifend beobachtet (van Valen, 1962; Auerbach & Raxter, 2008). Somit beschreiben direktionale Asymmetrien die Abweichungen von der bilateralen Symmetrie.

Besonders häufig ist beim Menschen die obere Extremität, im Speziellen der Humerus, von direktionalen Asymmetrien betroffen (Steele & Mays, 1995; Mays, 2002; Lazenby, 2002; Battles, 2009). Bei den meisten Menschen ist die rechte obere Extremität stärker ausgeprägt als die linke. Dies wird oft mit Händigkeit bzw. mit Handpräferenz, also das Bevorzugen von Tätigkeiten mit einer Hand mehr auszuführen, assoziiert (Kujanová et al., 2008; Battles, 2009). Unter Handpräferenz versteht man die Seite mit der die meisten Tätigkeiten ausgeführt werden (Waidhofer, 2013). In der industrialisierten Welt wird Händigkeit oft mit der Hand assoziiert mit der die Person schreibt. Jedoch merkten Blackburn und Knüsel (2006) dazu an, dass das Schreiben allein eine zu geringe Tätigkeit ist, um eine Ummodellierung des Knochens hervorzurufen. Jedoch bewiesen Auerbach und Ruff (2006) in ihrer Studie, dass unabhängig von der Händigkeit, die meisten Maße rechts größer sind als links. Dies scheint darin begründet, dass unabhängig von der oft kulturell geprägten Bevorzugung der rechten Hand für das Schreiben, die rechte Hand auch in vielen anderen manuellen Tätigkeiten dominiert. Weltweit und auch unabhängig von kulturellen Faktoren bevorzugen fast 90% der Menschen die rechte Hand für diverse Tätigkeiten. Deshalb sind die Knochen auf dieser Seite meistens länger und schwerer als auf der anderen Seite (Kujanová et al., 2008; Čuk et al., 2001).

Warum bei den meisten Individuen die rechte Seite bevorzugt wird, ist bis heute nicht komplett geklärt. Jedoch werden die Arme, durch die Entwicklung des aufrechten Ganges, stärker beansprucht als die Beine. Durch den aufrechten Gang werden die oberen Gliedmaßen frei und können für die Ausführung unterschiedlichster Aufgaben benutzt werden (Auerbach & Raxter, 2008; Waidhofer, 2013).

In der unteren Extremität sind direktionale Asymmetrien im Vergleich zu den oberen Gliedmaßen weniger stark ausgeprägt. Die untere Extremität dient auf Grund des aufrechten Ganges hauptsächlich der Fortbewegung. Dadurch werden beide Seiten zwar gleichermaßen belastet, jedoch kann es auch hier zu unterschiedlicher starker mechanischer Belastung kommen, da auch bei diesen Gliedmaßen meist eine Seite bevorzugt wird. Laut Čuk et al., (2001) beansprucht die Mehrheit der Menschen die linke untere Extremität stärker. Dies dürfte dadurch zu Stande kommen, weil die linke Seite eine unterstützende und ausgleichende Rolle einnimmt, während die rechte Aktionen ausführt, wie zum Beispiel einen Ball zu spielen (Macho, 1991; Čuk et al., 2001).

Da die Asymmetrien in der oberen Extremität auf die rechte und in der unteren auf die linke Seite verschoben sind, wird dies auch als „cross-symmetry pattern“ oder Kontralateralität

bezeichnet (Plochocki, 2004; Auerbach & Ruff, 2006; Kanchan et al., 2008). Diese Kontralateralität kommt wahrscheinlich dadurch zu Stande, dass die Muskeln der linken Seite in der unteren Extremität die Aktivität der rechten oberen Hälfte ausgleichen (Plochocki, 2004).

In dieser Arbeit wird ein besonderes Augenmerk auf die direktionalen Asymmetrien der unteren Extremität gelegt, um zu prüfen, ob diese überhaupt nachweisbar sind und wenn ja, auf welche Seite diese sich verschieben. Als Stichprobe fungierten Skelette des awarenzeitlichen Gräberfeldes Csokorgasse, Wien. Dafür werden Asymmetrien in Längen- sowie Breitendimensionen von Femur, Tibia und Calcaneus untersucht. Darüber hinaus sollen Asymmetrien von Clavicula, Radius, Ulna und Humerus Aufschluss über eine mögliche Kontralateralität der Extremitäten geben. In einem weiteren Schritt soll geprüft werden, ob geschlechtstypische bzw. altersbedingte Unterschiede in der Lebensweise und Arbeitsbelastung eine unterschiedlich starke Ausprägung der Asymmetrien bedingen können.

Um einen besseren Einblick in das Thema zu geben, wird im folgenden Kapitel auf direktionale Asymmetrien, auf den allgemeinen Knochenauf- und -umbau und auf die Unterschiede zwischen Geschlechtern und Altersgruppen eingegangen.

2 Direktionale Asymmetrien

Wie schon in Kapitel 1 erwähnt, bedeuten direktionale Asymmetrien, dass eine Seite in Längen- und Breitenmaßen gegenüber der anderen in einem überwiegenden Teil der untersuchten Population überwiegt. Diese Asymmetrien kommen dadurch zu Stande, dass die Langknochen auf Umwelteinflüsse und Belastungen reagieren und sich daraufhin umformen (Frost, 2000; Battles, 2009). Durch diese Eigenschaft kann der Knochen sich an stärkere Belastungen anpassen (Blackburn & Knüsel, 2006). Ein gutes Indiz dafür sind die Knochen der oberen Extremität. Durch die oft einseitige Belastung üben die Muskeln einen stärkeren Zug und Druck auf Humerus, Radius und Ulna aus, wodurch der Knochen stärker ausgebildet wird (Blackburn & Knüsel, 2006; Battles, 2009). Uomini (2009) beschreibt in ihrem Artikel das sogenannte „complementary role differentiation“ (CRD) Modell. Dies besagt, dass eine Hand sehr anspruchsvolle Tätigkeiten ausführt, während die andere eine unterstützende Rolle einnimmt (Uomini, 2009). Trotz der unterschiedlichen Aufgaben sind beide Rollen von großer Bedeutung.

Dieses CRD Modell kann auch bei der unteren Extremität angewandt werden. In vielen Studien wurde bewiesen, dass die Knochen der linken Seite eine unterstützende Rolle einnehmen, während die rechte Seite andere Aufgaben ausführt (Macho, 1991; Čuk et al., 2001). Bei der unteren Extremität hat im Gegensatz zur oberen die unterstützende Seite eine höhere Belastung und wird dadurch stärker ausgebildet (Čuk et al., 2001). Jedoch sind die Asymmetrien in der unteren Extremität sehr viel weniger ausgeprägt, da die Beine durch den aufrechten Gang oft gleich stark beansprucht werden und nur selten eine einseitige Belastung vorliegt (Čuk et al., 2001).

Nun stellt sich die Frage was genau bei der Ausbildung von Asymmetrien mit dem Knochen geschieht und wieso sich Asymmetrien überhaupt ausbilden.

2.1 Knochenentwicklung

Die Fähigkeit Asymmetrien auszubilden, erhält der Knochen durch seine formbare und flexible Struktur, durch die er sich an die Belastungen des Alltags anpasst (Lazenby, 2002; Battles, 2009). Bei starker Beanspruchung wird neuer Knochen gebildet, bei verminderter Aktivität wird dieser abgebaut (Wolff, 1892; Battles, 2009). Dabei ist zu beachten, dass der Knochen zwei Arten von Wachstum aufweist, in denen er unterschiedlich auf Einflüsse reagiert. Viele Studien (u.a. Carter et al., 1996; van der Meulen et al., 2008) schließen sich der Meinung von Wolff (1892) an und unterscheiden das embryonale und das adulte Stadium des Lebens. Diese zwei Stadien werden von komplett unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. Im embryonalen

Stadium teilen und reifen die Zellen und werden daher nur von intrinsischen Faktoren und ohne Einfluss von außen bestimmt (Carter et al., 1996; van der Meulen et al., 2008). Im adulten Stadium wachsen und entwickeln sich die bereits vorhandenen Strukturen und werden daher hauptsächlich von äußeren Faktoren gesteuert (Carter et al., 1996; van der Meulen et al., 2008). Werden nun diese zwei Stadien auf das Knochenwachstum angewandt, können zwei verschiedene Arten von Wachstum genannt werden. Im embryonalen Stadium ergibt sich das endochondrale Längenwachstum und im adulten Stadium das periostale Dickenwachstum (Čuk et al., 2001).

Das endochondrale Längenwachstum betrifft hauptsächlich die Epi- und Metaphyse des Knochens. Im Mutterleib beginnt die Entwicklung des Knochens in dem zuerst ein Primärknochen in der knorpeligen Anlage des Knochens gebildet wird und somit ein Ossifikationszentrum entsteht (van der Meulen et al., 2008; Waidhofer, 2013). In dieses Zentrum wandern Chondroklasten, Zellen die Knorpel abbauen, und Chondroblasten, Zellen die Knorpel aufbauen, ein (van der Meulen et al., 2008). Somit wird der Knorpel von innen heraus langsam verknöchert (van der Meulen, et al., 2008). Als Auslöser wird von van der Meulen et al. (2008) und anderen Wissenschaftlern angenommen, dass Knorpelgewebe hypertrophiert und durch chemische Stoffe das Wachstum in die Längsrichtung vorangetrieben wird. Dementsprechend benötigt dieses Wachstum, wie von Wolff (1892) beschrieben, keine äußeren und mechanischen Einflüsse um voranzuschreiten.

Die Clavicula bildet hier eine Ausnahme. Sie entwickelt sich nicht durch endochondrale Ossifikation, sondern durch desmale. Dies bedeutet, dass sich keine Knorpelanlage bildet, sondern der Knochen direkt aus dem Mesenchym, embryonales Bindegewebe, entsteht (Mays et al., 1999).

Das periostale Dickenwachstum wird hauptsächlich von äußeren Faktoren bestimmt, wobei die biomechanischen am ausschlaggebendsten sind (Blackburn & Knüsel, 2006). Beim periostalem Wachstum wird im Gegensatz zum endochondralen Wachstum nicht die Länge des Knochens vergrößert, sondern die Dicke. Das heißt, der Durchmesser der Diaphyse wird durch das äußere Anlegen von Knochenzellen vergrößert (van der Meulen, et al., 2008). Zuständig für diesen Umbau sind wie schon beim endochondralem Wachstum die Osteoblasten und Osteoklasten.

Wird der Knochen durch Aktivitäten belastet, reagiert er darauf mit Knochenumbau. Dieser Prozess wird im nächsten Kapitel näher beschrieben.

2.2 Knochenumbau

Wie bereits in den vorherigen Kapiteln erwähnt, baut sich Knochen bei vermehrter bzw. verminderter Belastung auf oder ab. Schon Wolff (1892), aber auch in weiterer Folge viele andere Wissenschaftler haben sich mit dieser Thematik befasst. Besonders hervorzuheben ist hierbei Harald Frost, der das „Wolff ‘sche Gesetz“ mit seinem Mechanostat-Modell erweiterte. Laut Frost (2000) müssen die Elemente des Bewegungs- und Stützapparates, sprich Knochen, Bänder, Muskeln und Gelenke, Belastungen des Alltags von Geburt an entgegenwirken, damit keine Frakturen oder sonstige Verletzungen entstehen. Kurz gesagt befasst sich das Mechanostat-Modell mit den Mechanismen, die dazu beitragen, dass diese Bedingungen erfüllt werden.

Bei täglichen Belastungen wird stetig ein wenig Druck auf den Knochen ausgeübt, welcher als „daily stress stimulus“ bezeichnet wird. Wird der Knochen zu viel belastet und der Druck übersteigt einen gewissen Wert, der „attractor stress stimulus“ genannt wird, so wird Knochen aufgebaut (van der Meulen et al., 2008). Wird dieser Wert unterschritten, beginnt der Knochenabbau. Als „stress stimulus error“ wird die Differenz von „daily stress stimulus“ und „attractor stress stimulus“ bezeichnet und kennzeichnet somit Knochenauf- bzw. -abbau (Carter et al., 1996; van der Meulen et al., 2008). Befindet sich der Wert um Null findet kaum bis gar kein Knochenumbau statt und dieser Zustand wird auch als „lazy zone“ oder „adapted state“ bezeichnet. Positive Werte besagen einen Knochenaufbau, Werte im negativen Bereich beschreiben einen Knochenabbau (Carter et al., 1996; van der Meulen et al., 2008).

Frost (2000) beschreibt in seinem Modell vier Stadien, die auftreten können:

1. **Disuse:** Dieses Stadium tritt auf, wenn der Knochen zu wenig Belastung hat und der Druck unter einen gewissen Wert fällt. Tritt dies ein wird Knochen abgebaut.
2. **Adaptation:** Dieses Stadium bezeichnet den zuvor genannten „adapted state“ oder „lazy zone“. Es findet keine vermehrte oder verminderte Belastung statt. Hier wird zwar Knochen auch umgebaut und repariert, jedoch ohne eine Veränderung in der Masse oder Dichte des Knochen hervorzurufen.
3. **Mild overload:** Dieser Zustand tritt ein wenn vermehrte Belastungen auf den Knochen wirken. Um dem entgegenzuwirken und Verletzungen zu vermeiden, wird Knochen aufgebaut.
4. **Pathological overload:** Dieser Umstand entsteht, wenn die Druckeinwirkung zu hoch wird und der Knochen nicht mehr standhalten kann.

Die Belastungen und Einwirkungen zeigen bei der Epi- und Metaphyse andere Effekte als bei der Diaphyse. In der Epi- und Metaphyse wirkt sich die Belastung auf die Dichte und Trabekelstruktur der Spongiosa aus (van der Meulen et al., 2008). Bei der Diaphyse verändert sich durch das Dickenwachstum bei Belastungen nicht die innere Struktur sondern die äußere Form (van der Meulen et al., 2008).

Da die Entstehung von direktionalen Asymmetrien nun einigermaßen geklärt ist, soll nun im nächsten Kapitel auf das Vorkommen und die Ursachen von Asymmetrien eingegangen werden.

2.3 Vorkommen von direktionalen Asymmetrien

Tätigkeiten mit einer bevorzugten Seite auszuführen ist kein neues Phänomen, sondern gibt es schon seit mehreren Millionen Jahren. Schon bei den ersten Homo-Arten, *Homo habilis* und *Homo ergaster*, im Paläolithikum vor rund 1,9 Millionen Jahren wurden bei der Werkzeugherstellung Hinweise auf Händigkeit erkannt (Cashmore et al., 2008). Die Spuren an den Funden und Werkzeugen können jedoch nicht einem einzelnen Individuum zugeordnet werden und sind daher mit vorsichtig zu betrachten (Cashmore et al., 2008; Uomini, 2009). Viel aussagekräftiger hierfür sind Asymmetrien der Armknochen und Abnutzung der Zähne, die ebenfalls für die Werkzeugherstellung verwendet wurden (Cashmore et al., 2008; Waidhofer, 2013).

Die Bevorzugung einer Hand ist allerdings nicht nur auf den Menschen beschränkt. In vielen Studien konnte nachgewiesen werden, dass auch nichtmenschliche Primaten eine Seite häufiger verwenden (Hopkins, 2006; Cashmore et al., 2008). Jedoch kommt die Händigkeit bei nichtmenschlichen Primaten individuell oder innerhalb einer Population vor, aber nie speziesweit (Hopkins, 2006; Cashmore et al., 2008). Somit stellt der moderne Mensch eine Ausnahme dar, da bewiesen ist, dass mehr als 90% weltweit die rechte Hand bevorzugen (Blackburn & Knüsel, 2006; Shaw, 2011).

In anderen Studien zeigte sich auch, dass in industrialisierten Bevölkerungen die Asymmetrien nicht mehr so stark ausgeprägt sind, da sich die körperliche Arbeit im Vergleich zu früheren Populationen verringert hat und dadurch die Veränderungen an den Knochen geringer bleiben (Auerbach & Ruff, 2006). Ein Vergleich zwischen Berufstätigen in der Landwirtschaft und Angestellten in Büros zeigte, dass die Asymmetrien der sehr körperlich aktiven Landarbeiter um einiges stärker ausgeprägt waren als die, der nicht so aktiven Büroangestellten (Blackburn & Knüsel, 2006). Blackburn & Knüsel (2006) weisen darauf hin, dass sich Asymmetrien eher bei unimanuellen Tätigkeiten entwickeln als bei genereller Aktivität. Zu diesem Entschluss kam

auch die Studie von Stirland (1993). Sie fand heraus, dass Kirchenarbeiter stärkere Asymmetrien aufwiesen als Soldaten. Sie begründet ihre Ergebnisse damit, dass Soldaten zwar ihre Arme im Gesamten stärker beanspruchen, jedoch auf beiden Seiten gleichermaßen, wodurch kaum Asymmetrien entstanden (Stirland, 1993).

In anderen Studien wurde herausgefunden, dass nicht industrialisierte Populationen vor allem stärkere Asymmetrien in den Breitenmaßen als in den Längenmaßen aufweisen (Auerbach & Ruff, 2006; Auerbach & Raxter, 2008). Diese Erkenntnis bestätigt, dass zum einem nicht industrialisierte Völker mehr einhändige Tätigkeiten ausführen und zum anderen das Längenwachstum nicht so sehr von außen beeinflusst wird wie das Dickenwachstum (Auerbach & Raxter, 2008).

2.3.1 Ursachen Händigkeit

Die Ursachen für eine weltweite Verschiebung der Asymmetrien der oberen Extremität auf die rechte Seite wurden noch nicht vollständig herausgefunden. Mit Sicherheit kann gesagt werden, dass der aufrechte Gang und somit das Freiwerden der Arme, die stärkere Ausprägung in der oberen Extremität im Vergleich zur unteren erklärt (Auerbach & Ruff, 2006). Für die populationsübergreifende Bevorzugung der rechten oberen Extremität sind mehrere Vermutungen aufgestellt worden. Eine davon ist, dass die Bevorzugung einer Seite und die Lateralisation der Gehirnfunktion in einem Zusammenhang stehen (Blackburn & Knüsel, 2006; Cashmore et al., 2008). Im 19. Jahrhundert wurde herausgefunden, dass die linke Gehirnhälfte vor allem für die Sprache und die Motorik des rechten Armes zuständig ist (Cashmore et al., 2008). Dadurch entwickelte sich die Hypothese einer Co-Evolution, die die Sprache und die Lateralisation und Motorik des rechten Armes in einen Zusammenhang stellt (Cashmore et al., 2008).

2.3.2 Ursachen Füßigkeit

Für die untere Extremität wurde in mehreren Studien bewiesen, dass auch diese mit der Lateralisation des Gehirns in Verbindung steht (Elias et al., 1997; Watson et al., 1998; van Dongen, 2018). In diesen Studien wurde erkannt, dass sowohl die rechte als auch die linke untere Extremität in Zusammenhang mit der Sprache in der linken Gehirnhälfte stehen (Elias et al., 1997; Watson et al., 1998). Van Dogen (2018) fand weiters heraus, dass die körperlichen Asymmetrien und die Lateralisation sowohl mit den Armen als auch mit den Beinen in Zusammenhang stehen, jedoch dieser Effekt bei der oberen Extremität stärker ausgeprägt ist.

Weltweit sind aber eher in der unteren Extremität die Asymmetrien auf die linke Seite verschoben (Čuk et al., 2001; Auerbach & Ruff, 2006).

2.4 Füßigkeit

Während der Begriff der Händigkeit sehr geläufig ist, ist der Ausdruck Füßigkeit meist weniger bekannt. Dieser Begriff meint dasselbe wie die Händigkeit nur für die untere Extremität. Schon seit längerem beschäftigt Wissenschaftler das Thema der Füßigkeit. Besonders zu erwähnen ist Ingelmark (1946), der sich sehr mit dem Thema der Füßigkeit auseinander gesetzt hat. In seiner Studie untersuchte er die Arm- und Beinlängen von Rechts- und Linkshändern zwischen sechs und 20 Jahren. Dabei fand er heraus, dass umso älter die Rechtshänder wurden desto stärker und länger war das linke Bein ausgeprägt. Bei den Linkshändern war das Ergebnis genau umgekehrt. Dieses Ergebnis deckt sich auch mit den Resultaten von der Studie von Chhibber und Singh (1970), dass das linke Bein stärker ausgeprägt wird. Ingelmark (1946) schlussfolgerte aus seinen Ergebnissen, dass sich die Asymmetrie ab dem 20. Lebensjahr immer stärker ausprägt und dies im Zusammenhang mit einem „active foot use“ steht.

