

Aus der Plattform Besamung und Embryotransfer der Veterinärmedizinischen Universität
Wien

Plattform Besamung und Embryotransfer der Vetmeduni Vienna
(LeiterIn: Ao.Univ.-Prof. Dr.med.vet. Christine Aurich)

Verhältnis der Hodengröße zur Körpergröße beim europäischen Alpaka (*Vicugna pacos*) und dessen möglicher Einfluss auf die Fertilität

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

Vorgelegt von

Raoul Jean-Paul Schrenger

Wien, September 2022

Betreuung Diplomarbeit

Ao.Univ.-Prof. Dr.med.vet. Christine Aurich, Dipl.ECAR

Institut für Besamung und Embryotransfer der Vetmeduni Vienna

Begutachter

Dr.med.vet. Vitezslav Havlicek

Institut für Tierzucht und Genetik, Abteilung für Reproduktionsbiologie

Eigenständigkeitserklärung

Ich habe im Rahmen dieser Studie keine anderen als die erwähnten Hilfsmittel und Literaturstellen einbezogen, die entscheidenden Arbeiten selbst durchgeführt und alle zuarbeitend Tätigen mit ihrem Beitrag zur Arbeit angeführt, die zur Beurteilung vorgelegte Diplomarbeit eigenständig verfasst sowie die Arbeit nicht an anderer Stelle eingereicht oder veröffentlicht.

Inhalt

1. Einleitung	1
1.1 Hintergrund	1
1.2. Reproduktionsmerkmale von männlichen Alpakas	3
1.2.1 Einsetzen der Pubertät, Anatomie der Geschlechtsorgane und Fruchtbarkeit von Alpakahengsten	3
1.2.2 Vorkommen von pathologischen Veränderungen an den Hoden von Neuweltkameliden	5
2. Material und Methoden	9
2.1 Datenerhebung.....	9
2.2 Berechnung des Hoden- und Körpergewichtes.....	11
2.3 Statistische Auswertung	12
3. Ergebnisse	13
3.1 Ergebnisse der Hodenmessungen.....	13
3.2 Ergebnisse der Körpermessungen	21
3.3 Koeffizient von Hodengröße zu Körpergröße.....	24
3.4 Ergebnisse der Zuchtdaten	24
4. Diskussion	28
4.1 Körpergrößen, Hodengrößen und Fruchtbarkeit	28
4.2 Hodenpathologien	29
4.4. Limitationen der eigenen Untersuchungen	30
5. Zusammenfassung	32
6. Extended Summary	34
7. Abkürzungsverzeichnis	36
8. Literaturverzeichnis	37
9. Abbildungsverzeichnis	41
10. Tabellenverzeichnis	42

1. Einleitung

1.1 Hintergrund

Das Alpaka (*Vicugna pacos*) erfreut sich zunehmender Beliebtheit als Haustier in Mittel- und Westeuropa und wird mit Begeisterung auch hierzulande gezüchtet. Vor ca. 35 Jahren wurden die ersten Bestände in Österreich mittels Einfuhr von wertvollen Zuchttieren aus Peru und den umliegenden Ländern Bolivien und Chile aufgebaut. Seit 2016 hat die Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH (AGES) offizielle Zählungen zur Neuweltkamelpopulation in Österreich durchgeführt (1). In dieser Statistik sind das ebenso weit verbreitete Lama (*Lama glama*) und die weniger bekannten Vikunjas (*Vicugna vicugna*) und das Guanako (*Lama guanicoe*) inkludiert. Laut des letzten veröffentlichten Berichtes gibt es derzeit 5.649 Neuweltkameliden in Österreich, verteilt auf 857 Betriebe / PrivathalterInnen (2). Innerhalb von 2 Jahren gab es einen Zuwachs von 1155 Tieren, entsprechend 20,5 %. Im Vergleich dazu wird der Alpakabestand in Deutschland auf ca. 20.000 bis 25.000 Tiere geschätzt, in der ganzen EU (inkl. Grossbritannien) auf ca. 60.000 bis 80.000 Alpakas, hauptsächlich vom Typ Huacaya (3). Die meisten kontaktierten Züchter in Österreich halten nur wenige Tiere, meist nur 2 bis 3 Hengste, mit denen aktiv gezüchtet wird. Insgesamt beläuft sich die Herdengröße auf weniger als 20 Tiere. Jedoch kommen die meisten Zuchttiere von sehr großen Zuchtbetrieben mit Herden bis 200 Tiere. Die Haltung und Züchtung von Neuweltkameliden, insbesondere der von Alpakas und Lamas, gewinnt immer mehr an Gewicht und die Herausforderung an die veterinärmedizinische Versorgung steigt dadurch mit an.

Von der Körperstatur her ist das Alpaka genau wie das Lama ein höckerloses Neuweltkamel. Mit einem durchschnittlichen Körpergewicht (KGW) von 60 bis 80 kg (4) ist es jedoch deutlich leichter und kleiner als das Lama. Die durchschnittliche Widerristhöhe wird je nach Quelle mit 81 bis 99 cm bzw. 76 bis 96 cm beschrieben (5).

Das Ziel der vorliegenden Studie ist, einen möglichen Zusammenhang zwischen der Körpergröße und der Hodengröße sowie der individuellen Fruchtbarkeit bei Alpakahengsten zu untersuchen. Eine positive Korrelation zwischen Hodengröße und Fertilität wurde bei anderen Spezies wie Bullen (6,7), Schafböcken (8) und Pferdehengsten (9) beschrieben. Beim Schafbock wurden jedoch teils auch widersprüchliche Ergebnisse gefunden, so dass bei dieser Spezies die Hodengröße nicht mit einer besseren Spermienqualität einhergeht (10). Beim Alpaka

wurde die Hodengröße als nützlicher Indikator für das Einsetzen der Spermienproduktion beschrieben (11–13). Da die Spermienproduktion mit der Größe der Hoden bei anderen Spezies korreliert und die Hodengröße eine stark erbliche Komponente aufweist, sollte dies beim Alpaka ebenfalls der Fall sein (14).

1.2. Reproduktionsmerkmale von männlichen Alpakas

1.2.1 Einsetzen der Pubertät, Anatomie der Geschlechtsorgane und Fruchtbarkeit von Alpakahengsten

Alpakas können schon mit einem Alter von weniger als einem Jahr in die Pubertät gelangen und Kopulationsversuche zeigen. Jedoch verhindert eine Verklebung der Glans penis mit dem Präputium ein komplettes Ausschachten des Penis. Der Prozess des LoslöSENS beginnt meistens mit 12–13 Monaten und wird durch einen Anstieg der Testosteronkonzentration im Plasma ausgelöst. Innerhalb des Ersten Lebensjahres löst sich diese Verklebung bei 10 % der Hengste, im Zweiten Lebensjahr bei 70 % der Hengste und ab dem dritten Lebensjahr hat sich die Verklebung bei allen Hengsten gelöst. Hengste ab einem Alter von drei Jahren werden deswegen als zuchtreif angesehen (15).

Die Fruchtbarkeit ausgedrückt als Trächtigkeitsrate von Pferdehengsten wird beim Natursprung mit 75 % angegeben, wobei ein Hengst sich mit 40 Stuten paart (16). Die Trächtigkeitsrate beim Alpaka und Lama liegt bei 70 %, wobei ein Hengst sich mit 20 Stuten paart. Diese Rate lässt sich aber mittels täglicher Kontrolle und Anpaarungsversuchen noch steigern (17).

In den letzten Jahrzehnten wurde vermehrt Forschung bei den Neuweltkamelen unterstützt, vor allem was den weiblichen Reproduktionstrakt angeht. Der männliche Reproduktionstrakt wurde ebenfalls wiederholt beschrieben (18,19). Bei Neuweltkamelen bilden Hoden, Nebenhoden, Samenleiter, die paarig angelegte Bulbourethraldrüse, die Prostata und der Penis den männlichen Reproduktionstrakt (20). Die Hoden sind von ovoider Form und befinden sich paarig angelegt, außerhalb der Bauchhöhle, im Skrotum, welches eng am Körper anliegt. Die Hodenachse befindet sich in caudodorsaler nach cranioventraler Ausrichtung (4). Das Skrotum liegt auf Höhe des Arcus ischiadicus, ist nur leicht vorständig, nicht abhebbar und besitzt eine dickere Haut (15,19). Dies dient bei Rankkämpfen unter den Hengsten als Schutz, um das Verletzungsrisiko zu minimieren. Zusätzlich können die Hoden durch den *Musculus cremaster* noch weiter an den Körper herangezogen werden (19). Der Hoden wird körperseitig vom Nebenhoden umfasst, welcher in seine drei Bestandteile Nebenhodenkopf; - körper und -schwanz unterteilt werden kann (20). Dieser kann ebenfalls von geübtem Untersucher palpiert werden, oft jedoch nur der Nebenschwanz dorsal am caudalen Pol des Hodens (15).

Die durchschnittliche Größe der Hoden variiert je nach Studie. Tibary und Vaughan (2006; 15) beschreiben die durchschnittliche Größe von Hoden beim ausgewachsenen Alpaka mit 3,6 x 2,4 cm. Weitere Informationen zur Hodengröße bei Neuweltkameliden in Abhängigkeit zum Alter sind in Tabelle 1 und

Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 1. Mittlere Hodengröße (cm) und – Gewicht (g) von Alpakas, Lamas und Vikunjas, aufgelistet nach Alter (nach Tibary und Vaughan, 2006, modifiziert) (15)

Alter (Monate)	Alpaka (n=158)		Lama (n=54)		Vikunja (n=6)
	Größe (cm)	Gewicht (g)	Größe (cm)	Gewicht (g)	Größe (cm)
6	1,0 x 0,4	0,6	2,4 x 1,4	n.a.	0,7 x 0,3
12	2,3 x 1,5	2,9	3,4 x 2,3	5,1	1,1 x 0,7
18	2,8 x 1,9	6,6	3,5 x 2,6	14	1,5 x 0,8
24	3,3 x 2,2	9,9	3,9 x 2,3	17,4	2,1 x 1,3
30	3,6 x 2,4	13,9	4,4 x 2,5	17,8	n.a.
36	3,6 x 2,4	13,6	4,4 x 2,5	17,8	2,5 x 1,4

Tabelle 2. Einsetzen der Spermienproduktion in Abhängigkeit zur Hodenlänge und Alter des Tieres bei Alpakahengsten (nach Abraham et al. 2022, modifiziert)(21)

Durchschnittliche Länge (cm)	Alter (Monate)*	Präsenz von Spermien (%der Tiere)	
		Kastration	Kadaver
< 3	12-23	1/6 (17)	0/3 (0)
	24-35	1/4 (25)	-
	> 36	1/1 (100)	-
3 – 3,9	12-23	3/4 (75)	-
	24-35	3/3 (100)	-
	> 36	-	-
> 4	12-23	-	-
	24-35	-	-
	> 36	4/4 (100)	3/3 (100)

* Alter bei Kastration/ Sektion

In einer schwedischen Studie von Abraham M. et al. (2022) wurde gezeigt, dass nicht nur das Alter der Hengste, sondern auch die Länge der Hoden ein äußerst wertvoller Indikator für das Einsetzen der Spermienproduktion darstellt. Alpakahengste mit einer Hodenlänge von mindestens 3,8 cm sollten nach diesen Untersuchungen reife Spermien produzieren (21). In

Tabelle 2 ist die genaue Aufteilung und das prozentuelle Vorkommen von Hengsten mit Spermienproduktion in verschiedenen Altersklassen dargestellt.

