

**Metrischer Vergleich der Langknochen von Feldhasen
(*Lepus europaeus*)
unter Zucht- und Freilandbedingungen**

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Titels

Master of Science (MSc)

im Rahmen des Studiums Wildtierökologie und Wildtiermanagement

vorgelegt von

Janine PETSCHNIG

Matrikelnummer 1240225

Institut für Wildbiologie und Jagdwirtschaft

Universität für Bodenkultur Wien

Department für Integrative Biologie und Biodiversitätsforschung

Betreuer: O. Univ. Prof. Dr. rer. nat. Walter Arnold

Co-Betreuer: Dr. phil. Franz Suchentrunk

Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie

Department für Integrative Biologie und Evolution

Veterinärmedizinischen Universität Wien

Wien, März 2018





Universität für Bodenkultur Wien

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel und Quellen genutzt habe als jene, die im Text und in der Literaturliste erwähnt werden. Ich erkläre weiters, dass alle Personen und Institutionen, die direkt oder indirekt bei der Erstellung der Arbeit geholfen haben, erwähnt sind und dass die Arbeit oder Teile davon an keiner anderen Institution als Abschlussarbeit eingereicht worden ist.

05.03.2018

Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei allen, die mir bei der Erstellung meiner Masterarbeit behilflich waren, bedanken. Ein besonderer Dank gilt meinem Co-Betreuer Franz Suchentrunk, der mir jederzeit bei all meinen Fragen zur Seite gestanden und der maßgeblichen Anteil an der Gestaltung meiner Arbeit hat.

Weiters möchte ich mich beim Patho-Team des FIWI, allem voran Helmut Dier bedanken, sowie bei Felix Knauer, der mir bei den statistischen Berechnungen geholfen hat.

Natürlich gilt ein großer Dank auch meinem Betreuer Walter Arnold, ohne den diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zu guter Letzt bedanke ich mich noch bei meinen Eltern, dafür, dass sie mich in meiner gesamten Studienzeit unterstützt haben und bei meiner Mama im Besonderen auch dafür, dass sie mir beim Auskochen und Abfleischen der Hasenknochen behilflich war.

Abstract

During this master thesis the long bones of 107 European hares (*Lepus europaeus*) have been compared morphometrically to test the hypothesis of size reduction and shape changes over the generations under breeding condition, which can be considered as an initial phase of domestication, between wild populations and hares that have been bred by the Research Institute of Wildlife Ecology (FIWI). The working hypothesis that the long bones of the FIWI hares should be shorter, such as their heads, which was already shown in a previous study, could not be confirmed. The data of femur, tibia and humerus that a principal component analysis produced, were significantly different between free-living and FIWI hares, showing that the long bones of the FIWI hares had a thinner diaphysis and smaller joint regions. Furthermore, a difference between the three geographically classified wild populations occurred. The humerus-shape factor as well as the comparison of humerus to ulna showed a significant difference between male and female hares. Male's ulnae were longer and respectively their humeri shorter while the humerus bone of females have a thicker diaphysis and wider joint regions. Males possibly benefit from long ulnae, because they can hold on to the female better during reproduction and could also have an advantage when it comes to fighting with rivals if their ulnae are long. A difference between the proportions of wild-living hares and FIWI-hares also occurred while no differences in the variances of the measurements could not be found. The relation from forelimbs to hindlimbs seems to be better balanced in wild-living hares. Many factors such as the fat content of the mother's milk and therefore the availability of food sources influence the growth of young hares and there's still little knowledge about the changes of diaphysis measurements and joint regions when the longitudinal growth of the bones has finished, therefore further studies are necessary to understand the complexity of the topic. Moreover, it'd be very interesting to investigate, how "thinner" bones affect the run- and escape ability of the hares.

Kurzfassung

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden die Langknochen von 107 Feldhasen (*Lepus europaeus*) morphometrisch untersucht, um Unterschiede zwischen freilebenden Tieren und solchen aus der Zucht des Forschungsinstituts für Wildtierkunde und Ökologie (FIWI) der Veterinärmedizinischen Universität Wien zu finden. Dabei wurde die Hypothese, dass es bei den Zuchttieren aufgrund der in einer anderen Diplomarbeit bereits festgestellten kleineren Schädeln auch zu kürzeren Knochen kommen könnte, widerlegt.

Nach einer Hauptkomponentenanalyse der Messwerte bei Femur, Tibia und Humerus fanden sich jedoch signifikante Unterschiede zwischen den Freilandtieren und jenen aus der FIWI-Zucht beziehungsweise auch zwischen den drei geografisch unterteilten Freilandpopulationen. Femur, Tibia und Humerus der am FIWI gezüchteten Feldhasen weisen einen geringeren Durchmesser sowie weniger breite Gelenksflächen auf. Bei dem Faktor, den die Hauptkomponentenanalyse für den Humerus ergeben hat, sowie dem Vergleich der Humerus- zur Ulnalänge lässt sich außerdem ein Unterschied zwischen Männchen und Weibchen erkennen. Die Rammeler besitzen längere Ulnae beziehungsweise kürzere Humeri, bei den Häsinnen sind die Humeri dagegen im Durchmesser größer und in den Gelenksflächen breiter. Eventuell helfen dem Männchen längere Unterarme beim Festklammern am Weibchen während der Paarung beziehungsweise bei vorangegangenen Kämpfen mit Rivalen. Weiters unterscheiden sich die Proportionen der Freilandtiere von jenen aus der FIWI-Zucht. Das Verhältnis der Vorder- zu den Hinterläufen scheint bei den Freilandhasen ausgeglichener zu sein, als bei den FIWI-Zuchthassen. Unterschiede in den Varianzen der Messwerte konnten nicht festgestellt werden.

Da das Jungwachstum von Feldhasen unter anderem stark von dem Fettgehalt der Muttermilch und somit dem Nahrungsangebot abhängt und um festzustellen, inwieweit sich die Gelenksflächen und Durchmesser der Knochen nach abgeschlossenem Längenwachstum noch verändern, sind weitere Studien in diese Richtung notwendig. Außerdem wäre es interessant zu erforschen, wie genau sich „dünnere“ Knochen auf die Lauf- und Fluchtfähigkeit der Tiere auswirken.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	7
2. Hypothesen und Fragestellungen	8
3. Material und Methodik	9
4. Ergebnisse	19
5. Diskussion	34
6. Literaturverzeichnis	38
7. Abbildungsverzeichnis	40
8. Anhang	41
9. Abkürzungen	46

1. Einleitung

Der Feldhase *Lepus europaeus* gehört taxonomisch zur Familie der Hasenartigen (Leporidae) innerhalb der Ordnung Lagomorpha und damit zu einer der weltweit verbreiteten Wildtierarten. Damit hat sich der Kulturfolger nicht nur Freunde gemacht – zu seinen Prädatoren gehören unter anderem diverse Greifvögel, Fuchs, Dachs, Krähe und viele mehr. Um diesen bei Gefahr entkommen zu können, besitzt der Feldhase, neben seinem kryptischen Verhalten während der Ruhephasen (fast regloses Verharren während längerer Zeit), ein ausgeprägtes Fluchtverhalten. Im Lauf der Evolution hat er sich darauf spezialisiert, schnell zu laufen und die typischen Haken schlagen zu können. Das Fluchtverhalten des Feldhasen und anderer Hasenartiger wurde bereits in einigen wissenschaftlichen Arbeiten näher betrachtet und neben dem Beckenskelett, haben vor allem auch die Vorder- und Hintergliedmaßen einen erheblichen Einfluss auf die Lauf- und Fluchtfähigkeit der Tiere (u. a. Kuznetsov et al. 2017, Young et al. 2014, Alves et al. 2008, Williams et al. 2007). Da eine erfolgreiche Flucht vor Beutegreifern überlebensnotwendig ist, kann davon ausgegangen werden, dass Tiere mit bioenergetisch und statisch vorteilhaften Proportionen der Extremitäten und starken, biomechanisch vorteilhaft dimensionierten Knochen in der Natur bevorzugt selektiert werden.

Am Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie (kurz FIWI) der Veterinärmedizinischen Universität Wien werden seit 1985 Feldhasen für verschiedene Projekte gezüchtet. Die Tiere leben dort in einer Halle mit dauerhaft offener Gitterfensterung für weitgehend natürliche Temperaturen und Beleuchtung; sie sind daher vor extremen Umwelteinflüssen weitestgehend geschützt und einheitlichen Bedingungen ausgesetzt. Da es in dieser Umgebung keine Beutegreifer gibt, herrscht zumindest in Bezug auf das Fluchtverhalten der Tiere kein Selektionsdruck und das Skelett muss nicht darauf ausgerichtet sein, vor Beutegreifern zu flüchten.

In dieser Arbeit werden die Langknochen von Feldhasen aus der FIWI-Zucht sowie aus natürlichen Populationen in Niederösterreich verglichen, um morphometrische Unterschiede festzustellen. Dazu werden Femur, Tibia, Humerus, Radius und Ulna verwendet. Da das Aufstocken von Freilandpopulationen mit Tieren aus der Zucht bei Feldhasen in einigen Ländern, wie zum Beispiel Bulgarien, Italien oder Griechenland durchaus üblich ist beziehungsweise in letzterem Fall war, ist die Kenntnis über mögliche Unterschiede in der Morphologie der Zucht- und Freilandtiere von Interesse (Mallia et al. 2009, Stamatis et al. 2007).

2. Hypothesen und konkrete Fragestellungen

Da die Zuchttiere am FIWI in Gehegen untergebracht sind, haben sie bei weitem nicht die Bewegungsmöglichkeiten, die sie im Freiland hätten. Daher entwickelt sich ihr Skelett unter Umständen nicht so, wie jenes der Feldhasen, die unter natürlichen Bedingungen leben. Außerdem wirkt auf die Zuchttiere, wie bereits erwähnt kein Selektionsdruck in Bezug auf ihre Fluchtleistung. Des Weiteren konnte bereits festgestellt werden, dass die Schädel (Condylbasallängen) der am FIWI gezüchteten Feldhasen in nur 15 Generationen signifikant kleiner geworden sind (Landfermann 2017). Es kann daher angenommen werden, dass die Zuchttiere eine generell kleinere Körpergröße aufweisen, als ihre freilebenden Verwandten. Eine Verringerung der Körpergröße tritt häufig im Verlauf der Domestikation von Wildtieren auf; es kann also auch bei den Langknochen der FIWI-Hasen eine Reduktion der Langknochen des Appendikularskeletts erwartet werden. Des Weiteren könnte die Varianz der Messwerte bei den Zuchthasen ohne die fehlende natürliche Selektion größer sein, da im Freiland die Knochen in Bezug auf eine erfolgreiche Flucht optimiert und daher ähnlich sein sollten. Derartige metrische Veränderungen der Extremitätenlangknochen im Vergleich zu Feldhasen aus natürlichen Populationen würden im Einklang mit morphometrischen Veränderungen stehen, wie sie wahrscheinlich im frühen Stadium der Domestikation von Wildtieren auftreten.

Ziel der Arbeit, ist es, folgende drei Fragestellungen zu beantworten:

1. Gibt es morphologische Unterschiede in Größe bzw. Gestalt der Langknochen zwischen Freiland- und Zuchttieren?
2. Gibt es Unterschiede in den Proportionen der Langknochen?
3. Gibt es Unterschiede in der Variabilität der Knochenmesswerte?

3. Material und Methodik

Der Datensatz dieser prospektiven Studie umfasst 107 Feldhasen, davon 50 FIWI-Hasen und 57 Tiere aus dem Freiland in Niederösterreich. Letztere bestehen Großteils aus Jagdabschüssen, die von der Jägerschaft dem FIWI für verschiedene Untersuchungen übergeben wurden und nach der Obduktion konnten die Langknochen für diese Masterarbeit herangezogen werden. Auch die Knochen der FIWI-Tiere, die für diverse Forschungsprojekte gezüchtet und seziert wurden, wurden dafür aufgehoben. Es wurden ausschließlich adulte Feldhasen für diese Arbeit verwendet, da bei diesen das Längenwachstum der Knochen als abgeschlossen gilt, was mithilfe des Stroh'schen Zeichens, also der Verknöcherung der Epiphysenfuge geprüft wurde (Suchentrunk et al. 1991).