Zu diesem Entschluss kam auch Čuk et al. (2001) und erklärte in seinem Artikel, dass das rechte Bein für Aktivitäten benutzt wird und das linke Bein um zu stabilisieren und zu unterstützen. Durch die Stabilisierung werden die Muskeln auf Dauer mehr und stärker belastet. Dadurch erhöht sich der Druck auf die Knochen und dieser beginnt sich umzuformen (Čuk et al., 2001). Deshalb ist bei den meisten Menschen die Asymmetrie im linken Bein stärker ausgeprägt. Somit kann zusammenfassend gesagt werden, dass bei den meisten Menschen die obere rechte und die untere linke Extremität vermehrt und stärker entwickelt ist. Hierbei spricht man von einer Kontralateralität der Extremitäten. Dies soll im nächsten Kapitel erläutert werden.

2.5 Kontralateralität

Kontralateralität bezeichnet die unterschiedliche Ausprägung der Asymmetrien in den Extremitäten. Das heißt, dass die Asymmetrien an den Knochen der rechten oberen und der linken unteren Extremität jeweils stärker ausgeprägt sind. Durch die Bipedie werden Skelettelemente der unteren Extremität zwar gleichermaßen belastet, jedoch dürfte es bei unterschiedlichen Aktivitäten zu einer stärkeren mechanischen Belastungen auf der linken Seite kommen (Plochocki, 2004; Auerbach & Ruff, 2006). Die meisten Menschen benutzen ihr rechtes Bein vermehrt um Bewegungen auszuführen (Čuk et al., 2001). Für die Stabilität und Unterstützung wird dann das linke Bein herangezogen, wobei dort die mechanische Belastung stärker wirkt (Čuk et al., 2001; Auerbach & Ruff, 2006).

So wurde in manchen Studien herausgefunden, dass der Femur der linken Seite im Durchschnitt stärker und robuster ausgebildet ist (Čuk et al., 2001; Ruff & Jones, 1981). Die Tibia weist ebenfalls eine Tendenz nach links hin auf (Ruff & Jones, 1981). Andere Studien fanden wiederum eine Verschiebung der Tibia auf die rechte Seite in der unteren Extremität (Singh & Mohanty, 2005). Dies zeigt, dass die Tibia im Gegensatz zum Femur mehr Schwankungen bezüglich der Seite hin aufweist.

Zu erwähnen ist, dass durch den aufrechten Gang die Asymmetrien in der unteren Extremität viel weniger stark ausgeprägt sind als in den Knochen der Arme, da die Belastung auf beide Beine verteilt wird während der rechte Arm viel einseitiger und stärker benutzt wird (Ruff & Jones, 1981; Čuk et al., 2001; Auerbach & Ruff, 2006; Van Dogen, 2018).

Des Weiteren gibt es auch Unterschiede der Asymmetrien in den Längen- und Breitenmaßen eines Knochens, was im nächsten Kapitel genauer erklärt wird.

2.6 Asymmetrien in Längen- und Breitenmaßen

Wie schon vorher erwähnt sind Epi-, Meta- und Diaphyse von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst (van der Meulen et al., 2008). Daher wirken sich die direktionalen Asymmetrien an Längen- und Breitenmaßen verschiedenartig aus (Auerbach & Ruff, 2006). In mehreren Studien zeigte sich, dass zwar die Asymmetrien aller Maße an einem Knochen in die gleiche Richtung deuten, aber in unterschiedlicher Ausprägung bei Längen- und Breitenmaßen (Auerbach & Ruff, 2006). Das heißt, dass die Breitenmaße wie Durchmesser und Umfänge der Knochen stärker ausgeprägt werden als Längenmaße. Der Grund dafür ist auf die unterschiedliche Knochenentwicklung von Diaphyse sowie Epi- und Metaphyse zurückzuführen (Čuk et al., 2001). Das Längenwachstum wird nicht so sehr von äußeren Faktoren bestimmt und endet außerdem zwischen dem 15. und 20. Lebensjahr (Čuk et al., 2001). Währenddessen ist das Breitenwachstum sehr variabel und wird stark von außen und mechanischer Belastung beeinflusst. Des Weiteren findet Breitenwachstum das ganze Leben lang statt und endet nicht nach dem 20. Lebensjahr (Čuk et al., 2001; Auerbach & Ruff, 2006).

Auf Grund der unterschiedlichen Wachstumsphasen liegt auch die Vermutung nahe, dass sich zwischen jüngeren und älteren Individuen Unterschiede entwickeln. Auf diesen Effekt soll im nächsten Kapitel genauer eingegangen werden.

2.7 Direktionale Asymmetrien im Altersvergleich

Heaney et al. (1997) fanden heraus, dass die Durchmesser und Fläche von Knochen im Alter abnehmen. Ebenso bauen die Dichte und die Anzahl an Stammzellen, die für den Knochenaufbau zuständig sind, mit steigendem Alter stetig ab (Bergman et al., 1996; Heaney et al., 1997). Frost (2000) erkannte ebenfalls, dass die Fähigkeit des Knochens, sich an Belastungen anzupassen, im Alter abnimmt.

Des Weiteren werden diese Prozesse durch kulturelle Faktoren bestärkt. In den heutigen Populationen sieht man, dass ältere Personen keine stark körperlich beanspruchten Tätigkeiten mehr ausführen und dies eher der jüngeren Generation obliegt. Ganz nach dem Wolff'schen Gesetz wird daher, durch die verminderte Belastung, Knochen wieder abgebaut (Wolff, 1892). Deshalb ist es wichtig auf die Lebensweise der zu untersuchenden Populationen einzugehen und nicht zu verallgemeinern.

Die Lebensweisen der unterschiedlichsten Populationen unterscheiden sich auch in Bezug auf die Rollenverteilung der Geschlechter. Daher ist zwischen den Geschlechtern ein Unterschied in der Ausbildung von direktionalen Asymmetrien anzunehmen, welcher im nächsten Kapitel genauer erklärt werden soll.

2.8 Direktionale Asymmetrien im Geschlechtervergleich

Auerbach und Ruff (2006) und Auerbach und Raxter (2008) fanden heraus, dass es zwar keinen Unterschied in der Richtung der direktionalen Asymmetrien zwischen den Geschlechtern gibt, dass sich aber Männer und Frauen in der Ausprägung von Asymmetrien unterscheiden. So treten bei Frauen vermehrt Asymmetrien in den Längenmaßen auf, während bei den Männern die Breitenmaße stärker ausgeprägt sind (Auerbach & Ruff, 2006; Auerbach & Raxter, 2008). Grund für diesen Unterschied könnte die generell höhere Belastung von Männern während der Entwicklung und die daraus resultierende stärkere Muskulatur sein (Auerbach & Ruff, 2006). Die stärker ausgeprägten Unterschiede in früheren Populationen dürften durch die unterschiedlichen Rollenverteilungen der damaligen Zeit zusammenhängen (Auerbach & Raxter, 2008).

2.9 Ausnahme Clavicula

Die Clavicula stellt in der oberen Extremität eine Ausnahme dar. So wurde in einigen Studien schon herausgefunden, dass die Länge der Clavicula entgegen der anderen Maße und Armknochen auf die linke Seite verschoben ist (Mays et al., 1999; Auerbach & Raxter, 2008). Das heißt, die Länge der Clavicula verhält sich zu den restlichen Armknochen kontralateral. Daher ist die rechte Clavicula meist kürzer als die linke.

Mays et al. (1999) sind zu der Erkenntnis gekommen, dass die Clavicula der rechten Seite durch die vermehrte Belastung des rechten Armes gestaucht wird und sich dadurch die Asymmetrie auf die linke Seite hin entwickelt. Weiters konnte in dieser Studie (Mays et al., 1999) erkannt werden, dass die Clavicula der dominanten Seite bei Männern im Durchmesser robuster ausgeprägt ist, bei Frauen hingegen gar nicht. Eine weitere Erklärung könnte die unterschiedliche Entwicklung des Knochens sein, da die Clavicula sich als einziger Knochen durch desmale und nicht durch endochondrale Ossifikation entwickelt (van der Meulen et al., 2008).

3 Die Awaren

Das in der vorliegenden Masterarbeit analysierte Material stammt von der Population der Awaren. Im Detail wurde osteologisches Material des awarenzeitlichen Gräberfeldes aus der Csokorgasse, 1110 Wien analysiert. Um ein besseres Verständnis dafür zu bekommen, warum es zu Geschlechts- und Altersunterschieden und Asymmetrien in dieser Population kommen könnte, soll in diesem Kapitel ein kleiner geschichtlicher Überblick und ein Einblick in die Lebensweise der Awaren gegeben werden.

3.1 Geschichtlicher Überblick

Bei den Awaren handelt es sich um ein Reitervolk, das im Zuge der Völkerwanderung in den mitteleuropäischen Raum vordrang und schließlich in Mittel- und Osteuropa siedelte. Die genaue Herkunft der Awaren ist noch immer nicht komplett geklärt, doch es scheint gesichert zu sein, dass sie aus einer Verschmelzung zweier Gruppen entstanden sind (Daim, 1977; Großschmidt, 1990). Nämlich aus dem japanischen Volk der Juan-Juan und den mittelasiatischen Hunnen (Großschmidt, 1990). Zwischen 558 und 796 n. Chr. beherrschten die Awaren den Donau- und Theißraum, vor allem die Gebiete östlich des Wiener Waldes, im Burgenland und nördlich der Donau (Großschmidt, 1990) und waren eines der mächtigsten Völker jener Zeit (Pohl, 2002). Angeführt wurden die Awaren immer von einem sogenannten Khagan. Bekannte Beschreibungen dieser Population sind zumeist von ihren Feinden verfasst, da von ihnen selbst nur sehr wenig schriftlich überliefert ist (Pohl, 2002). In diesen Überlieferungen werden sie als skrupellose und ungepflegte Krieger beschrieben (Pohl, 2002).

Das erste Mal schriftlich erwähnt werden die Awaren 463 n. Chr. in Zentralasien, richtig in Erscheinung traten sie aber erst 558 n. Chr. mit ihrem ersten Siegeszug (Pohl, 2002). Zu dieser Zeit herrschten in Europa unsichere Zeiten. Der römische Kaiser Justinian I. fürchtete sich vor den erfolgreichen Kriegern aus dem Osten und ging aus diesem Grund mit ihnen ein politisches Bündnis ein und nahm Awaren in seine Truppen auf (Pohl, 2002). Jedoch verstarb nach einigen Jahren der Kaiser und durch die Machtübernahme seines Neffen löste sich auch das Bündnis auf. Der neue römische Kaiser Justin II. versuchte zweimal, 572 und 574 n. Chr., einen Krieg gegen die Awaren zu führen, blieb aber beide Male erfolglos (Pohl, 2002).

Nach einigen Machtwechseln auf beiden Seiten beherrschten die Awaren schließlich ab 602 n. Chr. endgültig den Donau- und Theißraum. Bis 791 n. Chr. waren die Awaren an der Macht, bis Karl der Große sie 795/796 n. Chr. besiegte. Nach den erfolgreichen Feldzügen von Karl dem Großen verschwanden die Awaren im Jahre 828 n. Chr. ebenso rasch wie sie erschienen

waren (Großschmidt, 1990; Pohl, 2002). Von der Existenz der Awaren zeugen heute nur noch zahlreiche Gräber mit ihren ausgiebigen Waffen- und Schmuckbeigaben.

3.2 Lebensweise

Über die Lebensweise der Awaren ist, wie bereits oben erwähnt, nur sehr wenig schriftlich überliefert. Aus diesem Grund müssen andere Methoden herangezogen werden, um über die damalige Geschlechterverteilung und Lebensweise etwas aussagen zu können. Für die Rekonstruktion eignen sich archäologische Quellen wie Bestattungen, Siedlungen und Grabbeigaben sehr gut (Distelberger, 2002; Anke et al., 2008). Distelberger (2002) stellt klar, dass den Geschlechtern spezifische Rollen zugeteilt wurden und diese sich auch in den Grabbeigaben widerspiegeln, denn nur anhand der Knochen und Skelettreste könnten keine Aussagen über die Rollenverteilung der Geschlechter getroffen werden.

Den Awaren war es sehr wichtig den Verstorbenen repräsentative Gegenstände ins Grab mitzugeben. So erhielten Männer vor allem Waffen und Frauen Schmuckgegenstände oder Spinnutensilien (Distelberger, 2002). Männer mit einem hohen Stellenwert innerhalb des Volkes, wie etwa Krieger, gefolgt vom Berufsstand des Schmieds, wurden reichlich mit Grabbeigaben bestückt (Winter, 1996). Im Gegensatz dazu wurden den Gräbern der Frauen kaum Beigaben hinzugefügt. Die häufigsten Gegenstände waren Schmuckutensilien, die aber leider keinen Rückschluss auf die Tätigkeiten der Frauen zulassen. Ein Grund für die spärlichen Grabbeigaben bei Frauen dürfte sein, dass vor allem haushaltliche Tätigkeiten kaum bis gar nicht geschätzt wurden und das Volk es deshalb nicht für wichtig empfunden hat dies in den Gräbern darzustellen (Pohl, 2002).

Zu Beginn waren die Awaren ein nomadisches Volk, das vor allem Viehzucht betrieb und sich damit an die harten Bedingungen der eurasischen Steppe anpassen konnte (Daim, 1977; Daim, 1996). Am Ende ihrer Herrschaft wurde die Lebensweise ein wenig sesshafter und sie betrieben zusätzlich zur Viehzucht auch Landwirtschaft (Daim, 1977; Daim, 1996). Darüber hinaus sollen die Awaren Überfälle und räuberische Attacken auf andere Populationen unternommen haben, um so auch ihren Lebensstandard zu verbessern (Pohl, 2002).

Bei ihren erfolgreichen Beutezügen verwendeten sie unterschiedlichste Waffen – besonders hervorzuheben ist dabei der Reflexbogen. Neben den Hunnen waren die Awaren die ersten, die diese Waffe gut nutzen konnten (Pohl, 2002). Die Holzteile des Bogens wurden mit Sehnen beklebt und an den jeweiligen Enden mit Knochenmaterial verstärkt (Daim, 1977). Dadurch ergab sich eine Hebelwirkung. Mit einer Reichweite von fast 500 Metern und einer sehr hohen Schussfrequenz pro Minute war der Reflexbogen eine der gefährlichsten Schusswaffen in dieser

Zeit (Pohl, 2002). Des Weiteren bauten sie mit dem Einsatz von Steigbügeln den Vorteil des Reflexbogens noch aus. Dadurch bekamen sie einen besseren Halt am Pferd, konnten sich aus dem Sattel erheben und den Bogen sowohl schneller führen als auch nach vorne und nach hinten schießen (Daim, 1977; Anke et al., 2008). Ebenfalls wurden andere Waffen wie Lanzen, Speere sowie Schwerter verwendet und Panzerhemden als Schutzkleidung getragen (Pohl, 2002). Die Lebenserwartung der Awaren war mit 60 Jahren für damalige Verhältnisse relativ hoch. Die Lebenserwartung bei den Frauen war durch Komplikationen während der Schwangerschaft und Geburt um einiges geringer und dürfte zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr gelegen haben (Grefen-Peters, 1996).

4 Hypothesen

Basierend auf den beschriebenen theoretischen Hintergrund und der Annahme, dass sich Knochen bei vermehrter und einseitiger Belastung umbaut, wurden mehrere Hypothesen für diese Masterarbeit aufgestellt:

4.1 Haupthypothese 1 – Direktionale Asymmetrien

In der unteren Extremität sind direktionale Asymmetrien auf der linken Seite stärker ausgeprägt, in der oberen Extremität sind diese zur rechten Seite hin gerichtet. Dadurch ergibt sich eine Kontralateralität der Extremitäten. Dies bedeutet, dass rechts die obere und links die untere Extremität stärker belastet werden. Direktionale Asymmetrien sind sowohl in Breiten- als auch in Längenmaßen zu finden.

4.2 Haupthypothese 2 – Altersunterschiede

Jüngere Individuen weisen stärkere Asymmetrien auf als ältere. Im Alter werden Belastungen durch Tätigkeiten immer weniger und dadurch nimmt die Ausprägung der Asymmetrien im Alter ab.

4.3 Haupthypothese 3 – Geschlechterunterschiede

Männer und Frauen unterscheiden sich auf Grund der unterschiedlichen Rollenverteilung in der Ausprägung der direktionalen Asymmetrien. Frauen weisen in den Längenmaßen, Männer in den Breitenmaßen stärkere Asymmetrien auf.

5 Material und Methoden

5.1 Stichprobe

Um direktionale Asymmetrien festzustellen wurden in dieser Arbeit Maße an Femur, Tibia, Calcaneus, Clavicula, Radius, Ulna und Humerus jeweils für rechts und links gemessen. Für diese Studie wurden Skelette der Awaren Population aus der Csokorgasse im 11. Wiener Gemeindebezirk herangezogen, die dem Department für Anthropologie der Universität Wien zugänglich sind.

In der Csokorgasse werden schon seit mehreren Jahrzehnten immer wieder Individuen der awarischen Reiterpopulation ausgegraben. Beim Bau eines Kanals im Jahre 1924 wurden erstmals fünf Gräber gefunden (Großschmidt, 1990). Einige Jahrzehnte später wurden, 1971, ein weiteres Mal menschliche Überreste entdeckt, bis schlussendlich 1976 beim Bau einer Wohnsiedlung in der Csokorgasse eine Notgrabung durchgeführt werden musste (Großschmidt, 1990). Diese Grabung ergab 702 Gräber mit insgesamt 755 Individuen (Großschmidt, 1990). Da es sich bei dieser Grabung um eine Notgrabung handelte und die Bergung nicht optimal war, sind viele Knochen sehr porös und nicht alle Knochen von jedem Individuum erhalten. Aus diesem Grund konnten für diese Studie nicht alle Individuen herangezogen werden und es ergibt sich folgende Verteilung (ersichtlich in Tabelle 1):

Tabelle 1: Aufteilung der Knochen insgesamt und nach Geschlecht

	Individuen	Femur	Tibia	Calcaneus	Clavicula	Radius	Ulna	Humerus
Insgesamt	44	44	44	44	13	13	13	7
Männlich	21	21	21	21	9	9	9	5
Weiblich	23	23	23	23	4	4	4	2

Das Alter und das Geschlecht der verwendeten Skelette waren schon in der Dissertation von Großschmidt (1990) bestimmt worden und wurden für diese Studie übernommen. Großschmidt (1990) verwendete in seiner Dissertation für das Sterbealter die Methode der Zahnabration der Molaren nach Miles (1963) bzw. Brothwell (1981). Des Weiteren wurde der Obliterationszustand der ekto- und endokraniellen Schädelnähte nach den Schemata von Broca (1861) für die Bestimmung des Sterbealters in der Dissertation verwendet.

Für die Geschlechtsbestimmung verwendete Großschmidt (1990) vor allem die morphologischen Merkmale nach Acsádi und Nemeskeri (1970) und Ferembach et al. (1979). Dabei wurde hauptsächlich auf die Robustizität der Knochen und Formmerkmale wie zum Beispiel die Ausprägung der Glabella oder des Beckenknochens geachtet (Großschmidt, 1990).

Für die Auswertung dieser Masterarbeit wurden drei Altersklassen bestimmt:

- Frühadult (19-30 Jahren)
- Spätadult (31-40 Jahren)
- Matur (41-80 Jahren)

Diese Einteilung ergab sich, da für die Messung von direktionalen Asymmetrien nur Individuen in Frage kommen, die bereits verschlossene Epiphysenfugen aufweisen. Daher wurden keine juvenilen oder subadulten Skelette miteinbezogen. Da Individuen über 40 Jahren in der Population der Awaren der älteren Generation angehörten, ist es leicht möglich, dass diese andere Aufgaben ausführten als die jüngeren. Deshalb ist es auch interessant diese Altersklasse in den Altersvergleich miteinzubeziehen.