Einfache Mittel zur Bestimmung der Fruchtbarkeit stellen die Führung eines Zuchtbuches und die Vermessung der Hoden von Zuchthengsten dar. Des Weiteren kann man das testikuläre Gewicht anhand der Längen- und Breitenmessung von jedem Hoden abschätzen (22) und zusätzlich das Volumen mit der Höhenmessung bestimmen (23). In einigen Studien wurden im Rahmen einer Zuchttauglichkeitsuntersuchung die Hoden mittels transkutanem Ultraschall untersucht und vermessen (24). In einer schwedischen Studie wurden bei europäischen Alpakas größere Messergebnisse berichtet als bei Studien aus Nord- oder Südamerika (21).

Das Ziel der vorliegenden Studie ist es, zu untersuchen, wie die Fruchtbarkeit von Alpakahengsten in Österreich und Deutschland in Zusammenhang mit dem Verhältnis der Hodengröße zur Körpergröße/ Körpergewicht steht. Bisherige Dokumentation gehen von einem Hoden/Körper-Verhältnis von 0,02 % aus (17).

1.2.2 Vorkommen von pathologischen Veränderungen an den Hoden von Neuweltkameliden

Eine Gesamtübersicht der bislang beim Alpaka beschriebenen Hodenpathologien ist in Tabelle 3 zu finden. Die Prävalenz verschiedener Hodenpathologien wurden von Tibary und Ruiz (2018) beschrieben (24) und sind in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** abgebildet. Die mit Abstand häufigste Pathologie sind bilaterale *Rete-testis*-Zysten beim allgemeingesunden Alpaka, mit einer Prävalenz von 16,8 % (N= 202), gefolgt von unilateralen *Rete-testis*-Zysten (Prävalenz = 9,9 %) bei Zuchttauglichkeitsuntersuchungen. Bei Untersuchungen an infertilen Hengsten wurde ein noch höherer Prozentsatz nachgewiesen (N=71). Die Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigen Ultraschallbilder von Alpakahengsten mit Zysten im *Rete testis* in verschiedenen Größen.

Tabelle 3 Übersicht aller bisherig beschriebenen Hodenpathologien bei Neuweltkameliden in Anlehnung an Tibary und Ruiz, (2018) modifiziert (24)

Hoden- und Nebenhodenveränderungen
Kryptorchismus
Ektopische Hoden
Hydrozele
Testikuläre Degeneration
Testikuläre Hypoplasie
Testikuläre Neoplasie (Seminom)
Testikuläre Zysten
Orchitis
Epididymitis
Zysten im Nebenhoden
Segmentale Aplasie des Nebenhodens

Tabelle 4. Hodenpathologien und die Häufigkeit ihres Vorkommens bei Alpakahengsten im Anlehnung anTibary und Ruiz (2018) modifiziert (24)

Veränderung	Zuchttauglichkeitsuntersuchung		Infertilität	
	Hengste (n)	Hengste (%)	Hengste (n)	Hengste (%)
<i>Rete testis</i> Zysten, bilateral	34	16,8	13	18,3
<i>Rete testis</i> Zysten unilateral	20	9,9	7	9,9
Testikuläre Hypoplasie	17	8,4	1	1,4
Testikuläre Atrophie	9	4,5	23	32,4
Persistierende penile Befestigung	6	2,9	-	-
Kryptorchismus	4	1,9	-	-
Orchitis	2	0,9	4	5,6
Zysten im Nebenhoden	2	0,5	3	4,2
Präputiale Verklebung	-	-	4	5,4
Erektionsstörung	-	-	2	2,8

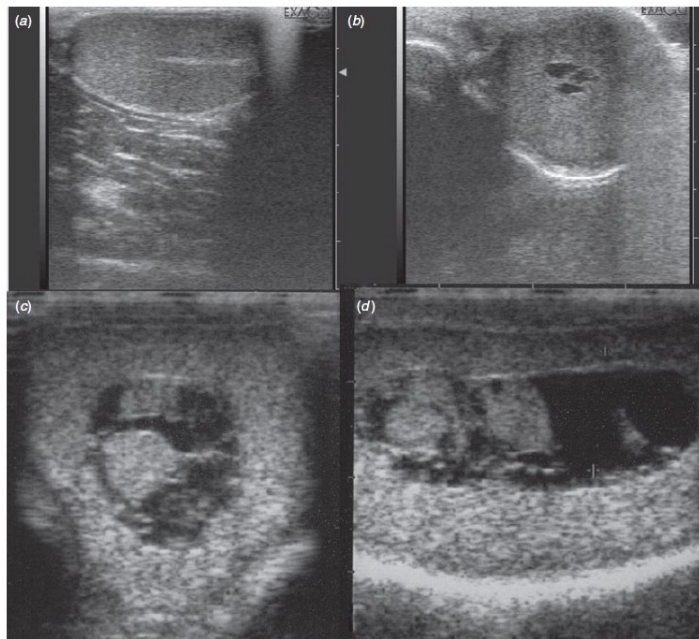


Abbildung 1. Ultraschallbilder von Alpakahoden (a) Physiologisches Hodenparenchym mit echoreichem Mediastinum testis; (b-d) Rete-testis-Zysten mit verschiedenen Ausdehnungen (Tibary et al., 2021) (11)



Abbildung 2. Ultraschallbild eines Hodens mit multiplen Rete-testis-Zysten von gemischter Echogenität, zeigt Aufdehnung des Rete testis (Tibary und Vaughan (2006) (15))

2. Material und Methoden

2.1 Datenerhebung

Für diese Studie wurden insgesamt 52 Alpakahengste im Besitz von 9 Alpakazüchtern in Österreich und Deutschland untersucht. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Veterinärmedizinischen Universität Wien (Zeichen: ETK-059/03/2022) im Hinblick auf ihre Übereinstimmung mit der Good Scientific Practice und den einschlägigen nationalen Rechtsvorschriften geprüft und befürwortet. Es wurde ein «Owner's consent» von allen Besitzern eingeholt.

Vor Ort wurden die Tiere vom Besitzer mittels Halfter fixiert, und es erfolgte eine kurz Allgemeinuntersuchung, bevor sie mit einem flexiblen Massband von 3 Metern Länge vermessen wurden. Es wurde die Körperlänge, Rückenlänge, Widerristhöhe, Rumpflänge und Brustumfang gemessen.

Definiert sind die Maße in Tabelle 5.

Tabelle 5. Definition der Maße zur Erfassung der Körpergröße beim Alpaka nach Grund S (2014), modifiziert (5)

Körperlänge	Von der Vorderseite des Halses bis zum ersten beweglichen Schwanzwirbel
Widerristhöhe	Vertikale Distanz vom höchsten Punkt des Widerristes bis zum Boden
Brustumfang	Unmittelbar kaudal der Vordergliedmaßen
Rückenlänge	Vom ersten fühlbaren Processus spinosus der Brustwirbel bis zum ersten beweglichen Schwanzwirbel
Rumpflänge	Von der Lamina ventralis des 6. Halswirbels bis zum Tuber ischiadicum des Os ischii

Bei jedem Tier wurde auch der Body Condition Score (BCS) vorgenommen und das Ergebnis protokolliert (25). Bei Züchtern, die vor Ort eine Tierwaage zur Verfügung hatten, wurde das exakte Gewicht erhoben und protokolliert.

Jede dieser Messungen wurde drei Mal wiederholt und das arithmetische Mittel berechnet, um etwaige Fehlerquellen zu minimieren. Anschließend wurden Skrotum und Hoden sowohl adspektorisch als auch palpatorisch untersucht, um etwaige Auffälligkeiten zu dokumentieren. Die Haut des Skrotums wurde mittels einer verdünnten Alkohollösung (1:5) gereinigt und ent-

fettet, um eine bessere Ankopplung für den Ultraschallkopf zu garantieren, und reichlich Aquasonic® Ultraschallgel appliziert. Bei Tieren mit ausgeprägter Hyperkeratosen am Skrotum wurde auf die Alkohollösung jedoch verzichtet.

Die Ultraschalluntersuchungen wurden mit einem mobilen Ultraschallgerät (VINNO D5-VET, VINNO Technology Co., Ltd., Suzhou, China) und einer dazugehörigen Linearsonde (VINNO F4 – 12l Linearsonde) durchgeführt. Alle Untersuchungen wurden mit ähnlichen Parametern (Tiefe bis 4,5 cm, Frequenz 10 MHz, Fokus 2 cm) durchgeführt. Jeder Hoden wurde einmal im Längsschnitt und einmal im Querschnitt erfasst. Es wurde darauf geachtet, die größte Ausdehnung der Organe zu erfassen. Beurteilt wurde die Qualität des Hodenparenchyms, außerdem wurden *Mediastinum testis*, *Rete testis*, Nebenhoden und das umliegende Gewebe auf eventuelle Pathologien untersucht. Mittels abgespeicherter Ultraschallbilder wurden nach der Untersuchung Länge, Breite und Höhe der Hoden nachträglich ausgemessen. Dies erfolgte mit dem Messsystem des Ultraschallgerätes.

Zusätzlich zu den Untersuchungen am Tier wurden die Zuchtdaten dokumentiert. Alle vorliegenden Zuchtdaten wurden für jedes Tier protokolliert. Die erfassten Zuchtdaten sind in Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6. Zuchtdaten, die bei den in der Studie untersuchten Hengsten erfasst wurden

Anzahl gedeckter Stuten
Anzahl tragender Stuten
Anzahl der erfolgreichen bzw. benötigten Deckungen
Anzahl der geborenen Crias
Anzahl an Aborten
Anzahl an Missbildungen
Art des Deckvorganges

Als Maß der Fruchtbarkeit wird die errechnete Trächtigkeitsrate (Anzahl der trächtigen Tiere durch die Anzahl der belegten Tiere), die Belegungsrate (Anzahl der Belegungen durch Anzahl der gedeckten Tiere) und die Abfohlrate (Anzahl abgefohlter Tiere durch die Anzahl der tragenden Tiere). Aborte und Missbildungen sind, soweit bekannt, mit aufgenommen worden.

2.2 Berechnung des Hoden- und Körpergewichtes

Zur Berechnung des Hodenvolumens wurden zwei verschiedene Formeln benutzt. Die erste verwendete Formel (Volumen (cm³) = 0,7 x Länge x Breite x Höhe) ist dabei spezifisch für Neuweltkamele angelegt (23). Die zweite verwendete Formel (Volumen (cm³) = 0,5236 x Länge x Breite²) stammt aus einer Studie über Bullen (26).

Außerdem wurde eine Formel von Bailey et al. (1998)(26) zur Berechnung des testikulären Gewichtes verwendet (Gewicht (g) = 0,5533*Länge*Breite²).

Zur Berechnung des Körpergewichtes der Tiere anhand ihrer Körpermaße wurden vier verschiedene Formeln verwendet (Tabelle 7). In dieser Studie konnte das Körpergewicht von 22 Tieren vor Ort mittels Tierwaage ermittelt werden. Dieses erhaltene Körpergewicht wurde zur Validierung des mittels Formeln berechnete Körpergewicht verwendet.

In dieser Studie sind mehrere Formeln von verschiedenen Autoren herangezogen worden, um das Körpergewicht zu ermitteln. Die meisten der Autoren haben mehrere Formeln erstellt, in dieser Studie wird sich lediglich auf die beschränkt, die den höchsten Korrelationskoeffizienten ausweisen konnten.