Wie bereits beschrieben, leben die Zuchthasen am FIWI in einer Halle, und zwar seit 1995 in Bodenhaltung. Dabei sind Gruppen von 3-5 Individuen in Gehegen von etwa 6 x 2 Metern untergebracht. Den Tieren werden Wasser, sowie Pellets ad libitum angeboten und um Inzucht auszuschließen, werden von Zeit zu Zeit Individuen aus dem Freiland eingekreuzt. Die genetische Vielfalt entspricht der von Freilandpopulationen (Schappelwein 2007). Die Tiere werden außerdem gegen Parasiten (Würmer, Kokzidien) sowie bei allfälligen Krankheiten behandelt. Zwar wird die Halle, in der sich die Hasen befinden, nicht beheizt und sie ist an den Seiten nur mit Gittern geschlossen, sodass Freiluft und Temperatureinflüsse in das Gebäude gelangen können, dennoch sind die Tiere vor Wind und vor allem Niederschlag, auf den vor allem Junghasen bekanntermaßen sensibel reagieren, geschützt. Somit gelten für alle Zuchttiere weitgehend einheitliche Umweltbedingungen, was man von denen im Freiland nicht behaupten kann. Diese kommen aus verschiedenen Teilen Niederösterreichs und um die Berechnungen zu erleichtern sowie Vergleiche besser schließen zu können, wurden sie in die folgenden drei regionalen Stichproben untergliedert: Marchfeld, nördliches Weinviertel sowie südliches Wiener Becken.



Abb. 1: Beispielgehege, in dem die Zuchthasen am FIWI untergebracht sind

Die Vorder- und Hintergliedmaßen der Feldhasen wurden für die Vermessungen gehäutet, entfleischt und getrocknet. Anschließend wurden mittels elektronischer Schublehre (Mitutoyo Absolute IP 67 coolant proof, Code No.: 500-716-11, Model No.: CD-15PKX, Serial No.: 12685719) bei Femur, Tibia, Humerus, Radius und Ulna jedes Tieres Werte in einer Skalierung von 0,1 mm nach Standardparametern erfasst. Diese Parameter stammen aus der archäozoologischen Osteometrie (von den Driesch 1976) und wurden auch in zwei ähnlichen Diplomarbeiten der veterinärmedizinischen Universität Wien, bei denen die Langknochen von Iltissen gemessen wurden, verwendet (vergl. Böheim 2017, Brezina 2014). Insgesamt ergaben sich somit 16 Messwerte pro Individuum, die sich wie folgt zusammensetzen:

Femur:

Fe-GLI größte Länge lateral (F1)

Fe-GL größte Länge (F2)

Fe-KD kleinste Breite der Diaphyse bei 50% der Femurlänge (F3)

Fe-TD Tiefe der Diaphyse bei 50% der Femurlänge (F4)

Fe-Bp Breite proximal (F5)

Fe-Bd Breite distal (F6)

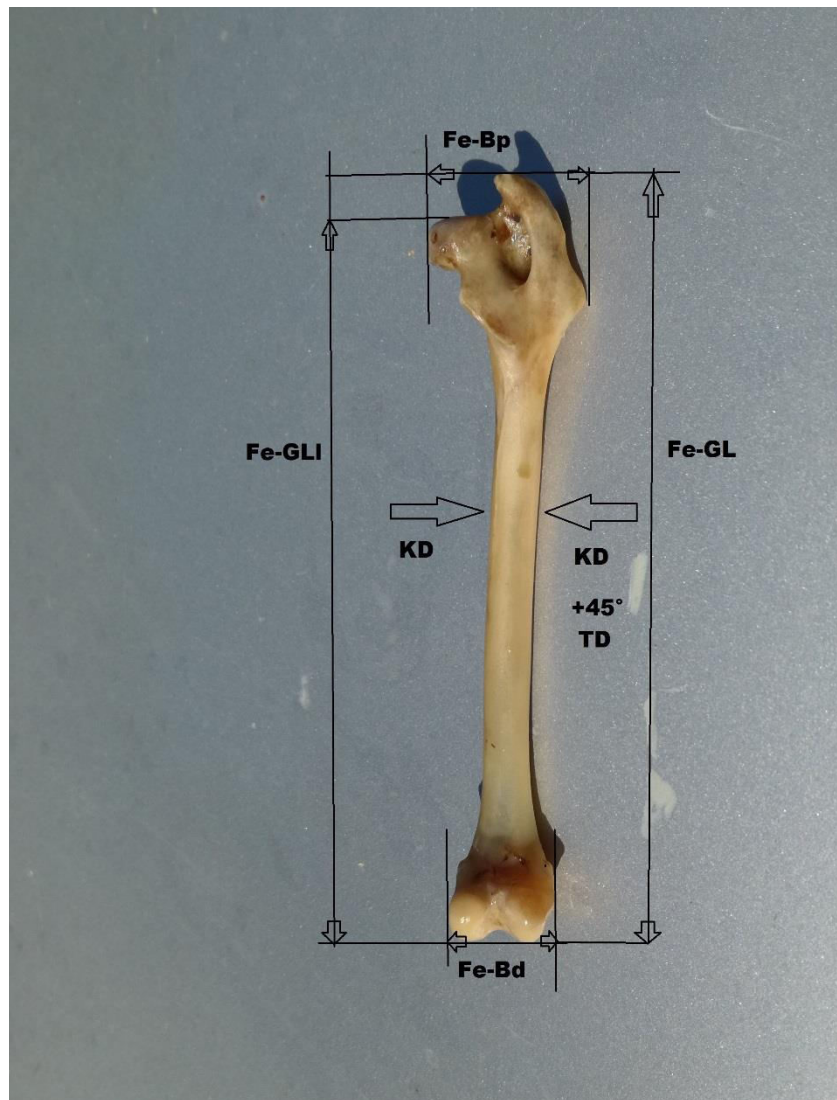


Abb. 2: Femurknochen eines adulten Feldhasen

Tibia:

Ti-GL größte Länge (T1)

Ti-Bp Breite proximal (T2)

Ti-Bd Breite distal (T3)



Abb. 3: Tibiaknochen eines adulten Feldhasen

Humerus:

Hu-GL größte Länge (H1)

Hu-Bp Breite proximal (H2)

Hu-Bd Breite distal (H3)

Hu-KD kleinste Breite der Diaphyse bei 50% der Humeruslänge (H4)

Hu-TD Tiefe der Diaphyse bei 50% der Humeruslänge (H5)

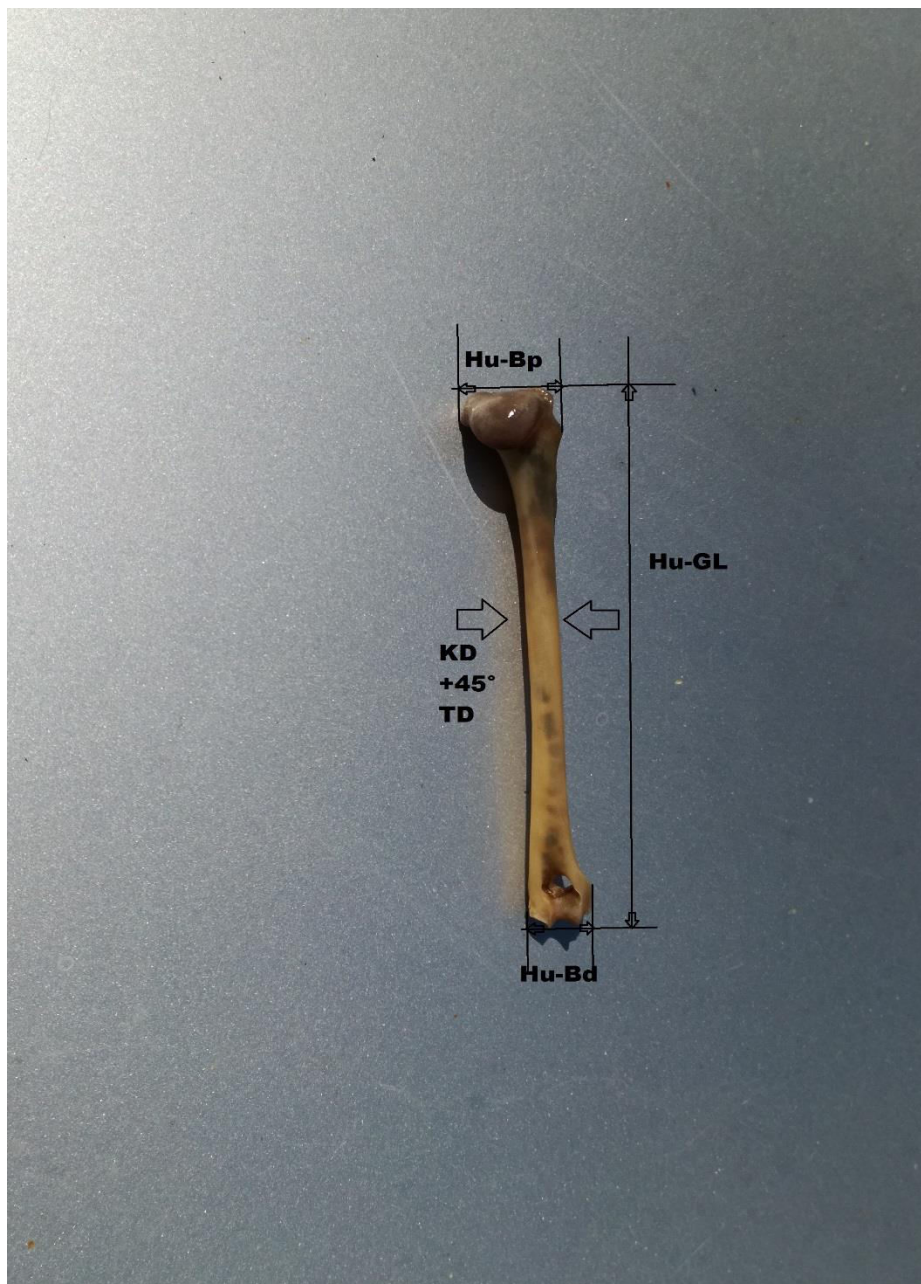


Abb. 4: Humerusknochen eines adulten Feldhasen

Radius:

Ra-GL größte Länge (R)

Ulna:

UI-GL größte Länge (U)

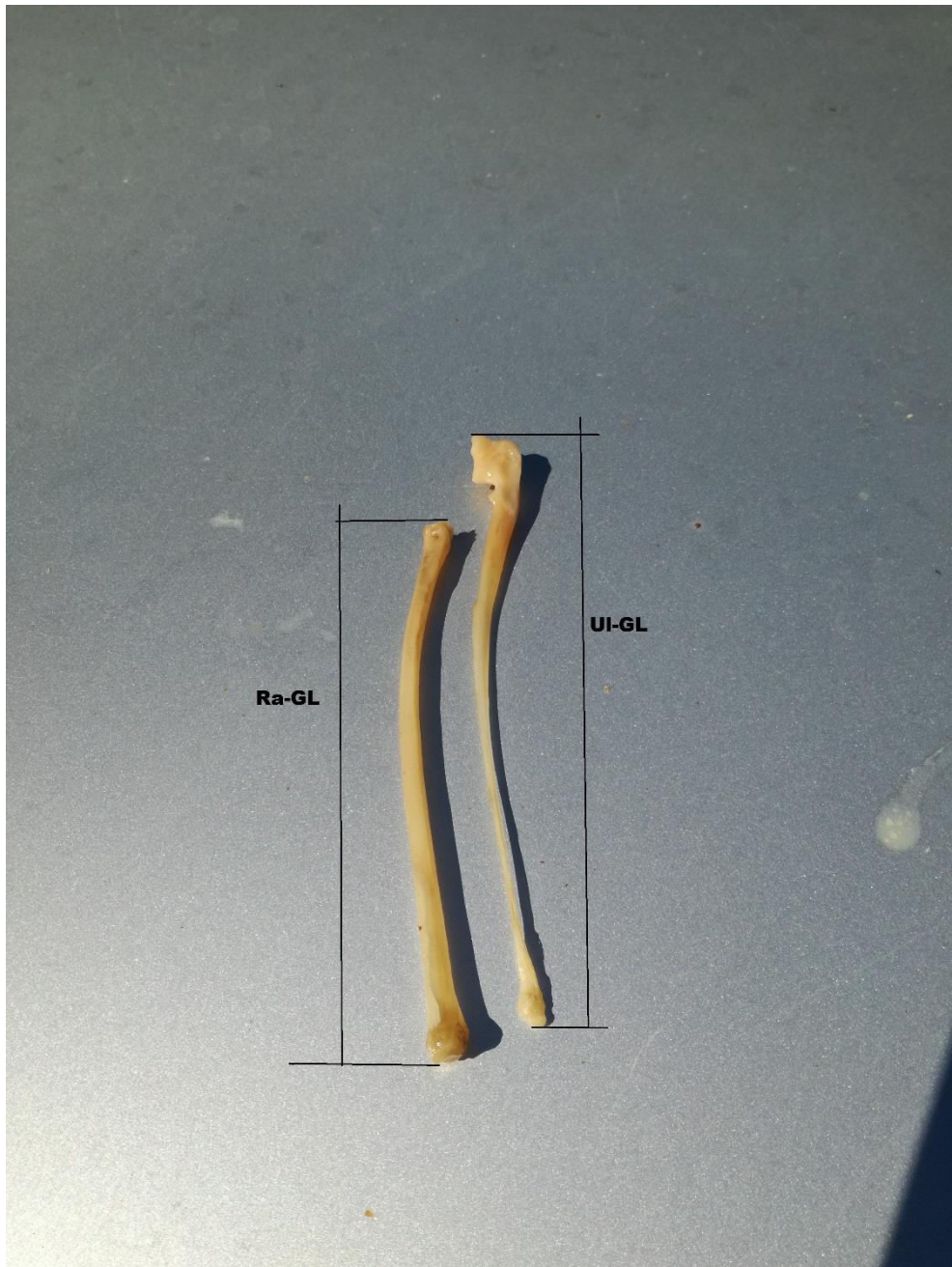


Abb. 5: Radius- und Ulnaknochen eines adulten Feldhasen

Bei drei Tieren aus dem Freiland waren Elle und Speiche noch nicht verwachsen und da die Arbeit auf adulte Feldhasen abzielt, wurden diese vor der Berechnung aus dem Datensatz genommen, genauso wie ein Tier aus der FIWI-Zucht, dessen Radius und Ulna stark verformt waren. Somit enthielt der weitere Datensatz insgesamt noch 103 Feldhasen.