Daraus resultierend ergab sich folgende Verteilung der Individuen in den unterschiedlichen Altersklassen (siehe Tabelle 2):

Tabelle 2: Darstellung der drei Altersklassen für die untere und obere Extremität sowie den Humerus gesamt und getrennt nach Geschlecht

	Untere Extremität (Femur, Tibia, Calcaneus)	Obere Extremität (Clavicula, Radius, Ulna)	Humerus
Gesamt	44	13	7
<i>Frühadult</i>	21	6	4
<i>Spätadult</i>	9	3	1
<i>Matur</i>	14	4	2
Männer	21	9	5
<i>Frühadult</i>	5	4	2
<i>Spätadult</i>	6	1	1
<i>Matur</i>	10	4	2
Frauen	23	4	2
<i>Frühadult</i>	16	3	2
<i>Spätadult</i>	3	1	0
<i>Matur</i>	4	0	0

5.2 Osteometrie

Für die osteometrische Analyse wurden mehrere Messgeräte verwendet. Dieselben Geräte wurden immer nur von einer Person verwendet um Messfehler und unterschiedliche Messtechniken zu vermeiden. Jedes Maß wurde zweimal gemessen. Sollte hierbei ein zu großer Unterschied vorkommen, wurde ein drittes Mal gemessen.

Die Definitionen für die einzelnen Geräte wurden aus Knußmann (1988) entnommen:

- **Knochenmessbrett:** Hierbei handelt es sich um ein Holzbrett, welches mit Millimeterpapier ausgelegt wurde, mit zwei senkrechten Wänden (eine längs- und eine breitseitig) und einen Holzkeil. Der Knochen wird in der gewünschten Position an die Querwand gelegt, der Holzkeil wird an das andere Ende des Knochens geschoben. Somit kann am Millimeterpapier die Länge abgelesen werden. Dieses Messinstrument dient vor allem dazu die Längenmaße eines Knochens zu vermessen.
- **Gleitzirkel:** Der Gleitzirkel eignet sich sehr gut zur Vermessung von Durchmessern und kleineren Längen. Er besteht aus einer Millimetereinteilung, einem fixierten und einem verschiebbaren Ende. Der zu vermessende Knochen wird zwischen den beiden Enden eingespannt und das Maß kann an der inneren Kante des verschiebbaren Endes abgelesen werden.
- **Tasterzirkel:** Der Tasterzirkel eignet sich besonders gut für unebene Flächen und eingezogene Punkte. Er besteht aus zwei, durch ein Gelenk verbundenen, Tastern und einen Maßstab, der den Abstand zwischen den beiden Tastern angibt. Die Tasterenden werden mit Daumen und Zeigefinger an die messenden Punkte angelegt und das Maß kann abgelesen werden.
- **Maßband:** Hierbei wird ein gewöhnliches Kleidungs-Maßband verwendet. Dies eignet sich besonders gut um Umfänge an den Knochen zu vermessen.

Folgende Parameter wurden an den in die Analyse einbezogenen Langknochen entsprechend den Methoden von Bräuer (1988) bestimmt. Gemessen wurden Maße von Femur, Tibia, Calcaneus, Clavicula, Radius, Ulna und Humerus.

FEMUR (einige Maße sind in Abbildung 1 dargestellt)

- **Größte Länge (Caput-Condylenlänge, 1):** Der Abstand vom höchsten Punkt des Caput femoris bis zum tiefsten Punkt des Condylus medialis. Die Länge wird mit dem Knochenmessbrett gemessen.
- **Ganze Länge in „natürlicher Stellung“ (2):** Der Abstand des höchsten Punktes des Caput femoris von einer Ebene, die durch beide Condylen gelegt wird. Dieses Maß wird mit dem Knochenmessbrett abgenommen.
- **Sagittaler Durchmesser der Diaphysenmitte (6):** Der Abstand der Vorderfläche zur Hinterfläche des Knochens an der höchsten Erhebung der Linea aspera. Als Messinstrument dient der Gleitzirkel.
- **Transversaler Durchmesser der Diaphysenmitte (7):** Der Abstand der beiden Seitenränder des Knochens, senkrecht auf den sagittalen Durchmesser der Diaphysenmitte. Dieses Maß wird ebenfalls mit dem Gleitzirkel abgenommen.
- **Umfang der Diaphysenmitte (8):** Umfang in der Mitte der Diaphyse. Die Mitte wird aus der größten Länge des Knochens ermittelt. Gemessen wird mit dem Maßband.
- **Umfang des Caput femoris (20):** Der Umfang des Oberschenkelkopfes wird mit Hilfe des Maßbandes gemessen.
- **Vertikaler Durchmesser des Caput femoris (18):** Mit dem Gleitzirkel wird die geradlinige, vertikale Entfernung der Endpunkte einer Ebene gemessen.
- **Transversaler Durchmesser des Caput femoris (19):** Die geradlinige Entfernung der beiden seitlich am meisten hervorspringenden Punkte des Caput femoris. Gemessen wird senkrecht auf dem sagittalen Durchmesser und mit Hilfe des Gleitzirkels.



Abbildung 1: Darstellung einiger Maße vom rechten Femur. 1= Größte Länge des Femurs; 2= Transversaler Durchmesser der Diaphysenmitte; 3= Umfang der Diaphysenmitte; 4= Umfang des Caput femoris; 5= Transversaler Durchmesser des Caput femoris

TIBIA (Maße sind in Abbildung 2 dargestellt)

- **Größte Länge (1a):** Der Abstand des höchsten Punktes der Eminentia intercondylaris von der Spitze des Malleolus medialis. Gemessen wird mit dem Knochenmessbrett.
- **Ganze Länge (1):** Der Abstand der Facies articularis superior des lateralen Condylus zur Spitze des Malleolus medialis. Dafür wird das Knochenmessbrett verwendet.
- **Größter Durchmesser der Diaphysenmitte (8):** Die geradlinige Entfernung des Margo anterioris zur Facies posterior in der Mitte des Knochens gemessen. Für dieses Maß eignet sich der Gleitzirkel am besten.
- **Transversaler Durchmesser der Mitte (9):** Die geradlinige Entfernung des Margo medialis vom Margo interosseus. Gemessen wird in der Mitte des Knochens und mit Hilfe des Gleitzirkels.
- **Umfang der Diaphysenmitte (10):** Der Umfang gemessen in der Mitte des Knochens mit Hilfe des Maßbandes.

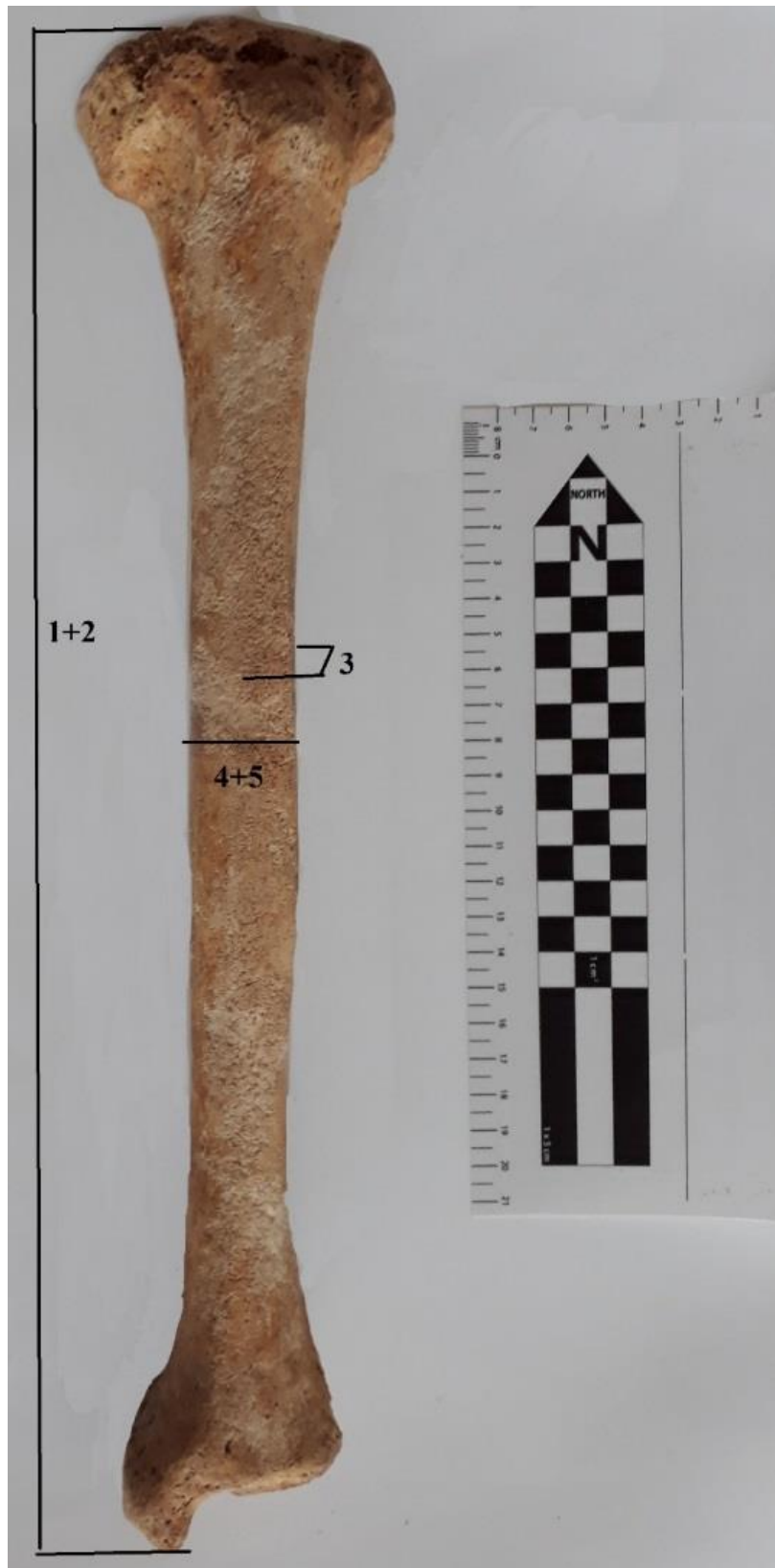


Abbildung 2: Darstellung einiger Maße einer linken Tibia. 1= Größte Länge der Tibia; 2= Ganze Länge der Tibia; 3= Größter Durchmesser der Mitte; 4= Transversaler Durchmesser der Mitte; 5= Umfang der Diaphysenmitte

CALCANEUS

Alle Maße des Calcaneus wurden mit Hilfe des Gleitzirkels gemessen.

- **Größte Länge (1):** Der Abstand des am meisten nach hinten vorspringenden Punktes des Tuber calcanei vom vordersten Punkt des Calcaneus. Gemessen wird an der Unterfläche des Knochens.
- **Ganze Länge (1a):** Die Entfernung des am meisten nach hinten ragenden Punktes des Tuber calcanei von der Mitte der Facies articularis cuboidea.
- **Mittlere Breite (2):** Der Abstand des am meisten nach außen ragenden Punktes der Facies articularis talaris posterior von dem am weitesten medial vorstehenden Punktes des Sustentaculum tali.
- **Höhe des Calcaneus (4):** Der Abstand des am meisten eingesattelten Punktes der konkaven Oberfläche des Corpus calcanei vom entsprechenden Punkt der Unterfläche, senkrecht zur Sagittalebene des Knochens gemessen.

CLAVICULA (einige Maße sind in Abbildung 3 dargestellt)

- **Größte Länge (1):** Die Entfernung der beiden äußersten Knochenenden voneinander. Dieses Maß wird mit Hilfe des Knochenmessbrettes gemessen.
- **Sagittaler Durchmesser der Mitte (5):** Die Entfernung der vorderen von der hinteren Knochenfläche. Gemessen wird in der Mitte des Knochens mit Hilfe des Gleitzirkels.
- **Vertikaler Durchmesser der Mitte (4):** Die Entfernung zwischen der Ober- und Unterseite in der Mitte des Knochens. Hierfür wird ebenfalls der Gleitzirkel verwendet.
- **Umfang der Clavicula (6):** Mit Hilfe des Bandmaßes wird in der Mitte des Knochens der Umfang abgenommen.



Abbildung 3: Darstellung einiger Maße einer linken Clavicula. 1= Größte Länge der Clavicula; 2= Vertikaler Durchmesser der Clavicula; 3= Umfang in der Mitte der Clavicula

RADIUS (einige Maße sind in Abbildung 4 dargestellt)

- **Größte Länge (1):** Der Abstand des am meisten proximal gelegenen Punktes des Caput radii von der Spitze des Processus styloideus. Mit Hilfe des Knochenmessbrettes wird dieses Maß abgenommen.
- **Funktionelle Länge (2):** Die geradlinige Entfernung der am stärksten eingezogenen Stellen der beiden Gelenksflächen voneinander. Für diese Messung wird der Tasterzirkel verwendet.
- **Kleinsten Umfang des Radius (3):** Der Umfang des Knochens an der dünnsten Stelle, jedoch stets unterhalb der Knochenmitte. Dieser Umfang wird mit Hilfe des Bandmaßes gemessen.
- **Sagittaler Durchmesser in der Schaftmitte (5a):** Mit Hilfe des Gleitzirkel wird in der Mitte des Schaftes der Abstand der vorderen von der hinteren Knochenfläche abgenommen.
- **Transversaler Durchmesser in der Schaftmitte (4a):** Der Abstand der medialen von der lateralen Knochenfläche in der Mitte des Schaftes. Gemessen wird mit dem Gleitzirkel.
- **Umfang des Caput radii (5(3)):** Der größte Umfang des Circumferentia articularis des Caput radii. Dieses Maß wird mit einem Maßband gemessen.

- **Sagittaler Durchmesser des Caput radii (5(1)):** Der Abstand der vorderen von der hinteren Knochenfläche der Circumferentia articularis des Caput radii. Für dieses Maß wird der Gleitzirkel verwendet.
- **Transversaler Durchmesser des Caput radii (4(1)):** Die Entfernung der medialen von der lateralen Fläche der Circumferentia articularis des Caput radii. Mit Hilfe des Gleitzirkels wird dieses Maß genommen.



Abbildung 4: Darstellung einiger Maße des linken Radius. 1= Größte Länge des Radius; 2= Funktionelle Länge des Radius; 3= Transversaler Durchmesser der Mitte; 4= Kleinster Umfang der Mitte; 5= Umfang des Caput radii

ULNA (einige Maße sind in Abbildung 5 dargestellt)

- **Größte Länge (1):** Der Abstand des höchsten Punktes des Olecranon vom tiefsten Punkt des Processus styloideus. Gemessen wird dieses Maß mit dem Knochenmessbrett, in dem der Processus styloideus an die Querwand gelegt und der Keil an die Spitze des Olecranon geführt wird.
- **Funktionelle Länge (2):** Die Entfernung zwischen dem tiefsten Punkt auf der, am Processus coronoideus, entlang ziehenden Kante und dem tiefsten Punkt des Caput ulnae, ohne dem Processus styloideus mitzumessen. Für dieses Maß wird der Tasterzirkel verwendet.
- **Umfang der Ulna (3):** Der Umfang der Ulna, gemessen mit dem Maßband, nahe dem distalen Ende der Ulna.
- **Dorso-volarer Durchmesser (11):** Der größte Durchmesser zwischen der Vorderseite und der Rückseite der Diaphyse. Verwendet wird dafür der Gleitzirkel.
- **Transversaler Durchmesser (12):** Wird an jener Stelle gemessen, an der die Ulna die größte Crista-Entwicklung zeigt. Gemessen wird senkrecht auf den dorso-volaren Durchmesser und mit Hilfe des Gleitzirkels.
- **Höhe des Olecranon (8):** Die geradlinige Entfernung des Kreuzungspunktes des Incisura trochlearis Grates mit der Querlinie des Gelenks zum höchsten Punkt des Olecranon. Dafür wird der Gleitzirkel verwendet.
- **Größte Breite des Olecranon (6):** Die größte Breite senkrecht zum Grat der Incisura trochlearis. Gemessen wird mit dem Gleitzirkel.
- **Kleinste Breite des Olecranon (6a):** An der größten Einziehung in der Mitte der Incisura trochlearis wird die kleinste Breite des Olecranon gemessen. Jenes Maß wird mit dem Gleitzirkel gemessen.



Abbildung 5: Darstellung einiger Maße der rechten Ulna. 1= Größte Länge der Ulna; 2= Funktionelle Länge der Ulna; 3= Größte Breite des Olecranon; 4= Kleinste Breite des Olecranon; 5= Umfang der Ulna

HUMERUS (einige Maße sind in Abbildung 6 dargestellt)

- **Größte Länge (1):** Die Entfernung des höchsten Punktes des Caput humeri vom tiefsten Punkt der Trochlea humeri. Dieses Maß wird mit dem Knochenmessbrett abgenommen.
- **Ganze Länge (2):** Die Entfernung des höchsten Punktes des Caput humeri vom tiefsten Punkt des Capitulum humeri. Für dieses Maß eignet sich das Knochenmessbrett am besten.
- **Größter Durchmesser der Mitte (5):** Mit dem Gleitzirkel wird in der Mitte des Knochens der größte Durchmesser abgenommen, ohne Rücksicht auf die sagittale oder transversale Ebene.
- **Kleinsten Durchmesser der Mitte (6):** Der kleinste Durchmesser in der Mitte des Knochens ohne Rücksicht auf die Ebenen. Auch dieser Durchmesser wird mit dem Gleitzirkel gemessen.
- **Umfang der Mitte (7a):** Mit Hilfe des Maßbandes wird in der Mitte des Knochens der Umfang gemessen.
- **Umfang des Caput humeri (8):** Der Umfang entlang der Knorpelgrenze des Caput humeri. Für dieses Maß wird das Maßband verwendet.
- **Größter transversale Durchmesser des Caput humeri (9):** Die Entfernung der am meisten vorstehenden Punkte der seitlichen Knorpelränder voneinander. Für diese Maß wird entweder der Taster- oder der Gleitzirkel verwendet.
- **Größter sagittaler Durchmesser des Caput humeri (10):** Die Entfernung des höchsten Punktes vom tiefsten Punkt des Knorpelrandes. Gemessen wird entweder mit dem Taster- oder Gleitzirkel und senkrecht auf den transversalen Durchmesser.
- **Breite der Trochlea humeri (11):** Der Abstand vom Mittelpunkt des Seitenrandes der Trochlea humeri vom Mittelpunkt des Seitenrandes des Capitulum. Hierfür wird der Gleitzirkel verwendet.



Abbildung 6: Darstellung einiger Maße des rechten Humerus. 1= Größte Länge des Humerus; 2= Ganze Länge des Humerus; 3= Umfang des Caput humeri; 4= Umfang der Mitte; 5= Größter Durchmesser des Knochens; 6= Kleinster Durchmesser des Knochens

5.3 Direktionale Asymmetrie

Für die Berechnung der direktionalen Asymmetrien wird die Differenz von der rechten und linken Seite herangezogen. Da die gemessenen Individuen unterschiedliche Körpergrößen aufweisen und um damit die Werte besser vergleichen zu können, muss die Asymmetrie standardisiert werden, indem durch den Mittelwert der beiden Werte dividiert wird. Dies geschieht mit der folgenden Formel von Mays et al. (1999), die schon in mehreren Publikationen Verwendung fand (Mays, 2002; Auerbach & Raxter, 2008; Waidhofer, 2013):

$$\%DA = \frac{\text{rechts} - \text{links}}{(\text{rechts} + \text{links})/2} \times 100$$

Da mit dieser Formel die Differenz zwischen links und rechts berechnet wird, kennzeichnen ein positiver Wert einer Asymmetrie zur rechten Seite und ein negativer Wert eine Verschiebung zur linken Seite. Ergibt sich ein Wert um Null, ist keine Asymmetrie vorherrschend.

5.4 Arm- und Beinlänge

Für die Arm- und Beinlänge werden bestimmte Maße der oberen und unteren Extremität herangezogen und jeweils eine eigene Variable berechnet um die Kontralateralität besser beurteilen zu können.

Für die Armlänge wird die Größte Länge des Humerus und die Funktionelle Länge der Ulna der jeweiligen Seite zusammengerechnet und davon die direktionale Asymmetrie berechnet, mit der Formel, die in Kapitel 5.3 genauer erklärt wurde.

Für die Beinlänge werden die Größte Länge des Femurs und die Ganze Länge der Tibia der jeweiligen Seite zusammengerechnet und davon die direktionale Asymmetrie berechnet.

5.5 Statistische Auswertung

In einem ersten Schritt wurden die Variablen als Ganzes als auch gruppiert nach Geschlecht mittels eines Kolmogorov-Smirnoff-Test auf Normalverteilung getestet.

Um die Richtung der direktionalen Asymmetrie herauszufinden wird ein einseitiger t-Test mit dem Testwert = 0 angewandt. Bei diesem Test wird berechnet, ob die Mittelwerte der berechneten direktionalen Asymmetrie signifikant von 0 abweichen und in welche Richtung diese gerichtet sind. Für die Datenaufnahme wurde Excel 2013 und für die anschließende statistische Auswertung SPSS 24.0 verwendet.