Tabelle 7. Formeln, die zur Berechnung des Körpergewichts anhand verschiedener Körpermaße bei Alpakahengsten verwendet wurden (5,27–29)

Studie	Formel	R ²
Riek und Gerken (2007) (27)	$KGW (kg) = - 14,99 + 1,04 H (cm) - 0,004 H (cm)^2 - 1,53 TC (cm) + 0,017 TC (cm)^2 + 0,136 L (cm) + 0,001 L (cm)^2$	0,983
Wurzinger et al. (2005) (28)	$KGW (kg) = - 30,94 + 0,49 \times CC (cm) + 0,00388 \times CC^2 (cm)$	0,77
Smith et al. (1992) (29)	$KGW (kg) = (1,005 \times 10^{-3}) \times \text{Brustumfang (cm)}^{2,424}$	0,948
Grund (2014) (5)	$KGW (kg) = 8,34 \times 10^{-5} \text{Brustumfang}^3 + 3,33$	0,9676

H = Widerristhöhe TC = Brustumfang L = Körperlänge KGW = Körpergewicht
CC = Brustumfang

2.3 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgt mit dem Programm IBM SPSS Statistics 27. Weil nicht alle Daten normalverteilt waren (Kolmogorov-Smirnov-Test) erfolgten Gruppenvergleiche und die Berechnung von Korrelationen ausschließlich mit nicht-parametrischen Testverfahren.

Die Tiere wurden nach ihrem Alter in drei Gruppen aufgeteilt: ≤ 3 Jahre, 4–7 Jahre und ≥ 8 Jahre. Das Alter der Tiere wurde entsprechend auf- oder abgerundet, um eine Einteilung zu ermöglichen. Die Vergleiche der Körper- und Hodenmaße zwischen den Altersgruppen erfolgten mittels Kruskal-Wallis-Test. Außerdem erfolgte eine Auswertung der Hodenmaße zwischen Tieren mit und ohne nachweisbare morphologische Veränderungen an den Hoden mittels Kruskal-Wallis-Test. Die Hodenmaße der linken und rechten Seite wurden mittels Wilcoxon Test für verbundene Stichproben miteinander verglichen. Korrelationen zwischen Maßen wurden mittels Spearman Test berechnet. Das statistische Signifikanzniveau wurde mit 5 % ($p < 0,05$) festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Hodenmessungen

Zwischen dem rechten und linken Hoden bestanden keine signifikanten Unterschiede in den Größenmaßen oder im Volumen. Die Volumina von linken und rechten Hoden korrelieren signifikant ($p < 0,05$; $R^2 = 0,814$). Rechnet man beide Hoden zusammen, ergibt sich ein mittleres Hodengesamtvolumen von $28,0 \pm 9,1 \text{ cm}^3$ (Mittelwert \pm SD, Minimum 9,5, Maximum $49,3 \text{ cm}^3$).

In Tabelle 8 sind die Hodenmaße nach Altersgruppen aufgeführt.

Tabelle 8. Hodengrößen und Hodenvolumen in den Altersgruppen. Angegeben sind für alle Maße Mittelwert \pm Standardabweichung sowie Minimum und Maximum. Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).

	Altersgruppe		
	1 bis 3 Jahre	4 bis 7 Jahre	≥ 8 Jahre
Zahl der Tiere (n)	8	25	15
Hoden links (cm)			
- Länge	3,9 \pm 0,5 (3,2 bis 4,5)	3,7 \pm 0,6 (2,2 bis 4,6)	3,6 \pm 0,4 (2,8 bis 4,4)
- Breite	2,5 \pm 0,4 (1,8 bis 3,0)	2,5 \pm 0,3 (1,7 bis 3,1)	2,5 \pm 0,4 (1,8 bis 3,1)
- Höhe	1,9 \pm 0,2 (1,6 bis 2,2)	2,1 \pm 0,6 (1,4 bis 2,5)	2,0 \pm 0,4 (1,3 bis 3,0)
Hoden rechts (cm)			
- Länge	3,8 \pm 0,5 (2,7 bis 4,4)	3,9 \pm 0,6 (2,2 bis 4,8)	3,6 \pm 0,5 (2,6 bis 4,5)
- Breite	2,5 \pm 0,4 (1,8 bis 2,9)	2,6 \pm 0,4 (1,5 bis 3,2)	2,5 \pm 0,4 (1,8 bis 3,2)
- Höhe	2,0 \pm 0,3 (1,5 bis 2,4)	2,1 \pm 0,4 (1,1 bis 3,2)	2,0 \pm 0,3 (1,2 bis 2,5)
Hodenvolumen (cm ³)			
- Links	11,6 \pm 5,4 (6,6 bis 16,5)	13,5 \pm 4,9 (4,7 bis 19,4)	13,0 \pm 6,5 (5,0 bis 26,7)
- Rechts	12,1 \pm 6,0 (5,0 bis 18,6)	14,5 \pm 6,5 (2,6 bis 28,3)	12,6 \pm 5,8 (4,5 bis 22,6)

In Tabelle 9 ist die Anzahl männlicher Tiere mit Veränderungen, die mittels transkutanem Ultraschall nachgewiesen werden konnten, unterteilt nach Altersgruppen, angegeben. Atrophie und fokale Verdichtungen wurden vor allem bei älteren Tieren beobachtet. Bezüglich des Vorkommens von Zysten und Umfangsvermehrungen konnte kein signifikanter Altersunterschied festgestellt werden. Insgesamt haben neun Tiere Hodenzysten aufgewiesen, in der Einzelbetrachtung von linken Hoden konnten in sieben Fällen, beim rechten Hoden in acht Fällen Zysten beobachtet werden.

Tabelle 9. Im Ultraschall sichtbare pathologische Veränderungen an den Hoden bei Alpakahengsten nach Altersklassen (n=48)

		Altersklassen			Gesamt (n)	Tiere (%)
		1-3 Jahre (n)	4–7 Jahre (n)	≥ 8 Jahre (n)		
Pathologische Veränderungen	Ohne Veränderungen	4	15	7	26	54,2
	Zysten	2	4	3	9	18,8
	Umfangsvermehrung	1	5	1	7	14,6
	fokale Verdichtungen	0	0	2	2	4,2
	Atrophie	0	0	2	2	4,2
	Parenchymatöse Veränderung	1	1	0	2	4,2
Gesamt		8	25	15	48	

In Tabelle 10 ist das Hodengesamtvolumen (cm³) in Relation zu den festgestellten ultrasonographischen Befunden dargestellt. Das Hodengesamtvolumen von Tieren mit Zysten ist zwar zahlenmäßig größer als das von Tieren ohne solche Veränderungen, allerdings konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede nachgewiesen werden. Atrophierte Hoden wurden bei zwei Tieren nachgewiesen, deren Hoden dadurch ein sehr kleines Volumen zeigten. Die Prävalenz von Zysten in der untersuchten Population lag bei 18,8 %. In weiterer Aufteilung sind es 12,5 % bilaterale und 6,3 % unilaterale Zysten auf die gesamte Stichprobe berechnet.

Tabelle 10 Hodengesamtvolumen (cm³) bei Tieren ohne Veränderungen an den Hoden sowie bei Tieren mit verschiedenen pathologischen Befunden (n=47)

Befund	Anzahl Hengste (n)	Gesamtvolumen Hoden (cm ³)
Ohne Veränderungen	25	27,8 ± 8,9 (9,67 bis 44,68)
Zysten	9	33,8 ± 8,0 (20,6 bis 49,3)
Umfangvermehrung	7	28,0 ± 8,0 (15,3 bis 35,8)
Fokale Verdichtung	2	29,3 ± 8,8 (23,1 bis 35,5)
Atrophie	2	10,1 ± 0,7 (9,5 bis 10,6)
Parenchymatöse Veränderung	2	23,5 ± 0,8 (23,5 bis 23,6)
Gesamt	47	28,1 ± 9,2 (9,5 bis 49,3)

Die dokumentierten testikulären Zysten sind immer in Verbindung mit dem *Rete testis* beobachtet worden und haben zu einer Dilatation des *Rete testis* geführt (Abbildung 3 & Abbildung 4).

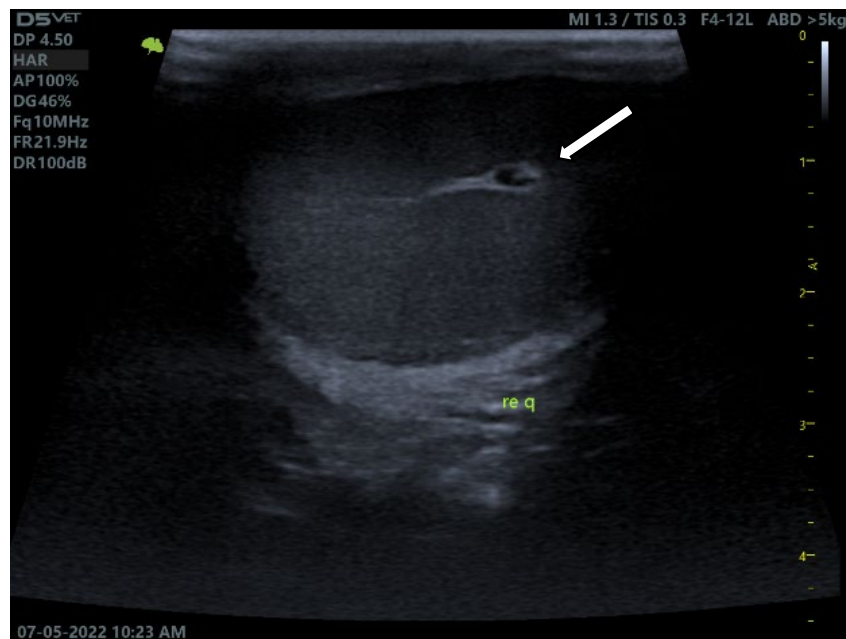


Abbildung 3. Querschnitt des rechten Hodens eines 3-jährigen Alpakahengstes mit einer Zyste im Rete testis

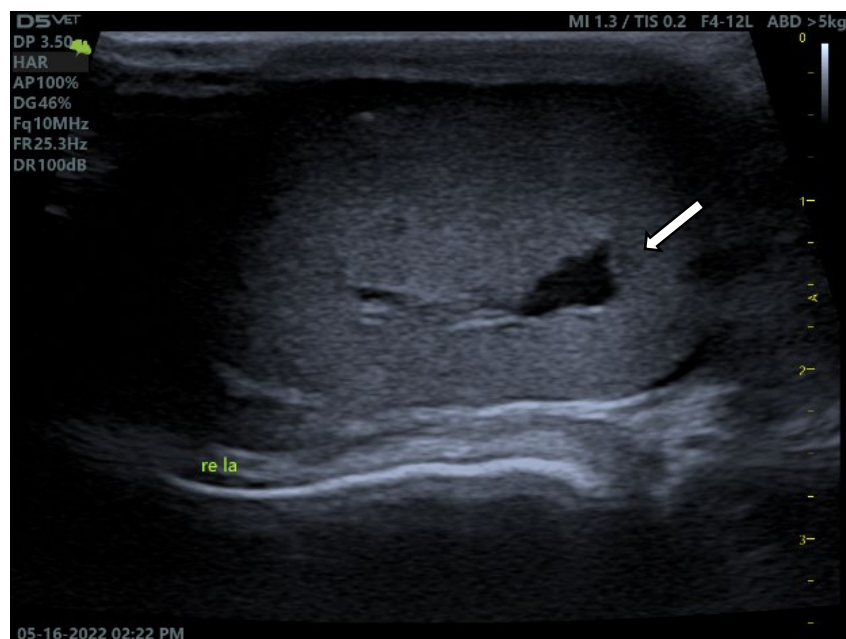


Abbildung 4. Längsschnitt des rechten Hodens eines 8-jährigen Alpakahengstes mit Zysten im Rete testis

Die dokumentierten Umfangsvermehrungen (UV) sind vermehrt im *Rete testis* aufgefallen, was ebenfalls zu einer Aufdehnung geführt hat. Meist sind diese UV rund, isoechogen zum restlichen Gewebe, gut abgrenzbar und nur wenige Millimeter im Durchmesser (Abbildung 5). UV können sich deutlich voneinander unterscheiden was Echogenität und Größe betrifft, Abbildung 6 zeigt einen hyperechogenen Knoten von 6 mm Größe.

