

**Eine Untersuchung der topografischen und
systematischen Anatomie des Harntraktes
des Alpakas
(*Vicugna pacos*)**

von
Lisa Christine Degen

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München

**Eine Untersuchung der topografischen und
systematischen Anatomie des Harntraktes
des Alpakas
(*Vicugna pacos*)**

von Lisa Christine Degen
aus Bayreuth

München 2019

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie
Prof. Dr. Johann Maierl (Lehrstuhlvertretung)

Arbeit angefertigt unter der Leitung
von Prof. Dr. Johann Maierl

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph. D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Johann Maierl

Korreferent/en: Priv.-Doz. Dr. Roswitha Dorsch

Tag der Promotion: 27. Juli 2019

Für meine Familie

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Neuweltkameliden.....	3
2.1.1 Taxonomie.....	3
2.1.2 Evolution und Vorkommen.....	3
2.1.3 Habitat und Verhalten.....	5
2.1.4 Nutzung.....	7
2.2 Anatomie des Harntrakts der Kameliden.....	8
2.2.1 Nieren.....	8
2.2.2 Ureter.....	9
2.2.3 Harnblase.....	9
2.2.4 Weibliche Urethra.....	10
2.2.5 männliche Harnröhre und Penis.....	10
2.2.6 Akzessorische Geschlechtsdrüsen.....	11
2.2.7 Präputium der Neuweltkameliden.....	11
2.2.8 Arterielle Blutversorgung des Harntrakts der Lamas (<i>Lama glama</i>).....	11
2.3 Anatomie des Harntrakts der Hauswiederkäuer (Rind, Ziege, Schaf).....	12
2.4 Harnwerte der Neuweltkameliden.....	14
2.5 Untersuchungsmethoden am Harntrakt der Neuweltkameliden.....	15
2.5.1 Adspektion.....	15
2.5.2 Palpation.....	15
2.5.3 Urinproben.....	15
2.5.4 Ultraschall.....	16
2.5.5 Nierenbiopsie.....	16
3 Material und Methoden.....	17
3.1 Material.....	17
3.1.1 Auswahl der Untersuchungstiere.....	18
3.2 Methoden.....	18
3.2.1 Anatomische Präparation der Tiere.....	19
3.2.1.1 Entnahme des Harntrakts.....	19
3.2.2 Lagerung der Präparate.....	20
3.2.3 Erstellen von Korrosionspräparaten.....	20

3.2.4 Injektion mit Latexmilch.....	21
3.2.5 Erstellen von Gefrierschnitten.....	21
3.2.6 Injektion von Tusche zum Auffinden der Ausführungsgänge von Drüsen...	22
3.2.7 Fotografische Dokumentation.....	22
3.2.8 Bearbeitung der Bilder mit Photoshop.....	23
4 Ergebnisse.....	24
4.1 Systematische Anatomie des Harntrakts.....	24
4.1.1 Nieren.....	25
4.1.1.1 Äußerer Aufbau.....	25
4.1.1.2 Innerer Aufbau.....	27
4.1.1.3 Gefäßversorgung.....	28
4.1.1.4 Lymphknoten der Niere.....	30
4.1.2 Nierenbecken.....	30
4.1.3 Harnleiter.....	32
4.1.4 Harnblase.....	33
4.1.5 Harnröhre.....	34
4.1.5.1 Weibliche Harnröhre.....	34
4.1.5.2 Männliche Harnröhre und Penis.....	35
4.1.6 Präputium.....	41
4.1.7 Akzessorische Geschlechtsdrüsen des Alpakahengstes.....	42
4.2 Topografische Anatomie des Harntrakts.....	43
4.2.1 Lage der Nieren.....	43
4.2.2 Verlauf des Ureters.....	47
4.2.3 Lage der Harnblase.....	47
5 Diskussion.....	49
5.1 Methodik.....	49
5.1.1 Auswahl der Tiere.....	49
5.1.2 Anatomische Präparation.....	49
5.1.3 Lagerung des Materials.....	50
5.1.4 Darstellung der Gefäße mit Latexmilch.....	50
5.1.5 Erstellen von Korrosionspräparaten.....	51
5.2 Vergleich der Anatomie des Harntrakts des Alpakas mit dem der Hauswiederkäuer.....	51
5.3 Vergleich der Ergebnisse dieser Studie mit der bekannten Literatur.....	55

5.4 Klinisch angewandte Anatomie des Harntrakts der Alpakas.....	57
5.4.1 Bandstrukturen der Niere in Zusammenhang mit Koliken.....	57
5.4.2 Prädestinierte Stellen im Harntrakt für Obstruktionen.....	58
5.4.3 Nierenbiopsie.....	60
5.5 Fazit.....	61
5.6 Ausblick.....	62
6 Zusammenfassung.....	63
7 Summary.....	65
8 Anhang.....	67
8.1 Größenparameter der untersuchten Nieren.....	67
8.2 Schemazeichnungen der Gefäßversorgung des Harntrakts der Alpakas.....	68
9 Abbildungsverzeichnis.....	70
10 Tabellenverzeichnis.....	72
11 Literaturverzeichnis.....	73

Alle anatomischen Termini wurden gemäß der 6. Auflage der Nomina Anatomica Veterinaria (NAV, 2017) verwendet.

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Gl.	Glandula
Gll.	Glandulae
HT	Harntrakt
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
Mm.	Musculi
N.A.	Nicht angegeben
NWK	Neuweltkameliden
N.	Nervus
R.	Ramus
Rr.	Rami
ü. NN	über Normalnull
V.	Vena
Vv.	Venae

1 Einleitung

Betrachtet man aktuell die Ausbildung in den tiermedizinischen Bildungsstätten bemerkt man, dass Studierende nur wenig über Neuweltkameliden lernen. In der anatomischen Ausbildung vor dem Physikum wird quasi nichts über diese Tiere gelehrt, obgleich sie sich stark von den anderen Tierarten unterscheiden, die im normalen Curriculum behandelt und im Allgemeinen als Haussäugetiere bezeichnet werden. Im klinischen Teil der tierärztlichen Ausbildung ergibt sich dann oft nicht die Gelegenheit, tieferes Wissen über Neuweltkameliden zu erwerben. Durch ihr stoisches Wesen erscheinen Neuweltkameliden meist erst dann als Patienten, wenn eine Behandlung kaum mehr möglich ist. Auch gibt es in Deutschland nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl dieser Tiere, so dass sie nicht täglich als Patienten in den tierärztlichen Bildungsstätten erscheinen. Internistische und chirurgische Behandlungsmöglichkeiten werden den Studierenden nähergebracht, obgleich an diesem Punkt der Ausbildung die anatomischen Grundlagen fehlen. Diese sind jedoch unerlässlich, um ein Tier chirurgisch korrekt zu behandeln. Auch nach der Approbation mangelt es an Möglichkeiten, sich fundiert über Neuweltkameliden und deren Anatomie zu informieren. Es werden inzwischen zwar immer mehr Fortbildungen angeboten, aber eine systematische Beschreibung der Anatomie in Text und Bild, vor allem des Alpakas fehlt. Zwar existiert Literatur über die Anatomie im Allgemeinen CEBRA (2014); (FOWLER und BRAVO, 2010b), aber nicht über das Alpaka an sich. Das Alpaka unterscheidet sich jedoch deutlich in seinem Lebensraum und seiner Ernährung vom Lama (FOWLER und BRAVO, 2010b). Dadurch ist es nötig, die Anatomie der Alpakas gesondert zu betrachten. Grundsätzlich verbietet das Tierschutzgesetz (TierSchG) vom 18. Mai 2006 i.d.F. vom 17. Dezember 2018 §1 Tieren ohne vernünftigen Grund Schmerzen, Leiden oder Schäden zuzufügen. Verfügt man nicht über die nötigen anatomischen Grundkenntnisse, ist dies kaum vermeidbar.

Im Gegensatz dazu besteht eine immer größere Nachfrage an den praktizierenden Tierarzt, NWK medizinisch zu betreuen. Die Bestandszahlen in Deutschland und ganz Europa steigen immer weiter an (GAULY und GERKEN, 2019). Einer der größten Verbände in Europa zur Haltung von Neuweltkameliden LAREU bietet seinen Mitgliedern an, ihre Tiere zu registrieren. Dadurch können zumindest von

diesen Mitgliedern die Tierzahlen erfasst werden. Da es jedoch keine staatliche Pflicht zur Registrierung der gehaltenen Tiere gibt, ist von einer erheblich größeren Dunkelziffer an Tieren auszugehen, die tierärztlich betreut werden müssen.

Die Nutzung der Alpakas ist vielfältig. Die Tiere werden von der Haltung als reine Hobbytiere, über Therapie- und Trekkingtiere bis hin zu Wolllieferanten sehr vielfältig genutzt (FOWLER und BRAVO, 2010b), auch wenn die Fleischproduktion in Deutschland eher in geringerem Maß betrieben wird. Umso deutlicher zeigt sich, dass diese Tiere ihren Besitzern am Herzen liegen und eine qualifizierte Betreuung benötigen. Diese Arbeit soll hierzu einen Beitrag leisten. Es sollen klinisch-angewandt die Anatomie des Harnapparats mit dem des kleinen Wiederkäuers verglichen werden.

2 Literaturübersicht

2.1 Neuweltkameliden

Das nachfolgende Kapitel soll aufzeigen, was bereits über Neuweltkameliden (NWK) im Allgemeinen bekannt ist. Ihre Taxonomie, Evolution und Verbreitung, Lebensumstände und Nutzung sollen kurz betrachtet werden.

2.1.1 Taxonomie

Die Gruppe „Neuweltkameliden“ beinhaltet die Tiere der Gattungen Lama (*Lama glama*), Alpaka (*Vicugna pacos*), Guanako (*Lama guanicoe*) und Vikunja (*Vicugna vicugna*). Das Vikunja lässt sich hierbei noch weiter unterteilen in die Untergattungen Peruanischen Vikunja (*V. vicugna mensalis*) und Argentinisches Vikunja (*V. vicugna vicugna*). Alle genannten Tiere gehören zur Unterordnung Schwielensohler (*Tylopoda*) und der Ordnung der Paarhufer (*Artiodactyla*). Das Guanako und das Vikunja stellen die auch heute noch in freier Wildbahn lebenden Formen da. Das Lama und das Alpaka stellen die domestizierten Gattungen dar (FOWLER und BRAVO, 2010a). Durch DNA-Analysen konnte herausgefunden werden, dass die Spezies Guanako und Lama zur Gattung Lama gehören. Das Alpaka und das Vikunja jedoch zur Gattung Vicugna (WHEELER et al., 2006).

2.1.2 Evolution und Vorkommen

Die Kameliden stammen ursprünglich aus Nordamerika. Dort lebt im Eozän vor 35–30 Mio. Jahren das Poebrotherium, als erster bekannter Vorfahre der Kameliden. Der letzte gemeinsame Vorfahre der Neu- und Altweltkameliden war das Aepycamelus. Es lebte von in einem Zeitraum von 17,5–6 Mio. Jahren. Die Trennung der beiden Gruppen geschah vor 11 Mio. Jahren. Dort trennten sich die Lamini von den Camelini. Die Camelini wanderten nach Asien ab, während die Lamini sich im Pleistozän weiter nach Südamerika ausbreiteten. Das Hemiauchenia war der erste NWK. Durch seine langen Beine hielt es sich vor allem in den flacheren Regionen östlich der Anden auf. Die ersten Gattungen der NWK waren das Paleolama, Lama und Vikunja. Sie entwickelten sich in der Mitte des Pleistozän aus den Hemiauchenia.

Ihre kürzeren Beine und die damit verbundene Trittsicherheit ermöglichten eine Ausbreitung in höhere Gebiete der Anden. Zunächst wurden die NWK als Wild bejagt. Die ersten Spuren der Domestizierung der NWK konnten am Titicacasee gefunden werden. Hier begann die Haltung von Lamas um 5000–4000 v. Chr. Die ersten Alpakas wurden ab 4000–3500 v. Chr. in der Nähe von Telarmachay (Archäologische Stätte im Distrikt San Pedro de Cajas) gehalten. Von dort aus verbreitete sich die Haltung von NWK bis in das Flachland (FOWLER und BRAVO, 2010a; HONEY et al., 1998; WHEELER, 2008).

Für die Inkas waren diese Tiere ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Sie nutzten sie als Lastentiere, als Nahrungs- und Kleidungslieferant, für religiöse Zeremonien und die Exkrementen als Brennstoff. Die Neuweltkameliden waren nicht in privatem Besitz, sondern gehörten der Regierung. Diese regulierte somit auch deren Zucht und den Verbrauch der Produkte. Unter den Inkas kam es zur größten Verbreitung der Neuweltkameliden. Mit der Ankunft spanischer Eroberer ging die Haltung jedoch zurück. Die Einwanderer brachten ihre eigenen Nutztiere mit nach Südamerika und ignorierten die einheimischen Nutztiere weitestgehend. Die Haltung von Alpakas und Lamas überlebte damals nur, weil die indigenen Einwohner sie weiterhin hielten (NOVOA und WHEELER, 1984; WHEELER, 2008).

Im 19. Jahrhundert wurden die ersten NWK an Zoos in Amerika und Europa exportiert. Dadurch wurden sie auch in der westlichen Welt bekannt. Die Andennationen verboten Mitte des 20. Jahrhunderts den Export von Neuweltkameliden bis 1980. Dadurch sollte verhindert werden, dass andere Länder Neuweltkameliden züchten konnten und das Monopol in Südamerika gehalten werden konnte. Heute werden die Tiere primär von Landwirten in Herden bis 1000 Tieren gehalten (FLORES, 1994).

Der Grundstock der in Amerika gehaltenen Neuweltkameliden stammt aus dem Import. Aus der darauf erfolgten Zucht werden mittlerweile Schätzungen zufolge über 120000 Lamas und über 150000 Alpakas gehalten (FOWLER und BRAVO, 2010a). Die in Deutschland gehaltenen Tiere können ebenso nur geschätzt werden. Bei Verbänden gibt es die Möglichkeit, die Tiere mit Hilfe von DNA-Datenbanken oder Stammbäumen zu registrieren. Eine Meldepflicht, ähnlich der von Rindern oder Schweinen gibt es jedoch nicht. Die aktuelle Anzahl an Neuweltkameliden, die bei der LAREU (Llama and Alpaca Registries Europe) für Europa gemeldet ist beträgt

23.317 (Stichtag 14.02.2019). Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die tatsächliche Zahl der gehaltenen Tiere höher ist. Allein in Deutschland leben nach Schätzung über 20.000 Neuweltkameliden (GAULY und GERKEN, 2019). Die Zahl der NWK stieg jedoch in den letzten Jahren immer weiter an und ein Ende dieses Trends ist derzeit nicht absehbar.

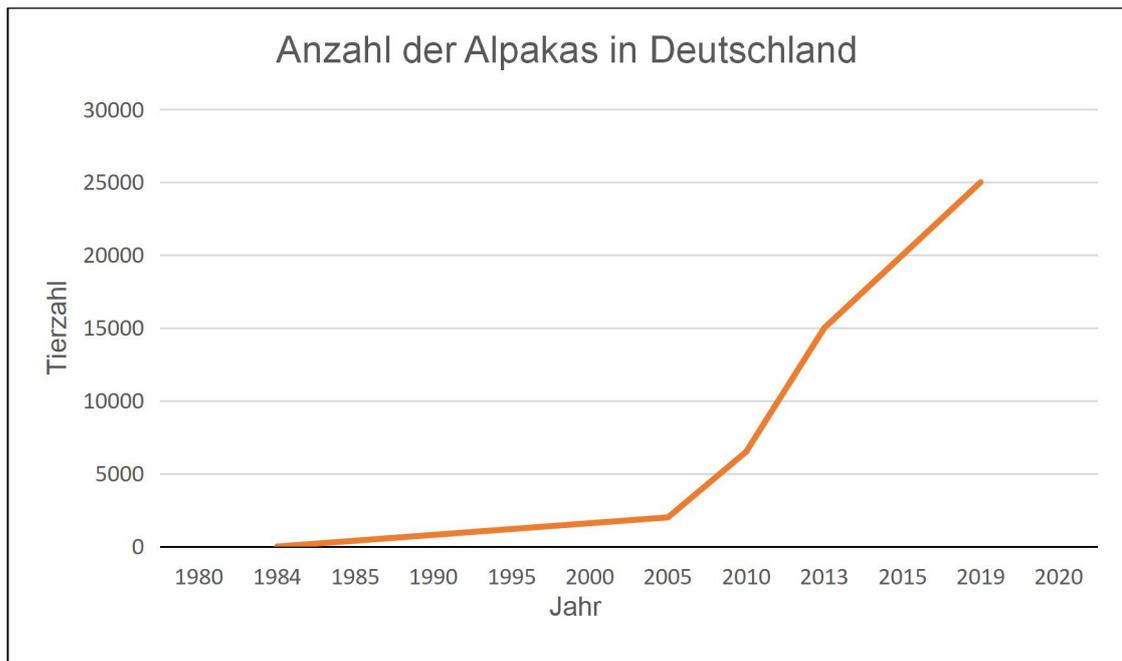


Abb. 1: Entwicklung der Bestandszahlen von Alpakas in Deutschland (GAULY und GERKEN (2019), PETERANDERL (21. Oktober 2010, 11:06 Uhr), RUCH (2015; 2019))

2.1.3 Habitat und Verhalten

Das natürliche Habitat der NWK ist das „Altiplano“. Diese Bezeichnung entspricht einem Gebiet in Südamerika mit weiten, tiefen Tälern und Hochebenen über 3800 Höhenmetern. Das Klima besteht dort aus einer langen Trocken- und einer kurzen Regenzeit. Drei Viertel des Niederschlages fallen zwischen Dezember und März. Die Trockenzeit reicht von Mai bis Oktober. Die Wachstumszeit der Vegetation wird bestimmt von den über 300 Frostnächten im Jahr bei sehr hoher Sonneneinstrahlung. Die Tageshöchstwerte überschreiten eine Temperatur von 18,3°C nicht, während die Nachttemperaturen bis auf -12°C sinken. Über das Jahr hinweg schwankt die Futtermenge stark. Daran haben sich die NWK adaptiert, in dem sie in futterreichen Zeiten möglichst viel Fett einlagern. Von diesen Depots können sie in den

futterarmen Zeiten zehren. Die vier Gattungen haben sich jeweils auf einen besonderen Lebensraum spezialisiert. Das Vikunja lebt in den Hochanden zwischen 3700 und 4800 Höhenmetern. In diesen semiariden Steppen und Grasland lebt es primär von trockenen Gräsern und Stauden. Das Guanaco hat die weiteste Verbreitung. Es bewohnt Gebiete von der Küste bis hin zu 4250 Höhenmetern. Ihnen steht somit eine größere Bandbreite an Futter zu Verfügung. Es lebt in der Savanne, der Steppe und dem Buschland. Man findet das Guanaco sowohl in der Atacama Wüste als auch auf der feuchten Halbinsel Tierra del Fuego. Das Lama hält sich zwischen 2300 und 4000 Höhenmetern auf. Dies ist vor allem auf die Zucht zurück zu führen. Sie grasen gerne auf trockenen Wiesen, aber ernähren sich auch von Hecken und Bäumen. Alpakas leben zwischen 4400 und 4800 Höhenmetern. Sie sind Grasfresser und bevorzugen die Vegetation der „Bofedales“. Dabei handelt es sich um Gräser an Flüssen und in Sümpfen. In der Trockenzeit verschiebt sich die Futterauswahl zum trockenen Schilf (FOWLER, 2010). Da es im Altiplano der Anden keine Giftpflanzen gibt, sind Neuweltkameliden sehr anfällig gegen Vergiftungen (DUNCANSON, 2012).

NWK sind Herdentiere. Eine Herde setzt sich zusammen aus dem Leithengst und bis zu 20 Stuten. Der Hengst entscheidet über Herdengröße und Aufenthaltsort der Gruppe. Er streift den Tag über umher und beschützt so seine Herde. Unter dem Leithengst sind die Stuten ihrem Alter nach geordnet. Die Crias gehören in der Rangordnung zu ihren Müttern. So sind erstgebärende Stuten in der Rangordnung unten anzusiedeln. Sind die Jungtiere ausgewachsen werden sie vom Leithengst aus der Herde verstoßen, unabhängig davon ob, es sich um weibliche oder männliche Tiere handelt. Junge Stuten schließen sich anderen Familien an, während die Junghengste sich in Herden von bis zu 200 Tieren zusammenschließen. Einzelne Hengste trennen sich von diesen Gruppen und versuchen eine Familienherde zu übernehmen, indem sie gegen den Leithengst kämpfen (DUNCANSON, 2012). Ansonsten kann sich die Gruppenstruktur nur dadurch verändern, dass Tiere entnommen werden, ein unfreiwilliger Ortswechsel oder eine Zusammenlegung von Gruppen durch den Menschen stattfindet (ANDERSON et al., 2013). Neuweltkameliden benutzen in Freiheit sowie bei naturnaher Haltung gemeinsame Geilstellen. Alle Tiere der Herde urinieren und defäkieren an diesen Stellen. Dies macht es dem Leithengst möglich sowohl herdenfremde Tiere als auch

paarungsbereite Stuten zu identifizieren. Die Neuweltkameliden urinieren und defäkieren meist nur einmal am Morgen und am Abend. Somit dienen die Geilstellen auch als soziale Treffpunkte. Der Vorgang des Urinierens findet sowohl bei den Männchen als auch bei den Weibchen nach hinten, noch hinter die Hinterbeine statt. Durch die Konzentration der Fäkalien an einer Stelle können sich die Tiere selbst vor Darmparasiten schützen, da das Futter so nicht in Kontakt mit den Endoparasiten kommt (DUNCANSON, 2012; FOWLER und BRAVO, 2010b). Die Kommunikation untereinander findet neben dem Pfeifen durch Ohren-, Kopf-, und Schwanzbewegung statt. Neuweltkameliden sind sich ihrer Körperstärke bewusst. Während sie kleiner Angreifer selbst abwehren, flüchten sie vor stärkeren Angreifern (DUNCANSON, 2012). Nach den Erfahrungen von Anderson, sind Lamas neugierig und stoisch gegenüber Druck von außen, während Alpakas zurückhaltender und schüchtern sind (ANDERSON et al., 2013). Unerwünschtes Handling durch den Halter, wie zum Beispiel Klauenpflege wehren sie dadurch ab, dass sie sich in sternale Position begeben und die Gliedmaßen unter den Körper bringen. Dies ist allerdings auch als eine der Ruhepositionen zu sehen. Weitere sind die sternale Lage mit ausgestreckten Vorderbeinen und eine komplette Seitenlage mit gestreckten Gliedmaßen (DUNCANSON, 2012).

2.1.4 Nutzung

NWK werden in den Anden Südamerikas schon seit Beginn der Domestikation vor über 7000 Jahren vielfältig genutzt. Alpakas dienen hierbei primär der Erzeugung von Kleidung, da ihr Fließ von hoher Qualität ist. Neuweltkameliden allgemein werden zu Fleischerzeugung genutzt. Aus ihrem Leder können Tragesäcke und Seile hergestellt werden, aus der Wolle Decken und Kleidung. Für die Inkas waren sie auch wichtige Opfertiere, was sich aber mit der Missionierung Südamerikas erübrigte. Nach wie vor werden sie als Lasttiere in unwegsamem Gelände eingesetzt. In Nordamerika werden Neuweltkameliden vielfältig genutzt. Auf großen Tierschauen und Paraden werden die Zuchterfolge der Halter präsentiert. Sie werden als Begleittiere gehalten und werden so auch bei Wandertouren eingesetzt. Durch ihr ruhiges und aufmerksames Gemüt eignen sie sich gut für den Therapieeinsatz in Schulen und Heilerziehungsanstalten sowie als Therapietiere für Erwachsene mit Depressionen und Burn-Out Syndrom. In der Weidetierhaltung werden sie als

Herdenschutztiere eingesetzt, was ihr bereits aufgezeigtes Verhalten gegenüber Angreifern möglich macht. Die Fasern der Alpakas werden auch in Nordamerika in der Kleidungsindustrie genutzt (FLORES, 1994). In Europa sind kleinere Hobbyherden in der Hand von Nicht-Landwirten gängig. Die Tiere dienen hier vor allem als Hobby und das Alpakafleisch wird im Kleingewerbe genutzt (GAULY und GERKEN, 2019). Im deutschsprachigen Raum zeigt sich der Trend zu größeren Herden mit spezifischem Nutzen. Die Tiere werden im Tourismus als Trekkingtiere genutzt, um mit Touristen wandern zu gehen. Auf diese Weise dienen sie auch als Therapietiere. In den Alpenregionen werden NWK auch zur Landschaftspflege genutzt, da sie durch ihre Herkunft perfekt an die Gegebenheiten höherer Lagen angepasst sind (STANITZING A., 2015).