6 Ergebnisse

6.1 Osteometrie

6.1.1 Femur

Wie in Tabelle 3 ersichtlich, weisen die männlichen Individuen bei allen Femurparametern höhere Mittelwerte auf als die weiblichen Individuen. Darüber hinaus erkennt man aber, dass sich innerhalb der Geschlechter die Seiten nur gering voneinander unterscheiden. Beim generellen Geschlechterunterschied sind alle Parameter hoch signifikant, wodurch ein Unterschied zwischen den Geschlechtern anzunehmen ist.

Tabelle 3: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße des Femurs für rechts und links und getrennt nach Geschlecht

Maß	$\bar{x}$ /SD ♂ rechts	$\bar{x}$ /SD ♂ links	<i>p</i> - Wert	$\bar{x}$ /SD ♀ rechts	$\bar{x}$ /SD ♀ links	<i>p</i> - Wert	Geschlechter- unterschied	
							<i>p</i> -Wert rechts	<i>p</i> -Wert links
Größe	45,64/	45,76/	0,200	40,71/	40,85/	0,096	<0,001	<0,001
Länge	2,2	2,1		1,76	1,81		*	*
Ganze Länge	45,40/	45,47/	0,413	40,32/	40,48/	0,027	<0,001	<0,001
	2,2	2,1		1,76	1,78	*	*	*
Sagittaler	2,96/	2,93/	0,171	2,44/	2,44/	0,854	<0,001	<0,001
Durchmesser	0,24	0,24		0,26	0,25		*	*
der Mitte								
Transversaler	2,95/	2,99/	0,116	2,53/	2,54/	0,530	<0,001	<0,001
Durchmesser	0,17	0,18		0,27	0,22		*	*
der Mitte								
Umfang der	9,34/	9,41/	0,261	7,95/	7,95/	0,874	<0,001	<0,001
Mitte	0,54	0,54		0,71	0,68		*	*
Umfang	14,90/	15,0/	0,254	12,98/	12,97/	0,840	<0,001	<0,001
Caput	0,81	0,63		0,59	0,65		*	*
Vertikaler	4,60/	4,75/	0,001	4,08/	4,1/	0,198	<0,001	<0,001
Durchmesser	0,33	0,25	*	0,24	0,22		*	*
Caput								
Transversaler	4,72/	4,77/	0,148	4,07/	4,07/	0,730	<0,001	<0,001
Durchmesser	0,28	0,20		0,19	0,19		*	*
Caput								

Weiters fällt auf, dass bei beiden Geschlechtern die linke Seite meist ein wenig größere Dimensionen aufweist. Die Standardabweichungen der einzelnen Maße sind für rechts und links meist sehr ähnlich und auch zwischen den Geschlechtern sind keine größeren Unterschiede zu erkennen. Bei der Betrachtung der Standardabweichung fällt zusätzlich noch auf, dass die Längenmaße der männlichen Individuen stärker streuen als jene der weiblichen.

6.1.2 Tibia

Die Mittelwerte der Tibiamaße weisen ebenfalls im männlichen Geschlecht höhere Werte auf als im weiblichen Geschlecht (siehe Tabelle 4). Jedoch fällt auf, dass bei beiden Geschlechtern die Mittelwerte auf der rechten Seite geringfügig höher sind als jene der linken Seite. Bei den Standardabweichungen ist wie schon beim Femur auffallend, dass im männlichen Geschlecht die Längenmaßen mehr streuen als bei den weiblichen Individuen. Bei den Standardabweichungen der restlichen Maße sind weder zwischen den Seiten noch zwischen den Geschlechtern große Unterschiede zu erkennen. Beim Geschlechterunterschied ist auch hier zu erkennen, dass sich die Geschlechter voneinander unterscheiden.

Tabelle 4: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße der Tibia für rechts und links und getrennt nach Geschlecht

Maß	$\bar{x}$ /SD ♂ rechts	$\bar{x}$ /SD ♂ links	<i>p</i> - Wert	$\bar{x}$ /SD ♀ rechts	$\bar{x}$ /SD ♀ links	<i>p</i> - Wert	Geschlechter- unterschied	
							<i>p</i> -Wert rechts	<i>p</i> -Wert links
Größte Länge	37,72/ 2,28	37,81/ 2,29	0,490	33,84/ 1,46	33,75/ 1,47	<0,001 *	<0,001 *	<0,001 *
Ganze Länge	37,24/ 2,27	37,18/ 2,30	0,259	33,48/ 1,44	33,25/ 1,45	0,119	<0,001 *	<0,001 *
Größter Durchmesser der Mitte	2,96/ 0,23	2,95/ 0,22	0,898	2,56/ 0,22	2,57/ 0,25	0,792	<0,001 *	<0,001 *
Transversaler Durchmesser der Mitte	2,24/ 0,18	2,25/ 0,19	0,569	1,88/ 0,14	1,86/ 0,15	0,803	<0,001 *	<0,001 *
Umfang der Mitte	8,44/ 0,54	8,39/ 0,54	0,054	7,25/ 0,48	7,19/ 0,55	0,085	<0,001 *	<0,001 *

6.1.3 Calcaneus

Im männlichen Geschlecht sind die Maße des Calcaneus, mit einer Ausnahme, auf der linken Seite größer als auf der rechten Seite, ersichtlich in Tabelle 5. Im weiblichen Geschlecht sind die Ergebnisse nicht so eindeutig. Generell weisen männliche Individuen in allen osteometrischen Parametern stets höhere Dimensionen auf, als weibliche Individuen. Bei den Standardabweichungen fällt auf, dass sich die Geschlechter nicht sonderlich unterscheiden.

Tabelle 5: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße des Calcaneus für rechts und links und getrennt nach Geschlecht

Maß	$\bar{x}$ /SD ♂ rechts	$\bar{x}$ /SD ♂ links	<i>p</i> - Wert	$\bar{x}$ /SD ♀ rechts	$\bar{x}$ /SD ♀ links	<i>p</i> - Wert	Geschlechter- unterschied	
							<i>p</i> -Wert rechts	<i>p</i> -Wert links
Größte Länge	7,40/ 0,36	7,37/ 0,40	0,364	6,71/ 0,36	6,66/ 0,35	0,051	<0,001 *	<0,001 *
Ganze Länge	7,10/ 0,33	7,17/ 0,39	0,255	6,41/ 0,36	6,40/ 0,35	0,719	<0,001 *	<0,001 *
Größte Breite	4,29/ 0,29	4,34/ 0,28	0,216	3,81/ 0,22	3,84/ 0,20	0,227	<0,001 *	<0,001 *
Größte Höhe	3,84/ 0,32	3,85/ 0,30	0,648	3,41/ 0,22	3,41/ 0,28	0,940	<0,001 *	<0,001 *

6.1.4 Clavicula

Die Größte Länge der Clavicula ist sowohl im männlichen als auch im weiblichen Geschlecht auf der linken Seite größer als auf der rechten, ersichtlich in Tabelle 6. Die restlichen Claviculadimensionen sind bei beiden Geschlechtern rechts größer als links. Die Standardabweichung der Größten Länge ist im männlichen Geschlecht auf beiden Seiten wieder größer als im weiblichen Geschlecht. Ansonsten sind die Standardabweichungen relativ gering, was auf eine geringe Streuung der Maße schließen lässt. Sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Individuen unterscheiden sich die rechte und linke Seite beim Parameter der Größten Länge. Beim Geschlechterunterschied sind alle Werte wieder signifikant von 0 abweichend, bis auf der sagittale Durchmesser der Mitte.

Tabelle 6: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße der Clavicula für rechts und links und getrennt nach Geschlecht

Maß	$\bar{x}$ /SD ♂ rechts	$\bar{x}$ /SD ♂ links	<i>p</i> - Wert	$\bar{x}$ /SD ♀ rechts	$\bar{x}$ /SD ♀ links	<i>p</i> - Wert	Geschlechter- unterschied	
							<i>p</i> -Wert rechts	<i>p</i> -Wert links
Größe	15,1/	15,34/	0,045	12,86/	13,31/	0,022	0,001	0,004
Länge	0,93	1,03	*	0,59	0,59	*	*	*
Sagittaler Durchmesser der Mitte	1,06/ 0,17	1,04/ 0,14	0,545	0,98/ 0,32	0,88/ 0,06	0,102	0,418	0,072
Transversaler Durchmesser der Mitte	1,42/ 0,21	1,37/ 0,16	0,172	1,09/ 0,13	1,06/ 0,13	0,495	0,015 *	0,006 *
Umfang der Mitte	4,12/ 0,50	4,06/ 0,35	0,350	3,46/ 0,16	3,43/ 0,15	0,495	0,027 *	0,007 *

6.1.5 Radius

Die Mittelwerte der Radiusdimensionen sind in beiden Geschlechtern stets auf der rechten Seite größer als links. Die Größe Länge des Radius streut im männlichen Geschlecht ein wenig mehr als im weiblichen Geschlecht. Ansonsten sind die Werte der Standardabweichungen bei allen Variablen sehr gering. Dies könnte auf die kleine Stichprobengröße von nur 13 Individuen zurückzuführen sein.

Bei der Betrachtung des Geschlechterunterschiedes weichen alle Parameter hoch signifikant von 0 ab, trotz der geringen Stichprobengröße. Innerhalb der Geschlechter sind die Ergebnisse weniger eindeutig, zeigen aber auch vereinzelt signifikante Werte, die auf einen Unterschied zwischen rechter und linker Seite schließen lassen.

Tabelle 7: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße des Radius für rechts und links getrennt nach Geschlecht

Maß	$\bar{x}$ /SD ♂ rechts	$\bar{x}$ /SD ♂ links	<i>p</i> - Wert	$\bar{x}$ /SD ♀ rechts	$\bar{x}$ /SD ♀ links	<i>p</i> - Wert	Geschlechter- unterschied	
							<i>p</i> -Wert rechts	<i>p</i> -Wert links
Größte Länge	25,05/ 1,33	24,93/ 1,30	0,045 *	22,56/ 0,69	22,56/ 0,54	1	0,005 *	0,005 *
Funktionelle Länge	23,86/ 1,25	23,73/ 1,27	0,004 *	21,67/ 0,66	21,63/ 0,53	0,686	0,008 *	0,010 *
Kleinster Umfang der Mitte	4,64/ 0,23	4,44/ 0,23	<0,001 *	3,79/ 0,26	3,61/ 0,17	0,044 *	<0,001 *	<0,001 *
Sagittaler Durchmesser der Mitte	1,31/ 0,08	1,26/ 0,09	0,017 *	1,02/ 0,05	1,01/ 0,06	0,391	<0,001 *	0,001 *
Transversaler Durchmesser der Mitte	1,67/ 0,11	1,66/ 0,07	0,466	1,36/ 0,11	1,26/ 0,13	0,161	<0,001 *	<0,001 *
Umfang Caput radii	7,15/ 0,52	7,04/ 0,39	0,246	6,32/ 0,26	6,06/ 0,35	0,069	0,013 *	0,001 *
Sagittaler Durchmesser Caput radii	2,22/ 0,18	2,16/ 0,15	0,231	1,95/ 0,07	1,84/ 0,11	0,018 *	0,002 *	0,003 *
Transversaler Durchmesser Caput radii	2,15/ 0,14	2,15/ 0,12	0,884	1,9/ 0,08	1,8/ 0,15	0,215	0,006 *	0,002 *

6.1.6 Ulna

Auch die Maße der Ulna decken sich mit der Literatur und zeigen auf der rechten Seite größere Werte als links. Hier zeigt sich, dass die Größte Länge und die Funktionelle Länge im männlichen Geschlecht mehr streut als im weiblichen Geschlecht. Ansonsten sind wie schon beim Radius die Werte der Standardabweichungen sehr gering.

Die Parameter von rechts und links zeigen bei den weiblichen Individuen zwar keine Werte die signifikant von 0 abweichen, jedoch ist dies vermutlich auf die geringe Stichprobengröße innerhalb der weiblichen Individuen zurückzuführen. Der Geschlechterunterschied ist schon wie beim Radius mit hoch signifikanten Ergebnissen klar erkennbar.

Tabelle 8: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße der Ulna für rechts und links und getrennt nach Geschlecht

Maß	$\bar{x}$ /SD ♂ rechts	$\bar{x}$ /SD ♂ links	<i>p</i> -Wert	$\bar{x}$ /SD ♀ rechts	$\bar{x}$ /SD ♀ links	<i>p</i> -Wert	Geschlechter- unterschied	
							<i>p</i> -Wert rechts	<i>p</i> -Wert links
Größte Länge	27,04/ 1,35	26,89/ 1,38	0,068	24,59/ 0,90	24,49/ 0,80	0,252	0,007 *	0,008 *
Funktionelle Länge	24,45/ 1,15	24,26/ 1,18	0,016 *	22,45/ 0,87	22,35/ 0,78	0,161	0,011 *	0,014 *
Umfang der Mitte	4,33/ 0,16	4,16/ 0,17	0,003 *	3,45/ 0,21	3,39/ 0,18	0,194	<0,001 *	<0,001 *
Dorso-volarer Durchmesser der Mitte	1,46/ 0,09	1,37/ 0,07	0,031 *	1,11/ 0,03	1,04/ 0,09	0,182	<0,001 *	<0,001 *
Transversaler Durchmesser der Mitte	1,84/ 0,09	1,81/ 0,09	0,214	1,36/ 0,11	1,35/ 0,17	0,824	<0,001 *	<0,001 *
Höhe Olecranon	2,35/ 0,22	2,32/ 0,16	0,416	2,06/ 0,15	2,08/ 0,09	0,604	0,038 *	0,021 *
Größte Breite Olecranon	2,66/ 0,19	2,51/ 0,22	0,009 *	2,13/ 0,18	2,10/ 0,19	0,731	0,001 *	0,009 *
Kleinste Breite Olecranon	2,04/ 0,14	2,07/ 0,12	0,247	1,78/ 0,09	1,75/ 0,13	0,604	0,006 *	0,001 *

6.1.7 Humerus

Auch der Humerus zeigt, trotz der nur insgesamt sieben Individuen die in die Analyse einbezogen werden konnten, das gleiche Bild wie Radius und Ulna. Alle Maße sind auf der rechten Seite größer. Dies gilt für beide Geschlechter.

Tabelle 9: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße des Humerus für rechts und links und getrennt nach Geschlecht

Maß	$\bar{x}$ /SD ♂ rechts	$\bar{x}$ /SD ♂ links	<i>p</i> - Wert	$\bar{x}$ /SD ♀ rechts	$\bar{x}$ /SD ♀ links	<i>p</i> - Wert	Geschlechter- unterschied	
							<i>p</i> -Wert rechts	<i>p</i> -Wert links
Größte Länge	33,98/ 1,58	33,45/ 1,77	0,059	31,55/ 1,06	30,9/ 0,98	0,049	0,109	0,079
Ganze Länge	33,47/ 1,43	32,99/ 1,73	0,071	31,05/ 1,06	30,27/ 0,95	0,061	0,088	0,061
Größter Durchmesser der Mitte	2,48/ 0,14	2,38/ 0,10	0,220	1,97/ 0,11	1,95/ 0,7	0,500	0,008 *	0,003 *
Kleinsten Durchmesser der Mitte	1,96/ 0,18	1,93/ 0,20	0,468	1,65/ 0,7	1,6/ 0	0,500	0,075	0,077
Umfang der Mitte	7,39/ 0,44	7,25/ 0,20	0,379	6,23/ 0,25	6,12/ 0,24	/	0,020 *	0,001 *
Umfang Caput	14,22/ 0,22	13,87/ 0,11	0,010 *	12,80/ 1,06	12,6/ 0,71	0,570	0,021 *	0,006 *
Transversaler Durchmesser Caput	4,40/ 0,13	4,36/ 0,15	0,661	3,93/ 0,18	4,03/ 0,11	0,295	0,009 *	0,036 *
Sagittaler Durchmesser Caput	4,63/ 0,12	4,53/ 0,07	0,103	4,13/ 0,18	4,15/ 0,14	0,500	0,006 *	0,003 *
Breite Trochlea humerali	2,67/0, 21	2,64/0, 23	0,426	2,18/0, 39	2,18/0, 39	/	0,068	0,094

Ebenso zeigt sich, dass die Standardabweichung für die GröÙte und Ganze Länge im männlichen Geschlecht wieder deutlich höher ist als im weiblichen Geschlecht. Ansonsten sind die Werte der Standardabweichungen sehr gering, was möglicherweise auf die geringe StichprobengröÙe zurück zu führen ist. Die geringe Stichprobe ist womöglich auch der Grund warum sich sowohl beim Geschlechtervergleich als auch innerhalb der beiden Geschlechter nur wenige Werte ergeben, die signifikant von 0 abweichen.

6.2 Direktionale Asymmetrien

Die Dimensionen der unteren Extremität wiesen sowohl im Gesamten als auch gruppiert für die Geschlechter nach dem Kolmogorov-Smirnoff-Test eine Normalverteilung auf. Bei der oberen Extremität waren nicht alle Dimensionen auf Grund der geringen Anzahl normalverteilt. Jedoch wurde für beide Extremitäten ein t-Test gegen 0 durchgeführt, um herauszufinden in welche Richtung die Asymmetrie abweicht.

6.2.1 Femur

Um einen besseren Überblick zu gewährleisten, werden in Tabelle 10 die Mittelwerte, die t-Werte und die p-Werte der einzelnen Dimensionen im Gesamten und getrennt für die Geschlechter dargestellt. Nicht alle Dimensionen wichen signifikant mit einem p-Wert unter 0,05 von 0 ab. Die signifikanten Ergebnisse sind für alle folgenden Tabellen mit einem * markiert.

An Tabelle 10 und Abbildung 7 sieht man sofort, dass unabhängig von der Signifikanz, alle Maße des Femurs auf der linken Seite größer sind, außer der sagittale Durchmesser der Mitte. Bei der gesamten Stichprobe sind jedoch nur drei Variablen signifikant: die GröÙte und Ganze Länge und der vertikale Durchmesser des Caput. Im männlichen Geschlecht zeigt sich das gleiche Bild wie bei der gesamten Stichprobe, allerdings ist hier nur mehr der vertikale Durchmesser des Caput unter dem Signifikanzniveau von 0,05. Im weiblichen Geschlecht sind drei Variablen leicht auf die rechte Seite verschoben bzw. nahe null: der sagittale Durchmesser der Mitte, der Umfang der Mitte und der Umfang des Caput. Die restlichen fünf Variablen zeigen eine Verschiebung zur linken Seite. Ein signifikantes Ergebnis weist aber nur die Ganze Länge des Femurs auf.