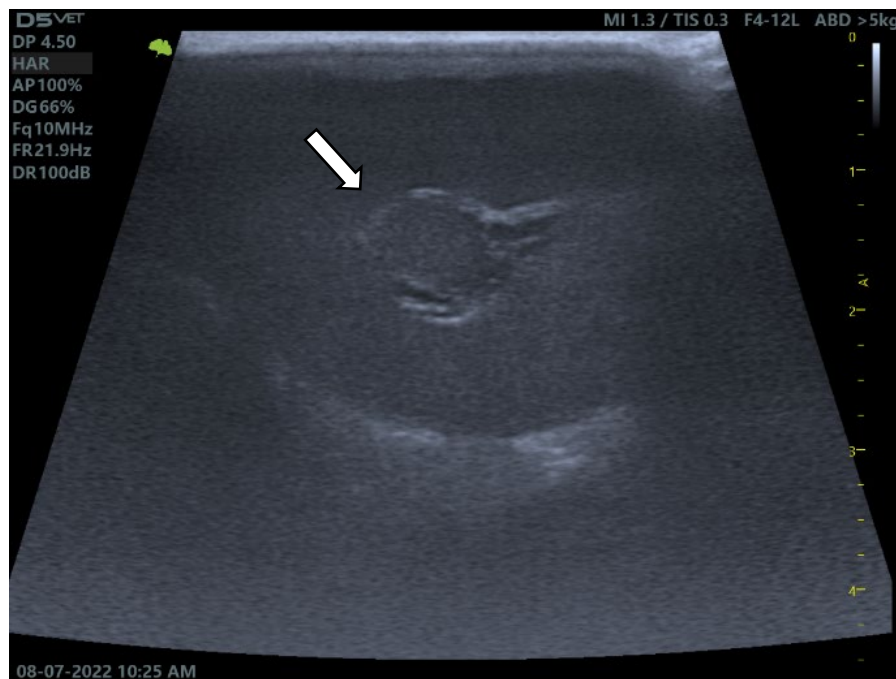


Abbildung 5. Querschnitt des linken Hodens eines 7-jährigen Alpakahengstes mit isolierter isoechogener Umfangsvermehrung im Rete testis

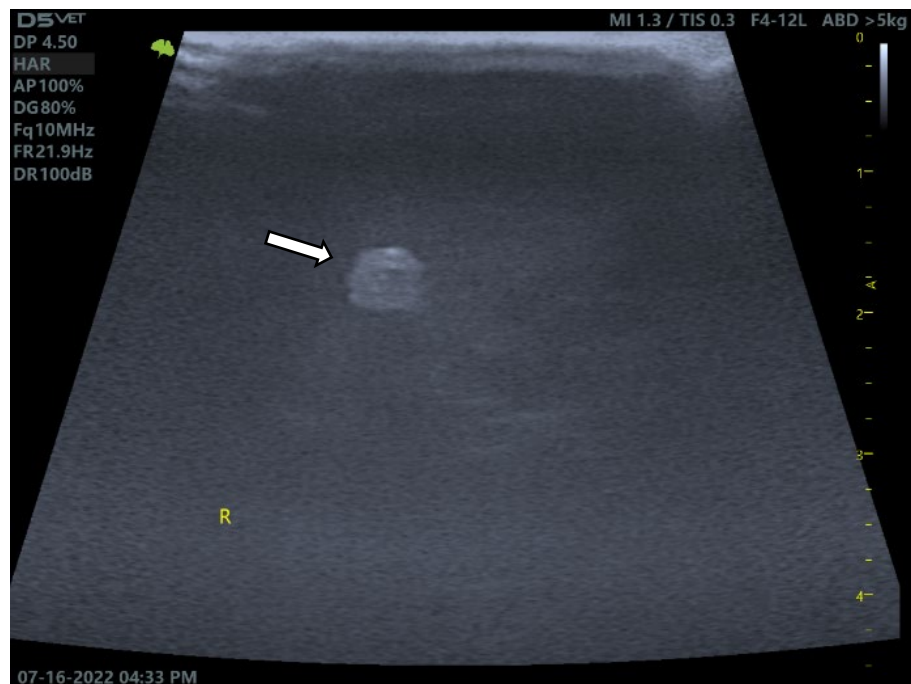


Abbildung 6. Querschnitt des rechten Hodens eines 12-jährigen Alpakahengstes mit hyperechogener Umfangsvermehrung im Hodenparenchym

Fokale Verdichtungen kamen ausschließlich bei älteren Tieren vor. Diese sind nicht größer als 1-2 mm, stellen sich sonographisch hyperechogen dar, treten multifokal im Parenchym auf und können Nebenkeulenartefakte oder distale Schallschatten aufweisen (Abbildung 7 & Abbildung 8).

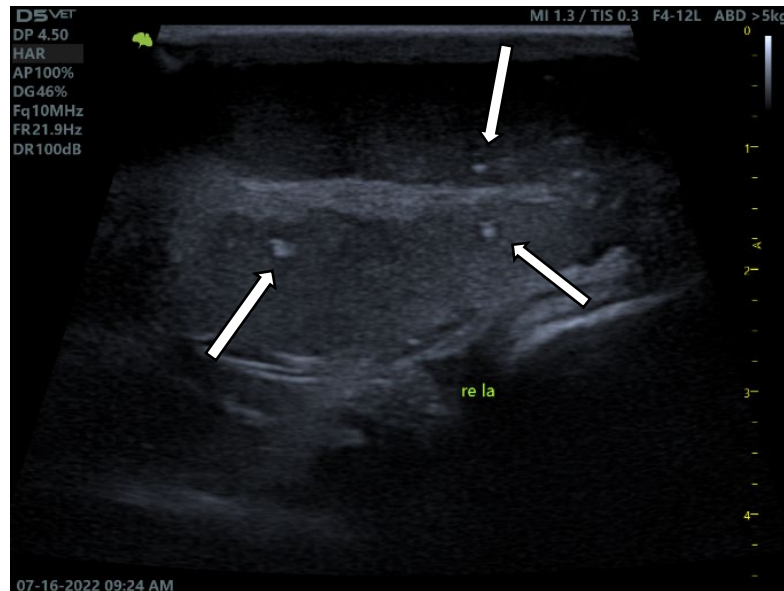


Abbildung 7. Längsschnitt des rechten Hodens eines 5-jährigen Alpakahengstes mit multiplen fokalen Verdichtungen

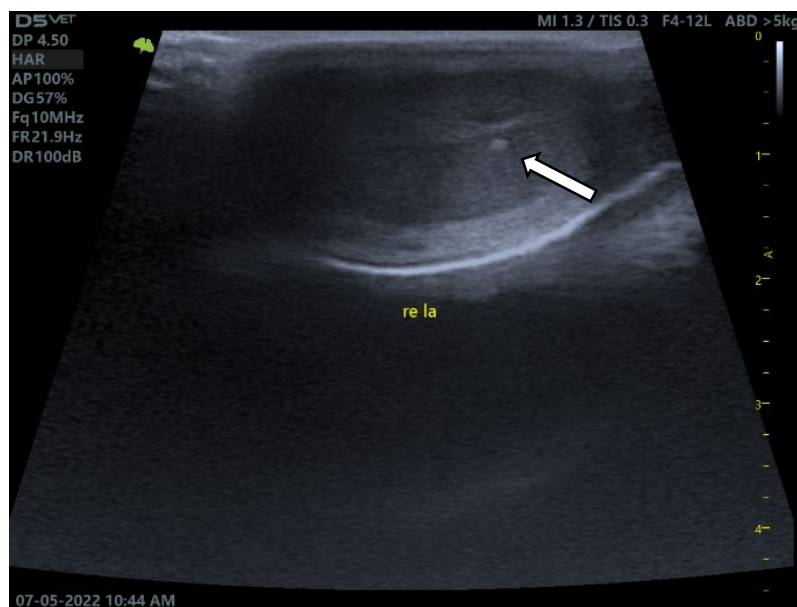


Abbildung 8. Längsschnitt des rechten Hodens eines 18-jährigen Alpakahengstes mit einer solitären fokalen Verdichtung

Eine Hodenatrophie kam ebenfalls nur bei der Gruppe ≥ 8 Jahre vor. Beide Tiere sind in einem sehr hohen Alter von 16 und 18 Jahren geschallt worden. Beide Tiere zeigten eine Hodenlänge von ca. 3 cm und ein Hodenvolumen von ca. 5 cm³. Die Hoden stellten sich sonographisch hyperechogener dar (Abbildung 9 & Abbildung 10). Beide Hengste zeigten Hyperkeratosen am Skrotum auf und wurden nicht mehr in der Zucht benutzt.

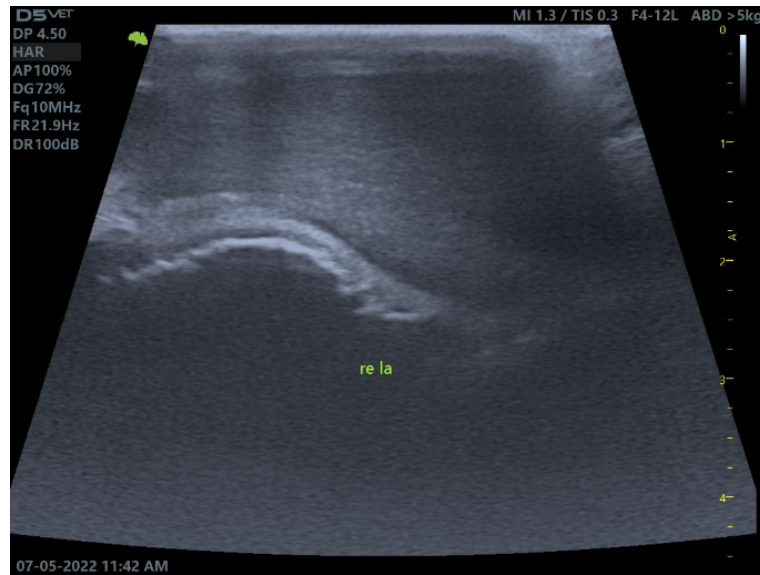


Abbildung 9. Längsschnitt des rechten, atrophierten Hodens eines 18-jährigen Alpakahengstes

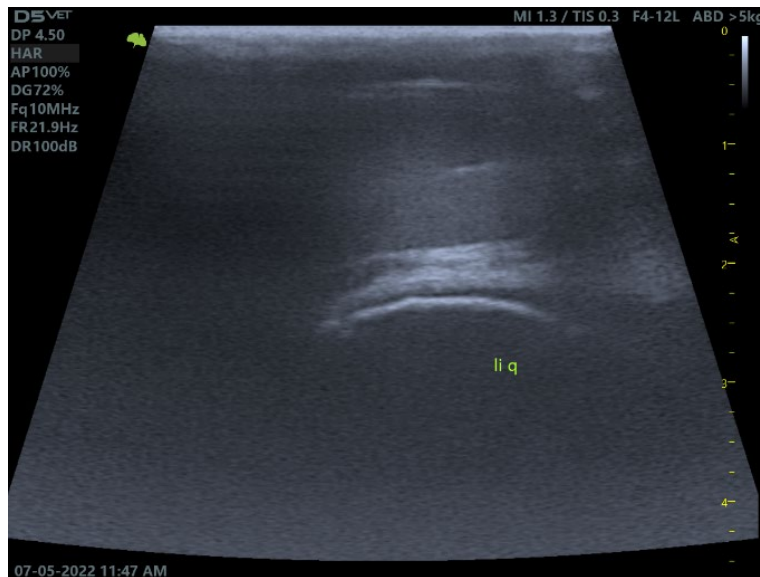


Abbildung 10. Längsschnitt des linken, atrophierten Hodens eines 16-jährigen Alpakahengstes

Parenchymatöse Veränderungen sind ultrasonographisch inhomogene, von gemischter Echogenität und teils schwierig abgrenzbare Bereiche im Hoden. Die Veränderungen sind meist in Verbindung mit anderen Pathologien aufgetreten (Abbildung 11 & Abbildung 12).