Für die anschließenden Berechnungen wurden die Statistiksysteme SPSS [für Windows, Release 10.0.1., 27. Okt. 1999, Standard, Copyright SPSS Inc. 1989 – 1999] sowie R [R-Studio version 1.0.44, R version 3.3.1] verwendet. Vor den eigentlichen Berechnungen wurden alle Messstrecken grafisch mithilfe von „bivariate plots“ auf nicht plausible Werte geprüft. Danach wurde eine Messfehler- bzw. Messgenauigkeitsberechnung nach Lynch und Hayden (1994) durchgeführt (vergl. auch Böheim 2017, Brezina 2014). Hierfür wurden zufällig 4 Individuen ausgewählt und jede Messstrecke dieser Tiere erneut acht Mal gemessen. Mit diesen erhobenen Werten wurde der „measurement error“ (ME) errechnet, und zwar nach der folgenden Formel (in Prozent):

$$ME\% = 100 \frac{\left(1 + \frac{1}{4n}\right)\sigma}{x}$$

Abb. 6.: „measurement error“ – Formel
n = Probengröße = 4
 σ = Standardabweichung der jeweiligen
Messstrecke
x = Mittelwert der jeweiligen Messstrecke

Tab. 1: Die gemittelten „mean ME“ Werte, welche mit Hilfe der bereits von Lynch und Hayden verwendeten Formel berechnet wurden, sowie die mittleren (gemittelt über alle wiederholt gemessenen Individuen) intraindividuellen Variabilitätskoeffizienten in Prozent des interindividuellen Variabilitätskoeffizienten

Messwert	Mittlerer Messfehler laut Formel (mean ME) in %	Variabilitätskoeffizient (in %) auf Basis 4 unterschiedlicher Individuen
F1	0,1726	1,3750
F2	0,2087	1,0039
F3	1,4817	7,3437
F4	1,2437	6,9881
F5	0,6656	7,0040
F6	1,0372	3,1594
T1	0,1626	0,2813
T2	0,4218	2,6688
T3	0,8143	7,1467
H1	0,1796	1,3776
H2	0,5456	0,6084
H3	0,7570	5,4317
H4	1,5343	9,4877
H5	1,8931	3,7121
R	0,1483	1,4624
U	0,0897	1,5073

Bei drei Messwerten liegt der Variabilitätskoeffizient über dem mittleren Messfehler. Dabei handelt es sich um die größte Länge der Tibia (T1), die proximale Breite des Humerusgelenks (H3), sowie die Tiefe der Diaphyse bei 50% der Humeruslänge (H5). Das könnte damit zusammenhängen, dass die betroffenen Werte bei den vier zufällig ausgewählten Individuen sehr ähnlich sind, wie in Tabelle 2 zu erkennen ist. Beim Messen von H5 könnte es außerdem eventuell leicht zu Verkantungen gekommen sein.

Tab. 2: Drei Messwerte (aus der ersten Messung) der 4 Individuen, die für die Messfehlerberechnung herangezogen wurden

Individuum	T1 – Tibia größte Länge	H2 – Humerusgelenksbreite proximal	H 5 – Tiefe der Diaphyse bei 50% der Humeruslänge
AC 168/17 (FIWI)	148,29	18,67	5,85
AC 74/17 (Freiland)	148,24	18,4	6,48
AC 659/16 (FIWI)	147,3	18,21	6,09
WD 40 (Freiland)	147,46	18,53	6,24

Bevor mit den Berechnungen begonnen wurde, wurden alle Messwerte zunächst transformiert, um sie unabhängig von der Größe der einzelnen Tiere zu machen. Da die Kopf-Rumpf-Länge nicht mit derselben Genauigkeit wie die Langknochen-Messwerte ermittelt werden konnte, wurde hierfür als Bezugsgröße die größte Femurlänge (F2) gewählt. Jeder der übrigen 15 Messwerte des jeweiligen Tieres wurde durch dessen größte Femurlänge dividiert, die neuen Werte waren somit größenunabhängig und sind als reine „Gestaltsvariablen“ zu betrachten. Um die Varianzen der Messwerte für die Hauptkomponentenanalyse (PCA) zu stabilisieren, wurden die Transformationen mit folgender Formel nach Suchentrunk et al. (2006) durchgeführt:

$$\ln(\arcsin((\text{Messwert})/f2)\exp 0.5)*100),$$

wobei für „Tibia größte Länge“ (T1) und „Ulna größte Länge“ (U), die größere Messwerte als die F2-Werte aufwiesen, eine entsprechende Korrektur im Zähler vorgenommen wurde, um einen Wert unter 100% zu erhalten.

Für die nachfolgenden „Generellen Linearen Modelle“ der einzelnen Knochenmesswerte bzw. Faktoren aus den Hauptkomponentenanalysen (siehe unten) und Proportionen der Knochenlängen wurden folgende Variable als erklärende Faktoren verwendet:

-FIWI: Ja/Nein, um FIWI-Zuchthasen oder Freilandtiere zu unterscheiden

-Geschlecht der Tiere

-Pop: Population, bestehend aus den drei Freilandpopulationen, die geografisch in die Regionen Marchfeld, nördliches Weinviertel und südliches Wiener Becken unterteilt wurden, sowie der FIWI-Zuchtpopulation

Dabei lautete das Ausgangsmodell in R:

lm (Messstrecke ~ FIWI + Geschlecht + Pop:FIWI

Mit dem Term Pop:FIWI wurden die vier Populationen (FIWI & 3 natürliche Populationen) nach ihrer Zugehörigkeit (FIWI oder natürliche Population) zugeordnet („nested design“). Dadurch kann untersucht werden, ob es bei möglichen Unterschieden zwischen den Freilandpopulationen auch einen signifikanten Unterschied zwischen FIWI- und Freilandpopulationen gibt.

4. Ergebnisse

4.1. Hauptkomponentenanalyse

Basierend auf einer Varianz-Kovarianz-Matrix wurde mit den oben beschriebenen transformierten (größenunabhängigen) Werten für Humerus, Femur und Tibia eine nicht rotierte Hauptkomponentenanalyse durchgeführt. Die erhaltenen Gestaltsfaktoren reflektierten 64,67% der erfassten Gesamtvariation für den Humerus, 64,25% für das Femur und 52,93% für die Tibia. Die morphometrische Interpretation der einzelnen Gestaltsfaktoren wurde mittels linearer Pearson-Korrelationen der individuellen Hauptkomponentenwerte mit den Eingangswerten erzielt (siehe nachfolgende Tabellen).

Korrelationen Humerus

		humerus shape factor (indiv. scores - h1tr1-5)
humerus shape factor (indiv. scores - h1tr1-5)	Korrelation nach Pearson	1
	Signifikanz (2-seitig)	
	N	103
transformed h1: $\ln(\arcsin((h1/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,505**
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103
transformed h2: $\ln(\arcsin((h2/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,714**
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103
transformed h3: $\ln(\arcsin((h3/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,129
	Signifikanz (2-seitig)	,195
	N	103
transformed h4: $\ln(\arcsin((h4/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,973**
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103
transformed h5: $\ln(\arcsin((h5/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,614**
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103

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

Abb. 7: Hauptkomponentenanalyse Humerus

In den entstandenen Humerus-Gestaltsfaktor spielt hauptsächlich die kleinste Breite der Diaphyse bei 50% der Humeruslänge (H4, Signifikanzniveau von 0,973) hinein. Aber auch

die proximale Gelenksbreite (H2, Signifikanzniveau von 0,714) sowie der zweite Diaphysenwert, nämlich die Tiefe der Diaphyse bei 50% der Humeruslänge (H5, Signifikanzniveau 0,614) sind enthalten. Die größte Länge (H1) ist nur gering signifikant und die distale Gelenksbreite (H3) spielt nicht in den Humerus-Gestaltsfaktor hinein.

Korrelationen Tibia

		tibia shape factor (indiv. scores - t1tr1-3)
tibia shape factor (indiv. scores - t1tr1-3)	Korrelation nach Pearson	1
	Signifikanz (2-seitig)	
	N	103
transformed t1: $\ln(\arcsin(((t1-50)/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,212 [*]
	Signifikanz (2-seitig)	,031
	N	103
transformed t2: $\ln(\arcsin((t2/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,785 ^{**}
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103
transformed t3: $\ln(\arcsin((t3/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,921 ^{**}
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

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

Abb. 8: Hauptkomponentenanalyse Tibia

Bei dem Tibia-Gestaltsfaktor hat die distale Gelenksbreite (H3) den größten Einfluss, aber auch die Breite des proximalen Gelenks (H2) spielt in den Faktor hinein. Die Länge (H1) spielt kaum eine Rolle.

Korrelationen Femur

		femur shape factor (indiv. scores - f1tr, f3tr - 6tr)
femur shape factor (indiv. scores - f1tr, f3tr -6tr)	Korrelation nach Pearson	1
	Signifikanz (2-seitig)	
	N	103
transformed f1: $\ln(\arcsin((f1/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	-,217*
	Signifikanz (2-seitig)	,028
	N	103
transformed f3: $\ln(\arcsin(f(3/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,931**
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103
transformed f4: $\ln(\arcsin((f4/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,843**
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103
transformed f5: $\ln(\arcsin((f5/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,670**
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103
transformed f6: $\ln(\arcsin((f6/f2)\exp0.5)*100)$	Korrelation nach Pearson	,518**
	Signifikanz (2-seitig)	,000
	N	103

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

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

Abb. 9: Hauptkomponentenanalyse Femur

Beim Femur-Gestaltsfaktor kommt vor allem die kleinste Breite der Diaphyse bei 50% der Femurlänge (F3, Signifikanzniveau 0,931) stark zum Tragen. Den zweitgrößten Einfluss hat die Tiefe der Diaphyse bei 50% der Femurlänge (F4, Signifikanzniveau 0,843). Somit spielen in den Femur-Gestaltsfaktor, genau wie beim Humerus, hauptsächlich die beiden Diaphysenmesswerte hinein. Die beiden Gelenksbreiten (F5 proximal, F6 distal) sind ebenfalls enthalten.

4.2. Generelle Lineare Modelle, Modell-Reihung, Modell-Wahl und Modell-Mittelung („Model Averaging“)

Bei allen gerechneten Modellen wurde das wahrscheinlichste Modell anhand des geringsten AICc-Wertes (Akaike Informationskriterium korrigiert für kleine Stichproben zur Auswahl von statistischen Modellen) ausgewählt. Tabelle 3 fasst die Ergebnisse anhand der Werte der Relative variable importances (RVI) zusammen. Diese Werte beschreiben die Wahrscheinlichkeit, dass die jeweilige Variable im besten gerechneten Model enthalten ist. Werte über 0,7 werden als signifikant erachtet (Burnham und Anderson 2002). Da zwei Tiere keiner der drei zuvor eingeteilten geografischen Regionen zugeordnet werden konnten, gingen in diese Berechnungen nur 101 Individuen ein.

Tab. 3: Mithilfe von linearen Modellen berechnete Relative variable importances

Abhängige Variable	RVI FIWI	RVI FIWI:Population	RVI Geschlecht
Femur größte Länge	0.35	0.04	0.43
Tibia größte Länge	0.39	0.06	0.44
Humerus größte Länge	0.68	0.07	0.28
Radius größte Länge	0.28	0.03	0.52
Ulna größte Länge	0.35	0.04	0.65
Humerusfaktor	1.00	0.81	0.71
Tibiafaktor	0.97	0.85	0.36
Femurfaktor	1.00	0.78	0.35
Gesamtlänge Hinterlauf	0.28	0.03	0.45
Gesamtlänge Vorderlauf	0.46	0.05	0.46
Verhältnis Gesamtlänge Vorderlauf/ Gesamtlänge Hinterlauf	0.94	0.10	0.44
Femur- zu Tibialänge	1.00	0.88	0.30
Humerus- zu Radiuslänge	0.79	0.11	0.58

Humerus- zu Ulnalänge	0.46	0.05	0.74
Vorderlaufverhältnis mit Basis Radius zu Hinterlaufverhältnis	1.00	0.19	0.52
Vorderlaufverhältnis mit Basis Ulna zu Hinterlaufverhältnis	0.99	0.29	0.63

Die Variable FIWI ist in 8 der 16 berechneten Modelle die mit dem größten Einfluss und hat gleich sechs Mal den Wert 1.00, was bedeutet, dass die Variable zu 100% im jeweiligen besten Modell enthalten ist. Das spricht für einen statistisch bedeutsamen Unterschied bei diesen Werten zwischen FIWI- und Freilandhasen. Bei 4 dieser Werte gibt es zusätzlich auch einen signifikanten Unterschied zwischen den drei Freilandpopulationen. Allein bei zwei Werten liegt ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern vor. Die einzigen Werte, bei denen überhaupt keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten, weder zwischen FIWI- und Freilandtieren, noch zwischen Männchen und Weibchen, waren die absoluten Längenmesswerte, sowie die daraus resultierenden Gesamtlängen der Vorder- und Hinterläufe.