Tabelle 10: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Femur-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht

Maß	Gesamt			Männer			Frauen		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	- 0,30	- 2,25	0,030 *	- 0,27	- 1,41	0,175	- 0,33	- 1,73	0,099
Ganze Länge	- 0,29	- 2,27	0,028 *	- 0,17	- 0,88	0,387	- 0,40	- 2,36	0,028 *
Sagittaler Durchmesser der Mitte	0,45	0,77	0,446	0,79	1,34	0,196	0,13	0,14	0,893
Transversaler Durchmesser der Mitte	- 1,04	- 1,69	0,098	- 1,42	- 1,57	0,131	- 0,70	- 0,81	0,425
Umfang der Mitte	- 0,31	- 0,77	0,445	- 0,69	- 1,14	0,267	0,04	0,09	0,933
Umfang Caput	- 0,26	- 0,81	0,424	- 0,66	- 1,28	0,214	0,10	0,252	0,803
Vertikaler Durchmesser Caput	- 1,84	- 3,55	0,001 *	- 3,18	- 3,59	0,002 *	- 0,62	- 1,35	0,191
Transversaler Durchmesser Caput	- 0,70	- 1,53	0,134	- 1,29	- 1,58	0,130	- 0,16	- 0,35	0,727

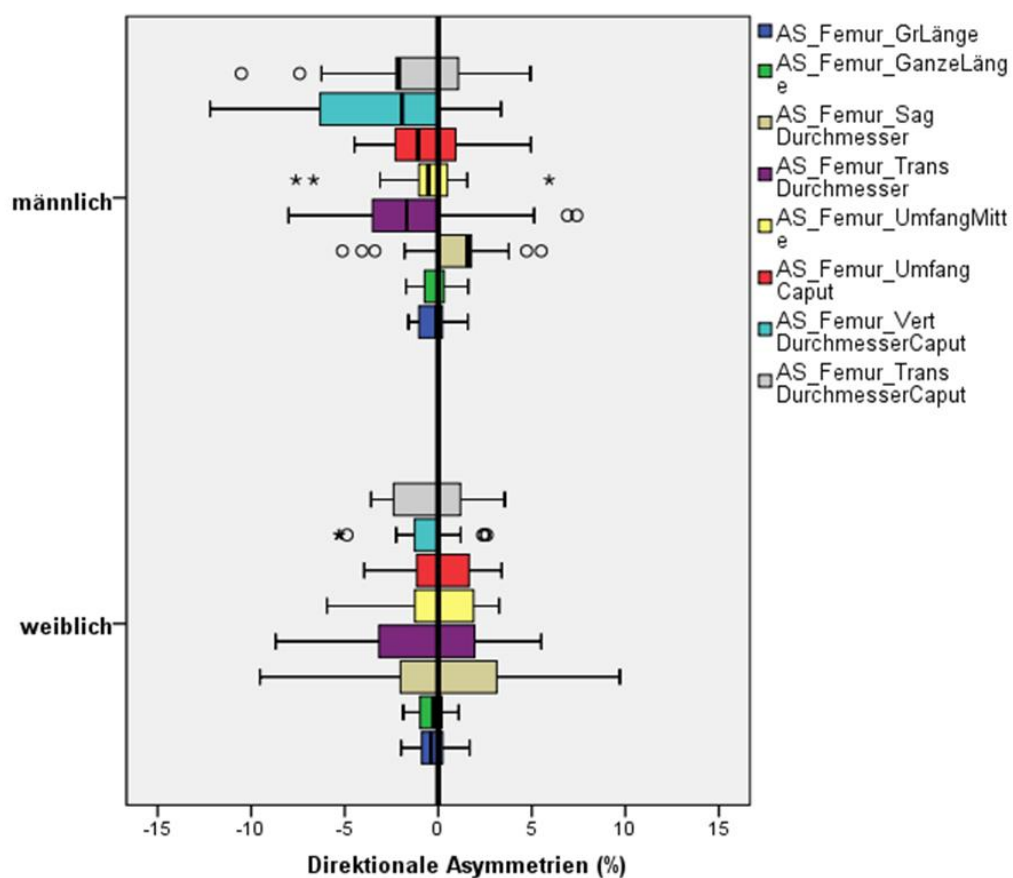


Abbildung 7: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien des Femurs getrennt für Männer und Frauen. Werte rechts im Diagramm zeigen auf der rechten Seite größere Maße, Werte links im Diagramm zeigen auf der linken Seite größere Maße.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Werte des Femurs im Gesamten einen Trend auf die linke Seite hin aufweisen, obwohl nicht alle Werte signifikant von 0 abweichen. Bei der Aufteilung nach den Geschlechtern fällt auf, dass die meisten Variablen nicht signifikant von 0 abweichen. Hierbei liegt die Vermutung nahe, dass es auf die geringe Stichprobengröße zurückzuführen ist.

6.2.2 Tibia

Die Ergebnisse der direktionalen Asymmetrien für die Tibia sind nicht so eindeutig wie die des Femurs. Jedoch ist in Tabelle 11 zu erkennen, dass im Gesamten, unabhängig von der Signifikanz, ein Trend auf die rechte Seite hin vorliegt. Nur der transversale Durchmesser ist in der gesamten Stichprobe leicht nach links gerichtet, jedoch nicht signifikant. Signifikante Werte weisen nur die Größte Länge und der Umfang der Mitte auf.

Betrachtet man die Stichprobe getrennt für die Geschlechter, fällt auf, dass die männliche Stichprobe mehr streut und die Werte eher im negativen Bereich beziehungsweise um null herumliegen. In Abbildung 8 ist vor allem zu erkennen, dass der transversale Durchmesser der Mitte einen Wert im Minusbereich aufweist, wohingegen die weiblichen Individuen einen Trend auf die rechte Seite zeigen. Jedoch sind beide Werte nicht signifikant. Darüber hinaus fällt auch hier auf, dass die meisten Variablen, getrennt für die Geschlechter, nicht signifikant von 0 abweichen.

Tabelle 11: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Tibia-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht

Maß	Gesamt			Männer			Frauen		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	0,42	3,90	0,004 *	0,15	0,72	0,480	0,67	4,10	0,001 *
Ganze Länge	0,02	0,14	0,892	- 0,24	- 1,17	0,256	0,25	1,63	0,118
Größter Durchmesser der Mitte	0,01	0,01	0,991	0,15	0,119	0,907	- 0,12	- 0,12	0,909
Transversaler Durchmesser der Mitte	- 0,14	- 0,21	0,837	- 0,60	- 0,56	0,581	0,27	0,31	0,761
Umfang der Mitte	0,83	2,737	0,009 *	0,66	2,10	0,05 *	0,98	1,93	0,066

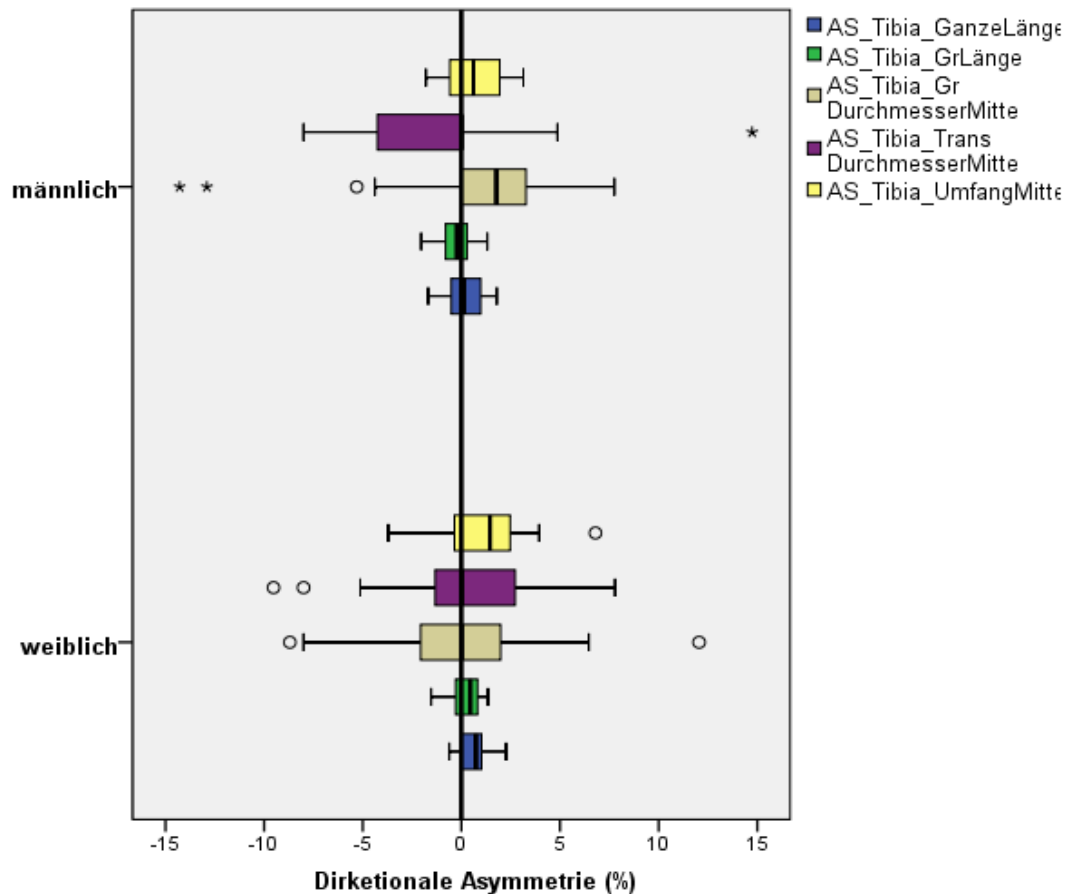


Abbildung 8: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien der Tibia getrennt für Männer und Frauen. Werte rechts im Diagramm zeigen auf der rechten Seite größere Maße, Werte links im Diagramm zeigen auf der linken Seite größere Maße.

6.2.3 Calcaneus

In Tabelle 12 ist zu erkennen, dass in der gesamten Stichprobe die Ganze Länge, die Größte Breite und Höhe eine Asymmetrie auf die linke Seite hin aufweisen, jedoch sind diese Werte nicht signifikant. Die Größte Länge weist einen p-Wert unter 0,05 auf, ist allerdings auf die rechte Seite gerichtet.

Tabelle 12: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests für die Calcaneus-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht

Maß	Gesamt			Männer			Frauen		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	0,58	2,14	0,038 *	0,42	1,01	0,325	0,72	2,02	0,055
Ganze Länge	- 0,36	- 0,83	0,413	- 0,90	- 1,12	0,278	0,13	0,35	0,732
Größte Breite	- 0,97	- 1,81	0,077	- 1,12	- 1,27	0,218	- 0,83	- 1,28	0,214
Größte Höhe	- 0,13	- 0,20	0,843	- 0,47	- 0,48	0,636	0,18	0,22	0,827

In Abbildung 9 sieht man sofort, dass sich die Geschlechter ein wenig voneinander unterscheiden. Während im männlichen Geschlecht die Werte, bis auf die Größte Länge, nach links verschoben sind, sind im weiblichen Geschlecht alle Variablen bis auf die Größte Breite nach rechts gerichtet. Allerdings ist keiner dieser Werte signifikant.

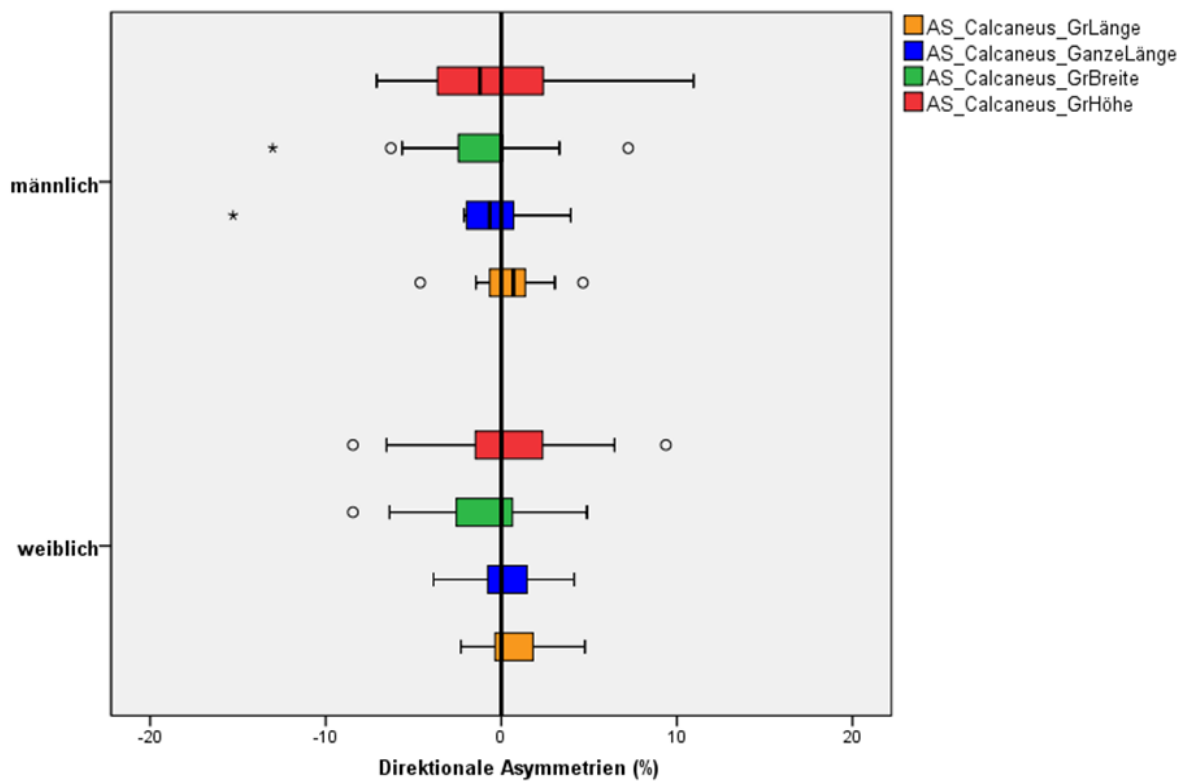


Abbildung 9: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien des Calcaneus getrennt für Männer und Frauen. Werte rechts im Diagramm zeigen auf der rechten Seite größere Maße, Werte links im Diagramm zeigen auf der linken Seite größere Maße.

6.2.4 Clavicula

Bei Betrachtung der Tabelle 13 und Abbildung 10 fällt auf, dass wie zu erwarten die Clavicula in der Größten Länge eine Asymmetrie auf die linke Seite hin aufweist. Dieses Maß ist trotz geringer Stichprobengröße sowohl in der gesamten Stichprobe als auch getrennt nach Geschlecht signifikant, mit einem p-Wert unter 0,05. Die anderen drei gemessenen Variablen sind in der Gesamtstichprobe und Geschlechter getrennt alle auf die rechte Seite gerichtet, jedoch liegen keine Signifikanzen vor.

Betrachtet man den Geschlechtervergleich noch ein wenig genauer, ist zu erkennen, dass die Größte Länge im weiblichen Geschlecht noch deutlicher auf die linke Seite hingewiesen ist. Ebenfalls beim sagittalen Durchmesser der Mitte ist dies auffallend, aber auf die rechte Seite. Bei den restlichen beiden Variablen ist kein großer Unterschied mehr zu erkennen.

Tabelle 13: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Clavicula-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht

Maß	Gesamt			Männer			Frauen		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	- 2,11	- 3,84	0,002 *	- 1,51	- 2,41	0,043 *	- 3,47	- 4,30	0,023 *
Sagittaler Durchmesser der Mitte	3,65	1,63	0,128	1,33	0,53	0,609	8,85	2,38	0,098
Vertikaler Durchmesser der Mitte	2,99	1,70	0,114	3,30	1,43	0,189	2,27	0,81	0,478
Umfang der Mitte	1,14	1,04	0,318	1,33	0,85	0,419	0,72	0,75	0,507

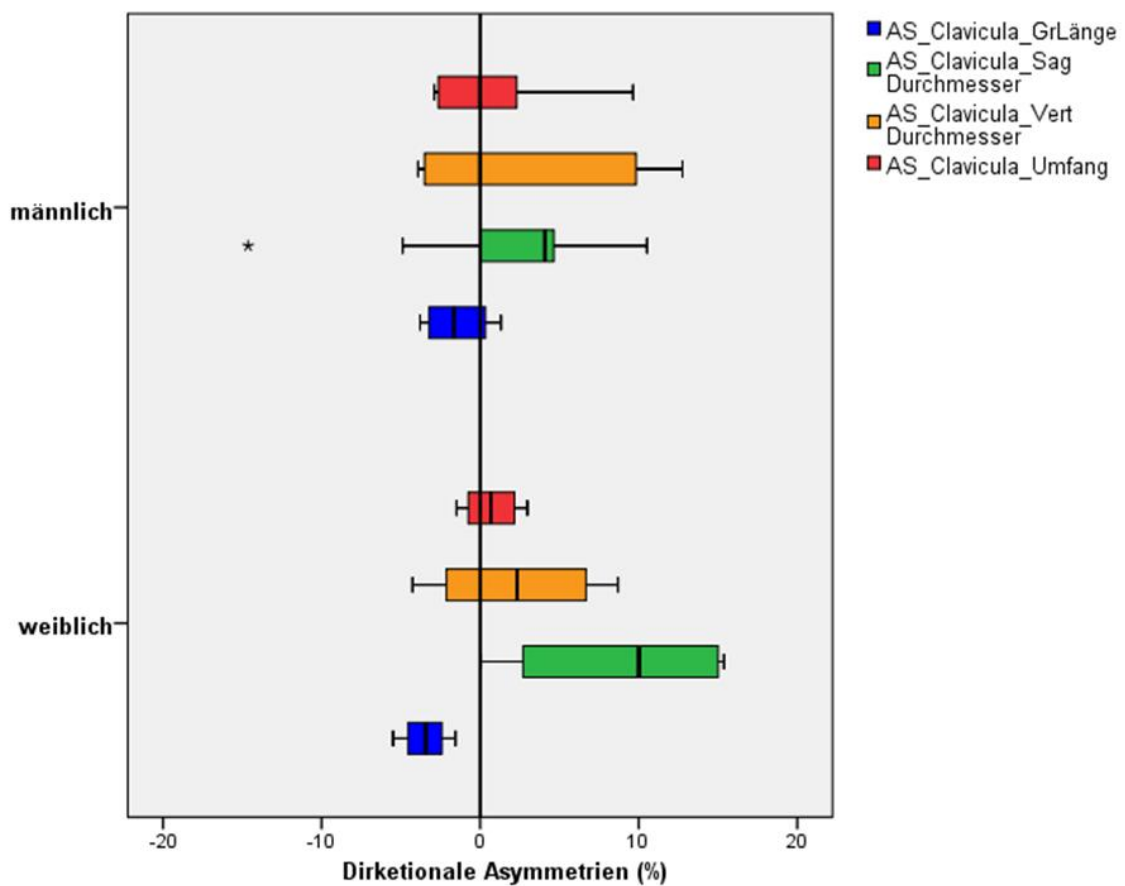


Abbildung 10: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien der Clavicula getrennt für Männer und Frauen. Werte rechts im Diagramm zeigen auf der rechten Seite größere Maße, Werte links im Diagramm zeigen auf der linken Seite größere Maße.

6.2.5 Radius

Trotz der kleinen Gesamtstichprobe von nur 13 Individuen zeigt sich beim Radius eindeutig, dass dieser bei allen Dimensionen auf die rechte Seite hin gerichtet ist, dargestellt in Tabelle 14. Von acht Variablen waren fünf signifikant von 0 abweichend: die Funktionelle Länge, der kleinste Umfang der Mitte, der sagittale Durchmesser der Mitte, der Umfang des Caput radii sowie der sagittale Durchmesser des Caput radii. Die übrigen drei Variablen weichen nicht signifikant von 0 ab, weisen jedoch einen starken Trend zu rechten Seite hin auf: die Größte Länge, der transversale Durchmesser der Mitte sowie der transversale Durchmesser des Caput radii.

Tabelle 14: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Radius-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht

Maß	Gesamt			Männer			Frauen		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	0,32	1,42	0,181	0,46	2,32	0,049 *	- 0,01	- 0,02	0,985
Funktionelle Länge	0,44	2,611	0,023 *	0,54	3,80	0,005 *	0,12	0,43	0,696
Kleinster Umfang der Mitte	4,57	7,30	0,001 *	4,54	5,98	0,001 *	4,63	3,62	0,036 *
Sagittaler Durchmesser der Mitte	3,13	3,02	0,011 *	3,96	2,97	0,018 *	1,28	1,00	0,391
Transversaler Durchmesser der Mitte	3,24	1,70	0,116	1,23	0,70	0,502	7,74	1,77	0,175
Umfang Caput radii	2,32	2,31	0,040 *	1,44	1,18	0,272	4,30	2,82	0,067
Sagittaler Durchmesser Caput radii	3,91	2,24	0,045 *	2,97	1,22	0,257	6,02	4,48	0,021 *
Transversaler Durchmesser Caput radii	1,45	0,97	0,350	0,22	0,13	0,130	4,22	1,51	0,227

Bei der geschlechtergetrennten Betrachtung fällt auf, dass bei den männlichen Individuen mehrere Dimensionen eine Signifikanz aufweisen als bei den weiblichen Individuen. Bei den Männern sind es vier Maße, bei den Frauen hingegen nur zwei. Ein Grund dafür könnte auf jeden Fall die kleine Stichprobengröße von nur vier Individuen bei den Frauen sein. Allerdings sind auch geschlechtergetrennt alle Maße im positiven Bereich, das heißt auf die rechte Seite gerichtet, ersichtlich in Abbildung 11.