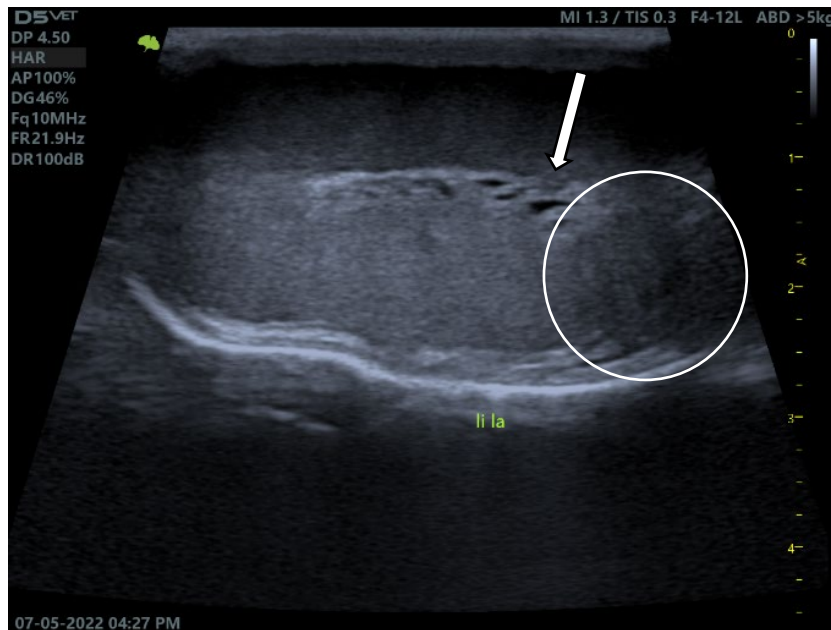


Abbildung 11. Längsschnitt des linken Hodens eines 4-jährigen Alpakahengstes mit multiple Rete-testis-Zysten (Pfeil) und umliegende parenchymatöse Veränderungen (Kreis)

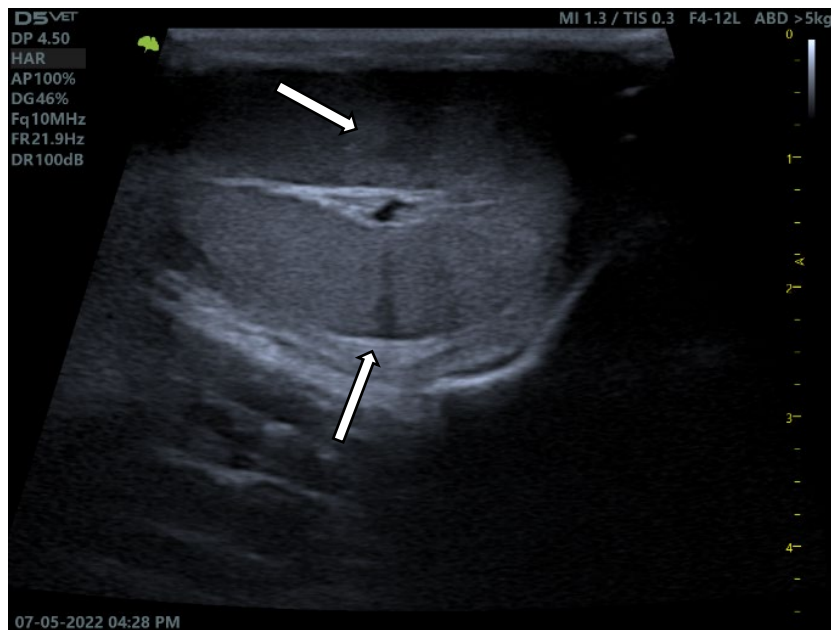


Abbildung 12. Querschnitt des linken Hodens eines 4-jährigen Alpakahengstes mit Rete-testis-Zyste und peripheren parenchymatösen Veränderungen

3.2 Ergebnisse der Körpermessungen

In Tabelle 11 sind alle Körpermaße der Hengste dargestellt. Bei einem jungen Hengst konnten Rücken- und Rumpflänge nicht erhoben werden. Zwischen den Altersgruppen bestanden keine Unterschiede in den erhobenen Körpermaßen. Gleiches gilt für den Body Condition Score.

Der Brustumfang der Tiere zeigt die größte Korrelation mit dem gemessenen Körpergewicht auf ($p < 0,05$; $R^2 = 0,802$).

Tabelle 11. BCS und Körpermaße in den Altersgruppen. Angegeben sind für alle Maße Mittelwert \pm Standardabweichung sowie Minimum und Maximum. Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).

	Altersgruppe		
	1 bis 3 Jahre	4 bis 7 Jahre	≥ 8 Jahre
Zahl der Tiere (n)	9	26	16
- BCS	3,1 \pm 0,4 (2,5 bis 3,5)	3,2 \pm 0,5 2,5 bis 4,0	2,9 \pm 0,7 (2,0 bis 4,0)
- Körperlänge (cm)	93,3 \pm 7,0 (83,0 bis 107,3)	94,6 \pm 4,8 (87,0 bis 106,7)	96,1 \pm 3,8 (88,0 bis 101,7)
- Widerristhöhe (cm)	88,9 \pm 5,5 (82,8 bis 98,0)	91,1 \pm 3,9 (84,7 bis 104,0)	91,2 \pm 5,2 (82,0 bis 102,0)
- Brustumfang (cm)	96,1 \pm 5,2 (86,2 bis 104,3)	102,7 \pm 7,4 (91,7 bis 121,2)	100,4 \pm 6,6 (90,7 bis 111,0)
- Rückenlänge (cm)	78,0 \pm 6,2 (71,7 bis 90,7)	79,3 \pm 4,4 (71,7 bis 88,3)	79,6 \pm 3,3 (73,3 bis 86,0)
- Rumpflänge (cm)	95,7 \pm 2,5 (92,3 bis 100,7)	96,7 \pm 6,4 (84 bis 109,7)	95,6 \pm 5,5 (91,0 bis 109,7)

Bei 22 Tieren konnte das Körpergewicht mittels Waage erhoben werden. Dieses zeigte die größte Korrelation mit dem nach Riek und Gerken (2007) (27) errechneten Gewicht ($R^2=0,823$), aber es ergaben sich für alle errechneten Körpergewichte signifikante Korrelationen mit Korrelationskoeffizienten $>0,8$ (Tabelle 12)

In **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** sind die verschiedenen berechneten Körpergewichte der Hengste aufgelistet, aufgeteilt in die verschiedenen Altersklassen. Unabhängig von der verwendeten Formel zur Berechnung des Körpergewichts ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen.

*Tabelle 12 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizient der gerechneten Körpergewichte mit dem gemessenen Körpergewicht der Tiere (n=22). ** p<0,01*

Spearmon-Rho	KGW-Waage		
	Korrelationskoeffizient	Sig (2-seitig)	Anzahl Tiere (n)
KGW-Waage	1,000	.	22
KGW-Riek	,823**	,000	22
KGW-Grund	,804**	,000	22
KGW-Smith	,804**	,000	22
KGW-Wurzinger	,804**	,000	22

KGW = Körpergewicht

Tabelle 13. Gemessene (n=22) und errechnete (n=51) Körpergewichte (kg) in den Altersgruppen. Angegeben sind für alle Maße Mittelwert \pm Standardabweichung sowie Minimum und Maximum. Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).

Körpergewicht	Altersgruppe		
	1 bis 3 Jahre	4 bis 7 Jahre	\geq 8 Jahre
Anzahl der Tiere (n)	3	11	8
KGW-Waage (kg)	61,9 \pm 2,8 (60,0 bis 65,1)	79,3 \pm 11,7 (65,0 bis 106,8)	71,3 \pm 11,7 (58,6 bis 93,5)
Anzahl der Tiere (n)	9	26	16
KGW – Riek (kg)	77,6 \pm 11,8 (59,2 bis 100,1)	91,4 \pm 17,0 (67,7 bis 140,0)	87,3 \pm 13,9 (68,6 bis 113,0)
KGW – Grund (kg)	77,9 \pm 11,8 (56,7 bis 98,0)	95,0 \pm 20,2 (67,6 bis 151,65)	88,8 \pm 16,8 (65,5 bis 117,4)
KGW – Smith (kg)	64,6 \pm 8,3 (49,4 bis 78,5)	76,2 \pm 13,5 (57,4 bis 112,8)	72,0 \pm 11,5 (55,8 bis 91,2)
KGW - Wurzinger (kg)	52,1 \pm 6,3 (40,1 bis 62,4)	60,5 \pm 9,6 (46,6 bis 85,4)	57,6 \pm 8,4 (45,4 bis 71,3)

3.3 Koeffizient von Hodengröße zu Körpergröße

Der Koeffizient von Hodengröße zu Körpergröße aller Tiere, wo beide Hoden und die Körpermaße ausgemessen werden konnten (n=47) beträgt 0,032 %. Bei den Tieren, die vor Ort gewogen werden konnten, fiel der Koeffizient mit 0,041 % größer aus (n=22). In Tabelle 14 sind die Koeffizienten aller vermessen Tiere in Relation zu ihrem Alter zu sehen.