2.2 Anatomie des Harntrakts der Kameliden

Im Nachfolgenden soll aufgeführt werden, was über die Anatomie der Kameliden und Neuweltkameliden bereits bekannt ist. Die meisten bekannten Daten beziehen sich auf das Lama und das Guanako. Die Anatomie des Harntrakts der Kameliden ist mit der der NWK in weiten Teilen vergleichbar und kann deshalb zur Betrachtung herangezogen werden. Sie unterscheidet sich lediglich in ihren Abmessungen zwischen den Gruppen (FOWLER und BRAVO, 2010a). Bisher beschäftigte sich nur eine Publikation mit der Anatomie speziell der Alpakas (AZZOPARDI, 2012). Allerdings wird bei genauerem Lesen dieser Arbeit deutlich, dass keine eigenen Untersuchungen am Tierkörper unternommen worden waren, sondern die Ergebnisse der Arbeit von Fowler (FOWLER und BRAVO, 2010b) auf Kameliden im Ganzen übernommen wurden. Somit gibt es zum Zeitpunkt der Entstehung der vorliegenden Dissertationsschrift keine Originalpublikation zur Anatomie des Harnapparates des Alpakas.

2.2.1 Nieren

Die Nieren der Neuweltkameliden werden in bisherigen Forschungsergebnissen als einwarzig beschrieben. Ihre Oberfläche ist glatt und bohnenförmig. Die rechte Niere liegt weiter kaudal (4. – 6. Processus transversus der Lendenwirbelsäule) als die linke Niere (5. – 7. Processus transversus der Lendenwirbelsäule). Beide Nieren sind

gleich groß 50 x 90 mm. Die Nieren liegen retroperitoneal dorsal im Bauchraum (ANDERSON et al., 2013; DYCE et al., 2017; FOWLER und BRAVO, 2010b; GAULY und GERKEN, 2019; LESBRE, 1903). Smuts beschreibt die Lage der rechten Niere beim Dromedar als einziger Autor unter dem Querfortsatz des 2. – 4. Lendenwirbels. Die Nieren formen somit eine Impressio renalis in der Leber (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987). Die Nieren wiegen beim Lama zwischen 120 und 170 g (FOWLER und BRAVO, 2010b). Ein deutlicher Hilus renalis zeigt nach medial (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987). Die Niere befindet sich in einer stabilen Capsula fibrosa, die sich nicht ohne Substanzverlust vom Nierengewebe abziehen lässt (LESBRE, 1903). Vom croissantförmigen Nierenbecken aus ziehen 12 Recessus pelvis sowohl in die dorsale als auch ventrale Hälfte der Niere bis in die Rinde. Auf der Außenseite der Recessus befinden sich große Gefäße (LESBRE, 1903). Die Niere besitzt Nierenrinde und Nierenmark, die klar voneinander abgrenzbar sind (LESBRE, 1903; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987).

2.2.2 Ureter

Der Ureter der NWK wird übereinstimmend als „gleich dem kleinen Wiederkäuer“ beschrieben (ANDERSON et al., 2013; DYCE et al., 2017; FOWLER und BRAVO, 2010b; GAULY und GERKEN, 2019). Der Harnleiter ist in seinem Verlauf kaum zu sehen (LESBRE, 1903). Er verläuft retroperitoneal und tritt medial der lateralen Harnblasenbänder, kranial des Harnblasenhalses in die Harnblase ein (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987).

2.2.3 Harnblase

Parallel zu den Ureteren sehen die meisten Autoren auch bei der Harnblase keinen Unterschied zu den anatomischen Merkmalen der anderen Haussäugetieren (ANDERSON et al., 2013; DYCE et al., 2017; FOWLER und BRAVO, 2010b; GAULY und GERKEN, 2019). Lesbre (LESBRE, 1903) beschreibt eine ovale Harnblase, die stark dehnbar ist und komplett von Peritoneum überzogen wird. Dieses bildet auch die Bänder der Harnblase.

2.2.4 Weibliche Urethra

Die Urethra des weiblichen Tieres wird in der Literatur als streckenmäßig kurz beschrieben (GAULY und GERKEN, 2019). Sie mündet von ventral mit dem Ostium urethrae externum an der Grenze zwischen Vagina und Vestibulum vaginae. Kaudal nach dem Ostium urethralis externum folgt ein muköser Blindsack (LESBRE, 1903). Bei den anderen Autoren wird dieser Blindsack genauer beschrieben: Auf der Grenze zwischen der Vagina und dem Vestibulum vaginae liegt das Diverticulum suburethrale bei weiblichen Alpakas (ANDERSON et al., 2013; FOWLER und BRAVO, 2010b; GAULY und GERKEN, 2019)

2.2.5 männliche Harnröhre und Penis

Der intrapelvine Teil der Urethra männlicher NWK reicht vom Ostium urethrae internum bis zum Arcus ischiadicus. Sie wird ventral und lateral vom M. urethralis bedeckt (DEGEN und LEE, 1982; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987). An der Biegung der Urethra über den Arcus ischiadicus liegt der Recessus urethralis, ein nach dorso-kranial gerichteter Blindsack der Urethra (ANDERSON et al., 2013; DYCE et al., 2017; TIMM und WATROUS, 1988). NWK haben einen fibro-elastischen Penis, der eine präskrotale Flexura sigmoidea besitzt (BRAVO, 2014; DEGEN und LEE, 1982; DYCE et al., 2017; LESBRE, 1903; NEUVILLE, 1914). Der M. retractor penis wird vom M. sphincter ani entlassen und setzt an der distalen Kurve der Flexura sigmoidea an (LESBRE, 1903). Die Länge des Penis bei Alpaka und Lamas liegt zwischen 350 bis 450 mm. Der Durchmesser des Penis verjüngt sich von der Radix penis bis hin zur Penisspitze. Der Penis beginnt nahe des Arcus ischiadicus mit 3 Corpus cavernosi, umschlossen von einer dicken Tunica albuginea. Die Radix penis ist dorsoventral abgeflacht und somit ellipsenförmig. Das Ganze wird eingeschlossen von 2 dorsalen und 2 ventralen Mm. ischiocavernosi. 2 Crura penis ziehen vom Arcus ischiadicus zur Radix penis und werden ebenfalls von den Mm. ischiocavernosi bedeckt. Die Glans penis ist zwischen 90 – 120 mm lang und an ihrer Spitze befindet sich ein knorpeliger Fortsatz. Dieser besitzt eine leichte Drehung im Uhrzeigersinn. Ein weiterer, kürzerer Fortsatz der Glans ist das Tuberculum spongiosum (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987). Das Ostium urethrae externum ist zwischen diesen beiden Fortsätzen zu finden

(TIBARY und VAUGHAN, 2006). Diese Beobachtungen werden von (DYCE et al., 2017) bestätigt.

2.2.6 Akzessorische Geschlechtsdrüsen

Übereinstimmend wird berichtet, dass männliche Alpaka keine Samenblasendrüsen besitzen, jedoch eine Prostata und 2 Bulbourethraldrüsen. Die Prostata sitzt dorsal auf der Urethra, in der Nähe des Trigonum vesicae. Die Glandulae bulbourethrales sitzen links und rechts dorsolateral an der Urethra, kurz vor dem Arcus ischiadicus. Sie sind vom M. bulbocavernosus teilweise bedeckt (LESBRE, 1903; NEUVILLE, 1914; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987; TIBARY und VAUGHAN, 2006). Darüber hinaus wird beschrieben, dass die Prostata H-förmig ist und eine Größe von 30x30x20 mm aufweist. Viele Ductuli prostatici münden auf und neben dem Colliculus seminalis (DYCE et al., 2017; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987; TIBARY und VAUGHAN, 2006). Die Gll. bulbourethrales haben je einen Ausführungsgang, der sich am freien Rand des Recessus urethralis lateral in die Urethra öffnet (SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987). Sie besitzen einen Durchmesser von 20 mm (DYCE et al., 2017; TIBARY und VAUGHAN, 2006).

2.2.7 Präputium der Neuweltkameliden

Das Präputium der Neuweltkameliden befindet sich in der Regio inguinalis. Es ist flach und dreieckig bei lateraler Aufsicht. Das innere Blatt des Präputiums ist bis zur Pubertät mit dem Penis über Gewebebrücken verwachsen, sodass ein manuelles Ausschachten des Penis bis dahin nicht möglich ist. Das Ostium praeputiale ist nach kaudal gerichtet. In dieser Position urinieren die Tiere auch. Bei sexueller Erregung wird das Präputium durch einen lateralen, kaudalen und kranialen M. praeputialis nach kranial gezogen und ermöglicht dem Tier so den Geschlechtsakt (DYCE et al., 2017; TIBARY und VAUGHAN, 2006).

2.2.8 Arterielle Blutversorgung des Harntrakts der Lamas (*Lama glama*)

In den Veröffentlichungen von GRAZIOTTI et al. (2003) und GRAZIOTTI et al. (2007) wird der Verlauf der A. iliaca interna und der A. pudenda interna für das Lama beschrieben. Die A. umbilicalis entspringt aus der A. iliaca interna, ungefähr 10-

20 mm nach deren Ursprung aus der Aorta. Sie entsendet eine oder mehrere Äste an den kranialen Teil der Harnblase, als Aa. vesicales craniales. Die A. pudenda interna ist der ventrale Ast der A. iliaca interna. Sie gibt nahe ihrem Ursprung die A. vaginalis bzw. A. prostatica ab.

Die A. prostatica verläuft zur Prostata und der Pars prostatica der Urethra. Auf ihrem Weg dorthin gibt sie zwei Äste ab. Zunächst die A. ductus deferentis, die die A. vesicalis caudalis abgibt und als weiteres Gefäß die A. urethralis. Diese läuft zur Pars praeprostatica der Urethra.

Die A. vaginalis gibt eine A. uterina ab, die die A. vesicalis caudalis entlässt. Distal dazu geht noch eine A. urethralis ab. Die A. perinealis ventralis zieht zum medialen Anteil der Gl. bulbourethralis, dem M. ischiocavernosus und dem Bulbus penis. Die A. penis kreuzt die laterale Seite der Pars pelvina der Urethra und gibt dort die Arterie für den Bulbus penis ab, bevor sie unter dem Arcus ischiadicus vorbeizieht. Danach verläuft sie nach kranio-ventral und entlässt die A. profunda penis und die A. dorsalis penis, die auf dem dorsalen Anteil des Penis verläuft.

2.3 Anatomie des Harntrakts der Hauswiederkäuer (Rind, Ziege, Schaf)

Die Anatomie des Harntrakts der Hauswiederkäuer (Rind, Ziege, Schaf) wird in jedem gängigen allgemeinen Anatomiebuch (NICKEL et al. (2004), KÖNIG und LIEBICH (2019); SALOMON et al. (2015)) ebenso dargestellt, wie in Werken über die Anatomie der Wiederkäuer (PFARRER et al. (2017)). In dieser Arbeit soll die Anatomie der Alpakas mit der der Hauswiederkäuer vergleichend dargestellt und vor allem die Unterschiede herausgehoben werden. Diese Unterschiede werden in einer Tabelle dargestellt.

Tab. 1: Vergleich der Anatomie des Harntrakts zwischen Wiederkäuern und Kameliden

	Wiederkäuer	Kameliden
Nierentyp	Rd.: gefurcht, mehrwarzig Schf./Zg.: glatt, einwarzig	glatt, einwarzig
Lage der Nieren	Rd.: rechts: 12. Interkostalraum – 2./3. Lendenwirbel links: 2./3. – 5. Lendenwirbel Zg./Schf.: rechts: 13. Interkostalraum – 2- Lendenwirbel links: 4. + 5. Lendenwirbel links Niere durch Pansen nach rechts verdrängt	rechts: 4. – 6. Lendenwirbel links: 5. – 7- Lendenwirbel Niere bleibt auf ursprünglicher Körperseite
Verlauf des Ureters	Rd.: Verlauf ventral über die Niere	Verlauf medial der jeweiligen Niere
Geschlechtsdrüsen	Ampulla ductus deferentis Glandula vesicularis Prostata Glandulae bulbourethralis	Prostata Glandulae bulbourethralis
Ursprung A. umbilicalis	aus A. iliaca interna	zwischen A. iliaca externa und A. iliaca interna
Strukturen Penisspitze	Processus urethrae mit Ostium urethrae externum an dessen Spitze	Processus urethrae mit Ostium urethrae externum an dessen Basis, Tuberculum spongiosum
Raphe penis	Raphe penis entlang des ganzen Organs	keine Raphe penis

2.4 Harnwerte der Neuweltkameliden

Tab. 2: Urinanalyse Alpaka und Lama nach Fowler (2010c)

Parameter	Alpaka 4.200 m ü. NN n=138 Tiere	Lamas 0 m ü. NN n=15 Tiere
Volumen (l/h)	0,125 – 3,8 (1,06)	
Farbe	klar, gelb bis Bernstein	klar, hellgelb bis Bernstein
Spezif. Gewicht (g/ml)	1,010 – 1,048 (1,021)	1,013 – 1,048 (1,023)
pH	alkalisch 94%, sauer 2%	7 – 8,5
Protein	negativ	negativ
Glukose	negativ	negativ
Ketonkörper	50%	negativ
Urobilinogen	52%	negativ
Bilirubinogen	45%	negativ
Indican	45%	N.A.
Blut	negativ	negativ
Sedimente	Ammoniummagnesium- phosphatkristalle üblich, selten Ammoniumuratkristalle	Kalziumoxalatkristalle in alkalischem Urin üblich, Harnsäurekristalle selten

Abgesehen von den Normalwerten wurden bei Neuweltkameliden noch weitere Besonderheiten festgestellt. Im Urin von allen trächtigen Alpakas kommt Diessigsäure vor. Bei nicht tragenden Alpakas wird Diessigsäure nur in 42% der Fälle nachgewiesen. Ebenso ist der Harnstoffwert im Urin bei Jungtieren und trächtigen Alpakas höher (ANDERSON et al., 1994). Generell hat das Alpaka die höchste Harnstoffausscheidungsrate aller Säugetiere, den Mensch ausgenommen (ENGELHARDT und ENGELHARDT, 1976).

2.5 Untersuchungsmethoden am Harntrakt der Neuweltkameliden

2.5.1 Adspektion

Neuweltkameliden werden zunächst adspektorisch untersucht. Man beobachtet ihr Harnabsatzverhalten (siehe 2.1.3) und kann dadurch schon erste Probleme mit dem Harntrakt erkennen. Betrachtet man die Präputialhaare beziehungsweise die Vulvabehaarung kann man erkennen, ob das Tier in letzter Zeit überhaupt Urin abgesetzt hat und ob dieser Feststoffe, wie Gries oder kleinere Harnsteinchen enthalten hat (ANDERSON et al., 2013).

2.5.2 Palpation

Der Harntrakt der Neuweltkameliden kann abdominal nicht getastet werden. Beim männlichen Tier kann ventral des Anus, am Arcus ischiadicus der Penis beziehungsweise die Urethra getastet werden. Bei einem Verschluss der Harnwege ist hier ein deutliches Pulsieren spürbar. Das Präputium und die Pars libera des Penis können nach dem Ausschachten palpirt werden. Jedoch ist hier ohne Sedation Vorsicht geboten. Eine Rektaluntersuchung ist möglich, es wird jedoch empfohlen nicht größere Hände als Handschuhgröße 7 zu haben und genug Gleitgel zu benutzen (ANDERSON et al., 2013).

2.5.3 Urinproben

Für eine einfache Urinanalyse reicht es spontan abgesetzten Urin aufzufangen. Sollte der Urin allerdings für eine Bakterienkultur genutzt werden, empfiehlt es sich das Tier zu Katheterisieren oder eine Zystozentese durch zu führen. Bei weiblichen Tieren ist eine Katheterisierung möglich. Sie erfolgt stehend oder in sternaler Position. Nach der Reinigung der Vulva kann mit einem 3,5 bis 8 Charriere Katheter ventral eingegangen werden. Es ist jedoch darauf zu achten, dass der Katheter sich nicht im Diverticulum suburethrale verfängt, das dem Ostium urethrae externum am Beckenboden vorgelagert ist (ANDERSON et al., 2013). Beim männlichen Tier erschwert der Recessus urethralis die Katheterisierung erheblich. Während FOWLER und BRAVO (2010c) davon abraten, halten ANDERSON et al. (2013) es für möglich, sedierte Tiere in Seitenlage zu Katheterisieren. Sie empfehlen dabei den Recessus

urethralis von kaudal anzudrücken, damit der Katheter sich nicht darin verfängt. Weitere Anwendungsmöglichkeiten für die Katheterisierung sind das Entleeren der Blase, die Auflösung von Blockaden, eine Drainage der Harnwege bei neurologischen Problemen und das Messen der Urinmenge.

Ist eine Katheterisierung nicht möglich, kann eine Zystozentese durchgeführt werden. Hierbei wird die Blase von rektal am Beckenboden fixiert. Dann wird kranial des Os pubis in der Mittellinie eingestochen und Urin entnommen. Eine Sedation ist hierfür erforderlich (FOWLER und BRAVO, 2010b).

2.5.4 Ultraschall

Eine Ultraschalluntersuchung des Harntrakts ist hilfreich, um Strangurie, Anurie, Kristallurie und Hämaturie weiter abzuklären. Benötigt wird hierfür eine 3,5 – 8 MHz Linear- oder Sektorsonde. Die benötigten Hautstellen müssen nicht zwingend geschoren werden. Es genügt auch, das Fell zu scheiteln und mit Klammern zu fixieren. Die Haut wird mit Alkohol angefeuchtet und Ultraschallgel aufgebracht. Die Nieren können beide von der jeweiligen Hungergrube aus geschallt werden. Sie befinden sich direkt unter den Querfortsätzen der Lendenwirbelsäule. Die Harnblase und die Urethra können transrektal geschallt werden, der Penis in seinem Verlauf transkutan (CEBRA, 2014).

2.5.5 Nierenbiopsie

ANDERSON et al. (2013) und FOWLER und BRAVO (2010c) erwähnen die Möglichkeit einer Nierenbiopsie unter Ultraschallkontrolle ohne nähere Angaben dazu zu machen.

3 Material und Methoden

3.1 Material

Für die Untersuchungen am Harntrakt wurden neun Alpakas verwendet. Hierbei handelte es sich um fünf adulte und vier juvenile Tiere. Das Untersuchungsmaterial umfasste sowohl weibliche (n = 4), als auch männliche Tiere (n = 5, davon 3 kastriert). Bei drei adulten Alpakas wurde außerdem eine histologische Untersuchung durchgeführt. Acht Tiere gehörten zur Rasse Huacaya-Alpaka, eines zur Rasse Suri-Alpaka. Die Alpakas wurden zum Teil aus privaten Haltungen gespendet oder kamen aus der Klinik für Wiederkäuer in Oberschleißheim. Für letztere wurde vorher das Einverständnis der Besitzer eingeholt. Vier Tiere waren verendet und fünf waren nach medizinischer Indikation euthanasiert worden. Die verendeten Tiere wurden nach der Exenteration dahingehend begutachtet, ob ihr Harnapparat unauffällig war und somit für die Untersuchung verwendet werden kann. Alpakas, die rein makroskopischen Zwecken dienen wurden nach dem Tod schnellstmöglich gekennzeichnet, gekühlt (4°C) und am Institut eingefroren (-18°C). Bei den Tieren für die Histologie geschah dieses nach der Entnahme des Probenmaterials.

Zum Präparieren wurden die Tiere über 4 Tage bei Raumtemperatur aufgetaut. Zusätzlich wurde die Wolle mit Wasser durchtränkt, um die isolierende Wirkung zu reduzieren und den Auftauvorgang zu beschleunigen.

Tab. 3: Untersuchungsgut zur Präparation (n=9)

Nr.	Rasse	Alter	Todesdatum	Todesursache/ Euthansiegrund	Farbe	Geschlecht	Gewicht
1	Huacaya	ca. 17 J	03.2017	verendet	schwarz	♂ k	ca. 40 kg
2	Huacaya	19 d	20.06.2017	verendet	beige	♂	7 kg
3	Huacaya	1 d	11.08.2017	Fehlbildung	braun	♀	5,5 kg
4	Huacaya	3 Mo	06.10.2017	verendet	braun	♂	23 kg
5	Suri	16 J	20.11.2017	Wickelkauen	beige	♀	56 kg
6	Huacaya	13 J	05.02.2018	Zähne	schwarz	♀	62 kg
7	Huacaya	22 J	05.02.2018	Wickelkauen	beige	♂k	58 kg
8	Huacaya	10 Mo	22.02.2018	Kokzidiose	braun	♀	21 kg
9	Huacaya	12-14 J	09.07.2018	Aggressivität	braun-weiß	♂k	67 kg

k – als Zusatz in der Spalte „Geschlecht“ bedeutet kastriert

3.1.1 Auswahl der Untersuchungstiere

Für die Untersuchungen wurden Alpakas ohne bekannte Erkrankungen oder Veränderungen am Harntrakt gewählt. Dies geschah durch die Erhebung einer Anamnese über den Harntrakt (Harnabsatzverhalten, Harnqualität) und die Überprüfung des Untersuchungsmaterials auf die bisher bekannten anatomischen Eigenschaften.

3.2 Methoden

Untersucht wurden die Organe des Harnapparats und deren Lage in Verhältnis zu benachbarten Organen. Es erfolgte eine anatomische Präparation. Für die Darstellung der Gefäße im Zusammenhang mit den Harnorganen wurde Latexmilch genutzt. Zur Untersuchung der Gefäße und des Nierenbeckens wurden diese mit

Injektionsharz gefüllt. Anhand von Gefrierschnitten konnte der innere Aufbau der Niere dargestellt werden.

3.2.1 Anatomische Präparation der Tiere

Die anatomische Präparation der Tiere erfolgte von April 2017 bis Februar 2019 am Lehrstuhl für Anatomie, Histologie und Embryologie, Veterinärwissenschaftliches Departement der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München. Benutzt wurde hierfür übliches Präparationsbesteck. Nachdem das Fell gescheitelt worden war, erfolgte die Öffnung des Tieres entweder von rechts oder links sowie in der Medianen von ventral.

Für die Öffnung von ventral wurden die Tiere in Rückenlage verbracht. Nach einer langen Inzision in der Linea alba wurden Entlastungsschnitte in der Bauchwand Richtung Lendenwirbelsäule angebracht. Bei männlichen Tieren wurde zunächst in der Nähe des Präputiums die Haut vorsichtig abgezogen, um den Verlauf der Präputialmuskulatur zu verfolgen, ehe der Penis und das Präputium umschnitten und nach kaudal geklappt wurden. An diesem Punkt der anatomischen Präparation wurden erste Übersichtsbilder für den Situs angefertigt. Für die Exenteration wurde der Gastrointestinaltrakt abgebunden und abgetrennt. In der Beckenhöhle wurde das Rektum nach kranial ausgestreift, zweifach abgebunden und dazwischen durchtrennt. Nach dem Abbinden und Durchtrennen der Gekrösewurzel wurde der Gastrointestinaltrakt entnommen. Nun war ein ungehinderter Zugang und Sicht auf den Harntrakt möglich.

Für die Öffnung von rechts und links wurde zunächst die Bauchwand in der Linea alba eröffnet. Die weitere Schnittführung erfolgte entlang des Rippenbogens zur Lendenwirbelsäule und entlang der Oberschenkelkontur. Der Bauchlappen wurde nach dorsal geklappt, um mögliche Bandstrukturen an der Niere nicht zu zerstören. Nachdem diese dokumentiert waren, wurde der Bauchlappen entlang der Querfortsätze der Lendenwirbelsäule abgetrennt. Die Exenteration erfolgte parallel zur Eröffnung von ventral.

3.2.1.1 Entnahme des Harntrakts

Zur Entnahme des HT wurden das Peritonäum über den Nieren und Ureteren entfernt und die A. und V. renalis nahe der Aorta abdominalis bzw. der V. cava

caudalis abgesetzt. Die Nieren wurden vorsichtig aus ihrer Capsula adiposa herausgelöst. Anschließend wurden die Haltestrukturen der Harnblase gelöst und ihre Versorgungsstrukturen abgesetzt. Von außen wurde bei weiblichen Tieren die Vulva umschnitten und vom Anus und Rektum getrennt, damit der ganze HT entnommen werden konnte. Bei männlichen Tieren wurde der Penis zwischen den Hintergliedmaßen gelöst, nach kaudal umgeklappt und am Beckeneingang von Anus und Rektum getrennt. Nach Abtrennen der Crura penis vom Arcus ischiadicus konnte der Penis vollständig entnommen werden.