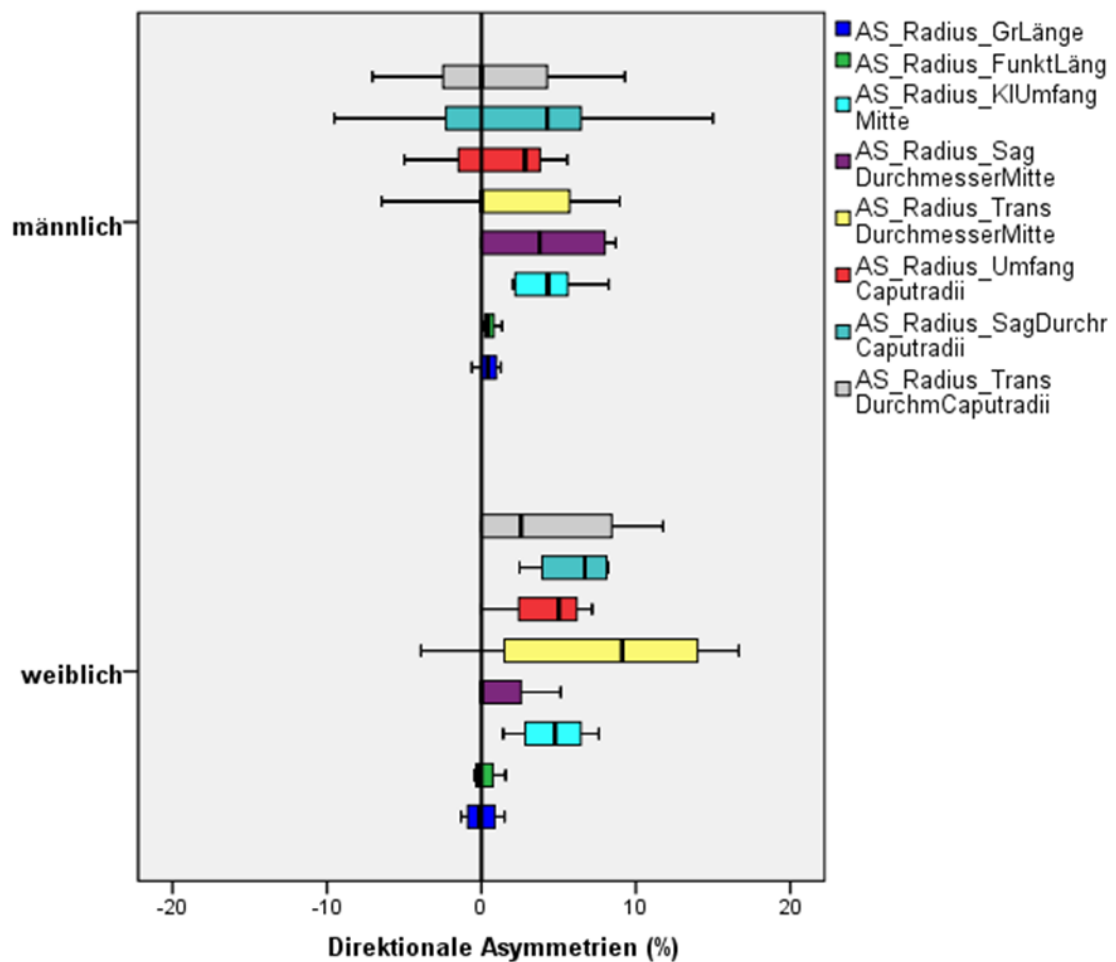


Abbildung 11: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien des Radius getrennt für Männer und Frauen. Werte rechts im Diagramm zeigen auf der rechten Seite größere Maße, Werte links im Diagramm zeigen auf der linken Seite größere Maße.

6.2.6 Ulna

Wie bei den Radius-Maßen sieht man auch bei der Ulna wie in Tabelle 15 und Abbildung 12 dargestellt, dass alle Maße sowohl für die gesamte Stichprobe als auch für die Geschlechter im Durchschnitt rechts größer sind. Bei der gesamten Stichprobe und im männlichen Geschlecht sind vier Variablen signifikant: die Funktionelle Länge, der Umfang der Mitte, der dorso-volare Durchmesser sowie die Größte Breite des Olecranon. Zusätzlich ist die Größte Länge bei der gesamten Stichprobe ebenfalls signifikant. Im weiblichen Geschlecht sind alle Variablen, bis auf die Höhe des Olecranon, im Durchschnitt auf der rechten Seite größer. Jedoch ist keines der Maße signifikant. Im männlichen Geschlecht weisen alle Variablen, bis auf die kleinste Breite des Olecranon, größere Werte auf der rechten Seite hin auf.

Tabelle 15: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests für die Ulna-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht

Maß	Gesamt			Männer			Frauen		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	0,53	2,55	0,026 *	0,58	2,08	0,071	0,40	1,44	0,245
Funktionelle Länge	0,69	3,53	0,004 *	0,80	3,07	0,015 *	0,44	1,89	0,155
Umfang der Mitte	3,19	4,37	0,001 *	3,81	4,23	0,003 *	1,79	1,70	0,188
Dorso-volarer Durchmesser der Mitte	6,54	3,25	0,007 *	6,22	2,63	0,030 *	7,27	1,66	0,195
Transversaler Durchmesser der Mitte	1,42	1,099	0,294	1,52	1,30	0,230	1,22	0,329	0,763
Höhe Olecranon	0,28	0,243	0,812	1,01	30,71	0,495	- 1,34	- 0,62	0,578
Größte Breite Olecranon	4,48	2,63	0,022 *	5,94	3,10	0,015 *	1,20	0,37	0,736
Kleinste Breite Olecranon	- 0,51	- 0,47	0,647	- 1,42	- 1,32	0,223	1,53	0,60	0,591

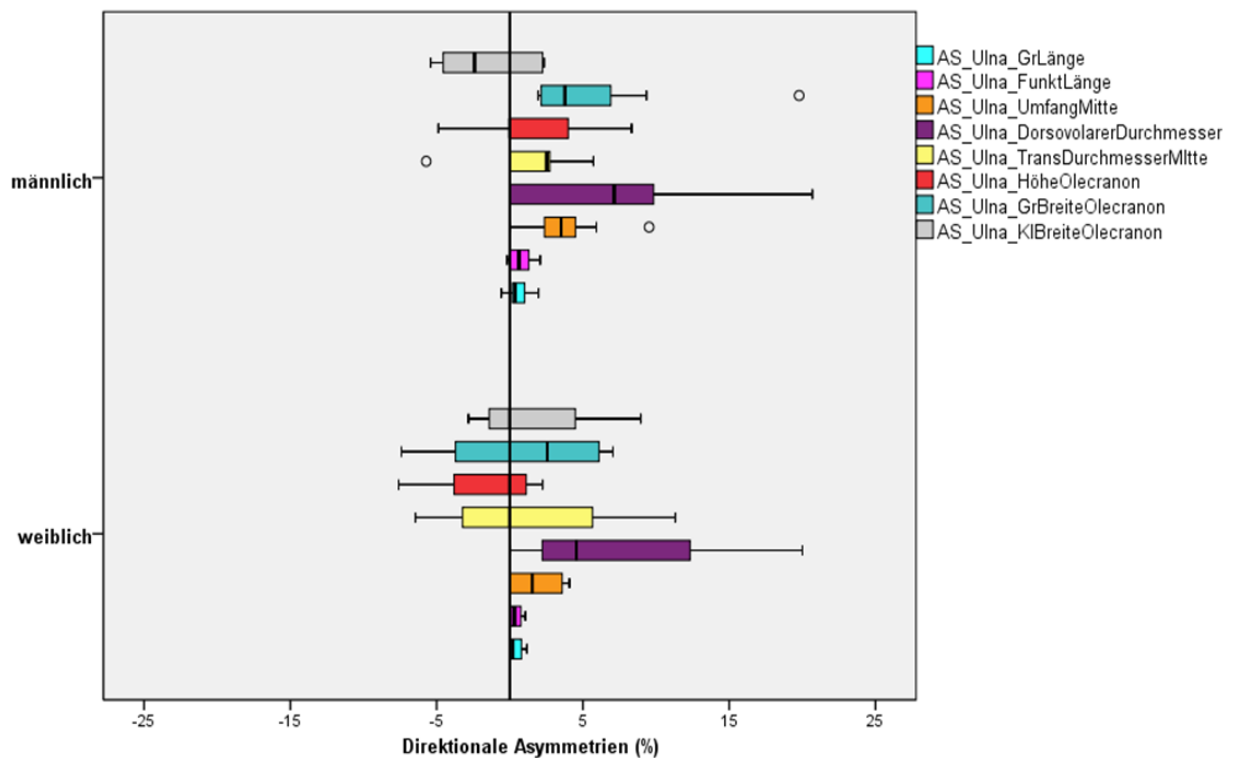


Abbildung 12: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien der Ulna getrennt für Männer und Frauen. Werte rechts im Diagramm zeigen auf der rechten Seite größere Maße, Werte links im Diagramm zeigen auf der linken Seite größere Maße.

6.2.7 Humerus

Von den neun gemessenen Parametern am Humerus weisen acht größere Werte auf die rechte Seite hin auf, ersichtlich in Tabelle 16. Nur der transversale Durchmesser des Caput humeri ist mit -0,07 leicht auf die linke Seite hin gerichtet beziehungsweise nahe null. Signifikante Werte weisen auf: die GröÖste und Ganze Länge sowie der Umfang des Caput humeri.

Im männlichen Geschlecht befinden sich alle Maße im positiven Bereich und somit auf der rechten Seite. Hier sind nur zwei Werte signifikant: die Ganze Länge und der Umfang des Caput humeri. Im weiblichen Geschlecht liegen der transversale und der sagittale Durchmesser des Caput humeri im negativen Bereich und somit auf der linken Seite, jedoch weichen beide Werte nicht signifikant von 0 ab. Die übrigen sieben Parameter sind alle auf die rechte Seite hin gerichtet und sowohl die Ganze als auch die GröÖste Länge weichen signifikant ($p < 0,05$) von 0 ab. Im weiblichen Geschlecht konnten der t-Wert und p-Wert der Breite der Trochlea humeri nicht berechnet werden, da die Standardabweichung gleich null war.

Trotz der geringen Stichproben von nur sieben Humeri lassen sich eindeutige Asymmetrien auf die rechte Seite hin erkennen, wie in Abbildung 13 ersichtlich.

Tabelle 16: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Humerus-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht

Maß	Gesamt			Männer			Frauen		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
GröÖste Länge	1,73	3,97	0,007 *	1,60	2,56	0,061	2,08	18,59	0,034 *
Ganze Länge	1,78	3,85	0,008 *	1,48	2,44	0,071	2,52	13,57	0,047 *
GröÖste Durchmesser der Mitte	3,24	1,60	0,162	4,05	1,43	0,225	1,23	1,00	0,500
Kleinsten Durchmesser der Mitte	1,03	1,38	0,218	1,63	0,87	0,433	3,03	1,00	0,500
Umfang der Mitte	1,75	1,32	0,236	1,80	0,94	0,403	1,62	35,29	0,018*
Umfang Caput humeri	2,20	3,76	0,009 *	2,49	4,648	0,010 *	1,48	0,78	0,578
Transversaler Durchmesser Caput humeri	- 0,07	- 0,05	0,965	0,92	0,49	0,652	- 2,55	- 1,92	0,305
Sagittaler Durchmesser Caput humeri	1,37	1,55	0,172	2,17	2,12	0,101	- 0,62	- 1,00	0,500
Breite Trochlea humeri	0,85	0,90	0,403	1,19	0,89	0,423	0,001	/	/

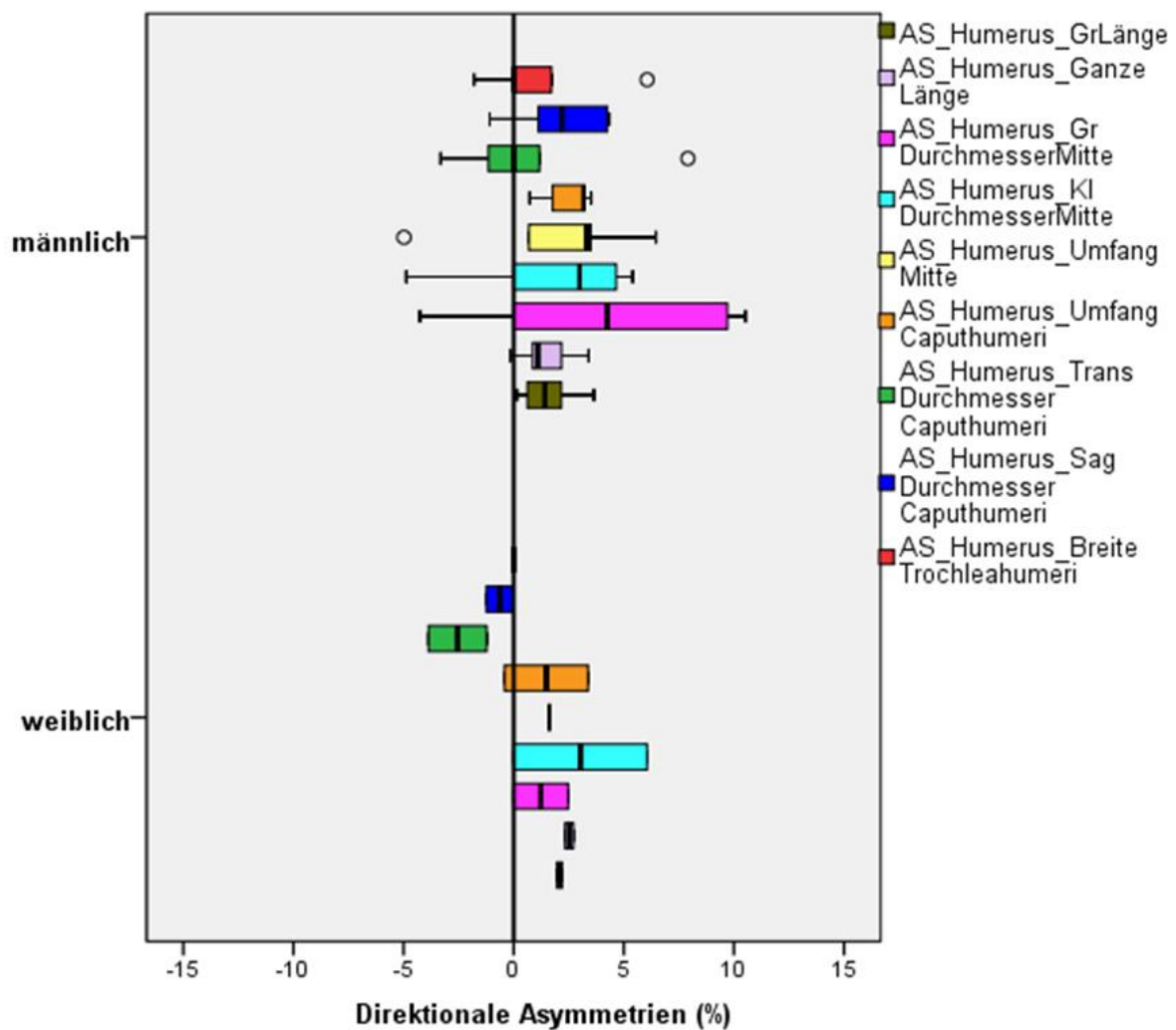


Abbildung 13: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien des Humerus getrennt für Männer und Frauen. Werte rechts im Diagramm zeigen auf der rechten Seite größere Maße, Werte links im Diagramm zeigen auf der linken Seite größere Maße.

6.3 Arm- und Beinlänge

Für die Asymmetrie der Armlänge ergab sich ein positiver Wert und zeigt daher, dass auch die Armlänge auf die rechte Seite verschoben ist. Diese Abweichung ist jedoch nicht signifikant, wobei als Erklärung die niedrige Stichprobengröße in Betracht gezogen werden muss. Die Asymmetrie der Beinlänge ergab einen leicht negativen Wert und lässt darauf schließen, dass die untere Extremität im Gesamten ein wenig auf die linke Seite verschoben ist. Dies bestätigt damit die Vermutung einer Kontralateralität der Extremitäten. Bei der Berechnung einer Korrelation ergab sich eine negative Korrelation, jedoch nicht signifikant. Ein gewisser Trend ist allerdings erkennbar. Für die Geschlechter zeigt sich bei der Arm- und Beinlänge kein Unterschied.

6.4 Altersvergleich

6.4.1 Femur

Wie auch beim Geschlechtervergleich sind die Altersunterschiede in den drei Gruppen ebenfalls nur sehr gering. Bei den frühadulten Individuen weichen die Ganze Länge des Femurs und der vertikale Durchmesser des Caput femoris signifikant von 0 ab. In der spätadulten Gruppe weicht keines der Maße signifikant von 0 ab. Bei der ältesten Gruppe hingegen, weicht der vertikale Durchmesser des Caput signifikant von 0 ab.

Der sagittale Durchmesser der Mitte ist bei allen drei Gruppen im positiven Bereich, aber nicht unter dem Signifikanzniveau von 0,05. Ansonsten sind alle Variablen in den einzelnen Gruppen im negativen Bereich. Vereinzelt sind Variablen im Plus, jedoch betrifft dies in jeder Gruppe unterschiedliche Maße. Bei den frühadulten Individuen befindet sich der Umfang der Mitte ganz leicht im positiven Bereich. Bei den spätadulten ist der transversale Durchmesser der Mitte und bei den maturen der Umfang des Caput femoris im positiven Bereich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass keines der Maße in den Altersgruppen hervorsticht und daher stärker ausgeprägt ist, siehe in Tabelle 17.

Tabelle 17: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Femur-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen

Maß	Frühadult (19-30 Jahre)			Spätadult (31-40 Jahre)			Matur (41-80 Jahre)		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	- 0,30	- 1,52	0,143	- 0,22	- 0,62	0,556	- 0,34	- 1,70	0,115
Ganze Länge	- 0,45	- 2,40	0,026 *	- 0,18	- 0,47	0,651	- 0,12	- 0,768	0,456
Sagittaler Durchmesser der Mitte	0,16	0,15	0,881	1,01	1,34	0,219	0,50	0,665	0,518
Transversaler Durchmesser der Mitte	- 0,73	- 0,68	0,507	- 1,88	- 1,65	0,137	- 0,97	- 1,16	0,268
Umfang der Mitte	0,01	0,01	1	- 0,23	- 0,42	0,686	- 0,81	- 1,21	0,247
Umfang des Caput	- 0,08	- 0,19	0,848	- 1,12	- 1,21	0,261	0,02	0,03	0,975
Vertikaler Durchmesser des Caput	- 1,81	- 2,21	0,039 *	- 1,30	- 1,70	0,127	- 2,30	- 2,28	0,041 *
Transversaler Durchmesser des Caput	- 0,77	- 1,12	0,276	0,42	- 1,04	0,329	- 0,20	- 0,31	0,760

6.4.2 Tibia

Bei den frühadulten Individuen ist nur die Ganze Länge der Tibia signifikant von 0 abweichend. Der Umfang der Mitte der Tibia weicht bei den spätadulten Individuen signifikant von 0 ab. In der Altersklasse Matur ist hingegen keine Variable signifikant von 0 abweichend.

Bei den maturen Individuen zeigt sich, dass insgesamt drei der fünf Maße im negativen Bereich liegen, wohingegen sich bei den früh- und spätadulten Individuen nur jeweils ein Maß im negativen Bereich befindet, ersichtlich in Tabelle 18. Ebenfalls zeigt sich, dass bei den frühadulten Individuen drei von fünf Maße im Mittel größer sind, bei den spätadulten zwei und bei der Altersklasse Matur gar keines.

Tabelle 18: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Tibia-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen

Maß	Frühadult (19-30 Jahre)			Spätadult (31-40 Jahre)			Matur (41-80 Jahre)		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	0,18	0,87	0,397	0,01	0,02	0,986	- 0,21	- 1,04	0,317
Ganze Länge	0,59	3,07	0,006 *	0,42	1,30	0,231	0,18	0,73	0,478
Größter Durchmesser der Mitte	- 0,70	- 0,55	0,588	1,39	1,38	0,206	0,18	0,13	0,897
Transversaler Durchmesser der Mitte	0,51	0,60	0,562	- 0,57	- 0,51	0,623	- 0,85	- 0,54	0,596
Umfang der Mitte	0,97	2,01	0,058	2,12	6,40	0,01 *	- 0,21	- 0,47	0,643

6.4.3 Calcaneus

Keine der Variablen ist in allen drei Gruppen signifikant ausgeprägt. Bei der Betrachtung der Tabelle 19 fällt auf, dass sich die drei Gruppen in der Größten Länge des Calcaneus nicht unterscheiden. Beim Maß der Ganzen Länge sind die früh- und spätadulten Individuen im negativen Bereich, die maturen Individuen im positiven. Die Größte Breite liegt bei allen drei Gruppen im Minus, wohingegen die Größte Höhe des Calcaneus bei den frühadulten und maturen nahe null liegen und bei den spätadulten im negativen Bereich.