Tabelle 14. Koeffizient der Hodengröße zu Körpergröße der Hengste entsprechend ihrer Altersklasse (n=47). Das Hodenvolumen und Hodengewicht wurde jeweils mit dem errechneten KGW (KGW-Riek) und mit dem gemessenen KGW (KGW-Waage) verglichen

Koeffizienten	Altersklassen			Insgesamt
	1 bis 3 Jahre	4 bis 7 Jahre	8 Jahre und älter	
Vol_Riek (%)	0,032	0,033	0,032	0,032
N	7	25	15	47
Vol_Waage (%)	0,042	0,042	0,038	0,041
N	3	11	8	22
Bailey_Riek (%)	0,033	0,031	0,031	0,032
N	7	25	15	47
Bailey_Waage (%)	0,044	0,042	0,037	0,041
N	3	11	8	22

Vol_Riek = Koeffizient Gesamthodenvolumen/KGW-Riek

Vol_Waage = Koeffizient Gesamthodenvolumen/Gewicht-Waage

Bailey_Riek = Koeffizient Gesamthodengewicht/KGW-Riek

Bailey_Waage = Koeffizient Gesamthodengewicht/KGW-Waage

3.4 Ergebnisse der Zuchtdaten

Zur Aufnahme der Zuchtdaten der Hengste hat jeder Besitzer Angaben zur Anzahl der gedeckten Stuten, Anzahl der Deckungen pro Stute, Anzahl der bestätigten Trächtigkeiten und Anzahl der geborenen Crias geliefert. Zusätzlich wurden Aborte und Missbildungen dokumentiert. Insgesamt konnten für 49 Tiere die Zuchtdaten gesammelt werden. In Tabelle 15 sind die Angaben dargestellt. Alle Paarungen wurden mittels Natursprung ausgeführt und nur ein Hengst hat mehrere Stuten gleichzeitig innerhalb einer Herde gedeckt (T37). Alle anderen Paarungen wurden gezielt und einzeln durchgeführt.

Tabelle 15. Ergebnisse der protokollierten Zuchtparameter der untersuchten Alpakahengste (n=49)

Tiernummer (n=49)	Anzahl der gedeckten Stuten	Anzahl der Deckungen insgesamt	Anzahl trächtiger Stuten	Anzahl geborener Crias	Anzahl Aborte	Anzahl Missbildungen
T1	15	15	10	10	0	0
T3	45	45	38	38	0	0
T4	90	90	90	90	0	0
T6	70	105	64	60	4	1
T7	7	9	7	7	0	0
T8	50	75	50	50	0	1
T10	10	30	4	4	0	0
T11	5	15	2	2	0	0
T12	1	2	1	1	0	0
T13	1	1	0	0	0	0
T14	3	3	3	3	0	0
T15	28	37	28	28	0	2
T16	12	33	12	12	0	1
T17	1	1	1	1	0	0
T18	2	3	0	0	0	0
T19	55	85	55	55	0	0
T20	10	13	10	2	0	0
T21	18	35	16	15	2	0
T22	9	14	9	1	1	0
T23	36	50	36	35	1	0
T24	14	31	14	4	0	0
T25	71	105	71	70	1	0
T26	25	40	23	23	0	0
T27	25	30	20	20	0	0
T28	1	4	0	0	0	0
T29	3	3	3	2	0	0

T30	3	5	2	0	0	0
T31	11	23	11	8	1	1
T32	9	20	9	9	0	0
T33	7	9	7	7	0	0
T34	1	1	1	0	0	0
T35	6	9	5	5	1	0
T36	5	8	4	0	0	0
T37	9	unbekannt	unbekannt	0	0	0
T38	4	4	4	0	0	0
T39	6	6	6	3	0	0
T40	2	2	2	0	0	0
T41	5	5	4	2	0	0
T42	2	2	2	2	0	0
T43	1	1	1	0	0	0
T44	4	4	4	0	0	0
T45	62	93	58	47	0	0
T46	57	86	56	49	0	0
T47	78	78	75	69	0	0
T48	54	54	45	45	0	0
T49	4	4	4	0	0	0
T50	14	21	12	10	0	0
T51	3	3	3	3	0	0
T52	2	2	2	2	0	0

In Tabelle 16 sind die Mittelwerte, Standardabweichung sowie das Minimum und Maximum der dokumentierten Zuchtparameter aus Tabelle 15 aufgelistet.

Tabelle 16. Ergebnisse der dokumentierten Zuchtparameter der Alpakahengste (n=49). Angegeben sind Mittelwert \pm Standardabweichung sowie Minimum und Maximum.

Zuchtparameter	Mittelwert \pm Standardabweichung Minimum – Maximum
Anzahl der gedeckten Stuten	19,5 \pm 24,1 1,0 – 90,0
Anzahl der Deckungen insgesamt	27,4 \pm 31,4 1,0 – 105,0
Anzahl der trächtigen Stuten	18,4 \pm 23,5 0,0 – 90,0
Anzahl der geborenen Crias	16,2 \pm 23,0 0,0 – 90,0
Anzahl der Aborte	0,2 \pm 0,7 0,0 – 4,0
Anzahl der Missbildungen	0,1 \pm 0,4 0,0 – 2,0

4. Diskussion

4.1 Körpergrößen, Hodengrößen und Fruchtbarkeit

In der vorliegenden Arbeit sollte der Frage nachgegangen werden, inwieweit bei Alpakahengsten Zusammenhänge zwischen ihrer Körpergröße und ihrer Hodengröße bestehen. Da die Hodengröße bzw. das Hodenvolumen einen Hinweis auf das vorhandene Hodengewebe gibt, wird bei verschiedenen Tierarten wie dem Pferd (Thompson et al., 1979) (9) oder dem Bullen (Coulter und Foote, 1979; Barth AD., 2006) (6)(7) ein Zusammenhang zwischen der Hodengröße und der täglichen Spermienproduktion hergestellt. Diese lässt Hinweise auf die Fruchtbarkeit eines männlichen Tieres erkennen.

In dieser Arbeit wurden vier verschiedene Formeln von vier verschiedenen Autoren herangezogen, um mittels unterschiedlicher Körpermaße ein Körpergewicht zu errechnen (Tabelle 7). Unabhängig von der verwendeten Formel konnten keine Unterschiede in der Körpergröße und dem errechneten Körpergewicht von Alpakahengsten unterschiedlicher Altersgruppen nachgewiesen werden. Zwischen den errechneten Körpergewichten bestanden außerdem hohe Korrelationen. Die Ergebnisse zeigen, dass alle in der Arbeit überprüften Formeln zur Schätzung des Körpergewichtes durch einfaches Abmessen mit einem Zentimetermaß erhobenen Körpermaßen verwendet werden können, sofern keine Waage zur Verfügung steht. Ähnliche Formeln zur Berechnung eines ungefähren Körpergewichtes haben sich auch bei anderen Tierarten, bei denen eine Erhebung des Körpergewichtes aufgrund ihrer Körpergröße mittels Personenwaagen nicht möglich ist, wie zum Beispiel dem Pferd, in der Praxis bewährt (30).

In der Fachliteratur wird das Gewicht von ausgewachsenen männlichen Alpakas mit 60–80 kg angegeben (4,19). Die Formel nach Riek und Gerken (27), welche die höchste Korrelation mit dem gemessenen Gewicht zeigt, ergab für die in die eigenen Untersuchungen einbezogenen Alpakahengste ein durchschnittliches Gewicht von 88 kg. Das Gewicht fiel damit höher aus als erwartet. Da einige der Züchter eher die großrahmigen und schwereren Tiere als Haupthengste in ihrer Zuchtlinie benutzen, ist es möglich, dass das höhere Durchschnittsgewicht auf diesen Umstand zurückzuführen ist. Außerdem wurden in dieser Studie alle Tiere mit einem flexiblen Maßband vermessen, was als mögliche Fehlerquelle in Frage kommt. In den anderen Studien wurde dagegen für die meisten Maße Schublehren verschiedener Dimensionen benutzt und lediglich der Brustumfang mittels Maßbandes ermittelt (5).

Im Rahmen der eigenen Studie wurden auch Fruchtbarkeitsparameter (Tabelle 6) dokumentiert, um eine Evaluierung der individuellen Fruchtbarkeit vorzunehmen. Jedoch ist eine objektive Bewertung der Fruchtbarkeit mit den vorliegenden Daten nicht möglich. Bei der Aufnahme der Zuchtdaten musste auf die Protokolle und Dokumentationen der Besitzer vertraut werden. Da die Aufzeichnungen oft über mehrere Jahre hinweg geführt werden mussten und beim mobilen Deckservice nicht immer eine Rückmeldung von den Stutenbesitzern über den Erfolg der Deckung bzw. den Verlauf der Trächtigkeit garantiert war, sind die Daten als nicht komplett zu betrachten. Daher erlauben die in der Studie erhobenen Daten leider keine Aussage bezüglich einer Korrelation zwischen Hodengröße und Fertilität, wie sie bei anderen Tierarten bekannt ist (31). Da in den eigenen Untersuchungen jedoch auch keine Zusammenhänge zwischen Alter und Hodengröße ausgewachsener Alpakahengste gefunden werden konnten, ist dieser Zusammenhang – anders als bei anderen Tierarten (z. B. Pferd: Amann 2011,(32); Jung et al.,2020,(33); Barnes et al.,1980, (34)) – offenbar zumindest nicht sehr ausgeprägt. Eine Limitierung der Aussagekraft der eigenen Studie besteht allerdings in der Tatsache, dass die Anzahl von jungen Alpakahengsten mit $n=9$ recht gering war.

Unter Einbeziehung der gesamten Stichprobe wurde ein Hoden-Körperkoeffizient von 0,032 % berechnet, der damit über dem in der Literatur angegebenen Wert von 0,02 % liegt (17). Die Koeffizienten wurden sowohl mit der Hodenvolumenberechnung (23) als auch der Hodengewichtsberechnung (26) berechnet und mit dem errechneten Gewichten nach Riek & Gerken sowie dem gemessenen Gewicht verglichen. Interessanterweise liegt der Hoden-Körperkoeffizient der Hengste, die vor Ort gewogen wurden, mit 0,041 % sogar noch höher, da beim Wiegen ein niedrigeres durchschnittliches Gewicht von 74 kg gemessen wurde.

4.2 Hodenpathologien

In der eigenen Studie wurden bei Alpakahengsten verschiedenen Pathologien an den Hoden, insbesondere Zysten im *Rete testis*, nachgewiesen, ohne dass die Besitzer der Tiere über diese informiert waren oder über eine geringere Fruchtbarkeit der betroffenen Hengste berichteten. Bei den Tieren mit sonographisch sichtbaren Veränderungen bzw. Pathologien im Hodengewebe sind die Stichprobenzahlen zwar auch zu gering ausgefallen, um eine tendenzielle Zunahme im Hodenvolumen bei diesen Tieren statistisch absichern zu können. Interessant war, dass bei diesen Hengsten keine anderen Veränderungen in den Hoden wie z. B. im Hodenparenchym vorlagen.

Bei den Tieren mit Hodenzysten wurde ein rein numerischer Anstieg des Hodenvolumens festgestellt. Dies könnte einerseits durch die Präsenz dieser raumfordernden Prozesse erklärt werden, andererseits durch eine kompensatorische Volumenzunahme der Hoden, wie sie z. B. bei anderen Tierspezies bei Verlust von Hodengewebe bekannt ist. Bei Pferdehengsten wurde nach unilateraler Kastration eine signifikante Volumenzunahme des intakt belassenen Hodens nachgewiesen. Auch die Testosteronkonzentration im Blut blieb nach dem Eingriff stabil (33). Ein ähnlicher Effekt konnte bei Bullen nach unilateraler Kastration beobachtet werden, bei denen das Volumen des verbliebenen Hodens zwei Monate nach dem Eingriff um 76 % zugenommen hatte und die Spermienproduktion vergleichbar hoch war mit der von intakten Bullen (34). Auch bei Schafböcken konnte dieser Effekt bestätigt werden (35). Die Annahme besteht, dass bei Neuweltkamelen eine ähnliche Kompensation möglich ist. Laut einer Studie von Tibary und Vaughan (2006) ist die genaue Ätiopathogenese dieser Zysten noch nicht bekannt, könnte jedoch an einer gestörten Lymphdrainage im Hoden liegen (15). Die Prävalenz von Hodenzysten ist in dieser Studie niedriger ausgefallen als bei früheren Untersuchungen (Tibary und Ruiz, 2018) (24).