3.2.2 Lagerung der Präparate

Die erstellten Präparate wurden zwischen den einzelnen Präparationsschritten in einer Lake mit 10% Pökelsalz (Nitrit-Pökelsalz jodiert 0,4-0,5%, Südwestdeutsche Salzwerke AG, Heilbronn) unter Zugabe von 0,005% Formaldehyd (35% Formaldehyd, VWR BDH Prolabor® Chemicals, Fontenay-sous-Bois, France) bei 4°C in der Kühlkammer gelagert.

3.2.3 Erstellen von Korrosionspräparaten

Eine von zwei Nieren je Tier wurden zum Erstellen von Korrosionspräparaten genutzt. Hierfür wurde an den Nieren ein Stumpf von mindestens 50 mm Länge der A. renalis, der V. renalis und des Ureters stehen gelassen. Das Lumen wurde schräg angeschnitten, um das Einführen der Kanülen zu erleichtern. Die Nieren wurden zugunsten einer größeren Formstabilität in ihrer Capsula fibrosa belassen. NEOJECT® Einmalkanülen 1,5x50 mm wurden stumpf geschliffen um zu verhindern, dass die Kanüle versehentlich die Nierengefäße oder den Ureter durchsticht. Zur Befüllung der Nieren wurde RECKLI® Injektionsharz (Epoxidbasis, RECKLI GmbH, Herne, Deutschland) genutzt. Die Komponente A wurde mit Mineralpulver aus dem Künstlerbedarf gemischt. Rot für die Arterien, blau für die Venen und gelb für den Ureter und das Nierenbecken. Das Mineralpulver wurde so lange eingerührt, bis keine Partikel mehr erkennbar waren und anschließend stehen gelassen, bis keine Luftbläschen mehr sichtbar waren. Auf diese Weise sedimentierten auch größere Pigmentteilchen. Vor der Befüllung der Niere wurde Komponente A mit Komponente B in einem Verhältnis von 3:1 Massenanteilen gemischt. Das Kunstharz wurde mit

einer 20 ml Norm-Ject Luer Einmalspritze aufgezogen, ohne dass Luft mit aufgenommen wird und die stumpfen Kanülen aufgesetzt und befüllt, bis an der Spitze des Konus Kunstharz sichtbar wurde. Anschließend wurden die Kanülen in den jeweiligen Hohlraum eingeführt und mit einem Stück Bindfaden fixiert. Als erstes wurde das Nierenbecken befüllt, dann die Nierenarterie und abschließend die Nierenvene. Durch dieses Vorgehen konnte bis zum Schluss noch das in den Venen befindliche Blut entweichen und ein optimaler Füllungszustand erzielt werden. Nach der Befüllung wurden die Kanülen entfernt und die Gefäße und der Harnleiter ligiert. Die befüllten Nieren wurden für eine Woche in oben genannter Lake gelagert um auszuhärten. Um den Härtegrad des Kunstharzes zu überprüfen, wurde das nicht verwendete Injektionsmaterial in derselben Weise gelagert. Eine weitere Woche bei 45°C in 40% NaOH folgte, um die Gewebestandteile zu entfernen. Die Korrosionspräparate wurden abschließend mit Wasser gespült und getrocknet.

3.2.4 Injektion mit Latexmilch

Zur besseren Darstellung der Gefäße wurden Tiere, die für Situsuntersuchungen herangezogen wurden, mit Latexmilch (La-Gum Professionel) injiziert. Hierfür wurde die Haut am Hals eingeschnitten und die A. carotis communis vorverlagert. Stumpf geschliffene NEOJECT® Einmalkanülen 1,5x50 mm wurden eingeführt und mit einem Bindfaden fixiert. Die Latexmilch wurde möglichst bläschenfrei in 60 ml Norm-Ject Luer Einmalspritzen aufgezogen und in die A. carotis communis injiziert. Die vollständige Füllung wurde an der A. digitalis plantaris communis III kontrolliert. Nach der Injektion wurde die Kanüle entfernt und der Bindfaden fest verschlossen. Austretendes Latex konnte mit Eisessig zum Härten gebracht werden. Für ein ausgewachsenes Alpaka werden ca. 650 ml Latexmilch benötigt. Nach 3 Tagen war der Latex auch in den großen Gefäßen ausgehärtet und die Präparate konnten weiterverarbeitet werden.

3.2.5 Erstellen von Gefrierschnitten

Zur besseren Darstellung des Nierengewebes wurden Schnittbilder der Niere angefertigt. Um möglichst klare und glatte Aufnahmen zu erhalten, wurden die Nieren dafür gefroren. Zur besseren Handhabung wurden die Nieren auf eine vorbereitete

Eisplatte in die Gefrierkammer bei -18°C gelegt. Dadurch froren die Nieren an der Eisplatte an. Nun wurde schrittweise gekühltes Wasser auf die Eisplatte aufgebracht, sodass die Nieren nach und nach von einem Eisblock umschlossen wurden. Der so entstandene Würfel wurde mit einer Bandsäge in 7,5 mm breite Scheiben geschnitten. Die Schnitte wurden gereinigt und anschließend mit Ethanol benetzt, um die Farben zu intensivieren für die Fotografie von beiden Seiten.

3.2.6 Injektion von Tusche zum Auffinden der Ausführungsgänge von Drüsen

Um die Ausführungsgänge der akzessorischen Geschlechtsdrüsen zu finden, wurden diese Drüsen mit handelsüblicher Tusche Pelikan 201665 in schwarz injiziert. Mit Hilfe einer STERICAN® Kanülen Luer-Lok 0,80x40 mm wurde die Tusche aufgezogen und die Kanüle anschließend in das harnröhrennahe Drittel der fraglichen Drüse eingeführt. Die Tusche wurde unter gleichmäßigen Druck injiziert und darauf geachtet, an welcher Stelle im Präparat sie zuerst austritt. Die ausgetretene Tusche wurde mit Zellstoffpapier entfernt und der Vorgang an einer weiteren Stelle in der Drüse durchgeführt, um das Ergebnis zu bestätigen.

3.2.7 Fotografische Dokumentation

Zur fotografischen Dokumentation der Befunde wurde eine digitale Spiegelreflexkamera des Modells Olympus® Digital ED mit einem Olympus® Zuiko Digital ED 14-42mm f3.5-5.6 Objektiv, sowie einem Olympus® Zuiko Digital 35 mm f3,5 Makroobjektiv genutzt. Zur optimalen lichtreflexfreien Darstellung feuchter Präparate wurden Polfilter (hama® PL CIR Ø58 mm (IV) und Ø 52 mm) genutzt. Um die anatomischen Strukturen möglichst klar und scharf sichtbar zu machen, wurde von einem Dreibeinstativ bzw. kleine Präparate von einem stationären Stativ aus fotografiert.

Um Größenverhältnisse zu verdeutlichen, wurde zu jedem Bild ein Lineal mit Zentimeter und Millimeterangabe beigelegt. Unter die Präparate wurde stets ein schwarzer Untergrund gelegt, um die digitale Bearbeitung am PC zu erleichtern. Dabei handelte es sich bei feuchten Präparaten um die matte Seite einer Teichfolie und bei trockenen um ein Stück schwarzen Kartons. Die Fotografien wurden auf einer Speicherkarte (Compact Flash SanDisk Ultra® II 2.0 GB, SanDisk®)

gespeichert und anschließend auf einen PC übertragen, um sie nachfolgend zu bearbeiten.

Für die Detailaufnahmen der Korrosionspräparate (Darstellung der Glomerula) wurde das Keyence VHX-590 BE Digital Microscope System verwendet. Hier wurde vom Gerät ein Größenmaßstab angegeben und musste daher nicht beim Erstellen der Bilder beigelegt werden.

3.2.8 Bearbeitung der Bilder mit Photoshop

Zur Nachbearbeitung der Bilder wurde Adobe® Photoshop® CS5.1 als Bildbearbeitungsprogramm genutzt. Hiermit wurden ein einheitlicher schwarzer Hintergrund und ein Messbalken eingefügt. Im nächsten Schritt kamen noch Beschriftungen und Nummerierungen der sichtbaren Strukturen hinzu. Abschließend wurden noch kleine Farbkorrekturen, sowie das Korrigieren von Präparationsfehlern vorgenommen (Entfernen von Haaren, Schmutzteilchen und Lichtreflexen).

4 Ergebnisse

4.1 Systematische Anatomie des Harntrakts

Der Harntrakt der Alpakas bestand aus zwei Nieren Ren (*Abb. 2* und *Abb. 3*, Nr. 1 und 2), von denen je ein Harnleiter, Ureter (*Abb. 2* und *Abb. 3*, Nr. 3), abging. Beide Ureteren mündeten in einer Harnblase, Vesica urinaria (*Abb. 2* und *Abb. 3*, Nr. 4). Von dieser aus führte eine Harnröhre, Urethra, zur äußeren Harnröhrenöffnung, Ostium urethrae externum. Bei männlichen Tieren existierten als akzessorische Geschlechtsdrüsen die Prostata und die Harnröhrenzwiebeldrüse, Glandula bulbourethralis.

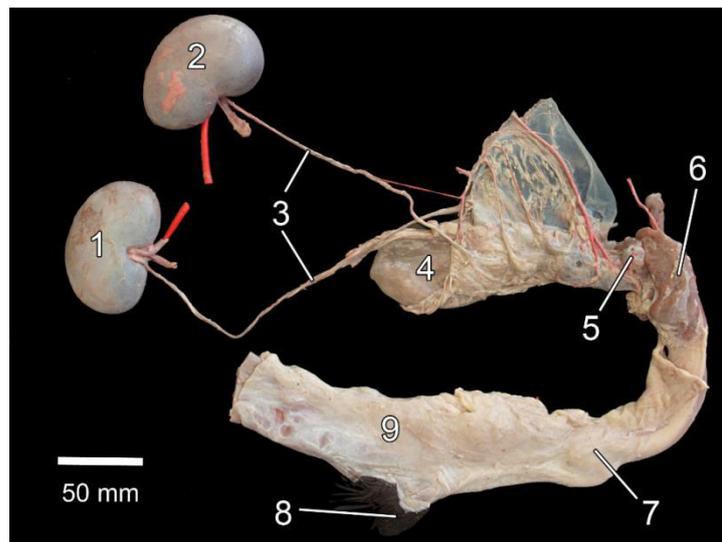


Abb. 2: Übersicht des Harntrakts eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs, zusammen mit Blutgefäßen in deren seröser Falte

1 – rechte Niere, 2 – linke Niere, 3 – Harnleiter, 4 – Harnblase, 5 – linke Gl. bulbourethralis, 6- M. bulbourethralis, 7 – Ansa sigmoidea, 8 – Präputium, 9 - Präputialmuskulatur

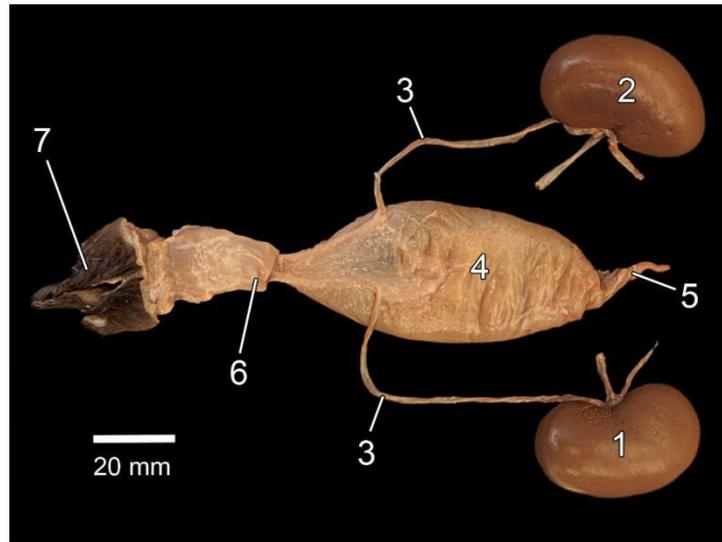


Abb. 3: Harntrakt eines weiblichen Alpakas 1 d alt, Ansicht von dorsal, Uterus wurde entfernt

1 – rechte Niere, 2 – linke Niere, 3 – Harnleiter, 4 – Harnblase, 5 – Urachus, 6 – Stumpf der Vagina, 7 – Vulva

4.1.1 Nieren

4.1.1.1 Äußerer Aufbau

Die Niere (*Abb. 4* und *Abb. 5*) war bohnenförmig und in ihrem Querschnitt leicht abgeflacht. Bei den Jungtieren war auffällig, dass hier der Querschnitt noch rundlicher war als bei adulten Tieren. Beide Nieren waren etwa gleich groß. Bei adulten Tieren betrug ihre Länge 60 – 80 mm, ihre Breite 30 – 55 mm und ihre Höhe 15 – 35 mm. Sie wogen je zwischen 97 und 130 g. Dies entspricht im Durchschnitt ca. 0,4% der Körpermasse. Die Nieren der Crias waren im Verhältnis zur Körpergröße größer als die der adulten Tiere. Die Oberfläche der Niere war glatt und rot-bräunlich. Es waren keinen Kapselvenen zu erkennen. Die Dorsalfläche der Niere, *Facies dorsalis*, war geringfügig stärker abgeflacht als die Ventralfläche, *Facies ventralis*. Die beiden Flächen stießen in einem konvexen *Margo lateralis* und einem konkaven *Margo medialis* zusammen. Der *Margo medialis* wies eine scharfe Einziehung, den *Hilus renalis*, auf. An dieser Stelle zogen die *A. renalis* und *V. renalis* in den *Sinus renalis*. Hier verließ auch der Ureter die Niere. Der kraniale Pol der Niere, *Extremitas cranialis*, war etwas kleiner als der Kaudalpol, *Extremitas caudalis*.

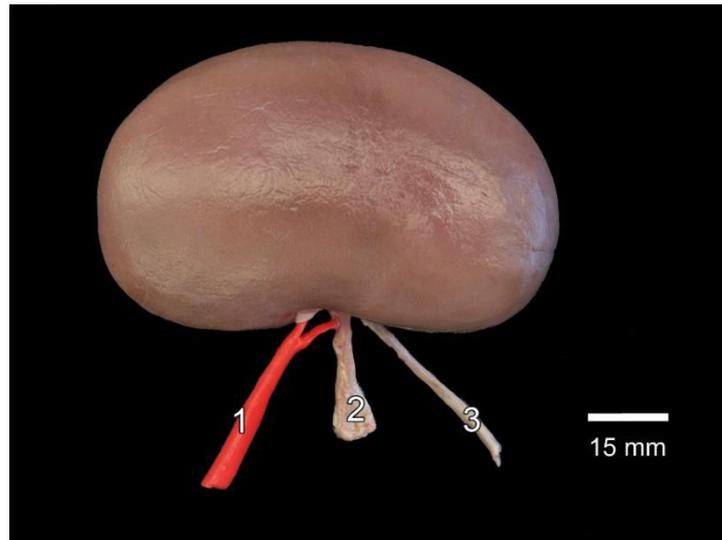


Abb. 4: Niere eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs

1 - A. renalis, 2 - V. renalis, 3 - Ureter

Die Nieren wurden bei den Alpakas von einer Capsula adiposa umgeben. Diese bedeckte bei adipösen Tieren nahezu die ganze Niere, während sie bei kachektischen und jungen Tieren nahezu fehlte. Direkt auf dem Nierengewebe lag eine Capsula fibrosa (Abb. 5). Diese dünne, fibröse Kapsel folgte eng der Kontur des Organs, bis in den Hilus. Dort schlug sie in den Sinus renalis um und formte dessen Innenauskleidung und die Adventitia des Nierenbeckens.



Abb. 5: Niere mit Capsula fibrosa eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs

1 - A. renalis, 2 - V. renalis, 3 - Ureter

4.1.1.2 Innerer Aufbau

Der innere Aufbau der Nieren der Alpakas war mit Hilfe von Querschnitten und Korrosionspräparaten des Harnbeckens gut darstellbar (Abb. 6). Die Lobi renales waren komplett verschmolzen. Es konnten jedoch die Nierenrinde, Cortex renis, und das Nierenmark, Medulla renis, gut voneinander abgegrenzt werden. Das Verhältnis Rinde zu Mark bewegte sich im Bereich 1:1,5. Die Nierenrinde konnte weiterhin in eine äußere, granuliert erscheinende Zona peripherica und eine radiär gestreift erscheinende Zona interna unterteilt werden. Das Nierenmark konnte ebenso aufgeteilt werden in eine glatt erscheinende Zona externa und eine wiederum gestreift erscheinende Zona interna. Diese Zone beinhaltete die Nierenpapillen, die bis in den Sinus reichten.

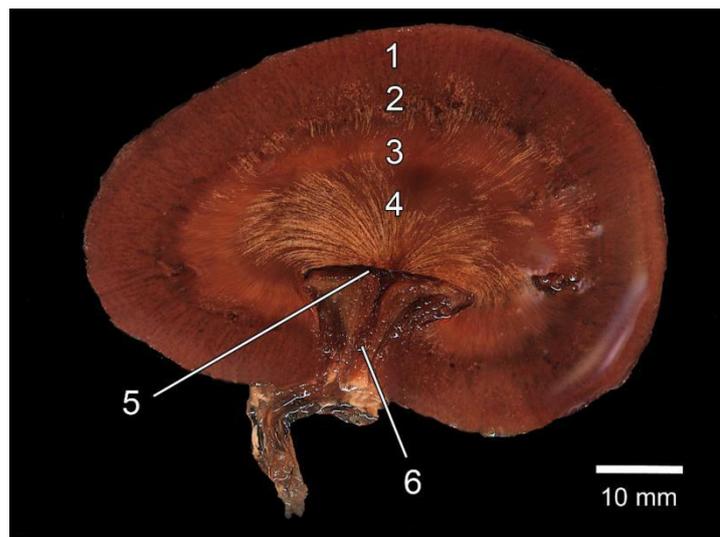


Abb. 6: Gefrierschnitt einer Niere eines 17 Jahre alten Alpaka Wallachs

1 + 2 – Cortex renis, 2 + 3 – Medulla renis

1 – Zona peripherica, 2 – Zona interna, 3 – Zona externa, 4 – Zona interna,

5 – Crista renalis, 6 - Ureter

Die Nierenpapillen waren zu einer einzigen Crista renalis verschmolzen. Seitlich an diese schlossen sich 10 bis 12 Pseudopapillen an.

4.1.1.3 Gefäßversorgung

Die Gefäßversorgung der Nieren wurde mit Hilfe von Korrosionspräparaten dargestellt. Die *Aorta abdominalis* gab zu jeder Niere eine *A. renalis* ab. Kurz nach dem Abgang aus der *Aorta abdominalis* gab die *A. renalis* zwei *Rr. adrenales caudales* ab. In einem Fall gab die *Aorta* zur linken Niere zwei *Aa. renales* ab. Eine versorgte den dorsalen und eine den ventralen Anteil des Nierengewebes. Eine einheitliche Nierenarterie zog in den Hilus renalis und teilte sich dort in *Aa. interlobares* auf. Diese zogen in die Peripherie zur Nierenrinde und teilten hier im Querschnitt die einzelnen Nierenpyramiden ein. Auf ihrem Weg dorthin entließen die *Aa. interlobares* die *Aa. arcuatae*. Diese zogen über die Basis pyramidis zwischen Nierenmark und -rinde. Von dort aus folgten viele *Aa. interlobulares*, um die *Lobuli renales* zu versorgen. Kleine *Vasa afferentia* verliefen in rote Knäuel hinein, die die *Glomerula* darstellen. Aus diesen heraus folgten wiederum *Vasa efferentia*, die das Tubulussystem versorgten. Die Venen folgten rückläufig dem arteriellen Gefäßbaum. *Vv. interlobulares* gingen in *Vv. arcuatae* über und diese wiederum zurück in die *Vv. interlobares*, die zusammen mit den *Aa. interlobares* die Nierenpyramiden abgrenzten. Diese beiden Gefäße lagen unter der *Tunica mucosa* des jeweiligen *Recessus pelvis* und wurden von diesem umgriffen. Die *Vv. interlobares* vereinigten sich im Hilus wieder und formten die *V. renalis*. Diese öffnete sich schließlich in die *V. cava caudalis*. Für die Versorgung der Kapsel zweigten aus den *Aa. interlobulares* *Rami capsulares* ab. Parallel dazu verliefen die *Rami capsulares* in der Gegenrichtung in die *Vv. interlobulares*.

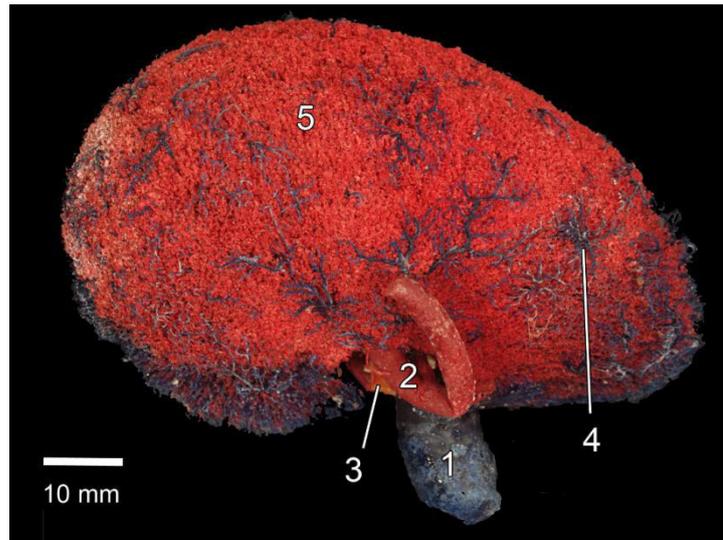


Abb. 7: Korrosionspräparat der Nierengefäße einer 13 Jahre alten Alpakastute
1 – V. renalis, 2 – A. renalis, 3 – Nierenbecken, 4 – Vv. capsulares,
5 – Zona peripherica mit Glomerula

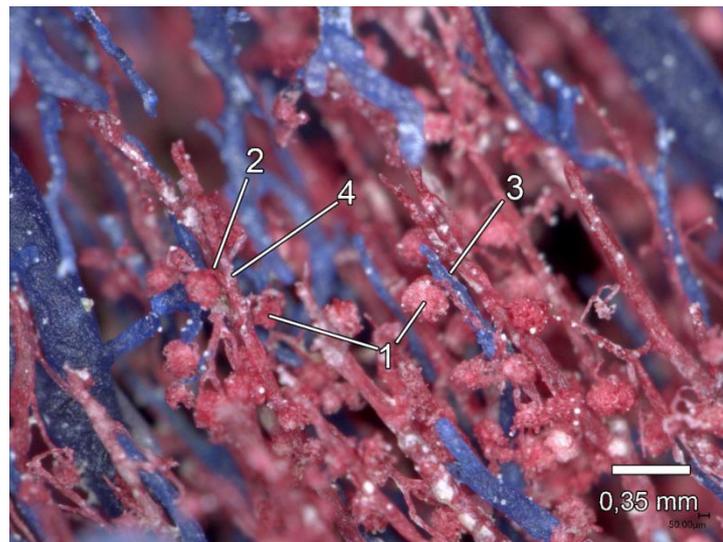


Abb. 8: Detailaufnahme der Nierengefäße aus Abb. 7
1 – Glomerula, 2 – Vas afferens, 3 – V. interlobularis, 4 – A. interlobularis

4.1.1.4 Lymphknoten der Niere

Für die Versorgung der Niere konnten je Seite ein Lymphknoten aufgefunden werden. Dabei handelte es sich um den Ln. renalis. Dieser lag auf der V. renalis ventral an. Benachbart konnten ventral auf der Aorta abdominalis noch Lnn. lumbales aortici aufgefunden werden (*Abb. 9*).