Tabelle 19: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Calcaneus-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen

Maß	Frühadult (19-30 Jahre)			Spätadult (31-40 Jahre)			Matur (41-80 Jahre)		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	0,70	1,90	0,073	0,11	0,429	0,679	0,71	1,10	0,289
Ganze Länge	- 0,65	- 0,80	0,434	- 0,54	- 1,08	0,311	0,20	0,39	0,703
Größte Breite	- 0,76	- 1,13	0,271	- 2,25	- 1,24	0,249	- 0,45	-0,633	0,538
Größte Höhe	0,07	0,08	0,934	- 0,74	- 0,41	0,693	- 0,02	-0,01	0,988

6.4.4 Clavicula

Auch bei der Clavicula können keine großen Unterschiede zwischen den Altersgruppen erkannt werden. Die Größte Länge der Clavicula liegt bei allen drei Gruppen im negativen Bereich und weicht bei den frühadulten Individuen sogar signifikant von 0 ab. Die beiden Maße für den Durchmesser sind bei allen drei Gruppen im positiven Bereich, sind aber nicht signifikant von 0 abweichend. Die spätadulten und maturen Individuen liegen beim Umfang der Mitte im positiven Bereich, die frühadulten hingegen im negativen Bereich, ersichtlich in Tabelle 20.

Tabelle 20: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Clavicula-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen

Maß	Frühadult (19-30 Jahre)			Spätadult (31-40 Jahre)			Matur (41-80 Jahre)		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	- 3,50	- 6,96	0,001 *	- 1,14	- 1,21	0,350	- 0,76	- 0,75	0,506
Sagittaler Durchmesser	4,05	0,90	0,409	1,54	0,48	0,681	4,63	1,70	0,188
Vertikaler Durchmesser	2,30	0,81	0,454	7,66	3,84	0,062	0,54	0,17	0,879
Umfang der Mitte	- 0,45	- 0,69	0,523	3,74	1,55	0,261	1,57	0,53	0,630

6.4.5 Radius

Der Altersvergleich der Radiusmaße, ersichtlich in Tabelle 21, ergab keine großen Unterschiede zwischen den Altersgruppen. Bei den frühadulten Individuen sind der kleinste Umfang der Mitte und der sagittale Durchmesser des Caput radii signifikant von 0 abweichend. Bei den spätadulten befindet sich nur der Umfang des Caput radii unter dem Signifikanzniveau von 0,05. Die maturen Individuen hingegen weichen wieder in zwei Variablen signifikant von 0 ab. Es handelt sich hierbei um die Funktionelle Länge und den Kleinsten Umfang der Mitte. Bei den frühadulten und maturen Individuen sind drei Maße im Mittel größer, bei den spätadulten Individuen sind es zwei Maße, die größer ausfallen als bei den anderen beiden Gruppen.

Tabelle 21: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Radius-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen

Maß	Frühadult (19-30 Jahre)			Spätadult (31-40 Jahre)			Matur (41-80 Jahre)		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	0,16	0,380	0,720	0,19	0,43	0,708	0,65	2,35	0,101
Funktionelle Länge	0,49	1,52	0,189	0,06	0,40	0,726	0,63	3,24	0,048 *
Kleinsten Umfang der Mitte	5,35	6,60	0,001 *	4,67	2,35	0,143	3,33	4,08	0,027 *
Sagittaler Durchmesser der Mitte	3,64	2,14	0,085	1,26	1,01	0,423	3,79	1,73	0,183
Transversaler Durchmesser der Mitte	5,75	1,72	0,145	- 0,34	- 0,17	0,879	2,15	0,65	0,561
Umfang des Caput radii	2,67	1,78	0,135	4,08	7,16	0,019 *	0,48	0,20	0,850
Sagittaler Durchmesser des Caput radii	5,30	2,92	0,033 *	8,22	2,41	0,137	- 1,41	- 0,43	0,693
Transversaler Durchmesser des Caput radii	1,67	1,58	0,175	1,62	0,32	0,782	1,01	0,28	0,798

6.4.6 Ulna

Bei den frühadulten Individuen sind die Größte Länge, der Umfang der Mitte und der dorso-volare Durchmesser der Mitte signifikant von 0 abweichend. In der Altersgruppe der spätadulten Individuen sind ebenfalls der dorso-volare Durchmesser und zusätzlich die Größte Breite des Olecranon signifikant von 0 abweichend. Bei den maturen Individuen weicht lediglich der Umfang der Mitte signifikant von 0 ab. Der t-Wert und der p-Wert konnten für den dorso-volaren Durchmesser der maturen Individuen nicht berechnet werden, da die Standardabweichung gleich Null ist. Grund dafür dürfte die geringe Stichprobengröße von vier Individuen in dieser Altersgruppe sein. Die Kleinste Breite des Olecranon ist bei den frühadulten und maturen Individuen im negativen Bereich, bei den spätadulten im positiven, ersichtlich in Tabelle 22. Zusätzlich ist bei den maturen Individuen die Höhe des Olecranon ebenfalls im negativen Bereich.

Auffallend ist, dass fünf von acht Variablen bei den Spätadulten im Mittel größer ausgeprägt sind als bei den anderen beiden Gruppen.

Tabelle 22: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Ulna-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen

Maß	Frühadult (19-30 Jahre)			Spätadult (31-40 Jahre)			Matur (41-80 Jahre)		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	0,79	2,65	0,045 *	0,43	1,58	0,255	0,20	0,42	0,704
Funktionelle Länge	0,68	2,44	0,059	0,36	1,93	0,194	0,95	1,97	0,144
Umfang der Mitte	2,59	2,73	0,041 *	4,67	1,70	0,231	2,98	7,68	0,005 *
Dorsovolarer Durchmesser der Mitte	5,76	3,85	0,012 *	16,84	4,80	0,041 *	0,01	/	/
Transversaler Durchmesser der Mitte	1,76	0,71	0,508	0,84	1,01	0,423	1,35	0,55	0,621
Höhe Olecranon	0,15	0,09	0,932	4,11	1,71	0,230	- 2,38	- 1,73	0,182
Größte Breite Olecranon	4,20	1,14	0,307	5,32	6,15	0,025 *	4,27	2,46	0,091
Kleinste Breite Olecranon	- 1,30	- 2,23	0,077	4,52	2,04	0,179	- 3,12	- 1,70	0,187

6.4.7 Humerus

Beim Humerus konnten nur die frühadulten und die maturen Individuen miteinander verglichen werden. In der mittleren Altersklasse konnte nämlich nur ein Humerus in die Analyse mit einbezogen werden. Aus diesem Grund konnten keine Berechnungen angestellt werden. Es lässt sich jedoch sagen, dass auch bei diesem einem Individuum alle Variablen des Humerus im positiven Bereich liegen. Als einziges Maß bei den frühadulten Individuen ist nur die Größte Länge signifikant von 0 abweichend. Bei den maturen Individuen weicht kein Wert signifikant von 0 ab, was an der geringen Stichprobe liegen könnte. Zwei der neun Variablen sind bei den Frühadulten im negativen Bereich, bei den Maturen sind es drei Variablen. Jedoch ist keine davon signifikant von 0 ab, ersichtlich in Tabelle 23. Des Weiteren zeigt sich, dass bei vielen Maßen die Individuen der Altersklasse Matur im Mittel größere Werte aufweist als die Frühadulten.

Tabelle 23: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Humerus-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen

Maß	Frühadult (19-30 Jahre)			Matur (41-80 Jahre)		
	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert	$\bar{x}$	t-Wert	p-Wert
Größte Länge	1,61	3,27	0,047 *	2,13	1,41	0,393
Ganze Länge	1,77	2,74	0,072	2,25	1,96	0,301
Größter Durchmesser der Mitte	4,31	1,92	0,151	- 2,13	- 1,01	0,500
Kleinsten Durchmesser der Mitte	2,26	1,56	0,216	0,26	0,05	0,967
Umfang der Mitte	1,86	3,15	0,051	- 0,83	- 0,20	0,874
Umfang Caput humeri	1,73	1,84	0,163	2,48	3,54	0,175
Transversaler Durchmesser Caput humeri	- 0,98	- 0,91	0,430	- 2,23	- 2,05	0,289
Sagittaler Durchmesser Caput humeri	0,52	0,70	0,533	1,58	0,59	0,660
Breite Trochlea humeri	- 0,45	- 1,00	0,391	3,03	1,01	0,500

7 Diskussion

Das primäre Ziel der vorliegenden Masterarbeit war die Prüfung der Hypothese, dass direktionale Asymmetrien in der unteren Extremität auf der linken Seite stärker ausgeprägt sind. Darüber hinaus sollte geprüft werden, ob eine Form der Kontralateralität angenommen werden kann.

7.1 Haupthypothese 1 – Direktionale Asymmetrien

FEMUR

Wie bereits bei Čuk et al. (2001) sowie Auerbach und Ruff (2006) beschrieben, konnte auch in der vorliegenden Studie festgestellt werden, dass der Femur auf die linke Seite hin gerichtet ist. Dadurch kann angenommen werden, dass auch bei den Awaren das rechte Bein eine dominante Rolle einnahm, während der linke Femur die stabilisierende Seite darstellt.

Die Größte Länge, die Ganze Länge und der Vertikale Durchmesser des Caput waren in der Gesamtstichprobe signifikant asymmetrisch ausgeprägt. Die restlichen Breitenmaße waren nicht signifikant asymmetrisch. Dies widerspricht zum Teil den Ergebnissen früherer Studien, die eine stärker ausgeprägte Asymmetrie bei den Breitenmaßen als bei den Längenmaßen feststellten (Čuk et al., 2001; Auerbach & Ruff, 2006). Ein Grund dafür könnte der aufrechte Gang sein, da diese mechanische Belastung eher auf die Längenmaße, als auf die Breitenmaße wirkt. Ein weiterer Grund könnte die geringe Stichprobengröße von nur 44 Individuen sein.

TIBIA

In früheren Studien konnte die direktionale Asymmetrie der Tibia nicht einheitlich nachgewiesen werden. Čuk et al., (2001) fanden stärkere Asymmetrien auf der linken Seite, Singh und Mohanty (2005) hingegen beschrieben stärkere Ausprägungen auf der rechten Seite. In der vorliegenden Arbeit waren die Maße der Tibia auf die rechte Seite verschoben. Dies ist im ersten Moment zwar ein wenig verwunderlich, aber recht gut zu erklären: denn um nicht das linke Bein viel länger auszubilden als das rechte, muss die Tibia die stärkere Ausprägung des linken Femurs wieder ausgleichen.

CALCANEUS

Der Calcaneus zeigt von den vermessenen Knochen der unteren Extremität, die wenigsten Asymmetrien, jedoch bei drei von vier Maßen zeigt sich eine Tendenz auf die linke Seite. Die geringe Ausprägung der Asymmetrien könnte daran liegen, dass der Calcaneus eines der

wichtigsten Elemente bei der Fortbewegung und Gewichtsverteilung ist (Nathana et al., 2017). Wie bereits erwähnt, spielt die Entwicklung der Bipedie dabei eine wichtige Rolle (Čuk et al., 2001). Durch den gleichmäßigen Stand beider Beine, muss auch das Gewicht gleichmäßig verteilt werden. Dies führt dazu, dass beide Calcanei ungefähr die gleiche mechanische Belastung aushalten müssen.

CLAVICULA

Wie schon vermutet, verhält sich auch in der vorliegenden Studie die Länge der Clavicula kontralateral zu den restlichen Maßen. Dieses Maß ist als einziges auch signifikant von 0 abweichend. Die übrigen drei Maße waren auf die rechte Seite verschoben. Dieses Ergebnis deckt sich wieder mit der Erkenntnis von Mays et al. (1999) und Auerbach und Raxter (2008). So dürfte wohl auch bei den Awaren die rechte Hand die dominante gewesen sein und somit wurde die Länge der Clavicula auf dieser Seite gestaucht.

Die nicht signifikanten Abweichungen von 0 der anderen drei Maße könnten durch die geringe Stichprobe von nur 13 Individuen zu Stande kommen. In der Arbeit von Waidhofer (2013) war nämlich in der Gesamtstichprobe der Awaren der sagittale Durchmesser der Mitte ebenfalls signifikant von 0 abweichend. Jedoch war in der Studie von Waidhofer (2013) die Stichprobe mit 125 Skeletten um einiges größer.

RADIUS

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des Radius zeigt sich, wie schon vermutet, dass alle Maße auf die rechte Seite hin gerichtet sind. Beim Vergleich mit der Arbeit von Waidhofer (2013) zeigen sich einige Parallelen. So sind zum Beispiel die Funktionelle Länge und der kleinste Umfang der Mitte bei beiden Studien signifikant von 0 abweichend, trotz der unterschiedlichen Stichprobengröße. Dies lässt darauf schließen, dass diese beiden Maße besonders stark beansprucht werden und dadurch mehr Knochenaufbau stattfindet (Wolff, 1892).

ULNA

Bei der Ulna zeigt sich ein ähnliches Bild wie beim Radius: alle Maße, bis auf die kleinste Breite des Olecranon, zeigen eine Asymmetrie nach rechts. Fünf Maße davon sind signifikant von 0 abweichend, drei Maße nicht. Zwei der drei nicht signifikanten Maße betreffen den Bereich des Ellenbogens, nämlich die Höhe des Olecranon und die kleinste Breite des Olecranon. Schon Čuk et al. (2001) erwähnten in ihrem Artikel, dass der Ellenbogen nicht so sehr asymmetrischem Stress ausgesetzt ist, wie Hand- oder Schultergelenk. Dies könnte auch

bei den beiden Maßen in dieser Arbeit, in Kombination mit der geringen Stichprobengröße, zutreffen. Die Größte und Funktionelle Länge sowie der dorso-volare Durchmesser sind auch in der Arbeit von Waidhofer (2013) signifikant von 0 abweichend. Dies lässt wie zuvor schon beim Radius auf eine starke Beanspruchung und dadurch vermehrten Knochenaufbau schließen.

HUMERUS

Der Humerus war in dieser Arbeit der Knochen mit der kleinsten Stichprobe von nur sieben Individuen. Trotzdem waren alle Maße, bis auf den transversalen Durchmesser des Caput humeri, auf die rechte Seite hingerichtet, wenn auch nicht alle signifikant von 0 abweichend. Hier zeigt sich vor allem, dass die beiden Längenmaße stark ausgeprägt sind. Wie schon Čuk et al. (2001) aber auch Waidhofer (2013) anmerkten, ist der Humerus der Knochen, der am meisten asymmetrisch abweicht. Dies kann auch in dieser Arbeit bestätigt werden, da sich signifikante Ergebnisse trotz nur sieben Humeri zeigen.

Zusammenfassend lässt sich aus den angeführten Ergebnissen schließen, dass die Haupthypothese 1 angenommen werden kann und sich direktionale Asymmetrien in der unteren Extremität links stärker und in der oberen Extremität recht stärker ausprägen. Bei den Knochen der unteren Gliedmaßen waren zwei, nämlich Femur und Calcaneus, nach links verschoben, die Tibia hingegen nach rechts. Die Verschiebung der Tibia auf die rechte Seite, könnte eine Reaktion auf die stärker ausgeprägten Asymmetrien des Femurs nach links sein. Wären die Asymmetrien der Tibia auch auf die linke Seite verschoben, wäre das linke Bein ein wenig länger als das rechte und dies würde Schwierigkeiten bei der Lokomotion nach sich ziehen. Deshalb ist anzunehmen, dass dieser Ausgleich auf die Entwicklung des aufrechten Ganges zurückzuführen ist. Ebenfalls ist aus den vorliegenden Ergebnissen anzunehmen, dass die Awaren das linke Bein zur Unterstützung und Stabilisation benutzten, während das rechte Bein Tätigkeiten ausführte. Dies deckt sich wieder mit der Erkenntnis von Čuk et al. (2001). Des Weiteren wird diese Annahme noch zusätzlich mit den Ergebnissen der Kontralateralität unterstützt. In dieser vorliegenden Masterarbeit konnte, wie schon in vorangegangenen Studien (Plochoki, 2004; Auerbach & Ruff, 2006; Kanchan et al., 2008) eine Kontralateralität der Extremitäten nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der oberen Extremität sind in dieser Arbeit nicht so eindeutig wie in der Masterarbeit von Waidhofer (2013), was sicherlich als Resultat der sehr geringen Anzahl von in die Analyse einbezogenen Armknochen gewertet werden kann. Jedoch kann auch in der

vorliegenden Arbeit die Vermutung wie bei Waidhofer (2013) angenommen werden, dass die Awaren als Reiter und Krieger vermutlich ihre Arme gleichmäßiger belasteten und daher die Asymmetrien nicht so eindeutig ausfallen. Dies würde sich auch mit dem Artikel von Stirland (1993) decken, in dem Soldaten weniger Asymmetrien zeigten als Kirchenarbeiter.

7.2 Haupthypothese 2 – Altersunterschied

Die Ergebnisse frühere Studien lassen einen Altersunterschied in der Ausprägung von direktionalen Asymmetrien erwarten (Bergman et al., 1996; Heaney, 1997). Dieser zeigte sich auch in der vorliegenden Arbeit, jedoch nicht so ausgeprägt wie angenommen und daher kann die Haupthypothese 2 nicht bestätigt werden.

Zwar zeigten einzelne Knochen innerhalb einer Altersklasse immer wieder eine signifikant asymmetrische Ausprägung, jedoch kann nicht bestätigt werden, dass die frühadulten Individuen stärkere Asymmetrien aufweisen als die maturen Individuen. Heaney et al. (1997) beschreiben, dass die Durchmesser der Knochen im Alter abnehmen. Dies konnte auch in dieser Arbeit nachgewiesen werden, da in der Altersklasse matur die Durchmesser im Mittel bei allen Knochen immer am kleinsten ausfielen.

Der Annahme, dass im Alter weniger kraftraubende Tätigkeiten verrichtet werden, kann dadurch aber nicht vollständig zu gestimmt werden. Der nur sehr schwach ausgeprägte Altersunterschied in den Asymmetrien in dieser Arbeit könnte als Bestätigung dafür interpretiert werden, dass die Awaren generell mehr bimanuelle Tätigkeiten ausführten (Waidhofer, 2013) und sich somit keine große Veränderung im Alter zeigt. Wie bereits Blackburn & Knüsel (2006) in ihrem Artikel erwähnen, sind es die unimanuellen Tätigkeiten die zu einer stärkeren Ausprägung von Asymmetrien führen.

Um eindeutiger Ergebnisse zu erzielen und um die Vermutung eines Altersunterschiedes in der Ausprägung von direktionalen Asymmetrien doch noch zu bestätigen, müsste zum einen die Stichprobe vergrößert und zum anderen eher eine Knochendichtemessung durchgeführt werden. Da die Knochendichte viel stärker auf zu wenig Belastung reagiert (van der Meulen et al., 2008), könnte somit getestet werden ob die Belastung bei den älteren Awaren abgenommen hat oder nicht.

7.3 Haupthypothese 3 – Geschlechterunterschied

Mehrere Studien belegen einen Geschlechterunterschied in der Ausprägung von Asymmetrien bei Breiten- und Längenmaßen (Čuk et al., 2001; Auerbach & Ruff, 2006). Diese Erkenntnis konnte auch in dieser Arbeit gewonnen werden. Beim Femur konnte die Annahme von Čuk et al. (2001) und Auerbach und Ruff (2006), dass Männer stärker Ausprägungen in den Breitenmaßen als Frauen aufweisen, bestätigt werden. Zwar ist nur der vertikale Durchmesser des Caput bei den männlichen Individuen signifikant asymmetrisch ausgeprägt, aber es zeigt sich ein gewisser Trend bei den anderen Maßen, da diese im Mittel immer asymmetrischer sind als bei den weiblichen Individuen. Dafür weisen die beiden untersuchten Längenmaße bei den weiblichen Individuen größere Werte auf, als bei den männlichen Individuen, die Ganze Länge weicht sogar signifikant von 0 ab. Auch dieses Ergebnis bestätigt die Annahme von Čuk et al. (2001) und Auerbach und Ruff (2006). Bei der Tibia konnte kein großer Unterschied in den Breitenmaßen gefunden werden. Nur die Größte Länge wich im weiblichen Geschlecht signifikant von 0 ab.