Der Unterschied zwischen FIWI- und Freilandhasen beziehungsweise den Populationen ist im Folgenden grafisch für die Werte, bei denen Signifikanzen festgestellt wurden, dargestellt:

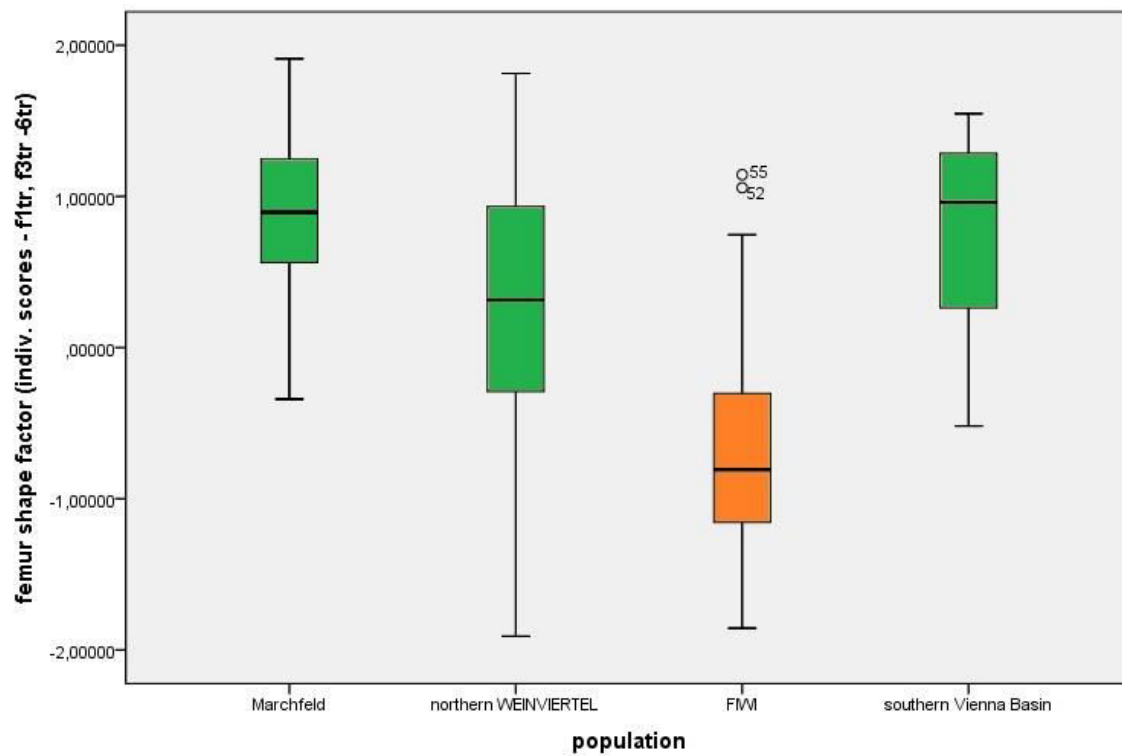


Abb. 10: Femur-Gestaltsfaktor der FIWI-Hasen (orange) und drei Freilandpopulationen (grün)

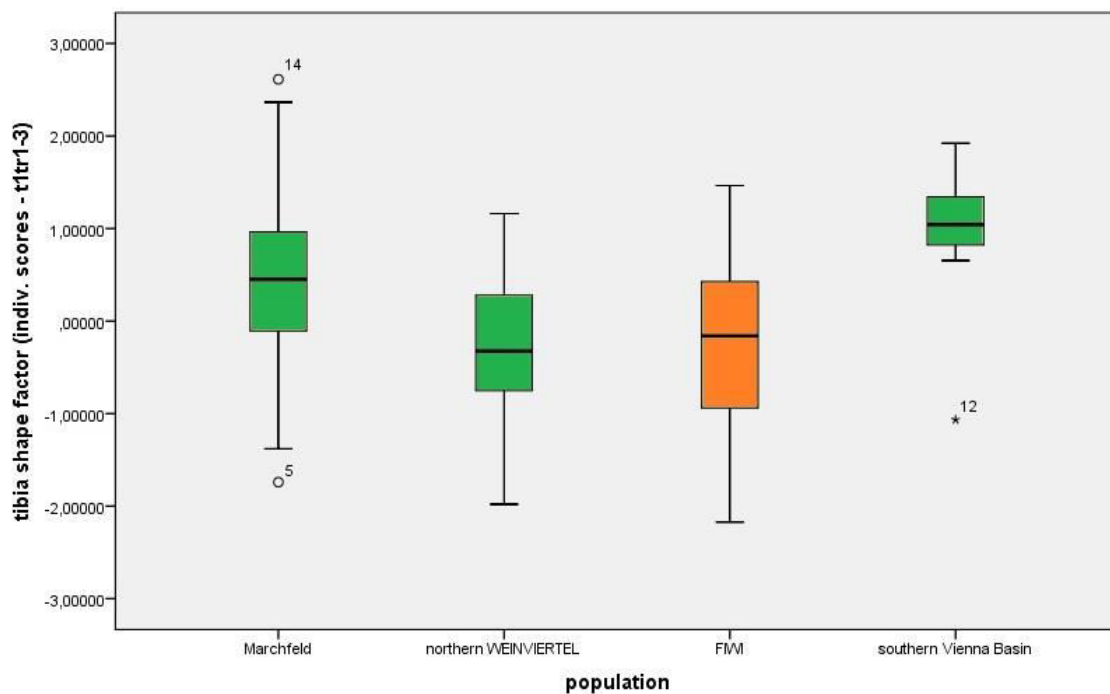


Abb. 11: Tibia-Gestaltsfaktor der FIWI-Hasen (orange) und drei Freilandpopulationen (grün)

In Abb. 10 und 11 zeigt sich, dass sowohl die Femur-, als auch die der Tibiagestaltsfaktorenwerte bei den FIWI-Tieren geringer sind, als bei denen aus dem Freiland. Außerdem ergeben sich auch Unterschiede zwischen den drei Freilandpopulationen, wobei die Tiere aus der Region „südliches Wiener Becken“ die größten Werte haben. Da diese Faktorenwerte hauptsächlich die Gelenksbreiten und Diaphysendurchmessern reflektieren, scheinen die Feldhasen im Wiener Becken kräftigere Knochen als ihre Verwandten aus den anderen Regionen zu haben, während die FIWI-Tiere die „schmächtigsten“ (dünnsten) Knochen aufweisen. Bei dem Humerusfaktor lässt sich der selbe Trend erkennen, hinzu kommt hier allerdings auch noch ein Geschlechtsunterschied (siehe Abb. 12).

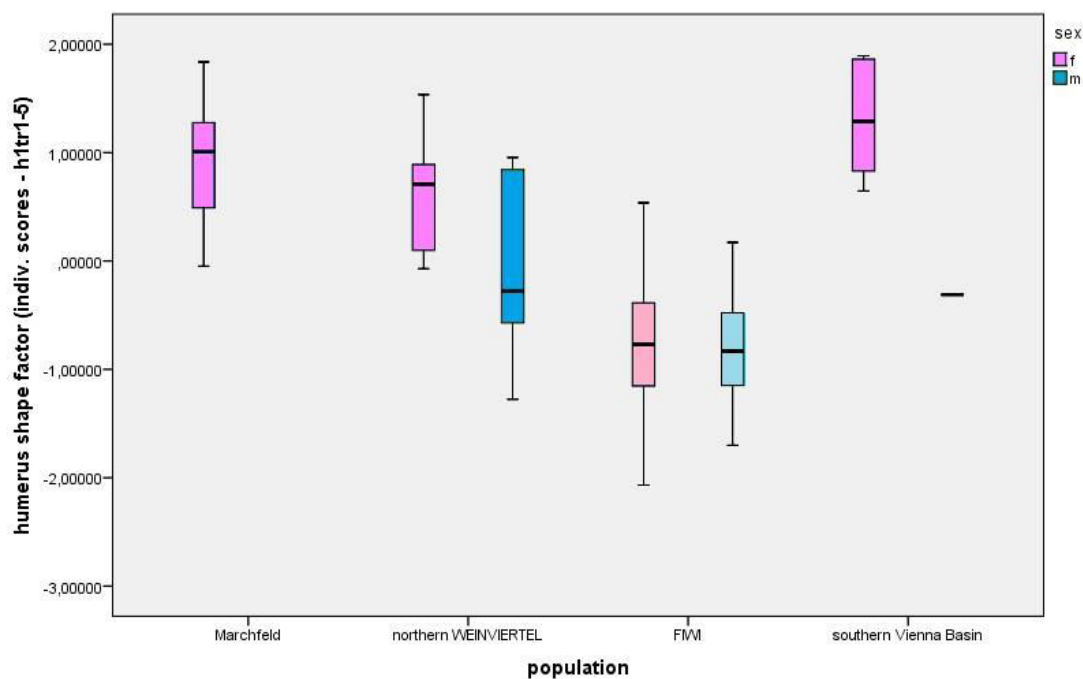


Abb. 12: Humerus-Gestaltsfaktor der FIWI-Hasen und drei Freilandpopulationen, aufgeteilt in Männchen (blau) und Weibchen (rosa)

Was den Humerus betrifft, so scheinen die weiblichen Feldhasen kräftigere Knochen als die Männchen zu haben. Betrachtet man die Längenverhältnisse für den Vorderlauf der Tiere, erkennt man in Abb. 13 außerdem, dass die Männchen kürzere Humeri beziehungsweise längere Ulnae als die Weibchen besitzen.

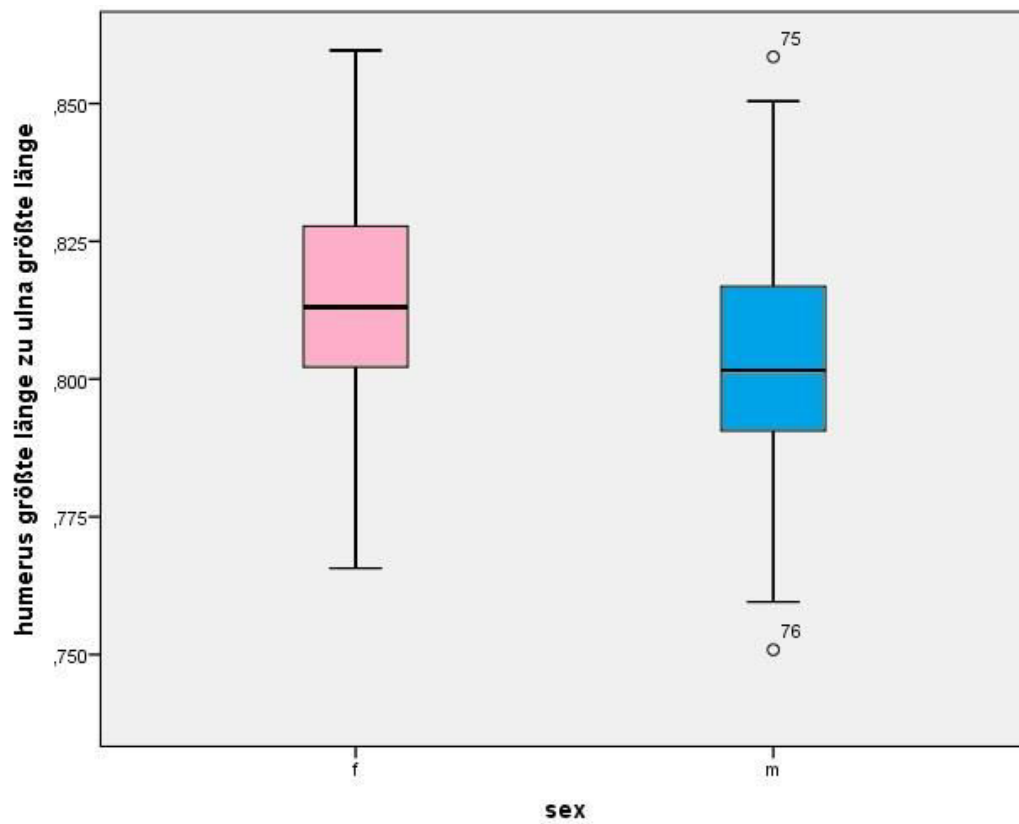


Abb. 13: Vorderlauf des Feldhasen; Verhältnis der Humerus- zur Ulnalänge bei Männchen (blau) und Weibchen (rosa)