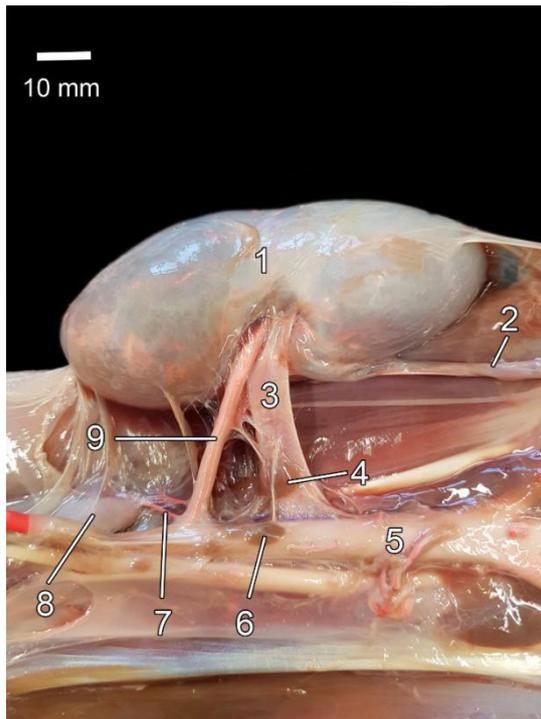


Abb. 9: Niere mit Lymphknoten eines 10 Mo alten Alpakas

- 1 – linke Niere
- 2 – Ureter
- 3 – V. renalis
- 4 – Ln. renalis
- 5 – Aorta abdominalis
- 6 – Lnn. lumbales aortici
- 7 – Rr. adrenales caudales
- 8 – Nebenniere
- 9 – A. renalis

4.1.2 Nierenbecken

Zwischen die Pseudopapillen des Nierengewebes zogen nach dorsal und ventral je 5-6 Recessus pelvis, insgesamt pro Niere 10-12. Die Recessus reichten bis zur Grenze zwischen dem Nierenmark und der Nierenrinde (*Abb. 10*). Sie umgriffen die Aa. interlobares, sowie die Vv. interlobares, bis diese die Aa. arcuatae abgaben (*Abb. 12*). Die Korrosionspräparate der Nierenbecken (*Abb. 11*) zeigten auf ihrer, der Papilla renalis zugewandten Oberfläche feine, fadenartige Strukturen. Diese stellten die Öffnungen der Sammelrohre in das Nierenbecken dar. In Folge dieser Befunde können die Nieren der Alpakas als glatte, einwarzige Nieren bezeichnet werden.

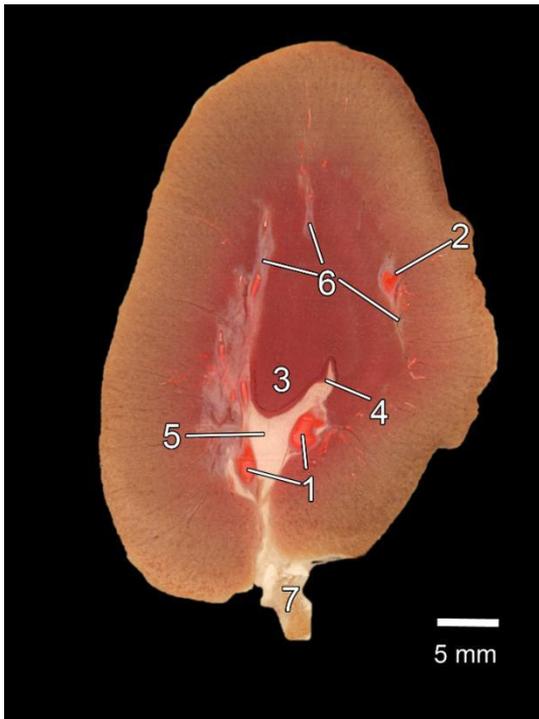


Abb. 10: Querschnitt durch die Niere eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs

- 1 – Aa. interlobares
- 2 – A. arcuata
- 3 – Crista renalis
- 4 – Pelvis renalis
- 5 – Sinus renalis
- 6 – Recessus pelvis
- 7 – Ureter

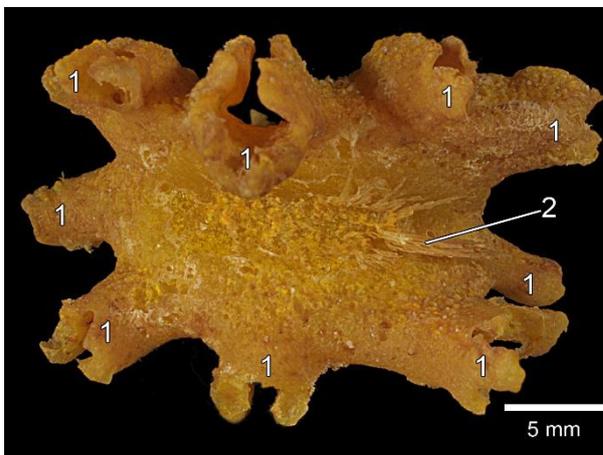


Abb. 11: Korrosionspräparat des rechten Nierenbeckens eines 19 Tage alten Crias

- 1 – Recessus pelvis, 2 – Ausführungsgang Sammelrohr, 3 - Ureter

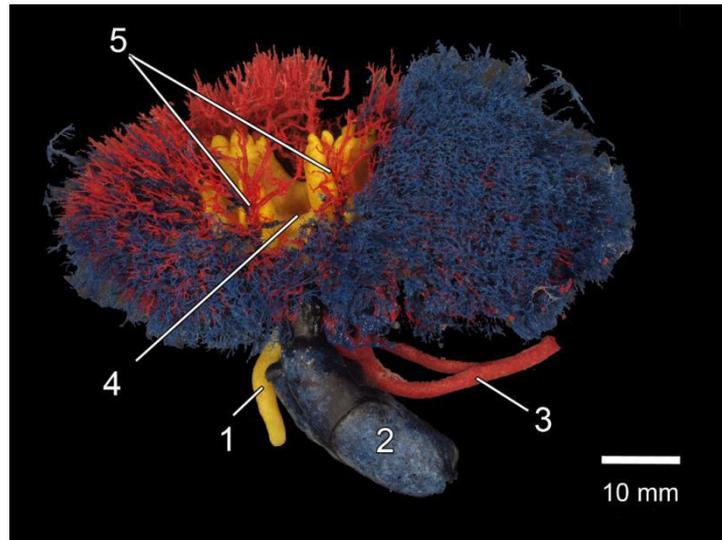


Abb. 12: Korrosionspräparat der Niere eines 22 Jahre alten Alpakawallachs
 1 – Ureter, 2 – V. renalis, 3 – A. renalis, 4 – Nierenbecken,
 5 – Aa. interlobares umgeben vom Recessus pelvis

4.1.3 Harnleiter

Die Ureteren sind dafür zuständig, den Urin von den Nieren zur Blase zu transportieren. Der Durchmesser eines leeren Ureters betrug 2-4 mm. Die Länge der Ureteren schwankte zwischen 150–170 mm, während der rechte Ureter etwas länger war, da die dazu gehörige Niere weiter kranial lag. Die Harnleiter traten schräg von kranial in die Harnblasenwand ein und verliefen ca. 10 mm in dieser. Sie öffneten sich tropfenförmig in der Harnblase jeweils als Ostium ureteris. Diese wurden von je einer seichten, wallartigen Erhöhung umgeben.

Die Blutversorgung der Harnleiter erfolgte über zwei Äste (Abb. 13). Von kranial aus wurden sie über einen Ast der A. renalis, R. uretericus versorgt, während die kaudale Versorgung über die A. prostatica bzw. A. vaginalis erfolgte. Deren A. vesicalis caudalis gab ebenfalls einen R. uretericus ab. Die Arterien des Ureters anastomosierten kaudal und kranial. Die Venen verliefen parallel zu den Arterien (Abb. 34, Abb. 35, Abb. 36 und Abb. 37).

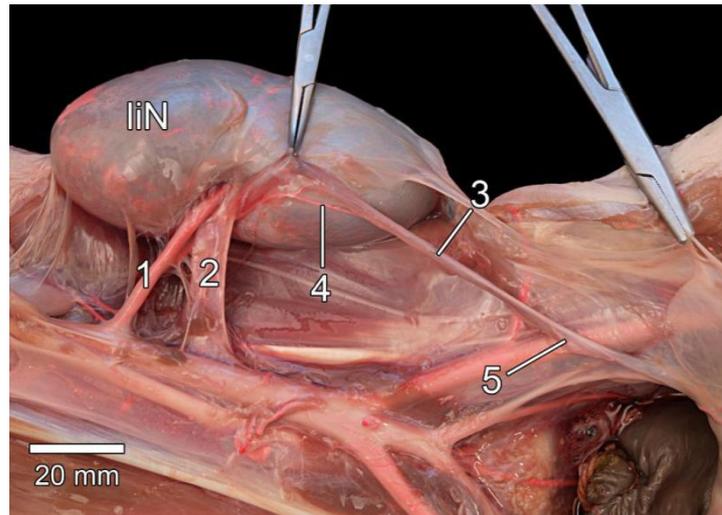


Abb. 13: Harnleiter eines 10 Mo alten, weiblichen Alpakas

liN – linke Niere, 1 – A. renalis, 2 – V. renalis, 3 – Harnleiter, 4 – R. uretericus der A. renalis, 5 – R. uretericus der A. vesicalis caudalis

4.1.4 Harnblase

Die Harnblase, Vesica urinaria, (Abb. 14) war ein muskulomembranöses Hohlorgan. Ihre Grundform war tropfenförmig. Sie variierte in Größe, Position und Form in Abhängigkeit des postmortalen Füllungszustandes.

Die Ausmaße betragen im ausgedehnten Zustand 150 x 75 mm und im zusammengezogenen Zustand 80 x 40 mm. Die Harnblase konnte in einen kranialen Pol, Apex vesicae, einen Körper, Corpus vesicae, und einen kaudalen Hals, Cervix vesicae, unterteilt werden. Auf der Apex vesicae konnte ein kleiner Anhang, der Urachusnabel, identifiziert werden. Bei den zur Untersuchung verwendeten Crias konnte hier noch der Rest des embryonalen Harnwegs, Urachus, zusammen mit den Nabelarterien dargestellt werden. In ihrem Inneren konnte kranial des Harnblasenhalses ein dreieckiger Bereich abgegrenzt werden, das Trigonum vesicae. Es wurde begrenzt von den Harnleiteröffnungen, Ostia ureterica, als kraniale Punkte und der Urethralöffnung, Ostium urethrae internum als kaudale Spitze. Innerhalb dieser Begrenzungen befanden sich kaum Schleimhautfalten abgesehen von den beiden Falten, Plicae uretericae, die von den Uretermündungen konvergierend in Richtung der Harnröhre zogen. Diese Falten begrenzten das Trigonum.

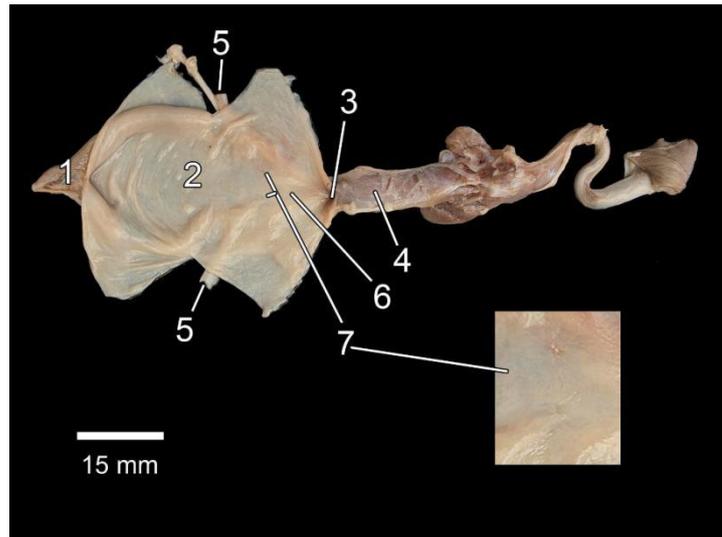


Abb. 14: Harnblase eines männlichen Alpakas, 19d, eröffnet von ventral, Blick nach dorsal
 1 – Apex vesicae mit Urachus, 2 – Corpus vesicae, 3 – Ostium urethrae internum,
 4 – M. urethralis, 5 – Ureter, 6 - Trigonum vesicae, 7 – Ostium ureteris

Die Blutversorgung der Harnblase wurde von 2 Gefäßen übernommen. Der kraniale Abschnitt wurde von den Aa. vesicales craniales mit arteriellem Blut versorgt. Diese entsprangen aus der jeweiligen A. umbilicalis, welche vor der Gabelung der Aorta abdominalis in die Aa. iliacae internae entsprang. Der Harnblasenhals wurde von der A. vesicalis caudalis versorgt. Diese ist ein Folgegefäß der A. vaginalis/prostatica, welche wiederum aus der A. iliaca interna entstammt. Die Venen verhalten sich analog zu den Arterien mit der Ausnahme, dass keine V. vesicalis cranialis existiert. Ihre Funktion wird von der V. vesicalis caudalis übernommen (Abb. 34, Abb. 35, Abb. 36 und Abb. 37).

4.1.5 Harnröhre

4.1.5.1 Weibliche Harnröhre

Die weibliche Harnröhre, Urethra feminina (Abb. 15) dient ausschließlich dem Transport von Urin aus dem Körper. Sie begann kranial mit dem Ostium urethrae internum am Harnblasenhals und verschmolz von kaudodorsal mit der Vaginalwand. Dort markierte das Ostium urethrae externum die Grenze zwischen Vagina und Vestibulum vaginae. Knapp kaudal der Harnröhrenöffnung befand sich bei Alpakastuten das Diverticulum suburethrale. Dieser Schleimhautblindsack hatte eine

Größe von 10 x 10 x 10 mm und zog nach kranioventral unter die Urethra. Der M. urethralis entsprang seitlich an der Vagina und umschlang die Urethra. Das Harnröhrenlumen wies eine starke Schleimhautfältelung in Längsrichtung auf. Die arterielle Versorgung der Urethra wurde im kranialen Teil durch den Ramus urethralis der A. vaginalis bzw. A. prostatica vorgenommen. Im kaudalen Teil der Harnröhre übernahm dies die A. urethralis. Diese stammte aus der A. pudenda interna. Die Venen verliefen parallel zu den Arterien (*Abb. 34* und *Abb. 36*).

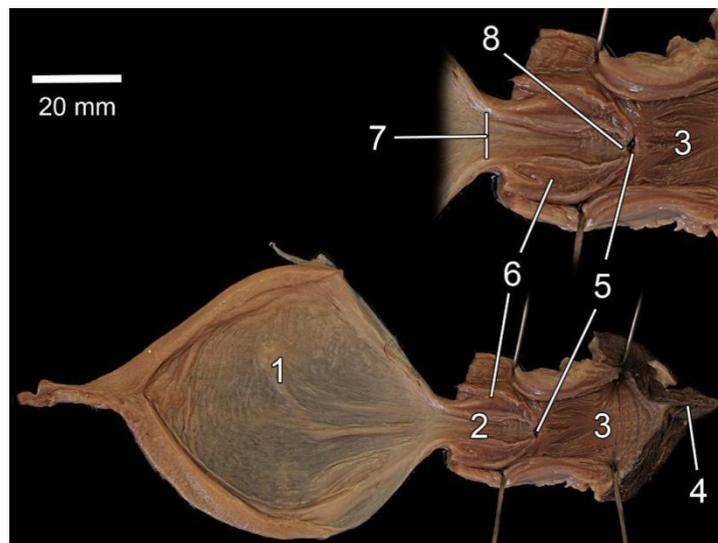


Abb. 15: Urethra eines weiblichen Alpakas, 1 d alt, Eröffnung von dorsal, Uterus entfernt
 1 – Harnblase, 2 – Urethra, 3 – Vestibulum vaginae, 4 – Rima vulvae,
 5 – Diverticulum suburethrale, 6 – M. urethralis, 7 – Ostium urethrae internum
 8 – Ostium urethrae externum

4.1.5.2 Männliche Harnröhre und Penis

Ebenso wie die weibliche Urethra begann auch die männliche Harnröhre mit dem Ostium urethrae internum am Harnblasenhals. Sie endete allerdings erst nach einer längeren Strecke mit dem Ostium urethrae externum am Penis. Die Harnröhre der Alpakahengste transportierte außer Urin auch noch das Sperma der Tiere und somit auch die Flüssigkeiten aus den Geschlechtsdrüsen. Die Harnröhre konnte in eine proximale Pars pelvina (*Abb. 16*) und eine distale Pars penina unterteilt werden. Die Pars pelvina begann mit der Pars praeprostatica (15 mm). Diese reichte vom Ostium urethrae internum bis hin zum Colliculus seminalis. Zusammen mit diesem mündeten

auch die Ductuli prostatici. Kaudal anschließend folgte die Pars prostatica (15 mm). Diese lag unter der Prostata.

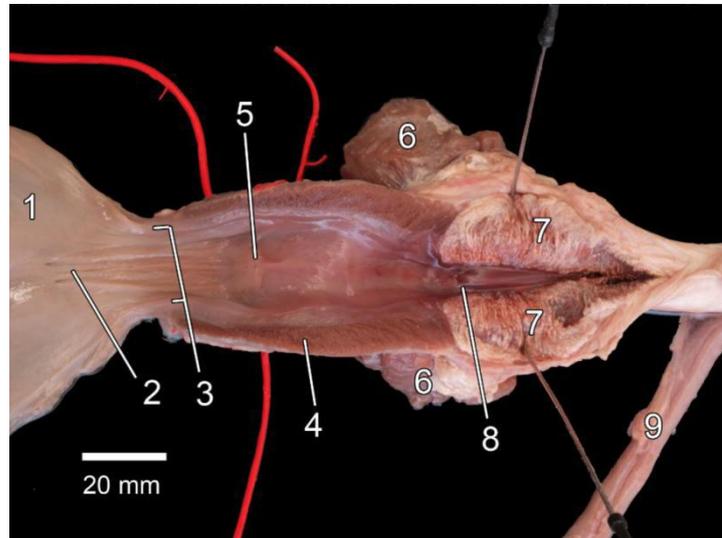


Abb. 16: Pars pelvina der männliche Urethra bei einem 14 Jahre alten Alpaka Wallach, eröffnet von ventral

1 – Harnblase, 2 – Trigonum vesicae, 3 – Ostium urethrae internum, 4 – M. urethralis
 5 – Colliculus seminalis, 6 – M. ischiocavernosus, 7 – M. bulbospongiosus,
 8 – Mündung Recessus urethralis, 9 – M. retractor penis

Die Pars penina (Abb. 17) begann am Arcus ischiadicus und setzte sich im Penis fort. An der Umschlagstelle des Penis um den Arcus ischiadicus lag ein Recessus urethralis mit einer Größe von 15 x 10 x 10 mm. Dieser war ebenfalls mit Übergangsepithel ausgekleidet wie der Rest der Urethra. Der Penis konnte in 3 Stücke unterteilt werden. Zunächst begann er kaudal am Sitzbeinausschnitt mit der Peniswurzel, Radix penis. Danach folgte der Peniskörper, Corpus penis, und abschließend lag die Eichel, Glans penis. Die Peniswurzel bestand aus 2 Penisschenkeln, die von einem dorsalen und ventralen M. ischiocavernosus bedeckt waren. Sie stammten vom Arcus ischiadicus und bildeten zusammen mit dem Harnröhrenschwellkörper das Corpus penis. Hier hatte der Penis einen ventrodorsal abgeflachten Querschnitt (Abb. 18) und die Urethra war von 3 Schwellkörpern umgeben. Die Schwellkörper wurden zusammen mit der Urethra von einer kräftigen Tunica albuginea umgeben. Auf dieser lagen zwei Mm. bulbourethrales. Diese bestanden aus einer größeren Portion, die dorsal auf der kleineren Portion lag. Auf dem Weg hin zur Glans penis nahm der Durchmesser stetig ab.

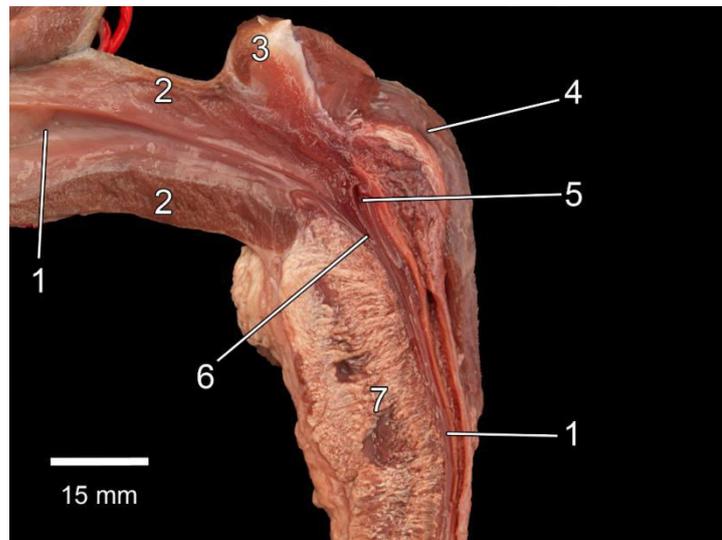


Abb. 17: Querschnitt durch den Bulbus penis bei einem ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallach
 1 – Urethra, 2 – M. urethralis, 3 – Gl. bulbourethralis, 4 – M. bulbourethralis,
 5 – Recessus urethralis, 6 – Engstelle der Urethra vor dem Recessus urethralis,
 7 – Corpus cavernosum

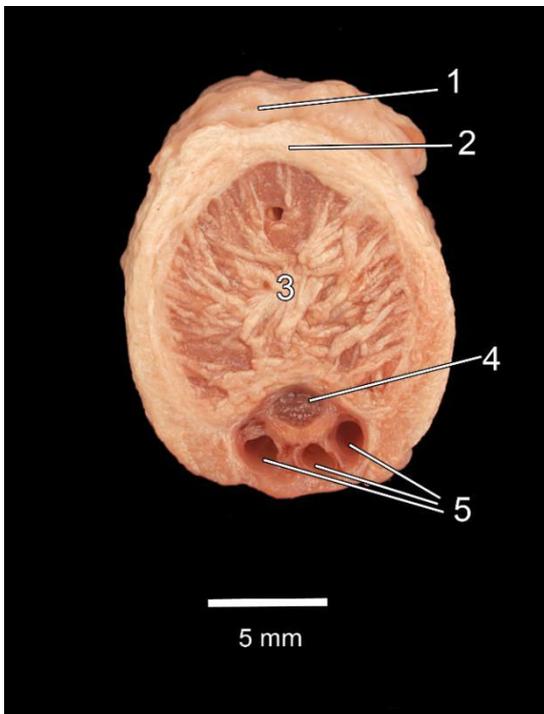


Abb. 18: Querschnitt durch den Penis eines ca. 13 Jahren alten Alpaka Wallachs 40 mm vor der Flexura sigmoidea
 1 – A. dorsalis penis
 2 – Tunica albuginea
 3 – Corpus cavernosum penis
 4 – Urethra
 5 – Corpus spongiosum penis

In der Regio pubica war bei den männlichen Alpakas eine Ansa sigmoidea tastbar. Nach der Entnahme und Entfernung der Fascia penis verstrich diese jedoch. Der M. retractor penis erhielt seine Anteile aus der Schwanzmuskulatur und vom

M. sphincter ani. Von beiden Seiten zog je ein Schenkel über die Ventralseite des Penis. Diese beiden Anteile verschmolzen miteinander, jedoch blieb eine Rinne zwischen den beiden Anteilen sichtbar. Der M. retractor penis inserierte am distalen Abschnitt der Flexura sigmoidea in der Tunica albuginea (Abb. 19). Der M. retractor penis bedeckte die Harnröhre, die im Sulcus urethralis des Penis zu liegen kam.