Im Falle der Clavicula zeigten sich andere Ergebnisse. Zwar konnten bei beiden Geschlechtern die Größte Länge als signifikant von 0 abweichend erkannt werden, jedoch zeigte sich im weiblichen Geschlecht eine ausgeprägtere Asymmetrie als im männlichen Geschlecht. Dies könnte dadurch zu Stande kommen, dass Männer der Awarenpopulation weniger unimanuelle Tätigkeiten ausführten als Frauen. Dieses Ergebnis entspricht den Resultaten von Stirland (1993) sowie Blackburn und Knüsel (2006).

Die Ergebnisse für den Humerus bestätigen die Erkenntnisse von Čuk et al. (2001) und Auerbach und Ruff (2006). Auch hier waren die Asymmetrien der Breitenmaße im männlichen Geschlecht ausgeprägter als im weiblichen Geschlecht. Darüber hinaus konnten im weiblichen Geschlecht signifikante Asymmetrien in den Längendimensionen nachgewiesen werden. Bei Radius und Ulna waren die Ergebnisse nicht so eindeutig, wie beim Humerus, jedoch konnte auch hier der Trend beobachtet werden, dass im männlichen Geschlecht die Umfänge und Durchmesser stärkere Asymmetrien ausweisen als im weiblichen Geschlecht. Die Tatsache, dass im weiblichen Geschlecht die Asymmetrien von Radius und Ulna nicht ganz den Erwartungen entsprechen und Umfänge und Durchmesser manchmal ausgeprägtere Asymmetrien aufweisen als im männlichen Geschlecht, kann durch die unterschiedliche Rollenverteilung und die vermehrt unimanuellen Tätigkeiten von Frauen erklärt werden (Grefen-Peters, 1996; Pohl, 2002).

Diese Ergebnisse belegen einen deutlichen Geschlechterunterschied in der Ausprägung der direktionalen Asymmetrien, somit kann die Haupthypothese 3 bestätigt werden. In der vorliegenden Arbeit waren wie schon bei Auerbach & Ruff (2006) und Auerbach & Raxter (2008), die Breitenmaße im männlichen Geschlecht stärker von Asymmetrien betroffen als im weiblichen Geschlecht. Dies resultiert vermutlich daraus, dass Männer zwar bimanuelle Tätigkeiten ausführten aber dabei höheren Belastungen ausgesetzt waren und somit der Druck auf den Knochen durch stärkere Muskelansätze erhöht war. Die Tatsache, dass die Frauen der Awaren vor allem in der oberen Extremität nicht den Annahmen von Auerbach & Ruff (2006) und Auerbach & Raxter (2008) entsprechen und bei Radius, Ulna und Clavicula teilweise stärkere Asymmetrien der Breitenmaße aufweisen als Männer, ist vermutlich darin begründet, dass Frauen der Awarenpopulation mehr unimanuelle Arbeiten ausgeführt haben (Daim, 1996; Grefen-Peters, 1996; Pohl, 2002). Die Ergebnisse bezüglich der Armknochen sind vermutlich auch durch die geringe Stichprobengröße erklärbar. Es ist jedoch anzumerken, dass auch in der Studie von Waidhofer (2013) die drei Armknochen, trotz größere Stichprobe, ähnliche Tendenzen zeigten. Deshalb kann angenommen werden, dass die eher unimanuellen Tätigkeiten von Frauen und die eher bimanuellen Tätigkeiten von Männern als Ursache der geschlechtstypisch unterschiedlich ausgeprägten Asymmetrien angesehen werden können.

8 Schlussfolgerung und Ausblick

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die formulierten Hypothesen teilweise bestätigt werden konnten. Wie schon in vorherigen Studien ist zu erkennen, dass sich die Asymmetrien in der unteren Extremität weniger ausbilden als in den oberen Extremitäten. Ein Geschlechterunterschied konnte, trotz der geringen Stichprobengröße, sowohl in den Knochen der oberen wie auch der unteren Extremität festgestellt werden. Ein eindeutiger Altersunterschied in der Ausprägung direktonaler Asymmetrien konnte hingegen nicht nachgewiesen werden.

Ein limitierender Faktor dieser Arbeit war mit Sicherheit die geringe Stichprobengröße. In einer Folgestudie könnten vermutlich noch eindeutigere Ergebnisse erzielt werden, wenn man die Stichprobengröße erhöht. Darüber hinaus wäre ein Vergleich der unteren Extremität, wie es Waidhofer (2013) in ihrer Arbeit unternommen hat, mit einer Population mit völlig anderer Lebensweise und Geschlechtsrollen interessant. Um einen möglichen Altersunterschied zu dokumentieren, wäre eine Knochendichtemessung in unterschiedlichen Altersgruppen mit Sicherheit sehr förderlich.

9 Literatur

- Anke, B., Révész, L., & Vida, T. (2008).** Reitervölker im Frühmittelalter. *Hunnen, Awaren, Ungarn*. Theiss, Stuttgart.
- Acsádi, G., & Nemeskéri, J. (1970).** History of human life span and mortality. Akadémiai Kiadó. Budapest.
- Auerbach, B. M., & Raxter, M. H. (2008).** Patterns of clavicular bilateral asymmetry in relation to the humerus: variation among humans. *Journal of Human Evolution*, 54(5), pp. 663-674.
- Auerbach, B. M. & Ruff, C. B. (2006).** Limb bone bilateral asymmetry: variability and commonality among modern humans. *Journal of Human Evolution*, 50, pp. 203-218.
- Battles, H. T. (2009).** Long bone bilateral asymmetry in the nineteenth-century Stirrup Court Cemetery collection from London, Ontario. *The Canadian Student Journal of Anthropology*, (21) pp. 1-15.
- Bergman, R. J., Gazit, D., Kahn, A. J., Gruber, H., McDougall, S., & Hahn, T. J. (1996).** Age-related changes in Osteogenic Stem Cells in Mice. *Journal of Bone and Mineral Research*, 11(5), pp. 568-577.
- Blackburn, A., & Knüsel, C. (2006).** Hand dominance and bilateral asymmetry of the epicondylar breadth of the humerus: a test in a living sample. *Current anthropology*, 47(2), pp. 377-382.
- Bräuer, G. (1988).** Osteometrie, pp. 160-232. In KNUSSMANN: Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band 1. Fischer, Stuttgart.
- Broca, P. (1861).** Sur le volume et la forme du cerveau suivant les individus et suivant les races. Henuyer.
- Brothwell, D. R. (1981).** Digging up bones: the excavation, treatment, and study of human skeletal remains. Cornell University Press.
- Carter, D. R., Van der Meulen, M. C. H., & Beaupre, G. S. (1996).** Mechanical factors in bone growth and development. *Bone*, 18(1), pp. 5-10.
- Cashmore, L., Uomini, N. T., & Chapelain, A. (2008).** The evolution of handedness in humans and greatapes: a review and current issues. *Journal of Anthropological Sciences*, 86, pp. 7-35.
- Chhibber, S. R., & Singh, I. (1970).** Asymmetry in muscle weight and one-sided dominance in the human lower limbs. *Journal of Anatomy*, 106, pp. 553-556.
- Čuk, T., Leben-Seljak, P., & Stefanic, M. (2001).** Lateral asymmetry of human long bones. *Variability and Evolution*, 9, pp. 19-32.

- Daim, F. (1977).** Die Awaren in Niederösterreich. Verlag Niederösterr. Pressehaus, St.Pölten.
- Daim, F. (1996).** Hunnen + Awaren: Reitervölker aus dem Osten, Kapitel: Archäologie der Awaren, pp. 199-202. Eisenstadt: Amt der Burgenländischen Landesregierung
- Distelberger, A. (2002).** Awarinnen: Frauen aus Gräbern des 7. und 8. Jahrhunderts in Österreich. *Ethnographisch-archäologische Zeitschrift*, 43, pp. 47-59.
- Elias, L. J., Bryden, M. P., & Bulman-Fleming, M. B. (1998).** Footedness is a better predictor than is handedness of emotional lateralization. *Neuropsychologia*, 36(1), pp. 37-43.
- Ferembach, D., Schwidetzky, I., & Stloukal, M. (1979).** Empfehlungen für die Alters-und Geschlechtsdiagnose am Skelett. *Homo*, 30 (2), pp. 1-32.
- Frost, H. M. (2000).** The Utah paradigm of skeletal physiology: an overview of its insights for bone, cartilage and collagenous tissue organs. *Journal of bone and mineral metabolism*, 18(6), pp. 305-316.
- Grefen-Peters, S. (1996).** Hunnen + Awaren: Reitervölker aus dem Osten, Kapitel: Zur Anthropologie der Awaren, pp. 424-429. Eisenstadt: Amt d. Burgenländ. Landesregierung.
- Großschmidt, K. (1990).** Paläopathologische Untersuchungen an den menschlichen Skeletten des awarenzeitlichen Gräberfeldes Csokorgasse in Wien-Simmering. PhD thesis, Universität Wien.
- Heaney, R., Barger-Lux, M., Davies, K., Ryan, R., Johnson, M. L., & Gong, G. (1997).** Bone Dimensional Change with Age: Interactions of Genetic, Hormonal, and Body Size Variables. *Osteoporosis International*, 7, pp. 426-431.
- Hopkins, W. D. (2006).** Comparative and familial analysis of handedness in Great Apes. *Psychological Bulletin*, 132, (4): pp. 538-559.
- Ingelmark, B. E. (1946).** Über die Längenasymmetrien der Extremitäten und ihren Zusammenhang mit der Rechts-Linkshändigkeit. Uppsala Lakareforen.
- Kanchan, T., Kumar, T. M., Kumar, G. P., & Yoganarasimha, K. (2008).** Skeletal asymmetry. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 15(3), pp. 177-179.
- Knußmann, R. (1988).** Anthropologie. Handbuch der vergleichenden Biologie des Menschen. Band 1. Fischer, Stuttgart.
- Kujanová, M., Bigoni, L., Velemínská, J., & Velemínský, P. (2008).** Limb bones asymmetry and stress in medieval and recent populations of Central Europe. *International Journal of Osteoarchaeology*, 18(5), pp. 476-491.
- Lazenby, R. A. (2002).** Skeletal biology, functional asymmetry and the origins of “handedness”. *Journal of theoretical Biology*, 218(1), pp. 129-138.

- Macho, G. A. (1991).** Anthropological evaluation of left-right differences in the femur of southern African populations. *Anthropologischer Anzeiger*, pp. 207-216.
- Mays, S., Steele, J., & Ford, M. (1999).** Directional Asymmetry in the Human Clavicle. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9, pp. 18-28.
- Mays, S. A. (2002).** Asymmetry in metacarpal cortical bone in a collection of British post-mediaeval human skeletons. *Journal of Archaeological Science*, 29(4), pp. 435-441.
- Miles, A. E. W. (1963).** The dentition in the assessment of individual age in skeletal material, pp. 191-209. In Brothwell D.R. (ed.): *Dental anthropology*
- Nathena, D., Michopoulou, E., & Kranioti, E. F. (2017).** Sexual dimorphism of the calcaneus in contemporary Cretans. *Forensic science international*, 277, pp. 260-e1-260-e8.
- Palmer, A. R., & Strobeck, C. (1986).** Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Annual review of Ecology and Systematics*, 17(1), pp. 391-421.
- Plochocki, J. H. (2004).** Bilateral variation in limb articular surface dimensions. *American Journal of Human Biology*, 16(3), pp. 328-333.
- Pohl, W. (2002).** Die Awaren – Ein Steppenvolk in Mitteleuropa 567-822 n. Chr. München: C.H.Beck oHG.
- Ruff, C., Holt, B., & Trinkhaus, E. (2006).** Who's afraid of the big bad Wolff? „Wolff's law“ and bone functional adaption. *American Journal of Physical Anthropology*, 129(4), pp. 484-498.
- Ruff, C. B., & Jones, H. H. (1981).** Bilateral symmetry in cortical bone of the humerus and tibia - sex and age factors. *Human Biology*, pp. 69-86.
- Shaw, C. N. (2011).** Is "hand preference" coded in the hominin skeleton? An in-vivo study of bilateral morphological variation. *Journal of Human Evolution*, 61, pp. 480-487.
- Singh, G., & Mohanty, C. (2005).** Asymmetry in the weight and linear measurements of the bones of the lower limb. *Biomedical Research*, 16(2), pp. 125-127.
- Steele, J., & Mays, S. (1995).** Handedness and directional asymmetry in the long bones of the human upper limb. *International Journal of Osteoarchaeology*, 5(1), pp. 39-49.
- Stirland, A. J. (1993).** Asymmetry and activity-related change in the male humerus. *International Journal of Osteoarchaeology*, 3(2), pp. 105-113.
- Thornhill, R., & Moller, A. P. (1998).** The relative importance of size and asymmetry in sexual selection. *Behavioral Ecology*, 9(6), pp. 546-551.
- Uomini, N. T. (2009).** The prehistory of handedness: archaeological data and comparative ethology. *Journal of Human Evolution*, 57(4), pp. 411-419.

- Van Dongen, S. (2018).** Human Bodily Asymmetry Relates to Behavioral Lateralization and May not Reliably Reflect Developmental Instability. *Symmetry*, 10(4), pp. 117-123.
- Van der Meulen, M. C. H., Carter, D. R., & Beaupré, G. S. (2008).** Osteoporosis (Third Edition), Volume I, Kapitel: Skeletal Development: Mechanical Consequences of Growth, Aging and Disease, pp. 563-580. Elsevier Public Press.
- Van Valen, L. (1962).** A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 16(2), pp. 125-142.
- Waidhofer, M. (2013).** Direktionale Asymmetrien an Clavicula, Humerus, Ulna und Radius bei Awaren und Khoisan. Masterarbeit, Universität Wien. Fakultät für Lebenswissenschaften.
- Watson, G. S., Pusakulich, R. L., Ward, J. P., & Hermann, B. (1998).** Handedness, Footedness, and Language Laterality: Evidence from Wada testing. *Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition*, 3(4), pp. 323-330.
- Winter, H. (1996).** Hunnen + Awaren: Reitervölker aus dem Osten, Kapitel: Die Buntmetallbearbeitung bei den Awaren, pp. 355-358. Eisenstadt: Amt d. Burgenländ. Landesregierung.
- Wolff, J. (1892).** Das Gesetz der Transformation. Springer-Verlag, Berlin.

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Aufteilung der Knochen insgesamt und nach Geschlecht.....	23
Tabelle 2: Darstellung der drei Altersklassen für die untere und obere Extremität sowie den Humerus gesamt und getrennt nach Geschlecht	24
Tabelle 3: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße des Femurs für rechts und links und getrennt nach Geschlecht.....	38
Tabelle 4: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße der Tibia für rechts und links und getrennt nach Geschlecht.....	39
Tabelle 5: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße des Calcaneus für rechts und links und getrennt nach Geschlecht.....	40
Tabelle 6: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße der Clavicula für rechts und links und getrennt nach Geschlecht.....	41
Tabelle 7: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße des Radius für rechts und links getrennt nach Geschlecht.....	42
Tabelle 8: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße der Ulna für rechts und links und getrennt nach Geschlecht.....	43
Tabelle 9: Mittelwerte ($\bar{x}$) und Standardabweichung (SD) der Maße des Humerus für rechts und links und getrennt nach Geschlecht.....	44
Tabelle 10: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Femur-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht.....	46
Tabelle 11: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Tibia-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht.....	47
Tabelle 12: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests für die Calcaneus-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht	48
Tabelle 13: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Clavicula-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht.....	50
Tabelle 14: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Radius-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht.....	51
Tabelle 15: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests für die Ulna-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht.....	53
Tabelle 16: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Humerus-Asymmetrien für die Gesamtpopulation und nach Geschlecht.....	54

Tabelle 17: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Femur-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen	56
Tabelle 18: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Tibia-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen	57
Tabelle 19: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Calcaneus-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen	58
Tabelle 20: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Clavicula-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen	58
Tabelle 21: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Radius-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen	59
Tabelle 22: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Ulna-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen	60
Tabelle 23: Mittelwerte ($\bar{x}$) und t-Tests der Humerus-Asymmetrien getrennt für die drei Altersgruppen	61

11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung einiger Maße vom rechten Femur.	27
Abbildung 2: Darstellung einiger Maße einer linken Tibia.	29
Abbildung 3: Darstellung einiger Maße einer linken Clavicula.	31
Abbildung 4: Darstellung einiger Maße des linken Radius.	32
Abbildung 5: Darstellung einiger Maße der rechten Ulna.	34
Abbildung 6: Darstellung einiger Maße des rechten Humerus.	36
Abbildung 7: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien des Femurs getrennt für Männer und Frauen.	46
Abbildung 8: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien der Tibia getrennt für Männer und Frauen.	48
Abbildung 9: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien des Calcaneus getrennt für Männer und Frauen.	49
Abbildung 10: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien der Clavicula getrennt für Männer und Frauen.	50
Abbildung 11: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien des Radius getrennt für Männer und Frauen.	52
Abbildung 12: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien der Ulna getrennt für Männer und Frauen.	53
Abbildung 13: Box-Plots der direktionalen Asymmetrien des Humerus getrennt für Männer und Frauen.	55

12 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Masterarbeit war es, direktionale Asymmetrien in Femur, Tibia und Calcaneus sowie eine Kontralateralität zur oberen Extremität zu prüfen. Dazu herangezogen wurde die Population der Awaren aus der Csokorgasse, 1110 Wien. Durchgeführt wurden ein allgemeiner Vergleich, ein Vergleich zwischen Männer und Frauen sowie dreier Altersklassen. Dafür wurden 17 Maße der unteren Extremität bei 44 Individuen, sowie 29 Maße der oberen Extremität bei 13 Individuen erfasst. Bei allen in die Stichproben einbezogenen Individuen waren alle Knochen beider Extremitäten links und rechts vorhanden.

Da die Annahme einer Kontralateralität weit verbreitet ist, wurde auch in dieser Arbeit angenommen, dass direktionale Asymmetrien in der unteren Extremität nach links verschoben sind und in der oberen Extremität nach rechts.

Mit Hilfe von statistischen Auswertungen wurde erkannt, dass der Femur eine Tendenz auf die linke Seite zeigt, während die Tibia direktionale Asymmetrien nach rechts aufweist. In der oberen Extremität waren alle Maße grundsätzlich nach rechts gerichtet. Dies bestätigte die Annahme einer Kontralateralität. Eine Ausnahme bildet die Länge der Clavicula, die durch die starke Interaktion mit dem Humerus auf die linke Seite verschoben war. Des Weiteren wurde, wie schon vermutet, nachgewiesen, dass die Asymmetrien in der unteren Extremität im Vergleich zur oberen viel weniger stark ausgeprägt sind. Dies kommt höchstwahrscheinlich durch die Entwicklung der Bipedie zu Stande.

Ein Unterschied zwischen Männer und Frauen wurde gefunden. Vor allem zeigte sich, wie auch in vorherigen Studien, dass Männer in den Breitenmaßen aller Knochen stärkere Ausprägungen von direktionalen Asymmetrien zeigen als Frauen. Frauen hingegen wiesen auch in dieser Arbeit stärkere Asymmetrien in den Längenmaßen auf.

In dieser Studie konnte kein eindeutiger Unterschied in der Ausprägung direktonaler Asymmetrien zwischen den drei Altersgruppen nachgewiesen werden. Die Unterschiede waren teilweise nur sehr wenig ausgeprägt und nicht signifikant. Um einen möglichen Unterschied zu finden, wäre eine Knochendichtemessung eine gute Lösung, da die Knochendichte stärker auf verminderte Belastung, die im Alter auftreten könnte, reagiert.

13 Abstract

The goal of the present study was to compare directional asymmetry in femur, tibia and calcaneus of human bodies and to find out if there is a contralaterality to the upper limb. Therefore a population of Avars was taken to compare male and female and three groups of ages. 17 measurements of the lower limb of 44 individuals and 29 measurements of the upper limb from 13 individuals of both right and left sides were taken and calculated. As the hypothesis of contralaterality is widespread, it was assumed that the directional asymmetries in the lower limb are on the left and in the upper limb on the right side.

The statistical analysis showed that the femur has the tendency of directional asymmetries on the left side, meanwhile the tibia shows it on the right. The upper limb bones showed in most of the measurements a tendency to the right. Based on this results contralaterality is granted. An exception was the length of the clavícula, which showed directional asymmetry to the left side, due to the interaction with the humerus. The results also showed a smaller degree of asymmetries in the lower limb bones compared to the upper ones.

A difference between male and female has been detected. Male showed a greater development in width measurements than female. In length measurements it is the other way round.

A difference between the age groups could not be found.