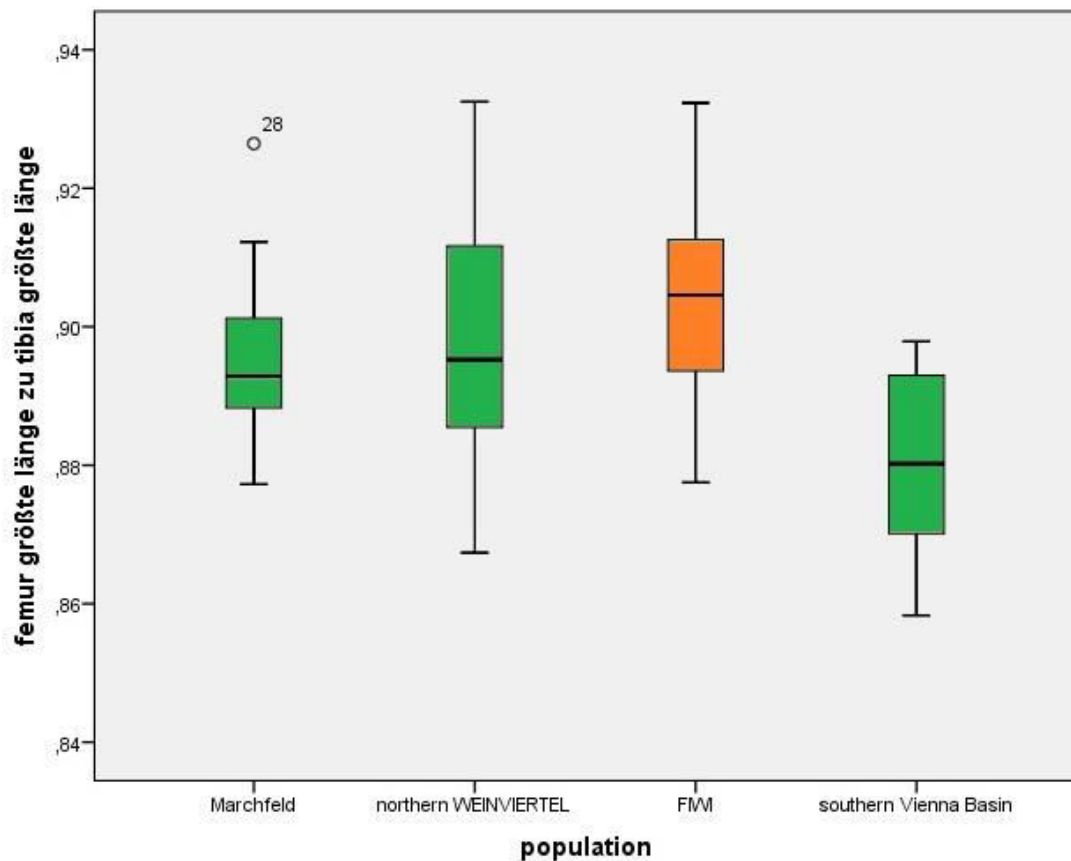


Abb. 14: Hinterlauf des Feldhasen; Verhältnis der Femur- zur Tibialänge bei den FIWI-Hasen (orange) und drei Freilandpopulationen (grün)

Beim Längenverhältnis der Hinterläufe gibt es dagegen keine Unterschiede zwischen den Geschlechtern, sondern wie bei den Femur- und Tibiafaktoren wieder Divergenzen zwischen den Freilandpopulationen untereinander und auch gegenüber den FIWI-Tieren (Abb. 14). Letztere haben offensichtlich längere Femur- bzw. kürzere Tibiaknochen. Die Population aus dem südlichen Wiener Becken hat dagegen die im Verhältnis längsten Tibia- bzw. kürzesten Femurknochen (siehe auch Tabellen 5-9 im Anhang).

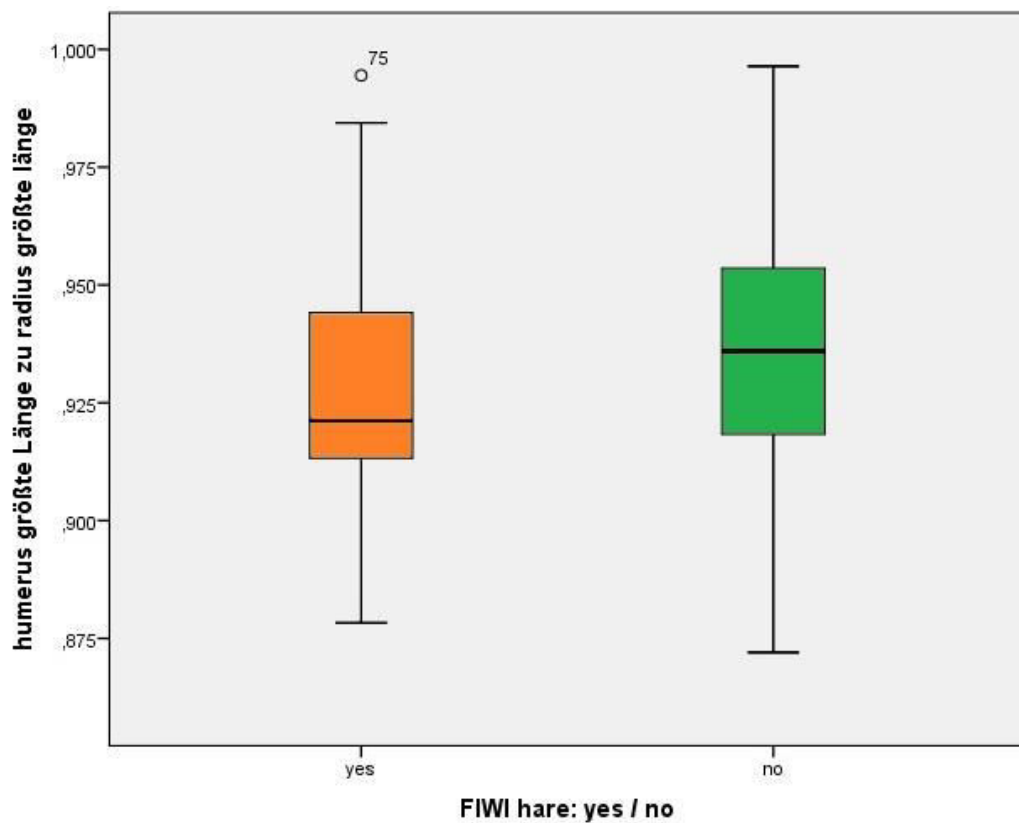


Abb. 15: Vorderlauf des Feldhasen; Verhältnis der Humerus- zur Radiuslänge bei FIWI- (orange) und Freilandhasen (grün)

Wenn man wie in Abb. 15 bei der Betrachtung der Längenverhältnisse des Vorderlaufs Humerus mit Radius vergleicht, zeigt sich, dass die FIWI-Feldhasen kürzere Humeri als die Freilandtiere besitzen (siehe Anhang Tabelle 8 und 9).

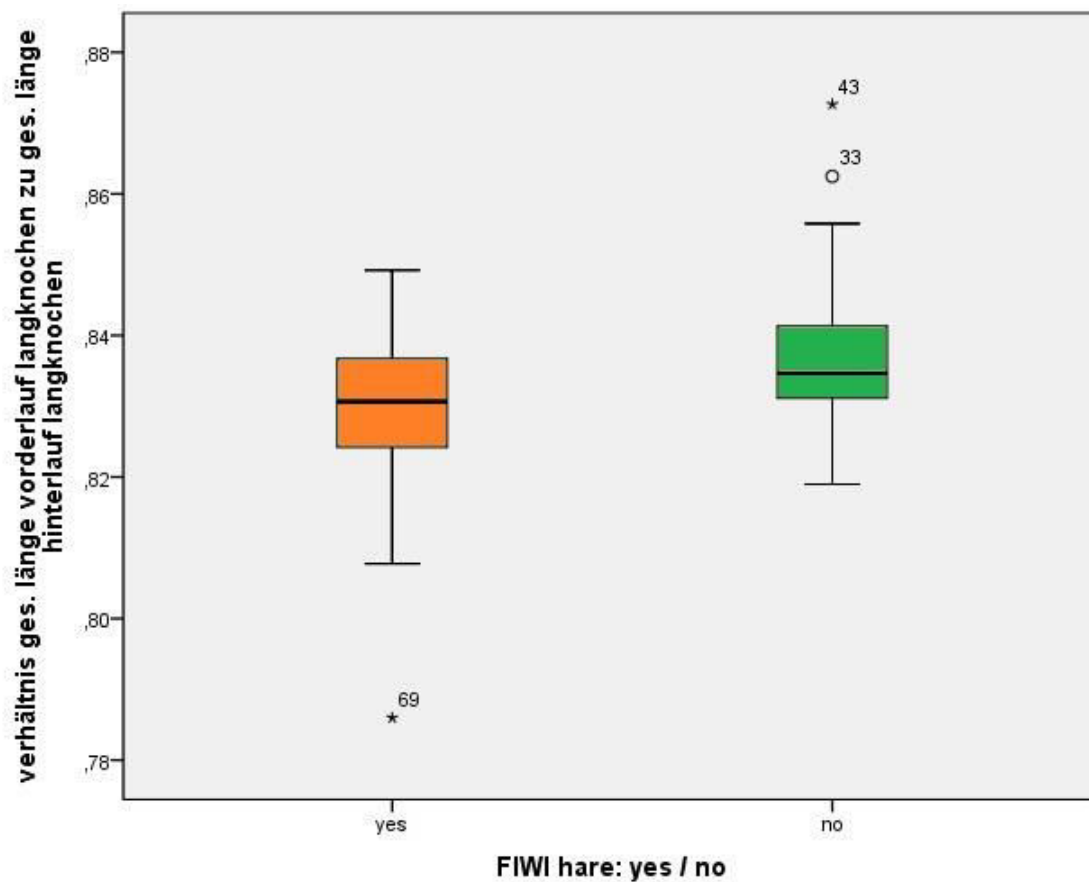


Abb. 16: Verhältnis der Gesamtlänge der Langknochen des Vorderlaufs zur Gesamtlänge des Hinterlaufs bei FIWI- (orange) und Freilandtieren (grün)

In Abb. 16 kann man sehen, dass bei den Freilandhasen die Hinterläufe offensichtlich länger beziehungsweise die Vorderläufe kürzer als jene der Tiere aus der FIWI-Zucht sind.

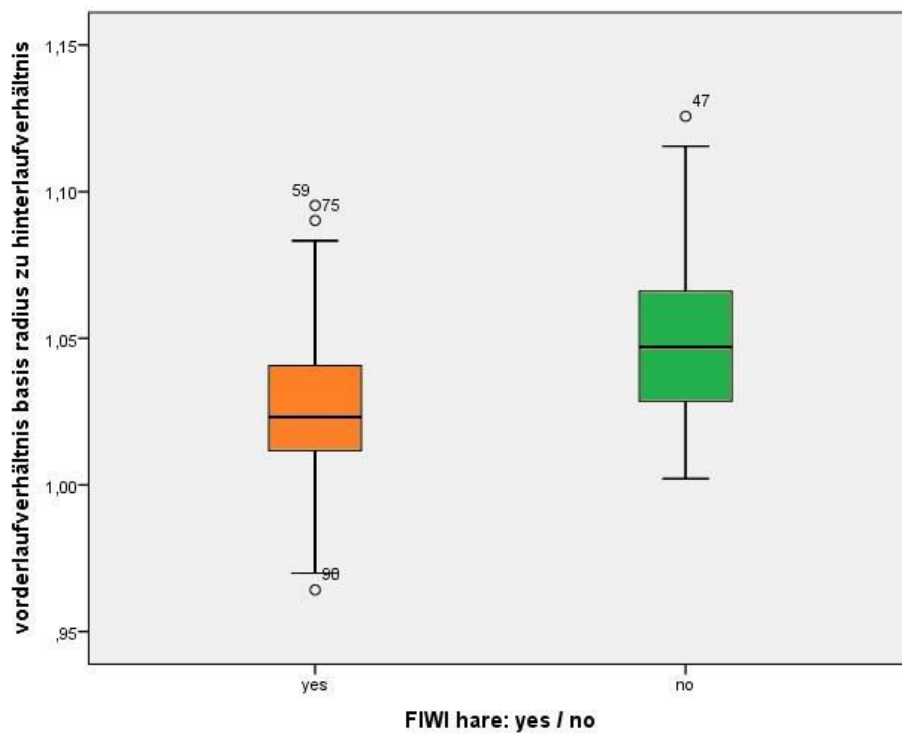


Abb. 17: Vorderlaufverhältnis des Feldhasen basierend auf der Radiuslänge im Vergleich zum Hinterlaufverhältnis bei FIWI- (orange) und Freilandtieren (grün)