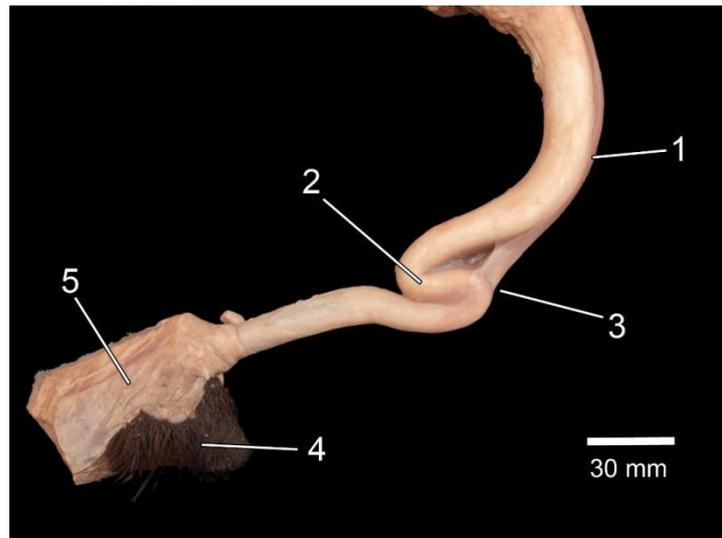


Abb. 19: Penis mit Präputium eines 17 Jahre alten Alpaka Hengstes

- 1 – M. retractor penis, 2 – Flexura sigmoidea,
- 3 – Insertion des M. retractor penis in die Tunica albuginea,
- 4 – Praeputium, 5 - Präputialmuskulatur

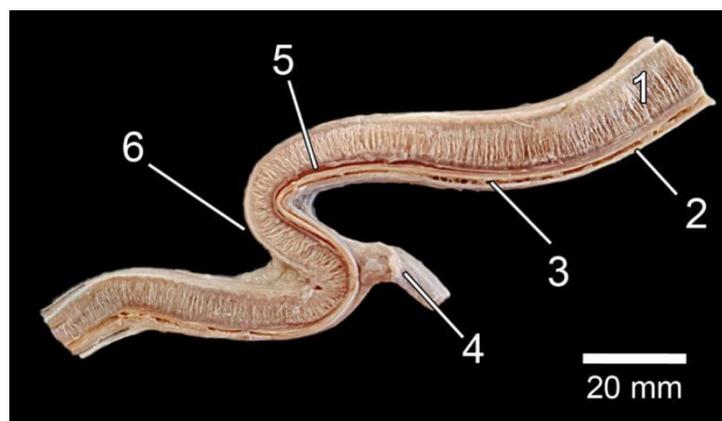


Abb. 20: Flexura sigmoidea am Penis eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs

- 1 – Corpus cavernosum penis, 2 – Tunica albuginea, 3 – Corpus spongiosum penis
- 4 – Stumpf des M. retractor penis, 5 – Urethra, 6 – Flexura sigmoidea

Eine Raphe penis konnte nicht erkannt werden. Nahe der Glans penis (*Abb. 21*) nahm der Durchmesser des Penis (8- 10 mm) wieder leicht zu. Die Glans penis konnte bei den Alpakas nicht spezifisch vom Peniskörper abgegrenzt werden. Die Glans nahm zur Spitze hin an Umfang ab, bis er schließlich in einem knorpeligen Fortsatz *Processus urethrae* endete (*Abb. 22*). Dieser Fortsatz hatte über die Länge von 15 mm eine leichte Drehung im Uhrzeigersinn. Das *Ostium urethrae externum* war, anstatt an der Penisspitze zwischen dem *Processus terminalis* und dem *Tuberculum spongiosum* zu finden. Bei Crias und vor der Geschlechtsreife kastrierten Alpakas lag der *Processus urethrae* als eine Art Gewebespanne über dem *Ostium urethrae externum*. In diesen Fällen konnte der Penis auch nur schlecht manuell vorverlagert werden, da Bindegewebsbrücken zwischen der Vorhaut und dem Penis dies verhinderten. Das *Tuberculum spongiosum* war ein weiterer Fortsatz der Penisspitze, der allerdings nicht so weit distal reichte und keine Krümmung aufwies. In beiden Fortsätzen verlief der Schwellkörper bis in die Spitze (*Abb. 23*)

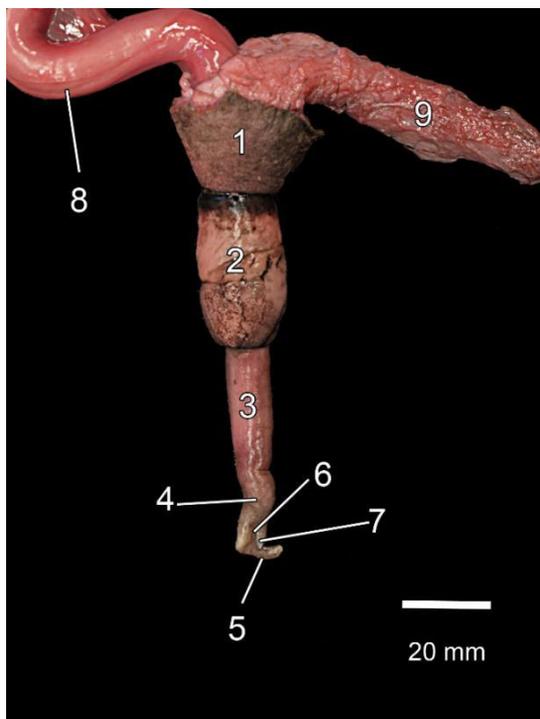


Abb. 21: Penis eines 17 Jahre alten Alpaka Wallachs, ausgeschachtet

- 1 – Praeputium
- 2 – Lamina externa des Praeputiums
- 3 – Pars libera penis
- 4 – Glans penis
- 5 – Processus urethrae
- 6 – Ostium urethrae externum
- 7 – Tuberculum spongiosum
- 8 – Sulcus urethralis
- 9 – M. praeputialis cranialis

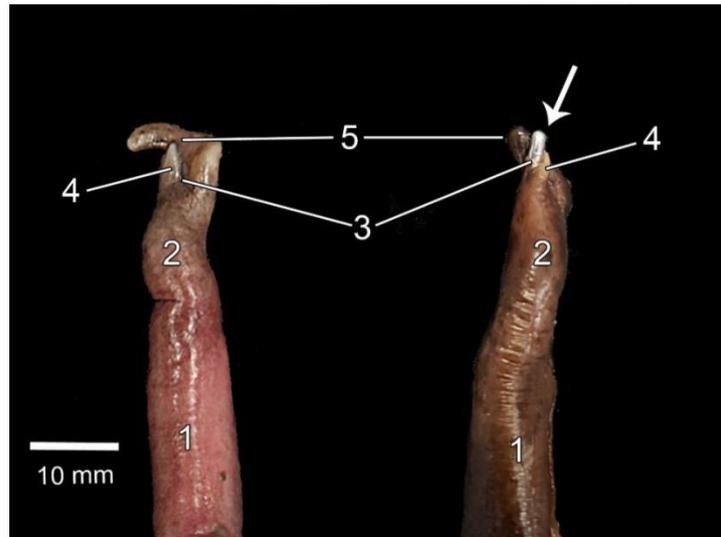


Abb. 22: Penis eines 17 Jahre alten Alpaka Wallachs. Glans penis in Nahaufnahme. Im rechten Bild wird das Ostium urethrae externum von proximal mit einer Sonde aufgezeigt
 1 – Corpus penis, 2 – Glans penis, 3 – Ostium urethrae externum,
 4 – Tuberculum spongiosum, Pfeil: Sonde, 5 – Processus urethrae

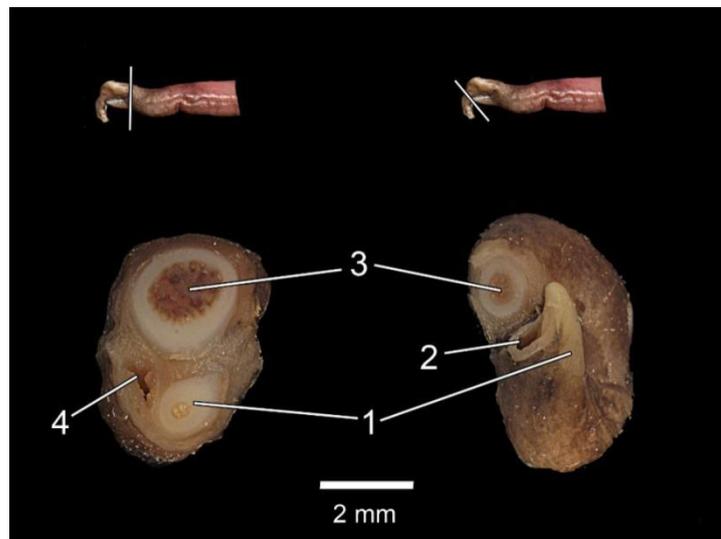


Abb. 23: Querschnitt durch die Fortsätze der Glans penis bei einem ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallach
 1 – Tuberculum spongiosum, 2 – Ostium urethrae externum, 3 – Processus urethrae,
 4 – Urethra

Die Gefäßversorgung des Penis und der Urethra begann in der Pars pelvina mit dem Ramus urethralis aus der A. prostatica und der A. urethralis, die aus der A. pudenda interna stammte. Ab dem Arcus ischiadicus wurde die arterielle Versorgung von der A. penis übernommen, die sich dorsal des Recessus urethralis in die A. bulbi penis,

A. profunda penis und A. dorsalis penis aufteilte. Die A. dorsalis penis reichte bis in die Glans penis. Die A. bulbi penis griff von kranio-dorsal an den Bulbus penis und den M. bulbourethralis, während die A. profunda penis im Inneren des Penis bis in die Glans zog. Der M. ischiocavernosus und der Bulbus penis wurden von der A. perinealis ventralis versorgt. Parallel zu den Arterien führten die Venen das sauerstoffarme Blut zurück in die V. pudenda interna (*Abb. 35* und *Abb. 37*).

4.1.6 Präputium

Das Präputium war ein dreieckiger Hautanhang und lag in der Regio inguinalis. Das Ostium praeputiale wies nach kaudal. Die kraniale Ausrichtung des Penis während des Zeugungsaktes wird dadurch ermöglicht, dass starke Präputialmuskeln (*Abb. 24*) das Präputium nach kranial ziehen. Diese Muskeln ziehen in einer Schlinge von dorsal nach ventral um das Ostium praeputiale herum und inserieren fächerförmig in der Fascia transversa externa ventral. Sie reichen bis in die Gegend des Processus xiphoideus des Sternums. Weitere, schwächere Präputialmuskeln ziehen vom Präputium nach lateral und kaudal. Die arterielle Versorgung des Präputiums wurden von der A. epigastrica caudalis superficialis und deren Nebenästen, den Rami praeputiales übernommen, die den distalen Anteil versorgten. Die Venen verliefen in dieser Studie parallel mit den Arterien.

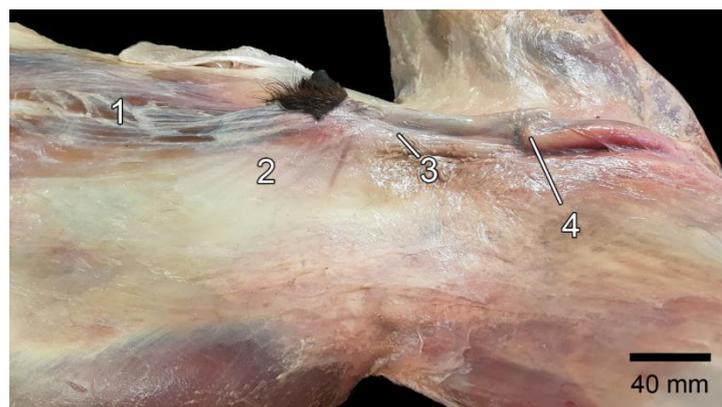


Abb. 24: Präputialmuskulatur eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs von lateral
1 – M. praeputialis cranialis, 2 – M. praeputialis lateralis, 3 – M. praeputialis caudalis
4 – Flexura sigmoidea

4.1.7 Akzessorische Geschlechtsdrüsen des Alpakahengstes

Die männlichen Alpakas besitzen die Prostata und die Bulbourethraldrüse (*Abb. 25*). Diese Drüsen waren auch bei kastrierten Tieren sowie bei männlichen Crias ausgebildet, obgleich nicht so deutlich. Alpakas besitzen keine makroskopisch sichtbaren Samenblasendrüsen. Die abgeflachte Prostata lag dorsal auf der Harnblase im Bereich des Trigonum vesicae. Die Abmessungen betragen 20 x 15 x 10 mm. Die dorsale Oberfläche war von zwei Schichten Peritonäum überzogen, die die Prostata vom Ductus deferens und der Genitalfalte getrennt hielten. Die Ventralseite lag retroperitonäal und war nicht mit den Seitenbändern der Blase verbunden. Die Oberfläche der Prostata war glatt. Die Ausführungsgänge der Prostata mündeten mit zwei Hauptgängen lateral des Colliculus seminalis (*Abb. 16*). Einzelne Nebengänge mündeten weiter kaudal in die Urethra.

Die Prostata wurde durch die A. prostatica versorgt. Diese stammt direkt aus der A. iliaca interna.

Die Glandulae bulbourethrales lagen kranial des Arcus ischiadicus und bedeckten die Urethra beidseits von dorsal-lateral. Ihre Größe betrug 12 mm. Die Ausführungsgänge der Glandulae bulbourethrales mündeten dorsal und lateral vor der Mündung des Recessus urethralis in die Urethra. Die arterielle Versorgung wurde von der A. perinealis ventralis (medialen Anteile der Gl. bulbourethralis) und der A. penis übernommen, einem Folgegefäß der A. pudenda interna. Die Venen verliefen übereinstimmend mit den Arterien.

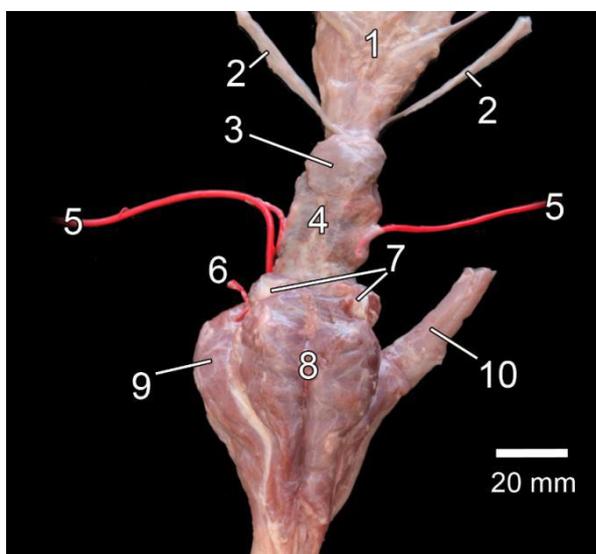


Abb. 25: Akzessorische Geschlechtsdrüsen bei einem 17 Jahre alten Alpaka Hengst von dorsal

- 1 – Harnblase 2 – Ductus deferens
- 3 – Prostata 4 – M. urethralis
- 5 – A. prostatica 6 – A. penis
- 7 – Gl. bulbourethrales
- 8 – Mm. bulbourethrales
- 9 – M. ischiocavernosus
- 10 – M. retractor penis

4.2 Topografische Anatomie des Harntrakts

Im Nachfolgenden soll die Lage des Harntrakts der Alpakas in Abhängigkeit zu anderen Organen und Strukturen dargestellt werden.

4.2.1 Lage der Nieren

Die Nieren lagen ventral der Psoasmuskulatur auf beiden Seiten der Lendenwirbelsäule (Abb. 29 und Abb. 28). Die linke Niere lag unterhalb der Querfortsätze des 5.–7. Lendenwirbels, während die rechte Niere weiter kranial, unter dem 4.–6. Lendenwirbelquerfortsatz zu finden war. Bei Crias lagen beide Nieren weiter kranial als bei den adulten Tieren (Abb. 28 und Abb. 29). Die rechte Niere lag unter dem Querfortsatz des 2.–4. Lendenwirbels, während die linke Niere unter dem 3.–5. Lendenwirbelquerfortsatz lag. Bei einem Cria lagen sie fast auf gleicher Höhe (2. Lendenwirbelquerfortsatz). Beide Nieren lagen lateral der Aorta abdominalis und der V. cava caudalis.

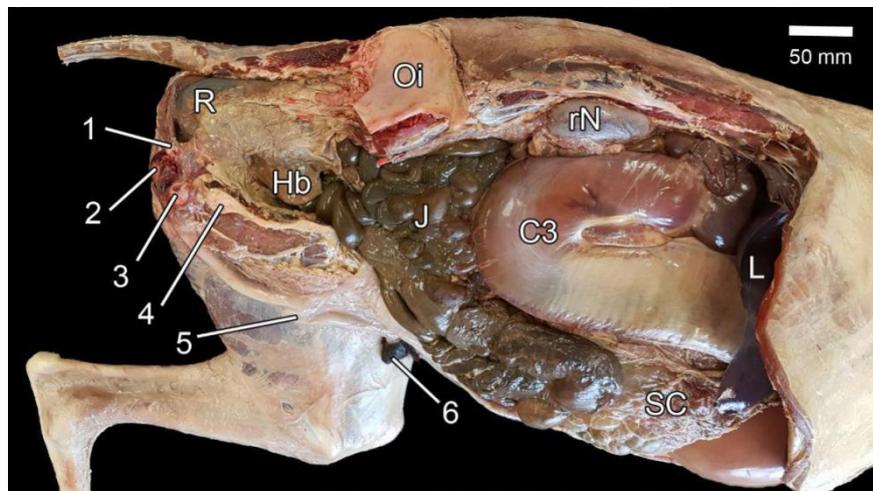


Abb. 26: Situs der Bauch- und Beckenorgane eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs von rechts, rechte Beckengliedmaße einschließlich des Beckenknochens abgenommen (bis auf Darmbeinflügel)

rN – rechte Niere, L – Leber, C3 – Kompartiment 3 des Magens, R - Rektum

SC – Säckchenzone des Magens, J – Jejunum, Hb – Harnblase, Oi – Os ilium

1 – Gl. bulbourethralis, 2 – M. bulbourethralis, 3 – Radix penis, 4 – Symphysis ischiadica,

5 – Flexura sigmoidea, 6 - Praeputium

Ventral der rechten Niere lag das Duodenum descendens, Jejunalschlingen und das Kompartiment 3 des Magens (*Abb. 26*). Ventral der linken Niere war das Kompartiment 1 des Magens und die Ansa distalis coli zu finden. Diese Organe versperrten dem Betrachter auch die Aufsicht auf die linke Niere bei einer Eröffnung der linken Bauchwand. Bei einigen Tieren zog sich über die Nieren eine Art Serosaduplikatur, in der sich eingelagertes Fett befand. Auf der rechten Seite zog diese von der Bauchwand an das Colon descendens (*Abb. 32*). Auf der linken Seite zog sie von der Bauchwand über die Nieren an die Ansa distalis coli und die Milz (*Abb. 30* und *Abb. 31*).

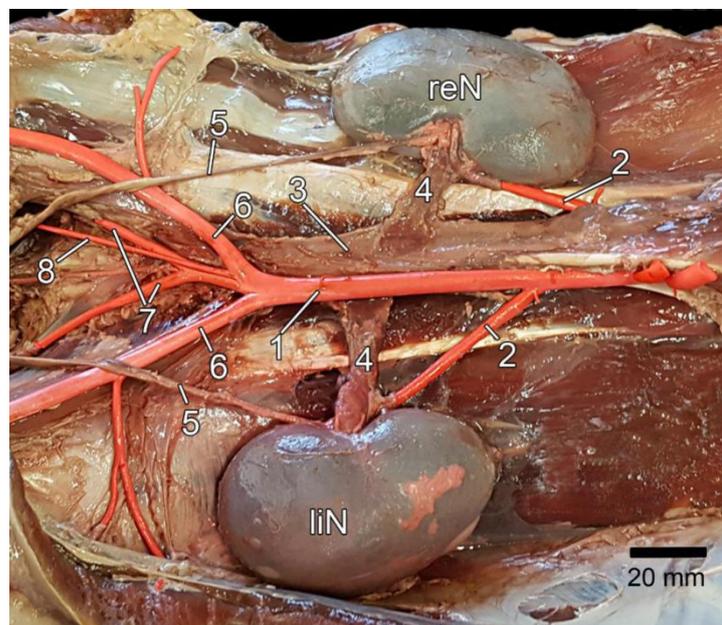


Abb. 27: Lage der Nieren im Bauchraum im Verhältnis zu den großen Bauchgefäßen. Alpaka Wallach, 12-14 Jahre, einseitig A. umbilicalis ausgegossen
reN – rechte Niere, liN – linke Niere, 1 – Aorta abdominalis, 2 – A. renalis,
3 – V. cava caudalis, 4 – V. renalis, 5 – Ureter, 6 – A. iliaca externa, 7 – A. iliaca interna, 8 –
A. umbilicalis dextra

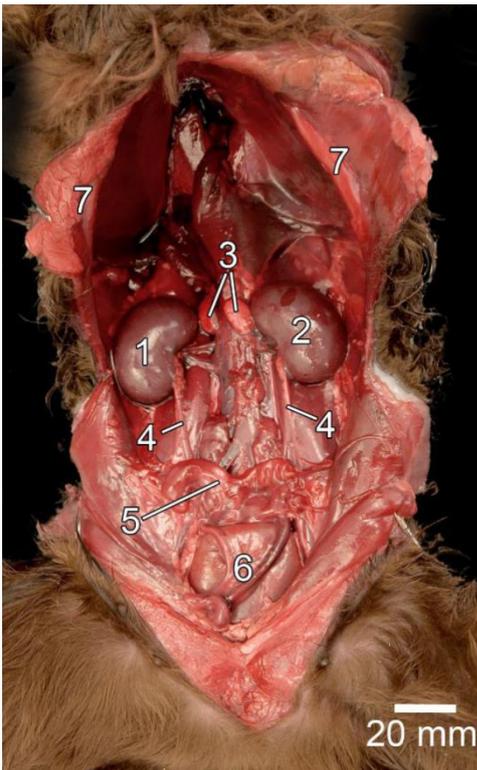


Abb. 28: Bauchraum mit Harnorganen, exentert, Alpaka weiblich, 1d alt

- 1 – rechte Niere
- 2 – linke Niere
- 3 – Nebennieren
- 4 – Harnleiter
- 5 – Gebärmutterhörner
- 6 – Harnblase mit Nabelarterien
- 7 – Rippenbogen

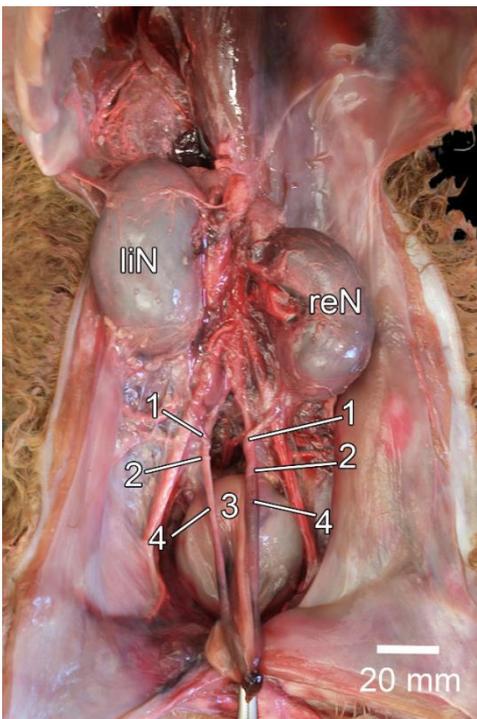


Abb. 29: Bauchraum mit Harnorganen, exentert, Alpaka männlich, 19 d alt

- liN – linke Niere
- reN – rechte Niere
- 1 – Ureter mit Umschlag um A. umbilicalis
- 2 – Ductus deferens, Umschlag um A.umbilicalis
- 3 – Harnblase, mit Klemme nach kaudal gezogen
- 4 – A. umbilicalis

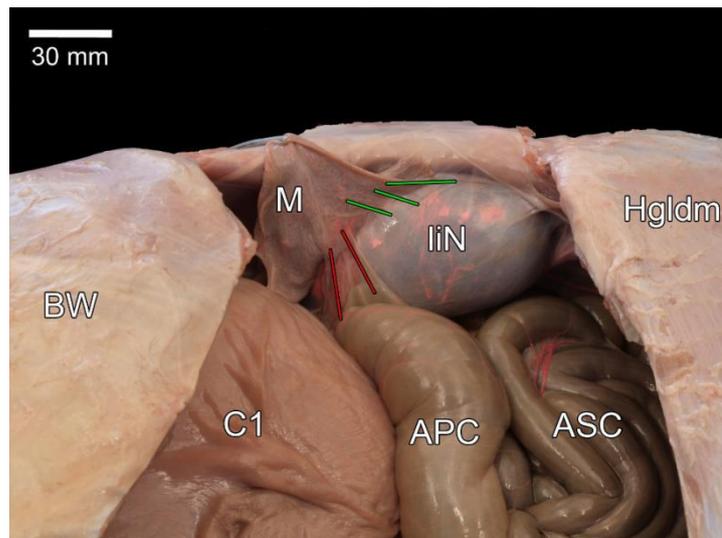


Abb. 30: Verbindung der linken Niere zu Milz und Colon, Alpaka, weiblich, 10 Monate alt
liN – linke Niere, M – Milz, APC – Ansa proximalis coli, ASC – Ansa spiralis coli,
C1 – Kompartiment 1 des Magens, BW – rippengestützte Brustwand,
Hgldm – Hintergliedmaße, grün: Lig. lienorenale, rot: Lig. lienocolicorenale¹

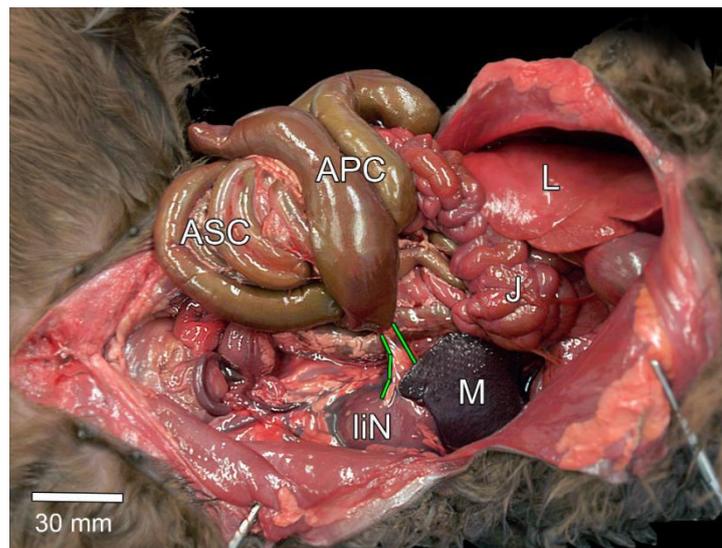


Abb. 31: Verbindung der linken Niere zu Milz und Colon, Alpaka, weiblich, 1 d alt
liN – linke Niere, M – Milz, J – Jejunum, L – Leber, APC – Ansa proximalis coli,
ASC – Ansa spiralis coli, grüne Streifen stellen Verbindung der ADC an M und liN dar

¹ Dieser Begriff ist nicht in den NAV enthalten. Benennung erfolgte durch Autorin!