Auch bei Tieren mit nicht-zystischen Umfangsvermehrungen im Hodengewebe könnte es sich um die Folge von Abflussstörungen des *Rete testis* handeln. Der bei einem Tier nachgewiesene hyperechogene Knoten im Hoden könnte auf eine Neoplasie wie z. B. einen Sertolizelltumor (36) hinweisen. Die am häufigste beschriebene Hodenneoplasie beim Neuweltkamelen ist das Seminom (15). Generell lassen sich solche Knoten oder Umfangsvermehrungen sonographisch jedoch nicht identifizieren, da z. B. Neoplasien sehr variable Erscheinungsbilder haben (37). Für eine genaue Diagnostik stehen z. B. Möglichkeiten einer Biopsie beim Alpaka zur Verfügung (15).

Bei den beobachteten fokalen Verdichtungen handelt es sich meist um degenerative Prozesse (15) oder mögliche Verkalkungen. Bei parenchymatöse Veränderungen können ebenfalls degenerative Prozesse als Ursache vermutet werden (15).

4.4. Limitationen der eigenen Untersuchungen

Diese Studie zeigt mehrere Limitationen auf. Die Fruchtbarkeitsparameter sind sehr einseitig verfügbar gewesen, da nur das männliche Tier für jedes produzierte Cria herangezogen wurde. Der multifaktorielle Einfluss der Stute (Gesundheitszustand, Geschlechtsgesundheit, Zyklusstand, Ernährung) konnte in dieser Studie nicht erfasst werden. Auch vom männlichen

Tier fehlen Information wie z. B. Gesundheitszustand, Ernährung, Haltungsform, Zuchtlinie. Weiterhin ist auch die Zuchtlinie der Stute maßgebend für den Erfolg der Verpaarung. Nach Aussage verschiedener Züchter sind die Zuchtlinien Grey / Rose – Grey von einer schlechteren Fruchtbarkeit untereinander geprägt, allerdings gibt es nach bestem Wissen des Verfassers keine Studie, die diese Vermutung belegt.

Auch spielt Stress beim Alpakahengst eine wesentliche Rolle. Mittlerweile bieten viele Züchter einen mobilen Deckservice an, bei dem der Hengst zur Stute gebracht wird. Transporte lösen immer eine Stressreaktion beim Tier aus, was sich auch bezüglich Fruchtbarkeit bemerkbar machen kann (38).

Es sind weitere Studien notwendig, um eine Korrelation zwischen Hodengewebe und Fruchtbarkeit zu beschreiben. Eine begleitende Dokumentation der Zuchtereignisse vor Ort und eine Mitbetrachtung der Stuten ist dafür unerlässlich. Die verlässlichsten Daten würde man mittels Spermengewinnung erzielen. Eine reine Beschreibung der Deckungs- und Trächtigkeitsraten wird als alleiniges Mittel nicht genügen, um eine Aussage über die Fruchtbarkeit von Hengsten machen zu können.

5. Zusammenfassung

In dieser Studie wurden die Körpermaße und Hodenmaße von 52 Alpakahengsten aus Österreich und Deutschland, die aktiv in der Zucht eingesetzt werden, erhoben und ausgewertet. Die Körpermaße wurden mittels flexiblen Maßbandes und die Hodengrößen mittels transkutane Ultraschall bestimmt. Ziel dieser Studie war es, die Zusammenhänge zwischen Körpergröße und Hodengröße und deren Einfluss auf die Fertilität zu beschreiben.

Die Tiere wurden nach ihrem Alter in drei Gruppen aufgeteilt: ≤ 3 Jahre, 4–7 Jahre und ≥ 8 Jahre. Das Alter der Tiere wurde entsprechend auf- oder abgerundet, um eine Einteilung zu ermöglichen.

Die Hoden der Tiere wurden mit einem Linearschallkopf (10 MHz) auf pathologische Veränderungen untersucht, die maximale Ausdehnung des Hodens (Länge x Breite x Höhe) wurde gemessen und anschließend das testikuläre Volumen und Gewicht berechnet. Rechnet man beide Hoden zusammen, ergibt sich ein mittleres Hodengesamtvolumen von $28,0 \pm 9,1 \text{ cm}^3$ (Mittelwert \pm SD, Minimum 9,5, Maximum $49,3 \text{ cm}^3$). Die Prävalenz von Zysten im *Rete testis* in der untersuchten Population lag bei 18,8 %. In weiterer Aufteilung sind es 12,5 % bilaterale und 6,3 % unilaterale Zysten auf die gesamte Stichprobe berechnet. Weitere Pathologien, die beobachtet werden konnten, waren Umfangsvermehrungen, fokale Verdichtungen, eine Hodenatrophie und parenchymatöse Veränderungen.

Bei den Alpakahengsten wurden der Body Condition Score (BCS) und fünf Körpermaße (Körperlänge, Widerristhöhe, Brustumfang, Rückenlänge und Rumpflänge) erhoben und protokolliert. Mittels vier Formeln, die auf früheren Untersuchungen basieren, konnte so das Körpergewicht berechnet und gegeneinander verglichen werden. Bei 22 Tieren war es vor Ort möglich, das genau Gewicht mittels Waage zu ermitteln. Alle benutzten Formeln wiesen eine hohe Korrelation ($R^2 > 0,8$) mit dem Realgewicht der Tiere auf. Die Ergebnisse zeigen, dass alle in der Arbeit überprüften Formeln zur Schätzung des Körpergewichtes durch einfaches Abmessen der Körpermaße mit einem Zentimetermaß verwendet werden können. Unabhängig von der verwendeten Formel zur Berechnung des Körpergewichtes ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Altersgruppen.

Aus den vorangegangenen Ergebnissen wurde ein Koeffizient von Hodengröße zu Körpergröße berechnet. Im Durchschnitt ergab sich ein Koeffizient von 0,032 % beim errechneten Gewicht und ein Koeffizient von 0,041 % beim gemessenen Gewicht.

Als Maß für die Fruchtbarkeit wurde die Deckungsrate, Trächtigkeitsrate und Abfohlrate der Tiere dokumentiert und berechnet. Jedoch erwiesen sich die erhobenen Daten als nicht komplett und daher ungeeignet, um einen Vergleich mit den Koeffizienten der Hodengröße zu Körpergröße zu ziehen. Daher erlauben die in der Studie erhobenen Daten leider keine Aussage bezüglich einer Korrelation zwischen Hodengröße und Fertilität, wie sie bei anderen Tierarten bekannt ist.

6. Extended Summary

In this study, body size and testicular dimensions of 52 alpaca sires from Austria and Germany were collected and evaluated. Only sires actively involved in breeding were considered. The body size dimensions were determined by flexible measuring tape and the testes measurements by transcutaneous ultrasound. The objective of this study was to describe correlation between body size and testes size and its association with fertility.

The alpacas were classified as „ ≤ 3 years“, „4-7 years“ and „ ≥ 8 years“ based on their age by rounding up or down to a full number.

The testes were examined with regard to pathologies by ultrasound, using a linear probe (10MHz). Maximum dimensions of the testes (length x width x height) were determined. Subsequently the testicular volume and weight were calculated. Calculation of the total testes volume by addition of the testicular volume of the left and right tested resulted in a mean total testes volume of $28.0 \pm 9.1 \text{ cm}^3$ (mean value \pm SD, minimum 9.5, maximum 49.3 cm^3). The prevalence of cysts in the *rete testis* among the sires included into the study was 18.8 %. Breaking it down further, there were 12.5 % bilateral und 6.3 % unilateral cysts in the population. Other pathologies included testicular neoplasia, focal consolidations, atrophy, and diffuse parenchymal aberrations.

Records of the body condition score and five body measurements (body length, withers height, chest girth, back length and torso length) were collected. By consideration of four different formulas from previous studies, the body weight could be calculated and compared against each other. In 22 animals, it was possible to accurately determine the weight by a scale. All formulas showed a high correlation ($R^2 > 0,8$) with the real weight of the animals. Results suggest that all reviewed formulas to estimate the body weight through simple measurements with a measuring tape can be recommended. Regardless of what formula was used, there were no significant differences between age groups.

A coefficient of testes size to body size was calculated. On average, the coefficient was 0.032 % when the body weight was calculated and 0.041 % when the body weight was determined by scales, respectively.

To describe fertility, the mating ratio, pregnancy rate and foaling rate of the animals were documented and calculated. However, the obtained data turned out to be incomplete and not suitable to allow for reliable comparison with the coefficients of testes size to body size.

In conclusion, the present data are of little significance and do not yield significant information with regard to any association between testes size and fertility, as has been described to exist in other species.

7. Abkürzungsverzeichnis

AGES	Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH
KGW	Körpergewicht
BCS	Body Condition Score
UV	Umfangsvermehrungen

8. Literaturverzeichnis

1. Österreichische Agentur für Gesundheit A, GmbH E, für Gesundheit B. Veterinärjahresbericht_2016. 2016.
2. AGES. Veterinärjahresbericht_2018. 2018.
3. Zahlen und Fakten | Vechtetal Alpakas [Internet]. [cited 2022 Aug 19]. Available from: <https://www.vechtetal-alpakas.de/alpaka-wissen/zahlen-und-fakten/>
4. Smith CL, Peter AT, Pugh DG. Reproduction in llamas and alpacas: A review. *Theriogenology*. 1994, 41(3): 573–592.
5. Grund S. Morphometrische Untersuchung des Wachstums beim Alpaka (*Vicugna pacos*) von der Geburt bis zu einem Alter von 36 Monaten. 2014. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/226106072.pdf>
6. Coulter GH, Foote RH. Bovine testicular measurements as indicators of reproductive performance and their relationship to productive traits in cattle: A review. *Theriogenology*. 1979, 11(4): 297–311.
7. Barth AD. Evaluation of Potential Breeding Soundness of the Bull. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology: Second Edition*. 2006. 228–240.
8. Matos CAP, Thomas DL. Physiology and genetics of testicular size in sheep: a review. *Livest Prod Sci*. 1992, 32(1): 1–30.
9. Thompson DL, Pickett BW, Squires EL, Amann RP. Testicular measurements and reproductive characteristics in stallions. *J. Reprod. Fertil. Suppl*. 1979, 27: 13–17. Available from: <https://europepmc.org/article/med/289781>
10. Fitzgerald J, Morgan G. Reproductive Physiology of the Ram. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology: Second Edition*. 2006: 617–620.
11. Tibary A, Campbell A, Rodriguez JS, Ruiz AJ, Patino C, Ciccarelli M. Investigation of male and female infertility in llamas and alpacas. *Reprod. Fertil. Dev*. 2021, 33(2): 20–30.
12. Tibary A, Memon MA. Reproduction in the male South American camelidae. *J. Camel Pract. and Res*. 1999, 6(2): 235–248.