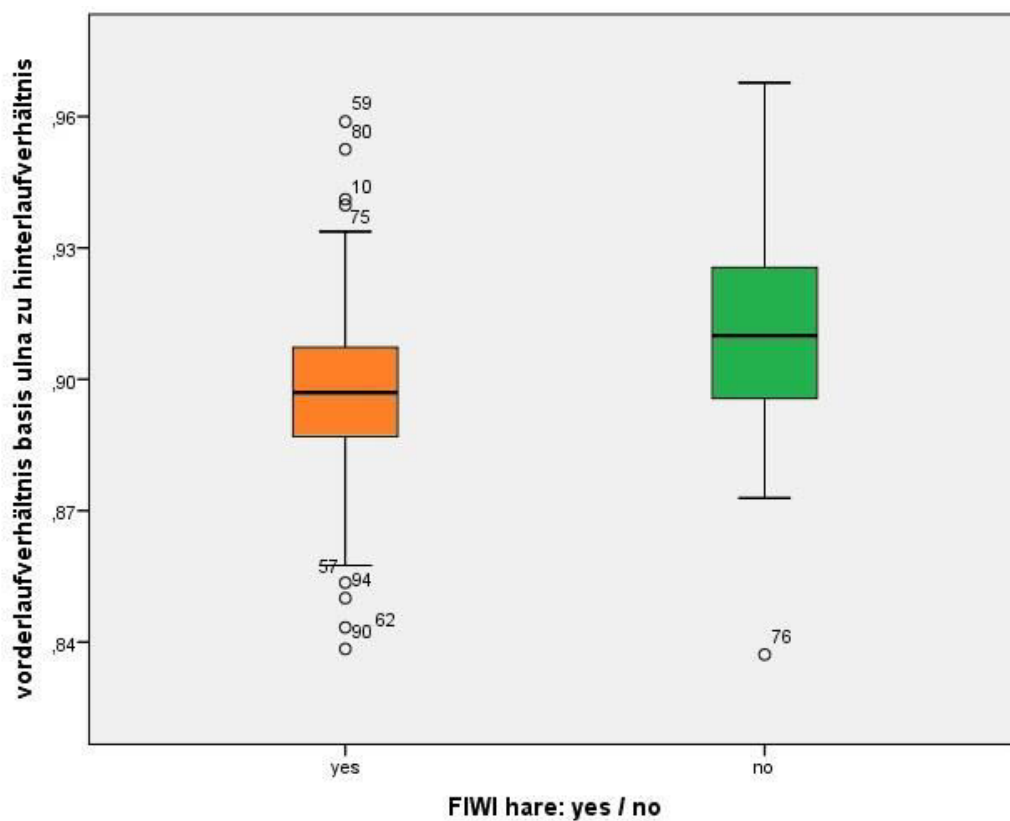


Abb. 18: Vorderlaufverhältnis des Feldhasen basierend auf der Ulnalänge im Vergleich zum Hinterlaufverhältnis bei FIWI- (orange) und Freilandtieren (grün)

In Abb. 17 und 18 kann man erkennen, dass die Werte bei den FIWI-Hasen kleiner sind, als jene, bei den Freilandtieren. Wie es dazu kommt, ist auf folgenden Skizzen dargestellt:

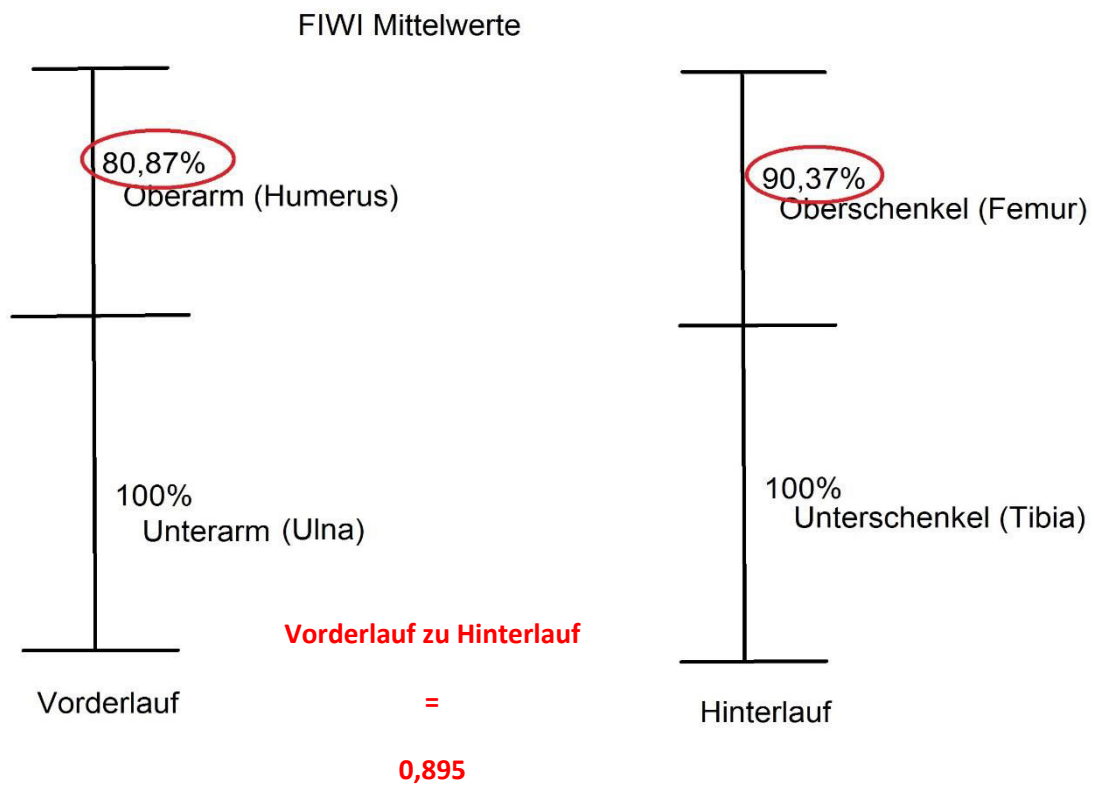


Abb. 19: Mithilfe der Mittelwerte ausgerechnete Verhältnisse bei Vorder- (mit Ulnalänge als Basis) und Hinterlauf der FIWI-Hasen

FREILAND Mittelwerte

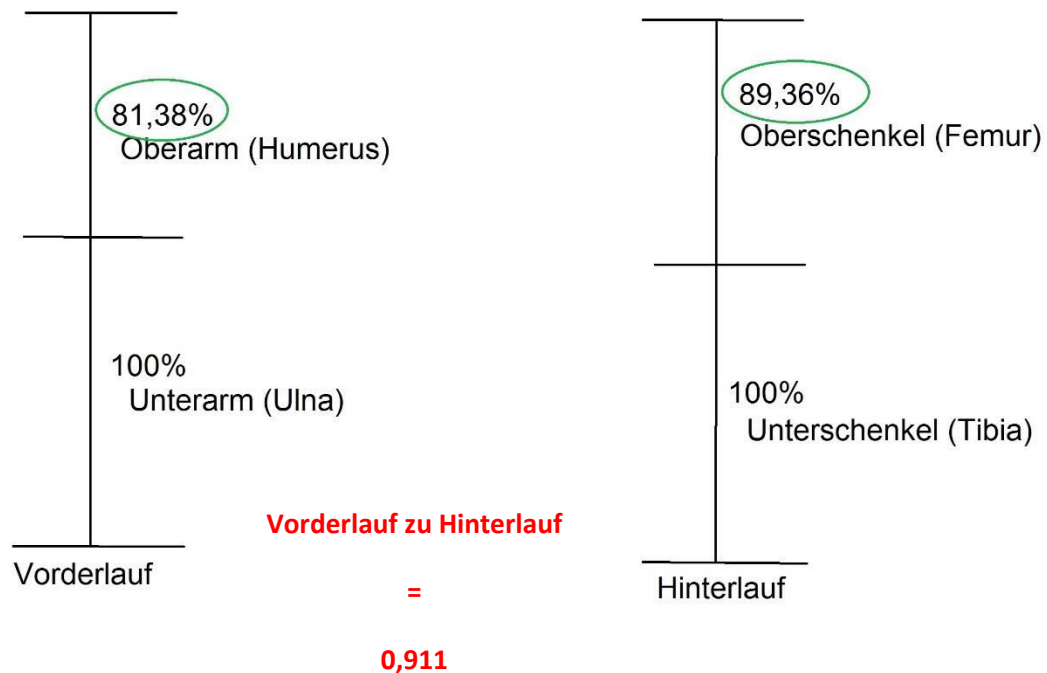


Abb. 20: Mithilfe der Mittelwerte (Anhang Tabellen 8 und 9) ausgerechnete Verhältnisse bei Vorder- (mit Ulnalänge als Basis) und Hinterlauf der Freilandhasen

Vergleicht man Abbildung 19 und 20, kann man erkennen, dass das Verhältnis von Ober- zu Unterarm bei den Freilandtieren größer und jenes von Ober- zu Unterschenkel kleiner ist als bei den Zuchttieren aus dem FIWI (siehe oben, Diagramm 5 und 6). Somit ergibt sich bei den FIWI Tieren ein kleineres Verhältnis von Vorder- zu Hinterlauf. Das Verhältnis von Vorder- zu Hinterlauf ist bei den Freilandhasen also näher bei 1.00, was ein komplett ausgeglichenes Verhältnis bedeuten würde.

4.3. Levene Tests auf Gleichheit der Fehlervarianzen

Um festzustellen, ob es Unterschiede in der Variabilität der Knochenmessstrecken bei FIWI- und Freilandhasen gibt, wurde bei allen Messwerten ein Levene-Test durchgeführt. Dabei gab es, wie man in Tabelle 4 erkennen kann, keine signifikanten Unterschiede, was bedeutet, dass es keine Unterschiede in der Variabilität der Messwerte zwischen Freiland- und Zuchttieren gibt. In diese Berechnung gingen, wie bei der Hauptkomponentenanalyse, alle 103 gemessenen Individuen mit ein.

Tab. 4: Ergebnisse der Levene-Tests auf unterschiedliche Varianzen

Messwert	Signifikanz (p-Werte)
Humerusfaktor	0.229
Tibiafaktor	0.370
Femurfaktor	0.441
Radius größte Länge	0.297
Ulna größte Länge	0.104
Femur größte Länge	0.597
Tibia größte Länge	0.253
Humerus größte Länge	0.876
Gesamtlänge Hinterlauf	0.280
Gesamtlänge Vorderlauf	0.271
Verhältnis Gesamtlänge Vorderlauf/ Gesamtlänge Hinterlauf	0.326
Femur- zu Tibialänge	0.034
Humerus- zu Radiuslänge	0.737
Humerus- zu Ulnalänge	0.464
Vorderlaufverhältnis mit Basis Radius zu Hinterlaufverhältnis	0.797
Vorderlaufverhältnis mit Basis Ulna zu Hinterlaufverhältnis	0.703

5. Diskussion

Bei den absoluten Längenwerten der Langknochen von Feldhasen aus dem Freiland und denen aus der FIWI-Zucht gibt es keine signifikanten Unterschiede. Aufgrund der Tatsache, dass sich die Körpergröße verschiedenster Tiere im Lauf der Domestikation verringert hat und man die Gegebenheiten, in denen die Feldhasen am FIWI gehalten und gezüchtet werden als „Vor-Domestikationsphase“ betrachten kann, ist dies ein durchaus überraschendes Ergebnis (Herre und Röhrs 1990). Außerdem wurden nicht nur bei den Feldhasen aus der FIWI-Zucht, sondern z. B. auch bei anderen Tierarten wie Silberfüchsen und Minks Verringerungen der Schädelgröße unter Zuchtbedingungen festgestellt (Landfermann 2017, Taraska et al. 2015, Trut 1999).

Bei den Proportionen des Vorderlaufs, nämlich dem Verhältnis Humerus- zur Ulnalänge, wurde ein signifikanter Unterschied zwischen männlichen und weiblichen Feldhasen festgestellt, genauso wie beim Humerusgestaltsfaktor. Die weiblichen Tiere scheinen „dickere“ und somit kräftigere Humerusknochen zu besitzen, als die Männchen, welche außerdem kürzere Humeri beziehungsweise längere Ulnae vorweisen. Tendenziell können Häsinnen unter gewissen ökologischen Rahmenbedingungen größer als Rammler sein, eventuell spiegelt sich das in der Dicke und Gelenksbreite der Humerusknochen wieder (Landfermann 2017). Ein längerer Unterarm könnte bei den Männchen bei Kämpfen während der Paarungszeit für mehr Kraft durch eine bessere Hebelwirkung sorgen und auch beim Festklammern am Weibchen während der Paarung helfen (Schneider 1978, Angermann 1972).