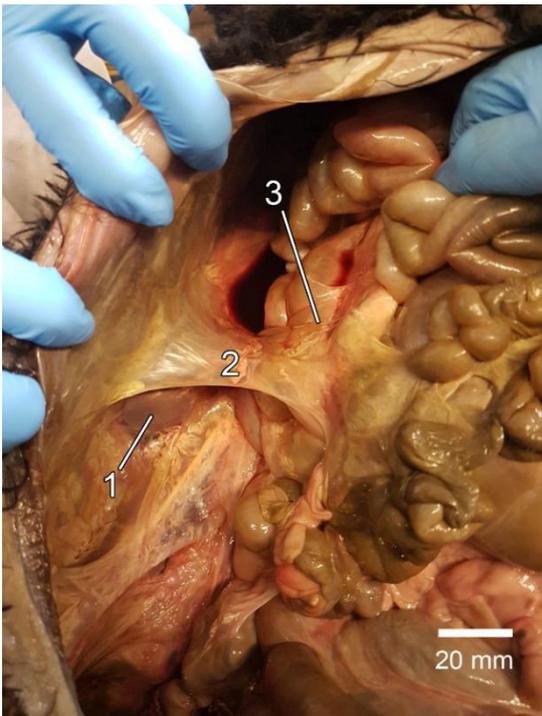


Abb. 32: Verbindung der rechten Niere an das Colon descendens, Alpaka männlich, 17 Jahre alt

1 – rechte Niere

2 – Serosaduplikatur an das Colon descendens

3 – Colon descendens

4.2.2 Verlauf des Ureters

Der Bauchteil der Harnleiter begann im Nierenbecken. Von dort aus zog er retroperitoneal dorsal in engem Kontakt zur Psoasmuskulatur. Die Ureteren strebten kaudoventral und medial auf die Blase zu. Der Beckenteil begann mit dem Eintritt des Harnleiters in die peritonäale Doppellamelle des lateralen Harnblasenbandes. Sie lagen dorsal der Hodengefäße beim männlichen bzw. der Eierstockgefäße beim weiblichen Tier. Weiter kaudal passierten sie ventral die A. circumflexa ilium profunda und die A. iliaca externa. Bei männlichen Tieren überquerte der Ureter den Ductus deferens dorsal. Die Harnleiter erreichten die dorsolaterale Oberfläche der Harnblase oberhalb des Harnblasenhalses. Bei Alpakastuten konnte beobachtet werden, dass die Harnleiter vor dem Eintritt in die lateralen Harnblasenbänder zunächst im Lig. latum uteri lagen.

4.2.3 Lage der Harnblase

Die Harnblase lag in leerem Zustand fast vollständig in der Beckenhöhle. Im gefüllten Zustand reicht sie über das Pecten ossis pubis, stark gefüllt bis fast zum Präputium. Dorsal der Harnblase befand sich bei Alpakastuten der Uterus und die Vagina, bei männlichen Tieren der Ductus deferens, der um den vorderen Rand der

Harnblasenbänder verlief. Dorsal darüber lag das Colon descendens bzw. das Rectum. Lateral und ventral der Harnblase kamen die Jejunalschlingen zu liegen und füllten diesen Raum aus. Die Harnblase besaß einen eigenen Bandapparat. Das median gelegene Lig. vesicae medianum führte von der Ventralseite der Harnblase nach ventral zur Symphysis pelvina und der Linea alba der Bauchwand. Von der Seitenwand der Harnblase aus zog zu beiden Seiten je ein Lig. vesicae laterale zur dorsolateralen Beckenwand. Bei den weiblichen Alpakas heftete es sich am Lig. latum uteri mit an. Der kraniale Rand der lateralen Harnblasenbänder war beim Alpaka wenig deutlich zum Lig. teres vesicae verdickt. Bei den für die Präparation verwendeten Crias konnten jeweils noch eine teils deutliche A. umbilicalis nachvollzogen werden, deren Rückbildung auf jeder Seite zum Lig. teres vesicae im adulten Tier führt. Durch ihre Lage im Tierkörper sind die Harnblasenbänder dreieckig. Die Harnblasenbänder sind alle peritonäaler Herkunft. Das Peritonäum stülpt sich von kranial über die Harnblase und bedeckt diese komplett.

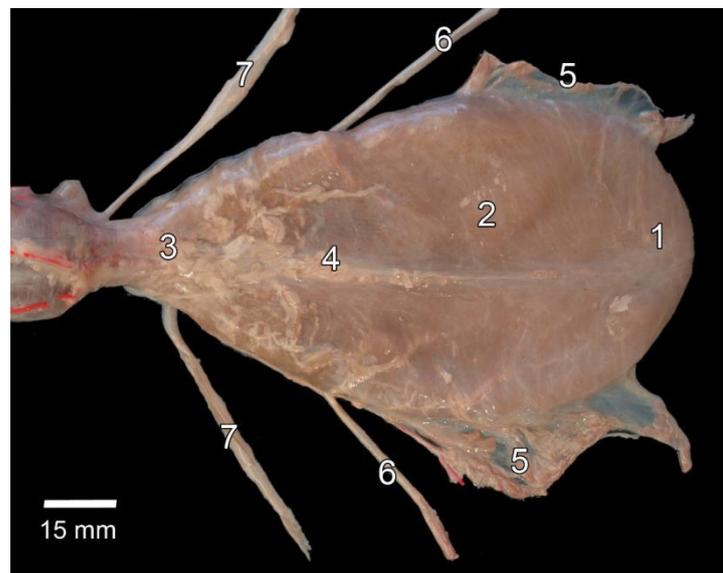


Abb. 33: Harnblase mit Bandapparat bei einem ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallach

- 1 – Apex vesicae, 2 – Corpus vesicae, 3 – Cervix vesicae,
4 – Ansatz des medianen Harnblasenbands, 5 – laterale Harnblasenbänder, 6 – Ureter,
7 – Ductus deferens

5 Diskussion

5.1 Methodik

5.1.1 Auswahl der Tiere

Die ausgewählten Alpakas stammen aus Körperspenden. Da diese Tiere in Deutschland überwiegend als Liebhabertiere gehalten werden, sind nur wenige Besitzer bereit, ihre verstorbenen Tiere der Wissenschaft zur Verfügung zu stellen. Dadurch erklärt sich die geringe Anzahl an Tierkörpern. Im Verlauf der Studie wurden Versuche unternommen, weitere Alpakas zu akquirieren, meist jedoch erfolglos. Für eine statistische Auswertung war die Tierzahl zu gering. Ein optimales Ergebnis könnte jedoch erzielt werden, wenn junge gesunde Tiere aus einem Schlachtbetrieb genutzt werden könnten. Diese Betriebe zu finden wird aber dadurch erheblich erschwert, weil die Züchter sich zu diesem Thema sehr bedeckt halten.

Die erhaltenen Tiere wurden nur dann in die Untersuchung eingeschlossen, wenn bei ihnen keine Veränderungen am Harntrakt zu erwarten waren. Die Tiere wurden aus Gründen euthanasiert, die nicht in Zusammenhang mit dem Harntrakt lagen (nicht korrigierbare Zahnveränderungen mit Beeinträchtigung der Futteraufnahme, Veränderungen am Bewegungsapparat, Fehlbildungen im Nasenbereich, Aggressivität gegenüber Menschen). Die Anatomie des Harntrakts der Tiere mit unbekannter Todesursache wurde ebenso wie die von Alpakas mit bekannter Todesursache untersucht. Da sich keine wesentlichen Unterschiede zu Tieren mit bekannter Todesursache zeigten, wurden diese Werte in die Studie aufgenommen. Bei einem Alpaka wurde eine unilaterale renale Agenesie festgestellt. Dieses ist daher als Sonderfall zu betrachten.

Für diese Studie wurden sowohl juvenile als auch adulte Tiere untersucht. Die systematische Anatomie wies bei beiden Gruppen keine sichtbaren Unterschiede auf, während sich die Lage der Nieren bei Crias deutlich von der adulter Alpakas unterschied.

5.1.2 Anatomische Präparation

Für die Darstellung der Anatomie des Harntrakts wurde zunächst eine einfache anatomische Präparation gewählt. Durch diese konnte ein genauerer Blick auf die

einzelnen Organe und deren Lage gewonnen werden. FOWLER und BRAVO (2010c) und GAULY und GERKEN (2019) beschreiben zwar die Lage und Größe der Nieren und listen in einer knappen Übersicht den restlichen Harntrakt auf, geben aber keine Information über den inneren Aufbau der Organe, die topographischen Lagebeziehungen zu Nachbarorganen oder die Blutgefäßversorgung. Die Anatomie der kleinen Wiederkäuer kann nicht herangezogen werden, da vor allem der Penis und die Lage der Nieren deutlich unterschiedlich sind. Die ultrasonographische Anatomie wurde bereits beschrieben (ANDERSON et al., 2013), aber auch hier fehlt eine makroskopische Basis des Harntrakts. Durch die einfache anatomische Präparation konnten die Organe und deren Zusammenhang dargestellt werden.

5.1.3 Lagerung des Materials

Die Lagerung der Organe bei 4°C in 10% Pökellake versetzt mit 0,005% Formaldehyd verhinderte das Verwesens des Probenmaterials. Dadurch konnte die Präparation des Materials über mehrere Tage erfolgen. Diese Art der Lagerung hat sich seit längerem bewährt, sowohl für Präparate des Bewegungsapparates (ALBERT, 2010; BÄNSCH, 2014; PFAFFENDORF, 2014), als auch für innere Organe (VATER und MAIERL, 2018). Die durch die Pökellake entstehenden Farbabweichungen konnten toleriert werden. Sie waren minimal und beeinflussten weder die makroskopische Anatomie, noch die Topografie.

5.1.4 Darstellung der Gefäße mit Latexmilch

Die Injektion von angefärbter Latexmilch in die Gefäße vereinfachte das Auffinden und Darstellen von Gefäßen enorm. Durch diese Methode konnten vor allem die feinen Gefäße am Ureter und der Blase und deren Stammgefäß klar kenntlich gemacht werden. Ein guter Kontrollpunkt für den Füllungsgrad der Gefäße bei der Ganzkörperinjektion über die A. carotis communis waren plantare Zehenarterien der Hintergliedmaße. Waren diese gefüllt, so konnte man davon ausgehen, dass auch der restliche Tierkörper gut injiziert war.

5.1.5 Erstellen von Korrosionspräparaten

Durch das Erstellen von Korrosionspräparaten konnte der Verlauf von Gefäßen in der Niere dargestellt werden und als dreidimensionales Gebilde betrachtet werden. Dadurch wurden auch Zusammenhänge klarer. Durch die Injektion konnten die Glomerula der Tiere vor allem in der Nierenrinde aufgefunden werden. Die Recessus pelvis konnten in ihrer vollen Größe sichtbar gemacht werden, was in einer normalen anatomischen Präparation nicht möglich gewesen wäre. Der Ausguss des Nierenbeckens ermöglichte so auch die sichere Einordnung der Alpakaniere in den Nierentyp „glatt-einwarzig“.

Allerdings entsteht bei übermäßiger Füllung des Nierenbeckens leicht die Gefahr, dass dieses erscheint wie bei einem Harnstau.

5.2 Vergleich der Anatomie des Harntrakts des Alpakas mit dem der Hauswiederkäuer

In der Denkweise der breiten Bevölkerung werden NWK meist in eine Gruppe mit den Hauswiederkäuern (Rind, Schaf, Ziege) eingeordnet. Aus diesem Grund lohnt es sich, den Harntrakt der Alpakas mit dem der Hauswiederkäuer zu vergleichen und zu betrachten, ob sich diese Einordnung bestätigen lässt.

Die Nieren der Rinder sind gefurcht und mehrwarzig. Im Gegensatz dazu sind die Nieren der Schafe und Ziegen glatt und einwarzig. Diese Einstufung hängt vom Verschmelzungsgrad der Nierenpapillen ab. Aus dem Verschmelzungsgrad der Niere kann keine Funktion abgeleitet werden (KÖNIG und LIEBICH, 2019). Die Nieren der Alpakas entsprachen nach den Ergebnissen dieser Studie weitgehend denen der Schafe und Ziegen. Auch ihre äußere Form, die Farbe und die leicht abgeflachte Facies dorsalis erinnerten an die Nieren der Schafe und Ziegen. Dies bestätigten auch die Korrosionspräparate der Nierenbecken mit ihren deutlich sichtbaren Recessus terminales. Ein klarer Unterschied zwischen den Nieren der Alpakas und denen der Hauswiederkäuer liegt in ihrer Lage im Bauchraum. Die Nieren der Alpakas liegen auf Höhe der Lendenwirbel (rechte Niere: 4.-6. Lendenwirbel, linke Niere 5.-7. Lendenwirbel), während die der Hauswiederkäuer deutlich weiter kranial liegen (Rind: rechte Niere 12. Interkostalraum – 2./3. Lendenwirbel, linke Niere 2./3. Lendenwirbel – 5. Lendenwirbel; Ziege und Schaf: rechte Niere:

13. Interkostalraum – 2. Lendenwirbel, linke Niere: 4.-5. Lendenwirbel) (NICKEL et al., 2004). Die linke Niere der Alpakas beginnt somit erst dort, wo die der Hauswiederkäuer endet. Am deutlichsten jedoch ist die anatomische Besonderheit, dass durch den großen Platzbedarf des Pansens, die linke Niere der Hauswiederkäuer nach rechts verschoben wird. Ebenso verlagert sich ihr Hilus durch eine 90° Drehung nach dorsal. Die linke Niere liegt durch diese Verschiebung intraperitonäal, das heißt sie liegt zwar noch außerhalb der Bauchfellhöhle, aber wird komplett vom Peritonäum umschlossen (PFARRER et al., 2017). Alpakas besitzen zwar auch einen großen, mehrhöhligen Magen (VATER und MAIERL, 2018), aber dieser verdrängt die linke Niere nicht nach rechts. Vielmehr ist zu überlegen, ob der Magen der Kameliden allgemein dafür verantwortlich ist, dass die Nieren deutlich weiter kaudal liegen, als bei anderen Haussäugetieren. Dafür spricht, dass die Nieren der Crias ca. 2 Lendenwirbel weiter kranial liegen, als die der adulten Alpakas. Im Zuge des Wachstums des Magenkompartiments 1 der Crias erscheint es, als würde die Lendenwirbelsäule nach kranial über die Nieren „hinweg wachsen“, während diese in ihrer Lage verharren und dadurch dem Magen den nötigen Platz schaffen. Deswegen liegen die Nieren bei den Adulten 2 Lendenwirbel weiter kaudal als bei den Crias. Gegen die These, dass der Magen für die weiter kaudale Lage der Nieren verantwortlich ist spricht allerdings, dass die Verschiebung der Nieren bei den Hauswiederkäuern deutlich sichtbar ist, während dies bei den Alpakas nicht der Fall ist. Der Ureter der verschobenen Niere verläuft bei den Wiederkäuern nicht direkt, sondern in einer leichten Kurve nach kaudal zur Harnblase (PFARRER et al., 2017). Es existiert bei den Wiederkäuern quasi mehr Ureterlänge als nötig wäre. Dadurch wirkt es optisch, als ob die Niere tatsächlich verschoben wurde. Die Harnleiter der Alpakas jedoch verlaufen zielstrebig auf die Harnblase zu und der Hilus der Alpakaniere ist auch nicht nach dorsal verdreht. So könnte es sein, dass die Länge des Harnleiters den limitierenden Faktor darstellt.

Durch die oben genannte Drehung und Verschiebung der linken Niere verläuft bei den Rindern der Ureter über die Facies ventralis der Niere (PFARRER et al., 2017). Die Ureteren der Alpakas verlassen die Nieren im Hilus und ziehen in retroperitonäaler Lage kaudal, um im Becken intraperitonäal die Harnblase zu erreichen, ohne jedoch die Niere ein weiteres Mal zu berühren.

Der Recessus urethralis ist allen männlichen Tieren dieser vergleichenden Betrachtung zwischen Wiederkäuern und NWK gemein. Er ist ein Blindsack der Urethra und liegt auf Höhe des Umschlagpunktes der Urethra um den Arcus ischiadicus. In ihn münden bei den Hauswiederkäuern die Ausführungsgänge der Glandulae bulbourethrales (NICKEL et al., 2004). Bei den Alpakas hingegen enden die Ausführungsgänge der Bulbourethraldrüsen nicht im Recessus urethralis selbst, sondern unmittelbar vor dessen Mündung in die Urethra.

Die Geschlechtsdrüsen selbst sind ein weiterer Unterschied zwischen den Hauswiederkäuern und den Alpakas. Während die männlichen Hauswiederkäuern ein komplettes Set akzessorischer Geschlechtsdrüsen aufweisen (Ampulla ductus deferentis, Glandula vesicularis, Prostata und Glandulae bulbourethrales) (NICKEL et al., 2004), besitzen Alpakas lediglich eine Prostata und eine paarig angelegte Glandula bulbourethralis. Mit diesen vergleichsweise wenigen akzessorischen Geschlechtsdrüsen erreichen die Alpakas ein Ejakulatsvolumen von 0,5-3,5 ml (HANZEN et al., 2014). Kleine Wiederkäuer sind in etwa gleich groß und besitzen die volle Anzahl an Geschlechtsdrüsen. Sie erreichen jedoch nur ein Volumen von 0,3-3 ml (Schaf) bzw. 0,7-1 ml (Ziege) (BUSCH und BADER, 2001). Dies zeigt, dass das Ejakulatsvolumen nicht zwingend mit der Anzahl der akzessorischen Geschlechtsdrüsen zusammenhängt.

Während der Penisschaft der Hauswiederkäuer dem der Alpakas sehr ähnlich ist, zeigen sich an der Glans penis doch deutliche Unterschiede. Die Glans penis der Alpakas setzte sich nicht deutlich vom Corpus penis ab. Es war ein fließender Übergang vom Penis in die Eichel, bis sich die Glans an ihrem Ende schließlich in das Tuberculum spongiosum und einen noch längeren Processus urethrae teilte. Der Processus urethrae an sich war ein fester, bindegewebiger Fortsatz, der eine Biegung im Uhrzeigersinn besaß. Neben ihm lag das kurze, spitze Tuberculum spongiosum. Zwischen diesen beiden Strukturen befand sich das Ostium urethrae externum.

Im Vergleich dazu befindet sich das Ostium urethrae externum der Hauswiederkäuer an der Spitze des Processus urethrae. Die Urethra verläuft also innerhalb des Processus nach distal. Des Weiteren dreht sich der Processus urethrae gegen den Uhrzeigersinn und ein Tuberculum spongiosum fehlt den Hauswiederkäuern komplett.

Demnach ist zu überlegen, ob die bisher verwendete Bezeichnung des Processus urethrae beim Alpaka bzw. auch beim Lama überhaupt sinnvoll ist. Ein Processus urethrae zeichnet sich dadurch aus, dass in ihm die Urethra verläuft. Dies ist bei den NWK aber nicht gegeben. Vielmehr ist zu überlegen, ob dieser Fortsatz nicht als Processus glandis² bezeichnet werden sollte, um jede Verwechslung zu vermeiden.

Die ganze Glans penis des Hauswiederkäuers wirkt, als ob sich die Glans penis gegen den Uhrzeigersinn dreht. Deutlich wird das an der Raphe penis, die sich quasi um die Glans schlingt (NICKEL et al., 2004). Die Raphe penis fehlt den Alpakas komplett.

Bei Harnsteinen im Processus urethrae der kleinen Wiederkäuer ist es eine gängige Behandlungsmethode, diesen nach fehlgeschlagenem Ausmassieren der Steine zu amputieren (BOSTEDT und DEDIÉ, 1996). Dieses Vorgehen sollte bei Alpakas unbedingt unterlassen werden. Zum einen endet die Urethra vor dem Processus urethrae und dem Tuberculum spongiosum, zum anderen zieht das Corpus cavernosum und das Corpus spongiosum in diese zwei Fortsätze hinein (Abb. 23). Eine Amputation wäre somit nicht nur sinnlos, sondern auch sehr schmerzhaft für das Tier. Durch das Öffnen der Fortsätze würde eine starke Blutung provoziert. Darüber hinaus könnte durch die Wunde eine aufsteigende Infektion des Penisgewebes beginnen.

Der letzte deutliche Unterschied zwischen den männlichen Alpakas und den Hauswiederkäuern besteht im Präputium und dessen Muskulatur. Das Ostium praeputiale weist bei den Alpakas nach kaudal. Das Ostium urethrae externum auf der Glans penis aber nach kranial. Beim Urinieren lenkt das Präputium den Harnstrahl dann nach kaudal ab. Bei sexueller Erregung zieht der sehr stark ausgeprägte M. praeputialis cranialis das Präputium nach kranial, sodass der Deckakt stattfinden kann. Neben dem M. praeputialis cranialis besitzt das Alpaka auch noch einen M. praeputialis lateralis und einen M. praeputialis caudalis, die aber nicht so deutlich ausgeprägt sind. Das Präputium der Hauswiederkäuer hingegen ist im Ruhezustand bereits nach kranial ausgerichtet. Dadurch bedarf es auch keiner so stark ausgeprägten Präputialmuskulatur wie beim Alpaka. Ein M. praeputialis lateralis

² Der Begriff wurde von der Autorin vorgeschlagen, er stellt keinen Terminus der NAV dar.

fehlt ihnen ganz, ebenso fehlt der *M. praeputialis caudalis* bei allen hornlosen Rinderrassen (PFARRER et al., 2017).

Anhand dieser acht Merkmale lässt sich deutlich zeigen, dass der Harntrakt der Alpakas sich von dem der Rinder, Ziegen und Schafe deutlich unterscheidet. Zurückzuführen ist dies sicherlich auf ihre unterschiedliche Herkunft und Evolution. Sie weisen aber auch einige Parallelen auf (*Recessus urethralis*, *Penistyp*, *Flexura sigmoidea*). Bei der medizinischen Behandlung der NWK muss in jedem Fall immer darauf geachtet werden, dass sich Alpakas und Hauswiederkäuer anatomisch stark unterscheiden.

5.3 Vergleich der Ergebnisse dieser Studie mit der bekannten Literatur

Bisher wurden die Kenntnisse über die Anatomie des Harntrakts der Altweltkameliden und der Lamas auf das Alpaka übertragen, ohne zu diesem speziellen Tier eigene anatomische Studien durchzuführen. Mit dieser Doktorarbeit wurde nun der Fokus auf den Harntrakt speziell der Alpakas gelegt. Im Verlauf dieser Studie wurde vieles bestätigt, was von anderen Kameliden bekannt war und auf die Alpakas angewandt werden konnte. Teils wurde dieses bekannte Wissen auch noch vertieft. Jedoch wurden auch einige Unterschiede deutlich, auf die nun genauer eingegangen werden soll.

Die Nieren der Alpakas sind deutlich leichter als die der Lamas. Während diese bei den untersuchten adulten Alpakas zwischen 97 und 130 g schwer waren, wiegen die Nieren der Lamas zwischen 120 und 170 g. Dieser Gewichtsunterschied könnte primär darauf zurückzuführen sein, dass Alpakas kleiner sind als Lamas. Während Alpakas eine Widerristhöhe zwischen 0,76 und 0,96 m und ein Gewicht zwischen 55-90 kg haben, liegt die Widerristhöhe bei Lamas zwischen 1,02 und 1,17 m und das Gewicht zwischen 113-250 kg (FOWLER und BRAVO, 2010a).

Ein weiterer Unterschied zum Lama liegt darin, dass die *A. umbilicalis* bei den Alpakas einen anderen Ursprung hat. Diese Arterie, die u. a. Äste an die Harnblase und die Gebärmutter abgibt zweigt bei den Alpakas kurz nach dem Abgang der *Aa. iliacae externae* aus der *Aorta abdominalis* ab, noch bevor diese sich in die *Aa. iliacae internae* aufzweigt. Bei den Lamas zweigt sie 10-20 mm distal des Ursprungs aus der *A. iliaca interna* ab.