13. Galloway D. The development of the testicles in alpacas in Australia. In: Proceedings of the Australian Alpaca Industry Conference. Canberra. 2000. 21–23.
14. Vaughan J, Galloway D, Hopkins D. Artificial insemination in alpacas (*Lama pacos*) A report for the Rural Industries Res. and Dev. Corporation. 2003. Available from: <http://www.rirdc.gov.au>
15. Tibary A, Vaughan J. Reproductive physiology and infertility in male South American camelids: A review and clinical observations. *Small Ruminant Res.* 2006, 61(2-3 SPEC. ISS.): 283–298.
16. Ley WB, Slusher SH. Infertility and diseases of the reproductive tract of stallions. *Current therapy in large animal theriogenology: Second Edition.* 2006. 15–23.
17. Youngquist RS, Threlfall WR. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology. Current Therapy in Large Animal Theriogenology: Second Edition.* Elsevier, 2007. 845–905. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780721693231X50016>
18. Tibary A, Anouassi A. Management of reproduction in camelidae. In: Tibary A, editor. *Theriogenology in camelidae: anatomy, physiology and artificial breeding.* Rabat, Morocco: Actes Sud, 1997. 459–467.
19. Fowler ME. *Medicine and Surgery of South American Camelids.* 2nd ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1998. 278–279
20. Gauly M, Vaughan J, Cebra C, Gerken M. *Neuweltkameliden Haltung, Zucht, Erkrankungen.* Georg Thieme Verlag, 3. Auflage. 2010. 19–20
21. Abraham MC, Puhakka J, Ruete A, Al-Essawe EM, Verdier K, Morrell JM, et al. Testicular length as an indicator of the onset of sperm production in alpacas under swedish conditions. *Acta Vet Scand.* 2016, 58(1): 1–8. Available from: <https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13028-016-0191-x>
22. Bott, Rodriguez J, Sandoval S, Tibary A. Relationship between testicular measurements using calipers or ultrasonography with testicular weight in alpacas (*Vicugna pacos*). *Theriogenology.* 2008, 70(3): 576.

23. Dascanio JJ. Breeding Soundness Examination of the Llama and Alpaca. Llama and Alpaca Care: Medicine, Surgery, Reproduction, Nutrition, and Herd Health: First Edition. 2013. 188–193.
24. Tibary A, Ruiz A. Investigation of male infertility in llamas and alpacas. Spermova. 2018, 8(1): 33–48. Available from: http://spermova.pe/site2/files/Revisitas/Rev.%201%20Vol.8%202018/04-Tibary_2018a.pdf
25. Hoffman E, Baum Karen. The complete alpaca book. Bonny Doon Press, LLC, 2003. 179–232
26. Bailey TL, Hudson RS, Powe TA, Riddell MG, Wolfe DF, Carson RL. Caliper and ultrasonographic measurements of bovine testicles and a mathematical formula for determining testicular volume and weight in vivo. Theriogenology. 1998, 49(3): 581–594. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(98\)00009-0](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(98)00009-0)
27. Riek A, Gerken M. Measurements of the bodyweight and other physical characteristics of 11 llamas (*Lama glama*) from birth to weaning. Vet. Rec. 2007, 161(15): 520–523.
28. Wurzinger M, Delgado J, Nürnberg M, Valle Zárata A, Stemmer A, Ugarte G, et al. Growth curves and genetic parameters for growth traits in Bolivian llamas. Livest Prod Sci. 2005, 95(1–2): 73–81.
29. Smith BB, Timm KI, Reed PJ. Morphometric evaluation of growth in llamas (*Lama glama*) from birth to maturity. J. Am. Vet. Med. Assoc. 1992, 200(8): 1095–1100. Available from: <https://europepmc.org/article/med/1607314>
30. Ellis JM, Hollands T. Accuracy of different methods of estimating the weight of horses. Vet. Rec. 1998, 143(12): 335–336. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1136/vr.143.12.335>
31. Foote RH. Factors influencing the quantity and quality of semen harvested from bulls, rams, boars and stallions. J. Anim. Sci. 1978, 47(suppl_II): 1–11. Available from: https://academic.oup.com/jas/article/47/suppl_II/1/4697340
32. Amann RP. Physiology and endocrinology. In: McKinnon AO, Squires EL, Vaala W.E., Varner D.D., editors. Equine Reproduction. Second edition. Chichester: Wiley-Blackwell. 2011. 881–908.

33. Jung H, Lee G, Kim J, Lee JW, Yoon M. Effects of hemicastration on testes and testosterone concentration in stallions. *J. Equine Vet. Sci.* 2020, 92: 103–166.
34. Barnes MA, Longnecker J v., Charter RC, Riesen JW, Woody CO. Influence of unilateral castration and increased plane of nutrition on sexual development of Holstein bulls. I. Growth and sperm production. *Theriogenology.* 1980, 14(1): 49–58.
35. Voglmayr JK, Mattner PE. Compensatory hypertrophy in the remaining testis following unilateral orchidectomy in the adult ram. *Reproduction.* 1968, 17(1): 179–181. Available from: https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/17/1/jrf_17_1_027.xml
36. Burk RL, Feeney DA. Chapter 3 - The Abdomen. In: Burk RL, Feeney DA, editors. *Small Animal Radiology and Ultrasonography.* Third Edition. Saint Louis: W.B. Saunders, 2003. 249–476. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780721681771500055>
37. Mattoon JS, Nyland TG. Chapter 17 - Prostate and Testes. In: Mattoon JS, Nyland TG, editors. *Small Animal Diagnostic Ultrasound.* Third Edition. St. Louis: W.B. Saunders, 2015. 608–633. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781416048671000179>
38. Pintus E, Luis J, Santaella R, Drevet JR, Sorrentino R. Impact of oxidative stress on male reproduction in domestic and wild animals. *Antioxidants* 2021, 10(7): 1154. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3921/10/7/1154/htm>

9. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Ultraschallbilder von Alpakahoden (a) Physiologisches Hodenparenchym mit echoreichem <i>Mediastinum testis</i> ; (b-d) <i>Rete-testis</i> -Zysten mit verschiedenen Ausdehnungen (Tibary et al., 2021) (11)	8
Abbildung 2. Ultraschallbild eines Hodens mit multiplen <i>Rete-testis</i> -Zysten von gemischter Echogenität, zeigt Aufdehnung des <i>Rete testis</i> (Tibary und Vaughan (2006) (15))	8
Abbildung 3. Querschnitt des rechten Hodens eines 3-jährigen Alpakahengstes mit einer Zyste im <i>Rete testis</i>	16
Abbildung 4. Längsschnitt des rechten Hodens eines 8-jährigen Alpakahengstes mit Zysten im <i>Rete testis</i>	16
Abbildung 5. Querschnitt des linken Hodens eines 7-jährigen Alpakahengstes mit isolierter isoechogener Umfangsvermehrung im <i>Rete testis</i>	17
Abbildung 6. Querschnitt des rechten Hodens eines 12-jährigen Alpakahengstes mit hyperechogener Umfangsvermehrung im Hodenparenchym	17
Abbildung 7. Längsschnitt des rechten Hodens eines 5-jährigen Alpakahengstes mit multiplen fokalen Verdichtungen	18
Abbildung 8. Längsschnitt des rechten Hodens eines 18-jährigen Alpakahengstes mit einer solitären fokalen Verdichtung	18
Abbildung 9. Längsschnitt des rechten, atrophierten Hodens eines 18-jährigen Alpakahengstes	19
Abbildung 10. Längsschnitt des linken, atrophierten Hodens eines 16-jährigen Alpakahengstes	19
Abbildung 11. Längsschnitt des linken Hodens eines 4-jährigen Alpakahengstes mit multiple <i>Rete-testis</i> -Zysten (Pfeil) und umliegende parenchymatöse Veränderungen (Kreis).....	20
Abbildung 12. Querschnitt des linken Hodens eines 4-jährigen Alpakahengstes mit <i>Rete-testis</i> -Zyste und peripheren parenchymatösen Veränderungen.....	20

10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Mittlere Hodengröße (cm) und – Gewicht (g) von Alpakas, Lamas und Vikunjas, aufgelistet nach Alter (nach Tibary und Vaughan, 2006, modifiziert) (15).....	4
Tabelle 2. Einsetzen der Spermienproduktion in Abhängigkeit zur Hodenlänge und Alter des Tieres bei Alpakahengsten (nach Abraham et al. 2022, modifiziert)(21)	4
Tabelle 3 Übersicht aller bisherig beschriebenen Hodenpathologien bei Neuweltkameliden in Anlehnung an Tibary und Ruiz, (2018) modifiziert (24)	6
Tabelle 4. Hodenpathologien und die Häufigkeit ihres Vorkommens bei Alpakahengsten im Anlehnung anTibary und Ruiz (2018) modifiziert (24)	7
Tabelle 5. Definition der Maße zur Erfassung der Körpergröße beim Alpaka nach Grund S (2014), modifiziert (5).....	9
Tabelle 6. Zuchtdaten, die bei den in der Studie untersuchten Hengsten erfasst wurden.....	10
Tabelle 7. Formeln, die zur Berechnung des Körpergewichts anhand verschiedener Körpermaße bei Alpakahengsten verwendet wurden (5,27–29).....	11
Tabelle 8. Hodengrößen und Hodenvolumen in den Altersgruppen. Angegeben sind für alle Maße Mittelwert ± Standardabweichung sowie Minimum und Maximum. Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).....	13
Tabelle 9. Im Ultraschall sichtbare pathologische Veränderungen an den Hoden bei Alpakahengsten nach Altersklassen (n=48)	14
Tabelle 10 Hodengesamtvolumen (cm ³) bei Tieren ohne Veränderungen an den Hoden sowie bei Tieren mit verschiedenen pathologischen Befunden (n=47)	15
Tabelle 11. BCS und Körpermaße in den Altersgruppen. Angegeben sind für alle Maße Mittelwert ± Standardabweichung sowie Minimum und Maximum. Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).....	21
Tabelle 12 Spearman-Rho-Korrelationskoeffizient der gerechneten Körpergewichte mit dem gemessenen Körpergewicht der Tiere (n=22). ** p<0,01.....	22
Tabelle 13. Gemessene (n=22) und errechnete (n=51) Körpergewichte (kg) in den Altersgruppen. Angegeben sind für alle Maße Mittelwert ± Standardabweichung sowie Minimum und Maximum. Keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (Kruskal-Wallis-Test).....	23
Tabelle 14. Koeffizient der Hodengröße zu Körpergröße der Hengste entsprechend ihrer Altersklasse (n=47). Das Hodenvolumen und Hodengewicht wurde jeweils mit dem errechneten KGW (KGW-Riek) und mit dem gemessen KGW (KGW-Waage) verglichen.....	24

Tabelle 15. Ergebnisse der protokollierten Zuchtparameter der untersuchten Alpakahengste (n=49).....	25
Tabelle 16. Ergebnisse der dokumentierten Zuchtparameter der Alpakahengste. Angegeben sind Mittelwert \pm Standardabweichung sowie Minimum und Maximum.	27

Danksagung

Ich danke meiner Betreuerin Frau Prof. Christine Aurich, die mich von Anfang an mit sehr viel Begeisterung, Unterstützung und Fachwissen bei dieser Studie geleitet hat.

Danke an meine Familie und Freunde, die mich immer unterstützt haben, mich nie die Motivation haben verlieren lassen und immer an mich geglaubt haben.

Ein besonderer Dank geht an Anna für deinen ewigen Rückhalt, deine emotionale Unterstützung und deine bedingungslose Liebe. Vielen Dank dass du immer für mich da bist.