Abb. 21: Rammler beim Boxkampf in der Paarungszeit, eventuell könnte hier ein längerer Unterarm aufgrund der Hebelwirkung von Vorteil sein (Foto: Ron Mc Combe)



Abb. 22: Feldhasen bei der Paarung, auch dabei könnten längere Unterarme beim Rammler vorteilhaft sein, um die Häsin besser umklammern zu können (Foto: Walter Prader)

Williams et al. (2007) untersuchten in zwei Arbeiten die Vorder- und Hintergliedmaßen von Feldhasen. Dabei stellten sie fest, dass an den Hintergliedmaßen die proximalen Muskeln der Tiere lange Faszien besitzen, während diese bei den distalen Muskeln kürzer und eher federartig waren. Außerdem war an den proximalen Muskeln mehr Muskelmasse zu finden. Der distale Bereich der Hintergliedmaßen scheint für die „Power“ beim Laufen verantwortlich zu sein, während der proximale Bereich die meiste Arbeit leistet. Bei den Vordergliedmaßen konnte ebenfalls festgestellt werden, dass die Feldhasen im distalen Bereich kurze Bänder, Sehnen und Faszien besitzen. Das passt zu der Tatsache, dass im Rahmen der Hauptkomponentenanalyse die distale Gelenksbreite keine signifikante Ladung in den Humerusgestaltsfaktor aufgewiesen hat. Die Tibia der untersuchten Feldhasen aus den natürlichen Populationen ist länger als bei den am FIWI gezüchteten Tieren, was eventuell zu einer besseren Federwirkung beim Laufen führt. In einer Arbeit von Young et al. (2014) über die Extremitätenknochen verschiedener Lagomorphen ist außerdem beschrieben, dass die distalen Knochen bei den Spezies mit der besten Laufleistung am Längsten sind. Die Hinterläufe der Freilandtiere sind in der gegenwärtigen Untersuchung auch länger als jene der Tiere aus der FIWI-Zucht. Da sich Feldhasen beim Laufen mit den Hinterläufen wegkatapultieren, ist zu erwarten, dass längere Beine für mehr Kraft und weitere Sprünge sorgen (Kuznetsov 2017). Somit dürfte es im Freiland eine Selektion auf schnelles Laufen, das für eine erfolgreiche Flucht unabdinglich ist, geben, während die FIWI-Feldhasen diesbezüglich im Nachteil wären.

Bei den Gestaltfaktoren von Femur, Tibia und Humerus sowie bei dem Verhältnis von Femur- zu Tibialänge zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den drei untersuchten Freilandpopulationen, obwohl alle untersuchten Hasen aus derselben geographischen bzw. Klimaregion stammten (Abb. 23). Die Tiere aus der Population „südliches Wiener Becken“ zeigen die höchsten Faktorenwerte, d.h. die „dicksten Knochen“ und den breitesten Gelenksflächen sowie auch die längsten Tibiaknochen. Junge Feldhasen benötigen während der Aufzucht besonders fetthaltige Muttermilch, da sie nur 1-2 Mal pro Tag gesäugt werden. Um einen hohen Fettgehalt der Milch zu gewährleisten, selektieren die Muttertiere fetthaltige Pflanzenteile wie Blüten und Samen, sofern es geeignete Nahrungsflächen gibt, wo sie diese finden können. Je mehr Energie die Jungen durch das Fett in der Muttermilch bekommen, desto schneller wachsen sie, was von großem Vorteil ist, da sie so ihren Fressfeinden auch schneller entkommen können (Hackländer et al. 2002a und 2002b). Möglicherweise befinden sich in der Population „südliches Wiener Becken“ mehr Nahrungsflächen wie Brachen, auf denen die Feldhasen fettreiche Pflanzenteile leicht finden und so ihre Jungtiere mit mehr Energie versorgen können, als in den anderen beiden untersuchten Populationen, und die Jungtiere wachsen daher nicht nur schneller, sondern haben auch generell kräftigere Knochen.

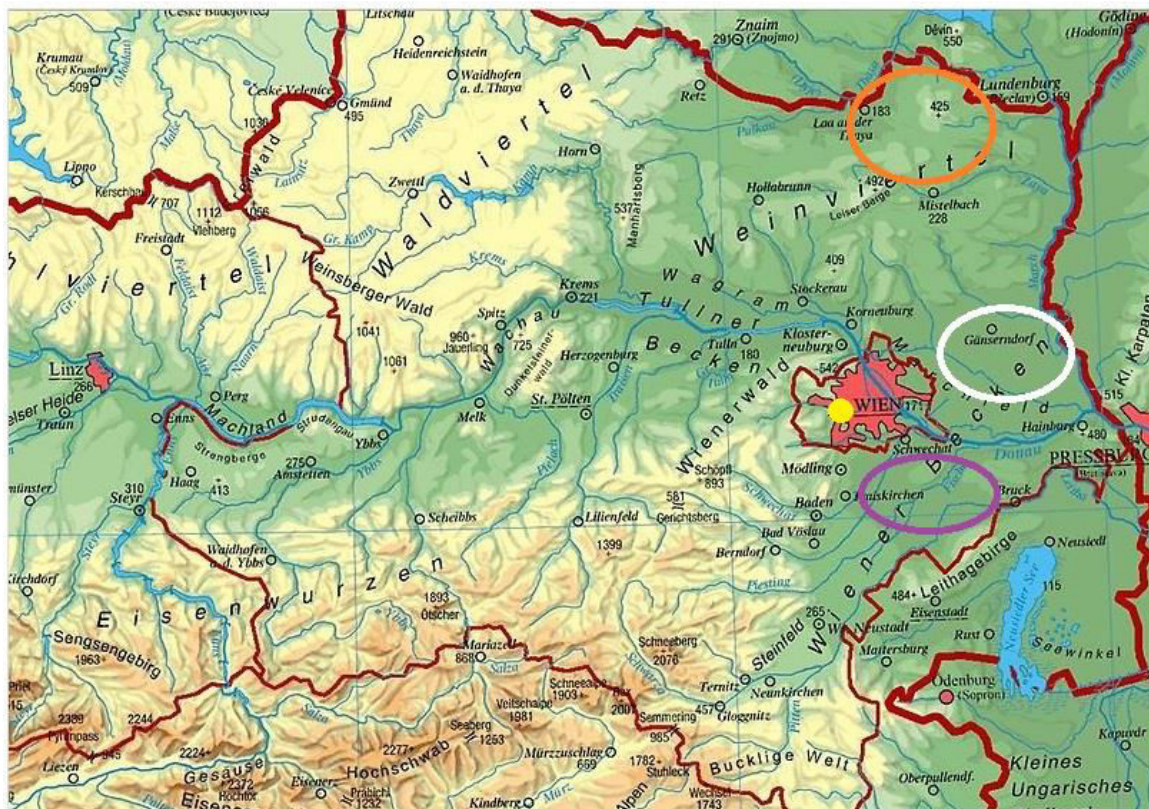


Abb. 23: Darstellung der Freilandgebiete nördliches Weinviertel (orange), Marchfeld (weiß) und südliches Wiener Becken (lila) sowie des FIWI-Standortes (gelber Punkt), Quelle: Verlag Ed. Hölzel

Hinsichtlich der idealen Proportionen der Vorder- und Hinterläufe, die für ein gutes Lauf- und somit erfolgreiches Fluchtverhalten notwendig sind, wären für die Feldhasen bzw. auch andere Hasenarten weitere vergleichende (anatomische und biomechanische) Studien notwendig. Wie bereits erwähnt könnte es jedoch von Vorteil sein, wenn diese sich im Bereich 1.00 bewegen, da dies ein ausgeglichenes Verhältnis von Vorder- zu Hinterläufen bedeutet, was bei den Tieren aus dem Freiland eher der Fall war, als bei jenen aus der FIWI-Zucht.

In der gegenwärtigen Arbeit wurden ausschließlich Feldhasen mit abgeschlossenem Längenwachstum der Knochen untersucht. Dies konnte anhand des Fehlens des Stroh'schen Zeichens (geschlossdene distale Ellen-Epiphyse) geprüft werden (Suchentrunk et al 1991). Das genaue Alter der Tiere ließ sich allerdings nur bei den Zuchthasen nachvollziehen, da das Sammeljahr bei den Freilandhasen nicht automatisch dem Geburtsjahr entsprach. Die meisten der Tiere stammten aus Herbstjagden, daher konnten sich darunter sowohl Individuen befinden, die im Frühjahr des jeweiligen Jagdjahres geboren worden sind, als auch Tiere aus vorhergegangenen Jahren. Eine genaue Altersbestimmung wäre etwa anhand von jährlichen Periost-Zuwachslinien der Hasenmandibeln möglich, was jedoch den Rahmen der Masterarbeit gesprengt hätte. Die Dicke der Knochen sowie die Gelenksbreiten dürften sich sehr wahrscheinlich nach Abschluss des Längenwachstums noch verändern. Diesbezüglich und im Zusammenhang mit Bewegungs-, Aktivitäts- und Ernährungsanalysen wären Untersuchungen des Knochenwachstums beim Feldhasen (auch aus histologischer Sicht) von Interesse.

6. Literaturverzeichnis

- Alves P., Ferrand N., Hackländer K. 2008. Lagomorph species: Geographical distribution and conservation status. *Lagomorph Biology: Evolution, Ecology, and Conservation*. Springer, Heidelberg, pp 395-406
- Angermann, R. 1972. Die Hasentiere. In: Grzimek, B. Hrsg. 1988. *Enzyklopädie des Tierreichs*. Band 12 Säugetiere 3, Kindler, Zürich
- Böheim D. 2017. Metrischer Vergleich der Hintergliedmaßen und des Beckenskeletts von *Mustela putorius* und *Mustela eversmannii* [Diplomarbeit]. Wien. Veterinärmedizinische Universität.
- Brezina T. 2014. Metrischer Vergleich der Vordergliedmaßen von *Mustela putorius* und *Mustela eversmannii* [Diplomarbeit]. Wien. Veterinärmedizinische Universität.
- Burnham K.P. und Anderson D.R. 2002. Model selection and multimodel inference. A practical information-theoretic approach. 2nd edition. Springer, New York.
- Hackländer K., Arnold W., Ruf T. 2002a. Postnatal development and thermoregulation in the precocial European hare (*Lepus europaeus*). *Journal of Comparative Physiology B* 172. pp 183–190
- Hackländer K., Tataruch F., Ruf T. 2002b. The effect of dietary fat content on lactation energetics in the European hare (*Lepus europaeus*). *Physiological and Biochemical Zoology* 75, pp 19-28
- Herre W. und Röhrs M. 1990. *Haustiere – zoologisch gesehen*. Zweite Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Kuznetsov A.N., Luchkina O.S., Panyutina A.A., Kryukova N.V. 2017. Observations on escape runs in wild European hare as a basis for the mechanical concept of extreme cornering with special inference of a role of the peculiar subclavian muscle. *Mammalian Biology*, 84. pp 61–72
- Landfermann C. 2017. Änderungen der Schädelgröße und Schädelgestalt von Feldhasen unter Zuchtbedingungen [Diplomarbeit]. Wien. Veterinärmedizinische Universität.
- Lynch, J. M., Hayden, T. J. 1994. Genetic influences on cranial form: variation among ranch and feral American mink. *Mustela vison* (Mammalia: Mustelidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 55: 293-307. p 296

Mallia E., Rugge C., Cosentino C., Gambacorta E., Trocchi V., Freschi P. 2009. Postnatal growth of Brown hare (*Lepus europaeus*) in a South Italy rearing centre. Italian Journal of Animal Science Volume 8 (2). pp 790-792

Schappelwein S. 2007. Development and establishment of a multi-locus marker system for detecting relatedness among wild living brown hares (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) [Diplomarbeit]. Wien. Universität Wien.