Eine ganze Reihe von Unterschieden ließ sich in Bezug auf die akzessorischen Geschlechtsdrüsen bei diesen beiden Tiergruppen feststellen. In der Literatur wurde bereits erwähnt, dass die Prostata bei den Kameliden, sowie im Spezielleren auch bei den Lamas und Alpakas H-förmig (zwei laterale Schenkel mit Einziehungen kranial und dorsal) sei (FOWLER und BRAVO, 2010b; SMUTS und BEZUIDENHOUT, 1987; TIBARY und VAUGHAN, 2006). Im Verlauf der vorliegenden Untersuchung war jedoch festzustellen, dass die Prostata der Alpakas nicht einmal andeutungsweise H-förmig ist. Sowohl bei den untersuchten Wallachen, als auch bei dem Hengst erschien die Prostata platt rund bis oval und zeigte weder kranial noch dorsal eine Einziehung.

Die Ausführungsgänge der Gll. bulbourethrales befanden sich bei den Alpakas dorsal bis lateral in der Urethra, ventral zur Drüse. Sie liegen damit kranial des Recessus urethralis. Nach SMUTS und BEZUIDENHOUT (1987) liegen die Ausführungsgänge dieser Drüse bei den Dromedaren am freien Rand des Recessus urethralis und somit ein ganzes Stück weiter kaudo-ventral auf Höhe des Arcus ischiadicus. Des Weiteren wird hier beschrieben, dass sich der M. bulbourethralis über die Gll. bulbourethrales legt. In dieser Doktorarbeit wurde festgestellt, dass der M. bulbourethralis auf dem Bulbus penis lag. Er schob sich ein Stück weit nach kranial, jedoch lagen die Bulbourethraldrüsen frei und hatten kaum Kontakt zum Muskel. Stattdessen wirkte die Oberfläche als ob sie von einem eigenständigen Muskel überzogen wäre. Dieser Überzug bestand augenscheinlich aber aus Bindegewebe. Daher kann es kommen, dass manche Autoren den Eindruck hatten, dass die Gll. bulbourethrales vom M. ischiocavernosus überzogen waren.

ANDERSON et al. (2013) beschreibt die Untersuchungsmöglichkeiten an den Geschlechtsdrüsen der NWK. Er gibt an, dass durch die Überlagerung der Gll. bulbourethrales durch den M. bulbourethralis diese Drüse im Ultraschallbild wie durch einen Halbmond umgeben erscheint. Dies erleichtert das Auffinden der Drüsen ungemein. In dieser Studie wurde jedoch festgestellt, dass dieser Muskel die Drüsen kaum berührt. Deswegen sind die Gll. bulbourethrales bei den NWK mitunter sonographisch nur schwer auffindbar.

Diese Unterschiede zeigen deutlich, dass die anatomischen Besonderheiten anderer Kameliden nicht pauschal auf das Alpaka übertragen werden können und das Alpaka daher als eine eigenständige Spezies zu betrachten ist. Die Ursache dafür liegt

sicherlich darin, dass das Alpaka aus einem anderen Lebensraum stammt, als die anderen Kameliden. Dies gilt auch für Lamas. Während das Alpaka in Höhen zwischen 400-4800 m ü. NN lebt, ist das Lama zwischen 2300-4000 m ü. NN. Dadurch ergibt sich auch eine unterschiedliche Ernährung (FOWLER und BRAVO, 2010a). Diese räumliche Trennung und die lange Entwicklung der Tiere führte wahrscheinlich zu einer deutlichen Ausdifferenzierung der spezifischen Anatomie innerhalb der Gruppe der Neuweltkameliden. Noch deutlicher ist dieser Effekt gegenüber den Altweltkameliden. Dieser Umstand muss bei der Untersuchung und etwaiger chirurgischer Intervention berücksichtigt werden. Bisher geben jedoch die meisten Lehrbücher (FOWLER und BRAVO (2010b), CEBRA (2014), ANDERSON et al. (2013)) nicht explizit an, ob es sich bei den aufgeführten Informationen um Daten von Lamas oder Alpakas handelt.

5.4 Klinisch angewandte Anatomie des Harntrakts der Alpakas

5.4.1 Bandstrukturen der Niere in Zusammenhang mit Koliken

In Kapitel 4.2.1 werden Bandstrukturen an der Niere beschrieben. Auf der rechten Seite reichte diese Struktur bei einigen der Tiere von der Nierenkapsel an das Colon descendens. Auf der linken Seite verlief diese Serosaduplikatur von der Milz aus an die Ansa distalis coli und an die Nierenkapsel. Durch diese Bänder ergeben sich Taschen, in die hinein sich einzelne Darmabschnitte verlagern könnten. Eine derartige Verlagerung könnte zu einer Kolik führen, wenn die Darmanteile sich nicht mehr selbstständig in ihre physiologische Lage zurückverlagern können. Durch ihre Lage in der Bauchhöhle kämen hierfür vor allem Jejunalschlingen und Anteile der Colonspirale in Frage. Die Jejunalschlingen liegen sehr beweglich in der Bauchhöhle und können durch Eigenmotalität und Bewegungen des Tieres in diesen Bändertaschen zu liegen kommen. Die Colonspirale ist allerdings in ihrem Verbund relativ lagestabil. Die zu erwartenden Symptome einer solchen Inkarzerationen sind die einer Kolik.

Differentialdiagnostisch muss aber berücksichtigt werden, dass eine Kolik nicht nur durch Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes hervorgerufen werden kann, sondern auch vom Harn- und Geschlechtstrakt ausgehen kann (GERBER und STRAUB, 2016). Alpakas zeigen Koliken aus den gleichen Gründen wie andere

Tiere. Durch die Dehnung von mesenterialen Bändern, Organkapseln, Muskelkrämpfen oder Ischämie werden Dehnungsschmerz-Rezeptoren aktiviert. Gründe für Koliken bei NWK sind Gaskoliken, Dehnung von Organkapseln (Niere, Harnblase, Harnleiter), Rotation der Mesenterialwurzel, Defekte der Körperwand, Zwerchfeldefekte, Invagination, Uterustorsion oder intraabdominale Verwachsungen (GAULY und GERKEN, 2019). Inkarzerationen von Darmabschnitten in die Bandstrukturen an der Niere wurden bisher noch nicht veröffentlicht. Es ist jedoch anzunehmen, dass eben diese Inkarzerationen auch unter „intraabdominale Verwachsungen“ eingeordnet werden, da bisher die Bänder der Niere bei Alpakas noch nicht beschrieben wurden. Dass solche Verlagerungen und die daraus folgende Inkarzeration aber vorkommen kann, zeigt das Beispiel der Pferde. Bei diesen Tieren kann sich die linke Kolonlage über das Milz-Nieren-Band verlagern. Durch diese Verlagerung kann eine Inkarzeration entstehen und das Lumen wird abgedrückt. Dadurch kann das Gas nicht entweichen und das Organ dehnt sich aus. Dieser Dehnungsreiz und die zusätzliche Ischämie durch die Komprimierung der Blutgefäße lösen eine Kolik aus (GERBER und STRAUB, 2016).

5.4.2 Prädestinierte Stellen im Harntrakt für Obstruktionen

Der Harntrakt der männlichen Alpakas enthält Engstellen. Diese bergen ein hohes Risiko, dass sich dort Konkremeente festsetzen und den Harnweg blockieren. Bei weiblichen Tieren ist dieses Risiko kaum gegeben, da das Lumen ihrer Harnröhre weiter ist. Des Weiteren ist die Strecke bis zum Ostium urethrae externum viel kürzer als bei den männlichen Alpakas. CEBRA (2014) und KINGSTON und STÄEMPFLI (1995) nennen als Engstellen im Harntrakt von männlichen NWK das Trigonum vesicae, die Flexura sigmoidea und den Übergang der Harnröhre vom Penis in die Glans penis. FOWLER und BRAVO (2010c) nennen als Stellen für die Blockade des Harnwegs ebenso den Übergang vom Penis in die Glans, aber für sie ist die eigentliche Stelle mit der höchsten Prävalenz die Umschlagstelle der Urethra um den Arcus ischiadicus. Das Trigonum vesicae als solches ist eine eher ungenaue Ortsangabe. Es bleibt offen, ob die Autoren damit die Uretermündung meinen oder das Ostium urethrae internum. Die Uretermündung als solche ist ein schlitzförmiger Spalt von ca. 1 mm Durchmesser. Konkremeente, die sich bereits im Nierenbecken gebildet haben, könnten sich hier festsetzen. Das Ostium urethrae internum

hingegen wirkte bei den männlichen Alpakas groß (2-3 mm). An dieser Stelle könnten sich nur große Konkremente festsetzen

Im weiteren Verlauf der Pars pelvina der Urethra schlug sich diese um den Arcus ischiadicus am Beginn des Penis. An dieser Stelle befindet sich der Recessus urethralis. Dieser ist eine Art Blindsack der Urethra und weist nach kranio-dorsal entgegen der Harnflussrichtung. Seine Lage engt an dieser Stelle die eigentliche Urethra stark ein, sodass nur noch ein Lumen von ca. 2 mm für den Urinfluss bleibt. Die in Fallberichten beschriebene Steingröße variiert zwischen 1 mm und 5 mm. Größere Steine können sich somit an dieser Stelle festsetzen und den Harnweg komplett verschließen. Der Harnweg wirkt an dieser Stelle eher so, als würde er von distal kommend blind im Recessus urethralis enden. Der eigentliche Harnweg zweigt von Beginn des Recessus ab. Dies ist auch die Schwierigkeit bei einem Behandlungsversuch der Obstruktion durch Katheterisierung. FOWLER und BRAVO (2010c) halten die Katheterisierung bis in die Blase für nicht realisierbar. Durch den Verlauf der Urethra führt eine Katheterisierung automatisch zum Einführen des Katheters in den Recessus urethralis. DUNCONSON (2014) rät dazu, einen Versuch der Katheterisierung zu unternehmen. In der vorliegenden Studie wurde festgestellt, dass der Recessus ca. 10–15 mm unter der Oberfläche des M. bulbourethralis liegt. Darüber liegt in situ noch die Haut des Tieres. Durch einen Druck auf diese Stelle am Tierkörper, könnte es vereinfacht werden, den Katheter am Recessus urethralis vorbei zu „lenken“. Zu starker Druck kann die Passage des Katheters allerdings verhindern. Ein leichter Druck und eine vorsichtige Spülung der Urethra vor dem Recessus urethralis könnte helfen, diese Stelle zu passieren.

Die Flexura sigmoidea des Penis wird auch als Engstelle beschrieben. Ebenso soll sich vor dieser auch eine Engstelle befinden (CEBRA, 2014). Während dieser Arbeit wurde festgestellt, dass sich der Harnröhrendurchmesser hier von 1,5 mm auf 1 mm verengt, ehe er in der Flexura sigmoidea selbst wieder auf 1,5 mm ansteigt. Dadurch könnten Konkremente, die andere proximale Engstellen bereits passiert haben an dieser Stelle zu liegen kommen. Die letzte Verengung im Verlauf der Harnröhre wird am Übergang des Penis in die Glans beschrieben (CEBRA, 2014; KINGSTON und STÄEMPFLI, 1995). An dieser Stelle konnte in der vorliegenden Untersuchung keine Veränderung des Durchmessers im Sinne einer Einengung festgestellt werden, sondern ein konstant zum Ostium urethrae externum enger werdendes Urethralumen.

Dadurch werden dementsprechend große Konkremente – je nach Durchmesser – auch hier hängen bleiben.

Die in der Literatur genannten Engstellen konnten somit alle als mögliche Ablagerungsstellen für Harnkonkremente bestätigt werden. Die Engstellen proximal der Flexura sigmoidea und am Übergang von Penis in die Glans sind chirurgisch leicht erreichbar, da sie direkt unter der Haut liegen. Der Recessus urethralis hingegen wird vom M. bulbourethralis bedeckt und die Stelle, an der die Harnkonkremente zu liegen kommen, befindet sich noch kranio-ventral davon und ist somit noch schlechter zugänglich als der Recessus an sich. Für eine Behandlung einer möglichen Blockade des Harnabflusses in Ureter oder Harnblase ist hingegen ein großer Eingriff nötig, bei dem die Bauchhöhle eröffnet werden müsste, falls ein endoskopisches Vorgehen nicht möglich ist.

5.4.3 Nierenbiopsie

Mit Hilfe einer perkutanen Biopsie lassen sich die Ursachen von infiltrativen Nierenerkrankungen, Nierenversagen, Hämaturie und Proteinurie klären (FOSSUM und DUPREY, 2009). Bei ANDERSON et al. (2013) und FOWLER und BRAVO (2010c) wird beschrieben, dass zur weiteren diagnostischen Abklärung von Nierenerkrankungen die Möglichkeit einer Nierenbiopsie besteht. Der Vorgang und eine gute Stelle für die Biopsieentnahme werden jedoch nicht genannt. Es wird lediglich empfohlen, die Biopsie unter Ultraschallkontrolle durchzuführen. Andere Quellen über Nierenbiopsien bei Neuweltkameliden gibt es nicht. Daher soll im Folgenden versucht werden, die Methode der Nierenbiopsieentnahme beim Kleintier an das Alpaka zu adaptieren. FOSSUM und DUPREY (2009) empfehlen eine ultraschallgeführt perkutane Biopsieentnahme. Für die Entnahme an sich empfehlen sie eine Biopsienadel mit Springfeder, da diese mit einer Hand bedienbar ist. Für den Eingriff wird der Patient in ventrodorsale Lage verbracht und das Areal über der rechten Niere geschoren. Für den Eingriff empfiehlt sich eine starke Sedierung oder Vollnarkose. Der Bereich wird aseptisch vorbereitet und über die Ultraschallsonde ein steriler Schutz gezogen. Mit dieser wird die Niere lokalisiert und untersucht. Wenn die Stelle für die Biopsie festgelegt ist, wird dort eine Inzision durch die Haut mit einem Skalpell durchgeführt. Das Biopsieinstrument wird in den Schnitt eingeführt und bis auf die Nierenkapsel vorgeschoben. Da man für eine Nierenbiopsie vor allem

Nierenrindengewebe benötigt, soll die Nadel weit lateral durch die Niere geführt werden. Die Nadel wird durch die Nierenkapsel gestoßen, um ein Abrutschen zu vermeiden. Die Biopsienadel wird aktiviert und durch die Haut zurückgezogen. Die Probe wird aus dem Nadelkonus entnommen und in 10%ige Formalinlösung gelagert. Bezieht man diese Vorgehensweise auf das Alpaka, kommt man zu folgendem Ergebnis. Da Alpakas eher schreckhaft reagieren, sollte man der starken Sedation eine Lokalanästhesie hinzufügen, beziehungsweise die Vollnarkose nutzen. Nachdem das Tier rasiert ist, findet man die rechte Niere ventral des 4. bis 6. Querfortsatz der Lendenwirbelsäule. Ventral des 5. Querfortsatzes liegt die Niere am weitesten lateral, direkt unter der Haut. Es ist einfacher die rechte Niere zu biopsieren, da man hier die Gefahr geringer ist, andere Organe zu schädigen. Die enge Lagebeziehung der linken Niere zur Milz und der Ansa distalis coli erschwert den Zugriff auf diese. Die linke Niere ist unter dem Querfortsatz des 5. bis 7. Lendenwirbels zu finden und hat die am weitesten laterale Stelle unter dem 6. Querfortsatz. Die Alpakas, die in dieser Studie untersucht wurden, hatten keine stark ausgeprägte Capsula adiposa. Daher ist bei der Inzision mit dem Skalpell darauf zu achten, nicht versehentlich die Niere direkt zu beschädigen. Dies ist vor allem bei Jungtieren und Tieren wichtig, deren Ernährungszustand schlecht ist. Kontraindikationen sind Gerinnungsstörungen, große intrarenale Zysten, perirenale Abszesse und obstruktive Uropathien. Durch eine leichte Diuresemedikation kann das Risiko einer Gerinnselbildung gesenkt werden (FOSSUM und DUPREY, 2009).

5.5 Fazit

Während dieser Doktorarbeit wurde die Anatomie des Harntrakts bei neun Alpakas makroskopisch untersucht. Für eine allgemein gültige Aussage über die Anatomie ist diese Tierzahl zu gering, aber es konnte eine Grundlage für Studierende, Tierärzte und Tierhalter geschaffen werden, um sich über den Harntrakt der Alpakas zu informieren. Mit Hilfe von Schemazeichnungen, Fotografien und Text konnte so der Harntrakt dargestellt werden.

Deutlich mehr Informationen sind über Altweltkameliden in der Literatur vorhanden. Mit dieser Arbeit konnten die Unterschiede in der Anatomie des Harntrakts zwischen den beiden Gruppen aufgezeigt werden. Auch konnten strittige Punkte in der

Literatur über den Harntrakt der Alpakas geklärt werden, wie z. B. Stellen, an denen sich besonders leicht Urolithen festsetzen können.

5.6 Ausblick

Für ein vollständiges anatomisches Bild des Harntrakts der Alpakas sind noch weiterführende Untersuchungen einschließlich der Histologie von Nieren und akzessorischen Geschlechtsdrüsen nötig. Dazu wäre es optimal, die Proben vor Ort am kurz zuvor euthanasierten Tierkörper zu entnehmen. Dies ist aber in den seltensten Fällen möglich, da die gespendeten Tiere aus Hobbyhaltungen stammen und ein Öffnen des Tieres vor Ort nicht möglich ist. Optimal wäre die Nutzung von Proben von Schlachttieren. Im Laufe dieser Doktorarbeit wurde versucht, über diesen Weg an Probenmaterial zu kommen. Es stellte sich jedoch schnell heraus, dass die Nutzung von Alpakas für die Fleischproduktion bei den deutschen Züchtern auf starke Ablehnung stößt. Die wenigen Züchter, die dies tun, halten sich stark bedeckt. Hier wäre es nötig, den Tierhaltern ins Gedächtnis zu rufen, wie wichtig die Grundlagenforschung ist, da sie allen Alpakas zu Gute kommt. So könnte die Bereitschaft zu Körperspenden steigen. Die private Haltung von Alpakas in Deutschland muss nicht beim Amt gemeldet werden. Da sich Alpakas beziehungsweise NWK allgemein aber mit den gängigen Wiederkäuserseuchen infizieren können, wäre hier eine gesetzliche Nachbesserung in seuchenhygienischer Hinsicht sinnvoll. Dadurch könnte nicht nur das Ausbreitungsrisiko für Tierseuchen gesenkt werden, sondern man hätte auch eine offizielle Tierzahl der in Deutschland gehaltenen Alpakas. Um die Arbeit zu vervollständigen, ist es nötig den Harntrakt von weiteren Alpakas zu untersuchen. Dadurch kann die Datengrundlage erweitert und allgemeingültige Aussagen getroffen werden.

Trotz der oben genannten Punkte bietet diese Doktorarbeit einen genauen Blick auf die Anatomie des Harntrakts der Alpakas, an der sich Studenten, Tierärzte und Tierhalter orientieren können.

6 Zusammenfassung

Das Ziel dieser Arbeit war es, die systematische und topografische Anatomie des Harntrakts der Alpakas zu untersuchen und zu beschreiben. Außerdem sollten die gewonnenen Erkenntnisse mit der bekannten Literatur über Kameliden und Hauswiederkäuer verglichen und in klinischen Kontext gesetzt werden.

Die untersuchten Tiere stammten von Privatpersonen und aus der Klinik für Wiederkäuer der LMU. Der Harntrakt von 9 Alpakas wurde makroskopisch untersucht und nach gängigen Methoden präpariert. Zunächst wurde die Lage des Harntrakts in situ im Bauchraum präpariert und dargestellt. Danach wurden die Organe entnommen und einzeln präpariert. Zur Darstellung der Gefäßversorgung wurden 3 Alpakas über die A. carotis communis mit roter Latexmilch injiziert. Die Nierenbecken von 5 und die Nierengefäße von 3 Tieren wurden mit Kunstharz auf Epoxidbasis injiziert und als Korrosionspräparat genutzt. Zur Darstellung des inneren Aufbaus der Niere wurden Gefrierschnitte in verschiedenen Ebenen angefertigt. Für die Präsentation wurden die Ergebnisse fotografisch festgehalten und Schemazeichnungen angefertigt.

Die einfache anatomische Präparation erwies sich als sinnvoll, da die anatomischen Gegebenheiten, auf diese Weise klar dargestellt werden konnte. Durch die Injektion der Gefäße mit Latexmilch, bzw. mit Injektionsharz für die Niere konnten die Gefäßverläufe zweifelsfrei dargestellt und Arterien klar von Venen unterschieden werden. Mit Hilfe der Injektion von Tusche konnten die Ausführungsgänge der akzessorischen Geschlechtsdrüsen in der Harnröhre exakt lokalisiert werden.

Durch die anatomischen Unterschiede am Harntrakt der Alpakas im Gegensatz zu dem der Hauswiederkäuer und anderen Kameliden, insbesondere der Lamas, konnte die Wichtigkeit einer differenzierten Behandlung in der Praxis unterstrichen werden. Die Ergebnisse der anatomischen Untersuchung konnten auf die klinische Anwendung projiziert werden, um Krankheitsbilder wie die Harnwegsobstruktion oder Kolik anhand anatomischer Besonderheiten im Harntrakt der Alpakas zu erklären. Durch die Untersuchung der Nieren in situ konnte eine Empfehlung für die Biopsieentnahme bei diesen Tieren abgegeben werden.

Zusammenfassend können die Ergebnisse dieser Arbeit dazu genutzt werden, sich ein besseres Bild über den Harntrakt der Alpakas und dessen Krankheiten anzueignen.

7 Summary

Title: An investigation into the systematic and topographic anatomy of the urinary tract in alpacas (*Vicugna pacos*)

Current knowledge of the systematic and topographic anatomy of the urinary tract in alpacas (*Vicugna pacos*) is rather scarce. Therefore, it was the objective of this doctoral thesis to describe and illustrate the structural particularities concerning the urinary tract in these animals. In addition, the results of this study were compared to the anatomical features of the urinary tract of other old-world camelids as well as new world camelids and domesticated ruminants. Finally, the anatomic features were contextualised within the framework of current clinical issues concerning the urinary tract of alpacas such as urethral obstruction, colic and renal biopsies.

For this study, 9 alpacas were used. They were donated by breeders and the Clinic for Ruminants of the Ludwig-Maximilians-University in Munich, Germany. They were euthanised for problems not affecting the urinary tract (e. g. orthopaedic or dental problems). The urinary tract of each animal was dissected. First, the position of the organs within the abdominal and pelvic cavity was determined. Next, the urinary organs were removed from the body cavity and dissected separately. Every step of the dissection was documented on camera and schematically before deeper preparation. In 3 alpacas, red latex milk was injected into the common carotid artery to demonstrate the course of the blood supply more clearly. To show the course of the blood vessels in relation to the renal pelvis, three differently coloured injection resins were injected into the renal artery and vein and the ureter. Frozen sections of the kidneys were made in different planes, to show their inner anatomical features.

Alpacas have smooth unlobulated kidneys. They are bean-shaped and make up 0.4% of their body weight. They lie retroperitoneally beneath the 4th to 6th lumbar vertebrae (right kidney) and beneath the 5th to 7th lumbar vertebrae (left kidney). The ureters leave the kidneys medially and head caudal towards the urinary bladder. They enter the urinary bladder dorsally, close to the neck of the bladder. When full, the bladder reaches the abdominal cavity, whereas when empty, it resides almost entirely within the pelvis. The female urethra is short and relatively wide where it enters the vagina at the external urethral orifice, where there was also a suburethral

diverticulum. The male urethra is long and narrow. In the pelvic part it is enclosed by the prostate, two bulbourethral glands, and a huge *M. urethralis*. At the level of *arcus ischiadicus*, a separate urethral recess could be found extending caudo-dorsally. The penis of the alpaca is connected to the ischium by two crura extending distally into the corpus penis. It also demonstrated a prescrotal sigmoid flexure. The *m. retractor penis* inserted on its distal end. There was no clear separation between the glans and the corpus of the penis. The glans had two appendages between which the urethra ended. The preputial orifice was oriented caudally and was surrounded by three pairs of preputial muscles, of which the cranial ones are capable of pulling the ostium into a cranial direction during sexual arousal.

Blood was supplied to the urinary tract via the renal vessels and by branches of the internal iliac and internal pudendal vessels.