Schneider, E. 1978. Der Feldhase: Biologie, Verhalten, Hege und Jagd. 1. Auflage. BLV Verlagsgesellschaft München

Stamatis C., Suchentrunk F., Sert H., Triantaphyllidis C., Mamuris Z. 2007. Genetic evidence for survival of released captive-bred brown hares *Lepus europaeus* during restocking operations in Greece. Oryx 41(4). pp 548–551

Suchentrunk F., Hartl G. B. and Willing R. 1991. On eye lens weight and other age criteria of the Brown hare (*Lepus europaeus* Pallas 1778). Zeitschrift für Säugetierkunde 56. pp 365–374

Suchentrunk F., Flux J.E.C., Flux M., Slimen H.B. 2006. Multivariate discrimination between East African cape hares (*Lepus capensis*) and savanna hares (*L. victoriae*) based on occipital bone shape. Mammalian Biology 72 (2007) 6. pp 372–383

Taraska, M., Sulik, M., Lasota, B. 2015. Comparison of the craniometric parameters of wild and farm American Mink (*Mustela Vison*). *Folia Morphologica*. DOI: 10.5603/FM.a2015.0092

Trut, L.N. 1999. The Farm Fox Experiment. American Scientist, Volume 87. DOI: 10.1511/1999.2.160

Von den Driesch, A. 1976: Das vermessen von Tierknochen aus Vor- und Frühgeschichtlichen Siedlungen. Aus dem Institut für Paläoanatomie, Domestikationsforschung und Geschichte der Tiermedizin der Universität München. pp 68 – 74

Williams S.B., Payne R.C., Wilson A.M. 2007. Functional specialization of the pelvic limb of the hare (*Lepus europeus*). Journal of Anatomy 210. pp 472–490

Williams S.B., Wilson A.M., Payne R.C. 2007. Functional specialization of the thoracic limb of the hare (*Lepus europeus*). Journal of Anatomy 210. pp 491-505

Young J.W. Danczak R., Russo G.A., Fellmann C.D. 2014. Limb bone morphology, bone strength, and cursoriality in lagomorphs. Journal of Anatomy 225(4). pp 403-418

7. Abbildungsverzeichnis

Abb. 6: Lynch, J. M., Hayden, T. J. (1994): Genetic influences on cranial form: variation among ranch and feral American mink. *Mustela vison* (Mammalia: *Mustelidae*). Biological Journal of the Linnean Society (1995), 55: 293-307. P. 296, Irland 1994

Abb.21: Ron Mc Combe,
<https://www.flickr.com/photos/56118836@N04/5593332103/in/photolist> (Zugriff 08.02.2018)

Abb.22: Walter Prader, <http://www.jagd.it/niederwild/hase/fortpflanzungfoto.jpg>
(Zugriff 08.02.2018)

Abb.23: Verlag Ed. Hölzel: Niederösterreichkarte, Datailkarte Waldviertel
https://austria-forum.org/af/Community/Alles_%C3%BCber_%C3%96sterreich/Landkarte-%C3%96sterreich/Nieder%C3%B6sterreich (Zugriff 05.03.2018)

8. Anhang Tabellen

Tab. 5: Deskriptive Statistik für die Freiland-Feldhasen der Population MARCHFELD

Deskriptive Statistik ^a					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
femur: länge gelenkskopf prox. - gelenkskopf dist.	23	117,14	132,59	123,8761	4,78074
femur: größte Länge	23	122,29	141,08	130,2948	4,87428
femur durchmesser diaphyse transversal	23	8,95	10,91	9,9530	,55367
femur durchmesser diaphyse sagittal	23	7,81	9,53	8,5691	,46412
femur gelenksbreite proximal	23	25,95	33,22	29,6283	1,62912
femur gelenksbreite distal	23	18,93	22,05	20,3287	,83438
tibia größte länge	23	138,23	154,10	145,6461	4,94063
tibia gelenksbreite prox	23	19,46	23,35	20,6478	,97543
tibia gelenksbreite dist	23	14,93	18,54	16,3770	,85806
humerus größte länge	23	96,48	111,02	103,8417	4,08394
humerus gelenksbreite prox	23	18,60	21,04	19,9613	,68795
humerus gelenksbreite dist	23	11,58	13,53	12,5500	,55408
humerus diaphyse transversal	23	6,88	9,21	8,1426	,56017
humerus diaphyse sagittal	23	5,60	6,81	6,0291	,35637
ulna größte länge	23	117,98	135,35	127,0335	4,62464
radius größte länge	23	101,19	116,17	110,2887	4,14164
femur größte länge zu tibia größte länge	23	,88	,93	,8946	,01099
humerus größte länge zu ulna größte länge	23	,79	,85	,8175	,01520
humerus größte Länge zu radius größte länge	23	,91	,99	,9417	,02164
gesamtlänge vorderlauf langknochen	23	217,43	246,12	230,8752	8,45622
gesamtlänge hinterlauf langknochen	23	260,52	293,36	275,9409	9,67646
verhältnis ges. länge vorderlauf langknochen zu ges. länge hinterlauf langknochen	23	,82	,86	,8367	,00733
vorderlaufverhältnis basis ulna zu hinterlaufverhältnis	23	,89	,96	,9139	,01761
vorderlaufverhältnis basis radius zu hinterlaufverhältnis	23	1,01	1,12	1,0528	,02395

Tab. 6: Deskriptive Statistik für die Freiland-Feldhasen der Population nördl. WEINVIERTEL

Deskriptive Statistik ^a					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
femur: länge gelenkskopf prox. - gelenkskopf dist.	22	120,43	133,01	125,1795	3,81853
femur: größte Länge	22	125,26	138,32	130,6768	3,94793
femur durchmesser diaphyse transversal	22	7,80	10,77	9,5495	,70898
femur durchmesser diaphyse sagittal	22	7,44	9,43	8,2518	,48075
femur gelenksbreite proximal	22	25,11	32,07	29,5623	1,57433
femur gelenksbreite distal	22	18,81	21,53	20,1727	,76568
tibia größte länge	22	138,69	155,20	145,7582	4,88601
tibia gelenksbreite prox	22	19,02	23,58	20,2973	1,07598
tibia gelenksbreite dist	22	14,42	17,62	15,9527	,80652
humerus größte länge	22	97,26	110,43	103,7745	3,21645
humerus gelenksbreite prox	22	17,86	20,49	19,3605	,79807
humerus gelenksbreite dist	22	11,59	13,52	12,6055	,60258
humerus diaphyse transversal	22	6,30	8,93	7,8250	,60132
humerus diaphyse sagittal	22	5,38	6,78	5,9182	,38455
ulna größte länge	22	119,29	138,26	127,8059	4,84145
radius größte länge	22	103,60	121,32	111,0341	4,75073
femur größte länge zu tibia größte länge	22	,87	,93	,8968	,01753
humerus größte länge zu ulna größte länge	22	,75	,85	,8125	,02472
humerus größte Länge zu radius größte länge	22	,90	1,00	,9354	,02803
gesamtlänge vorderlauf langknochen	22	219,51	248,69	231,5805	7,31411
gesamtlänge hinterlauf langknochen	22	266,25	293,52	276,4350	8,42440
verhältnis ges. länge vorderlauf langknochen zu ges. länge hinterlauf langknochen	22	,82	,87	,8378	,01256
vorderlaufverhältnis basis ulna zu hinterlaufverhältnis	22	,84	,97	,9062	,02639
vorderlaufverhältnis basis radius zu hinterlaufverhältnis	22	1,01	1,13	1,0432	,02904

Tab. 7: Deskriptive Statistik für die Freiland-Feldhasen der Population südl. WIENER BECKEN

Deskriptive Statistik ^a					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
femur: länge gelenkskopf prox. - gelenkskopf dist.	7	119,78	127,42	123,4643	2,55836
femur: größte Länge	7	124,94	132,75	129,7743	2,65263
femur durchmesser diaphyse transversal	7	9,21	10,60	9,8257	,54270
femur durchmesser diaphyse saggital	7	7,56	8,89	8,3157	,54264
femur gelenksbreite proximal	7	26,93	30,75	29,6486	1,25102
femur gelenksbreite distal	7	19,74	21,92	20,7486	,80423
tibia größte länge	7	139,15	151,16	147,4500	4,11366
tibia gelenksbreite prox	7	19,88	23,78	21,2229	1,30341
tibia gelenksbreite dist	7	15,40	17,18	16,3971	,72906
humerus größte länge	7	100,70	107,54	103,8514	2,34851
humerus gelenksbreite prox	7	18,95	20,85	19,9014	,70334
humerus gelenksbreite dist	7	10,80	13,30	12,2829	,78123
humerus diaphyse transversal	7	7,35	9,19	8,3186	,66399
humerus diaphyse saggital	7	5,59	6,26	5,9786	,27661
ulna größte länge	7	119,80	132,70	127,9714	4,04359
radius größte länge	7	104,42	116,04	111,6286	3,59609
femur größte länge zu tibia größte länge	7	,86	,90	,8804	,01505
humerus größte länge zu ulna größte länge	7	,77	,85	,8120	,02542
humerus größte Länge zu radius größte länge	7	,88	,98	,9309	,02875
gesamtlänge vorderlauf langknochen	7	221,75	240,24	231,8229	5,41666
gesamtlänge hinterlauf langknochen	7	264,09	281,80	277,2243	6,42203
verhältnis ges. länge vorderlauf langknochen zu ges. länge hinterlauf langknochen	7	,82	,85	,8363	,01044
vorderlaufverhältnis basis ulna zu hinterlaufverhältnis	7	,90	,95	,9223	,01996
vorderlaufverhältnis basis radius zu hinterlaufverhältnis	7	1,03	1,09	1,0573	,02114

Tab. 8: Deskriptive Statistik für die gesamten Freiland-Feldhasen

Deskriptive Statistik ^a					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
femur: länge gelenkskopf prox. - gelenkskopf dist.	54	117,14	133,01	124,3861	4,07874
femur: größte Länge	54	122,29	141,08	130,3978	4,12490
femur durchmesser diaphyse transversal	54	7,80	10,91	9,7763	,63109
femur durchmesser diaphyse saggital	54	7,44	9,53	8,3941	,49595
femur gelenksbreite proximal	54	25,11	33,22	29,6230	1,55486
femur gelenksbreite distal	54	18,81	22,05	20,3198	,79500
tibia größte länge	54	138,23	155,20	145,9424	4,69739
tibia gelenksbreite prox	54	19,02	23,78	20,5943	1,07359
tibia gelenksbreite dist	54	14,42	18,54	16,1924	,82994
humerus größte länge	54	96,48	111,02	103,7396	3,46019
humerus gelenksbreite prox	54	17,86	21,04	19,7143	,77264
humerus gelenksbreite dist	54	10,80	13,53	12,5320	,60066
humerus diaphyse transversal	54	6,30	9,21	8,0367	,60847
humerus diaphyse saggital	54	5,38	6,81	5,9828	,35225
ulna größte länge	54	117,98	138,26	127,5309	4,52370
radius größte länge	54	101,19	121,32	110,7622	4,28836
femur größte länge zu tibia größte länge	54	,86	,93	,8936	,01577
humerus größte länge zu ulna größte länge	54	,75	,85	,8138	,02181
humerus größte Länge zu radius größte länge	54	,87	1,00	,9372	,02700
gesamtlänge vorderlauf langknochen	54	217,43	248,69	231,2706	7,37404
gesamtlänge hinterlauf langknochen	54	260,52	293,52	276,3402	8,47727
verhältnis ges. länge vorderlauf langknochen zu ges. länge hinterlauf langknochen	54	,82	,87	,8369	,00991
vorderlaufverhältnis basis ulna zu hinterlaufverhältnis	54	,84	,97	,9107	,02263
vorderlaufverhältnis basis radius zu hinterlaufverhältnis	54	1,00	1,13	1,0488	,02643

Tab. 9: Deskriptive Statistik für die gesamten FIWI- Feldhasen

Deskriptive Statistik ^a					
	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
femur: länge gelenkskopf prox. - gelenkskopf dist.	49	115,63	135,66	125,3759	4,60260
femur: größte Länge	49	121,47	140,34	131,1431	4,41393
femur durchmesser diaphyse transversal	49	7,84	10,35	8,9447	,59600
femur durchmesser diaphyse saggital	49	6,91	9,99	7,9382	,66083
femur gelenksbreite proximal	49	25,26	30,89	28,1712	1,32502
femur gelenksbreite distal	49	18,20	21,77	20,2647	,84975
tibia größte länge	49	133,16	155,20	145,1324	5,02095
tibia gelenksbreite prox	49	18,39	22,21	20,3482	,91546
tibia gelenksbreite dist	49	14,64	18,13	16,0339	,93011
humerus größte länge	49	97,12	111,58	102,5286	3,60121
humerus gelenksbreite prox	49	17,23	21,18	18,8892	,88400
humerus gelenksbreite dist	49	11,62	14,52	12,7745	,55073
humerus diaphyse transversal	49	6,04	8,42	6,9602	,57005
humerus diaphyse saggital	49	4,92	6,65	5,6690	,40892
ulna größte länge	49	115,32	139,20	126,8771	5,85514
radius größte länge	49	99,55	121,76	110,7724	5,37350
femur größte länge zu tibia größte länge	49	,88	,93	,9037	,01360
humerus größte länge zu ulna größte länge	49	,76	,86	,8087	,02198
humerus größte Länge zu radius größte länge	49	,88	,99	,9265	,02632
gesamtlänge vorderlauf langknochen	49	212,59	249,10	229,4057	9,02692
gesamtlänge hinterlauf langknochen	49	254,63	295,10	276,2755	9,20841
verhältnis ges. länge vorderlauf langknochen zu ges. länge hinterlauf langknochen	49	,79	,85	,8303	,01125
vorderlaufverhältnis basis ulna zu hinterlaufverhältnis	49	,84	,96	,8950	,02669

9. Abkürzungsverzeichnis

FIWI	Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie
AICc-Wert	Akaiki Information Criterion corrected for small sample size