In many points, the anatomical features of the urinary tract of the alpaca were similar to those of other camelids. There were also many differences, such as the origin of the umbilical artery, the excretory ducts of the bulbourethral gland and the weight of the kidneys. These examples distinguish the alpaca even from its closest relative, the llama. The anatomy of the urinary tract of the alpaca showed how important it is to look at these animals separately from domesticated ruminants.

The anatomy of the urethra showed some weak points, where uroliths could easily settle and cause urinary obstructions. The ligaments of the kidneys showed a disposition to causing intestinal obstructions with signs of colic.

8 Anhang

8.1 Größenparameter der untersuchten Nieren

Tab. 4 Größenparameter der untersuchten Nieren

Tier Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
♂/♀	♂ k	♂	♀	♂	♀	♀	♂ k	♀	♂ k
Alter	12 a	19 d	1 d	3 Mo	16 a	13 a	22 a	10 Mo	12 – 14 a
Gewicht	ca. 40 kg	7 kg	5,5 kg	23 kg	56 kg	62 kg	58 kg	21 kg	67 kg
Größe re Niere l/b/h in cm	7/4,5/1,5	4,5/3/2,5	4,2/2,5/1,8	6/3,5/2	8/5/3	8/5,5/3,5	7,5/4,5/3,5	0/0/0	8/5/3,5
Gewicht re Niere in g	49,69	23,45	-	-	120,86	97,45	97,37	0/0/0	-
Lage re Niere	LW 4-6				LW 4-6	LW 4-6	LW 4-6	-	LW 4-6
Größe linke Niere l/b/h in cm	7/5/2	5/3/2	4,1/2/1,5	6,5/2,5/4	7,5/5,5/3	7,7/5/3	7/4,2/3,5	9/5,5/4,5	8/5,5/3
Gewicht li Niere in g	51,13	23,32	-	-	130,4	98,16	95,36	-	-
Lage li Niere	LW 5-7				LW 5-7	LW 5-7	LW 5-7	LW 4 - 7	LW 5-7
Nierengewicht % zu Körpermasse	0,3	0,7	-	-	0,5	0,3	0,3	-	-

re – rechts, li – links, k – kastriert, LW – Lendenwirbel, l – Länge, b – Breite, h - Höhe, Nieren die mit Latexmilch injiziert waren, wurden nicht gewogen

8.2 Schemazeichnungen der Gefäßversorgung des Harntrakts der Alpakas

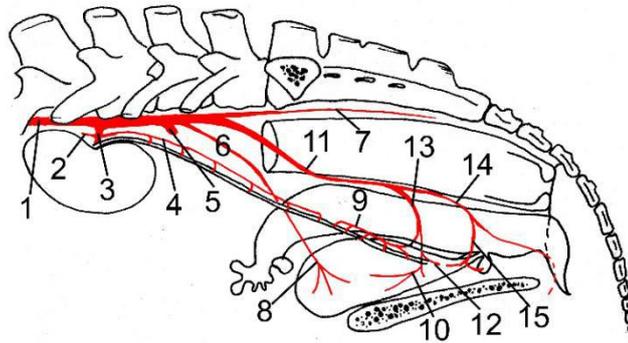


Abb. 34: Schemazeichnung der arteriellen Versorgung des Harntrakts des weiblichen Alpakas

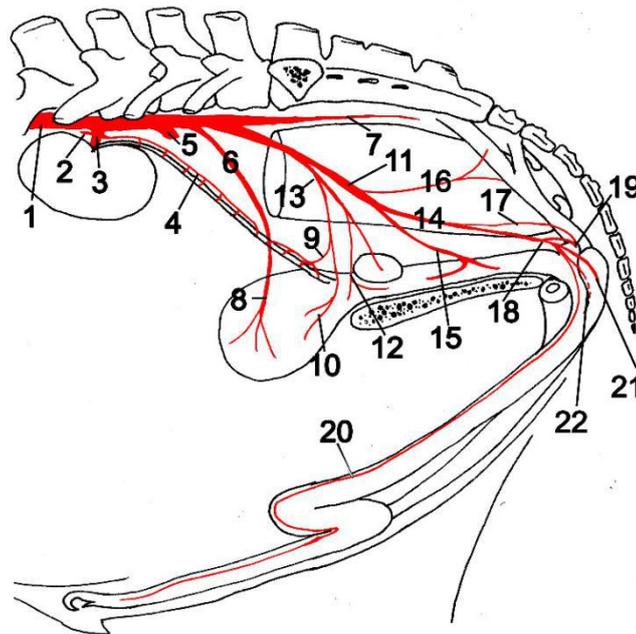


Abb. 35: Schemazeichnung der arteriellen Versorgung des Harntrakts des männlichen Alpakas

- 1 – Aorta abdominalis, 2 – Rr. adrenales caudales, 3 – A. renales, 4 – R. uretericus von 3, 5 – Stumpf der A. iliaca externa, 6 – A. umbilicalis, 7 – A. sacralis mediana, 8 – A. vesicalis cranialis, 9 – R. uretericus von 11, 10 – A. vesicalis caudalis, 11 – A iliaca interna, 12 – R- urethralis von 11, 13 – A. prostatica/vaginalis 14 – A. pudenda interna, 15 – A. urethralis, 16 – A. rectalis caudalis, 17 – A. perinealis ventralis, 18 – A. penis 19 - R. bulbourethralis von 18, 20 – A. dorsalis penis, 21 - A. bulbi penis, 22 – A. profunda penis

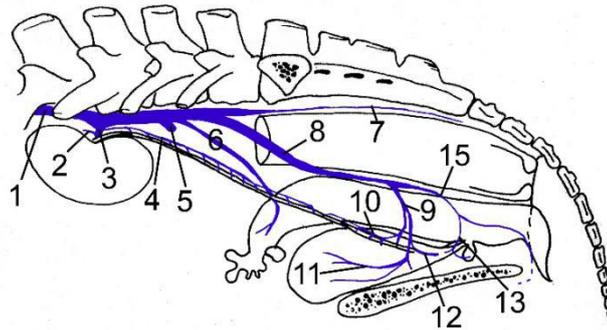


Abb. 36: Schemazeichnung der venösen Entsorgung des Harntrakts bei weiblichen Alpakas

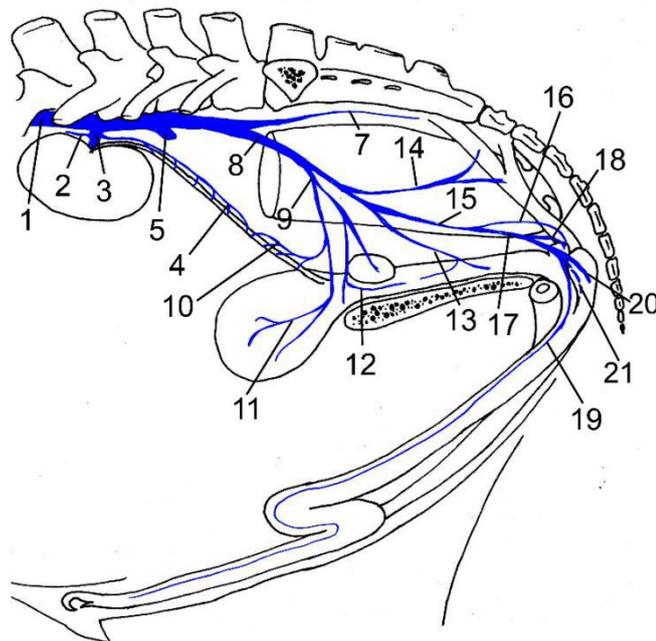


Abb. 37: Schemazeichnung der venösen Entsorgung des Harntrakts der männlichen Alpakas

- 1 – V. cava caudalis, 2 – Rr. adrenalis caudales von 3, 3 – V. renalis
 4 – R. uretericus von 3, 5 – Stumpf der V. iliaca externa, 6 – V. uterina,
 7 – V. sacralis mediana, 8 – V. iliaca interna, 9 – V. prostatica/vaginalis,
 10 – R. uretericus von 9, 11 – V. vesicalis, 12 – R. urethralis von 9, 13 – V. urethralis,
 14 – V. rectalis caudalis, 15 – V. pudenda interna, 16 – V. perinealis ventralis,
 17 – V. penis, 18 – R. bulbourethralis von 17, 19 – V. dorsalis penis, 20 – V. bulbi penis
 21 – V. profunda penis

9 Abbildungsverzeichnis

<i>Abb. 1</i> : Entwicklung der Bestandszahlen von Alpakas in Deutschland.....	5
<i>Abb. 2</i> : Übersicht des Harntrakts eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs, zusammen mit Blutgefäßen in deren seröser Falte.....	24
<i>Abb. 3</i> : Harntrakt eines weiblichen Alpakas 1 d alt, Ansicht von dorsal, Uterus wurde entfernt	25
<i>Abb. 4</i> : Niere eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs.....	26
<i>Abb. 5</i> : Niere mit Capsula fibrosa eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs.....	26
<i>Abb. 6</i> : Gefrierschnitt einer Niere eines 17 Jahre alten Alpaka Wallachs.....	27
<i>Abb. 7</i> : Korrosionspräparat der Nierengefäße einer 13 Jahre alten Alpakastute.....	29
<i>Abb. 8</i> : Detailaufnahme der Nierengefäße aus <i>Abb. 7</i>	29
<i>Abb. 9</i> : Niere mit Lymphknoten eines 10 Mo alten Alpakas.....	30
<i>Abb. 10</i> : Querschnitt durch die Niere eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs.....	31
<i>Abb. 11</i> : Korrosionspräparat des rechten Nierenbeckens eines 19 Tage alten Crias.....	31
<i>Abb. 12</i> : Korrosionspräparat der Niere eines 22 Jahre alten Alpakawallachs.....	32
<i>Abb. 13</i> : Harnleiter eines 10 Mo alten, weiblichen Alpakas.....	33
<i>Abb. 14</i> : Harnblase eines männlichen Alpakas, 19d, eröffnet von ventral, Blick nach dorsal	34
<i>Abb. 15</i> : Urethra eines weiblichen Alpakas, 1 d alt, Eröffnung von dorsal, Uterus entfernt..	35
<i>Abb. 16</i> : Pars pelvina der männliche Urethra bei einem 14 Jahre alten Alpaka Wallach, eröffnet von ventral.....	36
<i>Abb. 17</i> : Querschnitt durch den Bulbus penis bei einem ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallach	37
<i>Abb. 18</i> : Querschnitt durch den Penis eines ca. 13 Jahren alten Alpaka Wallachs 40 mm vor der Flexura sigmoidea.....	37
<i>Abb. 19</i> : Penis mit Präputium eines 17 Jahre alten Alpaka Hengstes.....	38
<i>Abb. 20</i> : Flexura sigmoidea am Penis eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs.....	38
<i>Abb. 21</i> : Penis eines 17 Jahre alten Alpaka Wallachs, ausgeschachtet.....	39
<i>Abb. 22</i> : Penis eines 17 Jahre alten Alpaka Wallachs. Glans penis in Nahaufnahme. Im rechten Bild wird das Ostium urethrae externum von proximal mit einer Sonde aufgezeigt	40

<i>Abb. 23</i> : Querschnitt durch die Fortsätze der Glans penis bei einem ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallach.....	40
<i>Abb. 24</i> : Präputialmuskulatur eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs von lateral.....	41
<i>Abb. 25</i> : Akzessorische Geschlechtsdrüsen bei einem 17 Jahre alten Alpaka Hengst von dorsal.....	42
<i>Abb. 26</i> : Situs der Bauch- und Beckenorgane eines ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallachs von rechts, rechte Beckengliedmaße einschließlich des Beckenknochens abgenommen (bis auf Darmbeinflügel).....	43
<i>Abb. 27</i> : Lage der Nieren im Bauchraum im Verhältnis zu den großen Bauchgefäßen. Alpaka Wallach, 12-14 Jahre, einseitig A. umbilicalis ausgegossen.....	44
<i>Abb. 28</i> : Bauchraum mit Harnorganen, exenteriert, Alpaka weiblich, 1d alt.....	45
<i>Abb. 29</i> : Bauchraum mit Harnorganen, exenteriert, Alpaka männlich, 19 d alt.....	45
<i>Abb. 30</i> : Verbindung der linken Niere zu Milz und Colon, Alpaka, weiblich, 10 Monate alt...	46
<i>Abb. 31</i> : Verbindung der linken Niere zu Milz und Colon, Alpaka, weiblich, 1 d alt.....	46
<i>Abb. 32</i> : Verbindung der rechten Niere an das Colon descendens, Alpaka männlich, 17 Jahre alt.....	47
<i>Abb. 33</i> : Harnblase mit Bandapparat bei einem ca. 13 Jahre alten Alpaka Wallach.....	48
<i>Abb. 34</i> : Schemazeichnung der arteriellen Versorgung des Harntrakts des weiblichen Alpakas.....	68
<i>Abb. 35</i> : Schemazeichnung der arteriellen Versorgung des Harntrakts des männlichen Alpakas.....	68
<i>Abb. 36</i> : Schemazeichnung der venösen Entsorgung des Harntrakts bei weiblichen Alpakas	69
<i>Abb. 37</i> : Schemazeichnung der venösen Entsorgung des Harntrakts der männlichen Alpakas.....	69

10 Tabellenverzeichnis

<i>Tab. 1</i> : Vergleich der Anatomie des Harntrakts zwischen Wiederkäuern und Kameliden.....	13
<i>Tab. 2</i> : Urinanalyse Alpaka und Lama nach Fowler (2010c).....	14
<i>Tab. 3</i> : Untersuchungsgut zur Präparation (n=9).....	18
<i>Tab. 4</i> Größenparameter der untersuchten Nieren.....	67

11 Literaturverzeichnis

- 1 Tierschutzgesetz (TierSchG) vom 18. Mai 2006 i.d.F. vom 17. Dezember 2018 § 1.
- 2 Albert, I.-C. M. (2010): Der Pferdekopf, Diss. med. vet.
- 3 Anderson, D. E., Constable, P. D., Yvorchuk, K. E., Anderson, N. V., St-Jean, G. und Rock, L. (1994): Hyperlipemia and ketonuria in an alpaca and a llama. *J Vet Intern Med* 8(3): 207-211.
- 4 Anderson, D. E., Jones, M. L. und Miesner, M. D. (2013): *Veterinary techniques for llamas and alpacas*. Wiley, Hoboken.
- 5 Azzopardi, M. (2012): Contribution à l'ostéologie et à l'imagerie médicale de l'alpaga (*Vicugna pacos*), Diss. med. vet.
- 6 Bänsch, C. (2014): „Die Schultergliedmaße des Hundes“, Diss. med. vet.
- 7 Bostedt, H. und Dedié, K. (1996): *Schaf- und Ziegenkrankheiten*. Ulmer, Stuttgart.
- 8 Bravo, W. P. (2014): Reproductive anatomy and physiology in the male. In: C. K. Cebra, *Llama and Alpaca Care*. Elsevier, St. Louis, MO: S. 150-161.
- 9 Busch, W. und Bader, H. (2001): *Veterinärmedizinische Andrologie*. Schattauer, Stuttgart.
- 10 Cebra, C. K. (2014): Disorders of the Urinary System. In: C. K. Cebra, D. E. Anderson, A. Tibary und R. J. Van Saun, *Llama and alpaca care*. Elsevier, St. Louis, MO: S. 464-476.
- 11 Cebra, C. K., Garry, F. B., Powers, B. E. und Johnson, L. W. (1995): Lymphosarcoma in 10 New World Camelids. *J Vet Intern Med* 9(6): 381-385.
- 12 Degen, A. A. und Lee, D. G. (1982): The male genital tract of the dromedary (one-humped) camel (*Camelus dromedarius*): gross and microscopic anatomy. *Anat Histol Embryol* 11(3): 267-282.
- 13 Duesterdieck-Zellmer, K. F., Van Metre, D. C., Cardenas, A. und Cebra, C. K. (2014): Acquired urethral obstruction in New World camelids: 34 cases (1995–2008). *Aust Vet J* 92(8): 313-319.
- 14 Duncanson, G. R. (2012): *Veterinary treatment of llamas and alpacas*. CABI, Cambridge.
- 15 Dyce, K. M., Sack, W. O. und Wensing, C. J. G. (2017): *Textbook of Veterinary Anatomy-E-Book*. Elsevier Health Sciences, St. Louis.

-
- 16 Engelhardt, W. und Engelhardt, W. v. (1976): Diminished renal urea excretion in the llama at reduced food intake. In: I. A. E. Agency, Tracer studies on non-protein nitrogen for ruminants III, Wien: S. 61-62.
 - 17 Flores, O. (1994): Man's relationship with the camelids. In: K. MacQuarrie, Gold of the Andes: the llamas, alpacas, vicuñas, guanacos of South America, Barcelona: S. 1-288.
 - 18 Fossum, T. W. und Duprey, L. P. (2009): Chirurgie der Kleintiere. Elsevier, Urban & Fischer, München.
 - 19 Fowler, M. E. und Bravo, P. W. (2010a): General biology and evolution. In: M. E. Fowler und P. W. Bravo, Medicine and Surgery of camelids, Ames, Iowa: S. 1-16.
 - 20 Fowler, M. E. und Bravo, P. W. (2010b): Medicine and surgery of camelids. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa.
 - 21 Fowler, M. E. und Bravo, P. W. (2010c): Urinary System. In: M. E. Fowler und P. W. Bravo, Medicine and Surgery of Camelids. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa: S. 479-416.
 - 22 Fowler, M. E. u. B., P. W. (2010): Feeding and nutrition. In: M. E. Fowler und P. W. Bravo, Medicine and Surgery of Camelids, Ames, Iowa: S. 17-58.
 - 23 Gauly, M. und Gerken, M. (2019): Neuweltkameliden. Enke, Stuttgart.
 - 24 Gerber, V. und Straub, R. (2016): Pferdekrankheiten. Haupt Verlag, Bern.
 - 25 Graziotti, G. H., Rodriguez Menendez, J. M., Rios, C. M. und Victorica, C. L. (2007): Distribution of the internal pudendal artery in male and female llama (*Lama glama*). Ann Anat 189(3): 295-298.
 - 26 Graziotti, G. H., Rodriguez Menendez, J. M., Victorica, C. L., Fux Solveyra, G. F. und Rios, C. M. (2003): Systematic study of the internal iliac artery in llama (*Lama glama*). Ann Anat 185(5): 461-463.
 - 27 Hanzen, C., Cucho Dolmos, H., Ampuero Casquino, E., Ordonez Rodriguez, C. und Sumar Kalinowski, J. (2014): Principes de Reproduction des Petits Camélidés SudAméricains. Ateliers des Presses de l'ULg, Liège.
 - 28 Hardefeldt, L. Y., Textor, J. A. und Dart, A. J. (2007): Renal agenesis in an alpaca cria. Aust Vet J 85(5): 185-187.
 - 29 Honey, J. G., Harrison, A. J., Prothero, D. R. und Stevens, M. S. (1998): Camelidae. In: C. M. Janis, Evolution of Tertiary Mammals of North America, Cambridge. 1: S. 439-462.

-
- 30 Hutchison, J. M., Belknap, E. B. und Williams, R. J. (1993): Acute renal failure in the llama (*Lama glama*). *Cornell Vet* 83(1): 39-46.
- 31 Kingston, J. K. und Stäempfli, H. R. (1995): Silica urolithiasis in a male llama. *Can. Vet. J.* 36(12): 767.
- 32 Kock, M. D. und Fowler, M. E. (1982): Urolithiasis in a three-month-old llama. *J Am Vet Med Assoc* 181(11): 1411.
- 33 König, H. E. und Liebich, H.-G. (2019): Anatomie der Haustiere. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- 34 Leipold, H. W., Hiraga, T. und Johnson, L. W. (1994): Congenital defects in the llama. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 10(2): 401-420.
- 35 Lesbre, F. X. (1903): Recherches anatomiques sur les Camélidés. Georg, H., Lyon.
- 36 McLaughlin, B. G. und Evans, N. C. (1989): Urethral obstruction in a male llama. *J Am Vet Med Assoc* 195(11): 1601-1602.
- 37 NAV (2017): Nomina Anatomica Veterinaria. Hannover, Ghent, Columbia, Rio de Janeiro.
- 38 Neuville, E. (1914): Du penis et du gland du lama et du dromedaire. *Soc. Biol.*
- 39 Nickel, R., Schummer, A. und Seiferle, E. (2004): Lehrbuch der Anatomie der Haustiere. Parey, Berlin.
- 40 Novoa, C. und Wheeler, J. C. (1984): Llama and alpaca. In: I. L. Mason, Evolution of domesticated animals, London: S. 116-128.
- 41 Paul-Murphy, J. (1989): Llama medicine. Obstetrics, neonatal care, and congenital conditions. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 5(1): 183-202.
- 42 Peauroi, J. R., Mohr, F. C., Fisher, D. J., Misheff, M., Grindley, G. J. und Campo, M. S. (1995): Anemia, hematuria, and multicentric urinary neoplasia in a llama (*Lama glama*) exposed to bracken fern. *J. Zoo Wildl. Med.*: 315-320.
- 43 Peteranderl, S. (21. Oktober 2010, 11:06 Uhr): Wirtschaftsfaktor Alpakas in Deutschland, Das Gold der Inka. München, Sueddeutsche Zeitung.
- 44 Pfaffendorf, K. S. T. (2014): "Der Rücken des Hundes", Diss. med. vet.
- 45 Pfarrer, C., Mülling, C. und Reese, S. (2017): Atlas der Anatomie des Rindes. Schlütersche, Hannover.
- 46 Poulsen, K. P., Gerard, M. P., Spaulding, K. A., Geissler, K. A. und Anderson, K. L. (2006): Bilateral renal agenesis in an alpaca cria. *Can Vet J* 47(2): 159-161.

-
- 47 Roth, C. und Ganter, M. (2007): Urolithiasis bei einem Lamawallach - Ein Fallbericht. *Tierarztl Prax G* 35(6): 446-452.
 - 48 Ruch, H. (2015): Interview zu den Bestandszahlen von Alpakas in Deutschland. (mündliche Mitteilung). A. Vater.
 - 49 Ruch, H. (2019): Interview zu den Bestandszahlen von Alpakas in Deutschland. (mündliche Mitteilung). L. Degen.
 - 50 Salomon, F.-V., Geyer, H. und Gille, U. (2015): *Anatomie für die Tiermedizin*. Enke Verlag, Stuttgart.
 - 51 Smuts, M. M. S. und Bezuidenhout, A. J. (1987): *Anatomy of the dromedary*. Oxford University Press.
 - 52 Stanitzing A., L. B., Franz S., Wittek T. (2015): Neuweltkamele - Taxonomie, anatomische und physiologische Besonderheiten. *Klauentierpraxis* 23(1): 37 - 43.
 - 53 Tibary, A. und Vaughan, J. (2006): Reproductive physiology and infertility in male South American camelids: a review and clinical observations. *Small Rumin Res* 61(2-3): 283-298.
 - 54 Timm, K. I. und Watrous, B. J. (1988): Urethral recess in two male llamas. *J Am Vet Med Assoc* 192(7): 937-938.
 - 55 Vater, A. und Maierl, J. (2018): Adaptive Anatomical Specialization of the Intestines of Alpacas Taking into Account their Original Habitat and Feeding Behaviour. *Anat Rec* 301: 1840-51.
 - 56 Wheeler, J. C. (2008): Evolution and present situation of the South American Camelidae. *Biol. J. Linn. Soc. Lond.* 54(3): 271-295.
 - 57 Wheeler, J. C., Chikhi, L. und Bruford, M. W. (2006): Case study in genetics of animal domestication: South American camelids. In: A. Zeder, G. Bradley, E. Emshwiller und D. Smith, *Documenting domestication: new genetic archaeological paradigms*, Berkeley: S. 329-341.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Johann Maierl möchte ich ganz herzlich für die Überlassung meines Doktorarbeitsthemas, die fachliche Unterstützung, die eingebrachten Ideen, die gemeinsame Präparationszeit und vor allem für sein Verständnis in allen Lebenslagen danken.

Ein besonderer Dank gilt den Mitarbeitern des Lehrstuhls für Anatomie, Histologie und Embryologie. Besonderer Dank gilt hierbei Siegfried Hecher und Silvia Mitterer, die mir stets mit Rat und Tat bei allen Fragen zu Präparations- und Fixationsmöglichkeiten zur Seite standen und mir immer wieder Mut gemacht haben, wenn es mal nicht so rund lief.

Frau Dr. Ilona Gunsser möchte ich stellvertretend für alle Züchter danken, für die Überlassung eigener Tiere, die Vermittlung anderer Alpakas und den Kontakt zu LAREU. Als Tierärztin für Neuweltkameliden hat sie mir vor allem die klinische Anwendung unserer Erkenntnisse nähergebracht.

Frau Tina Betz danke ich für das Korrekturlesen mit ihrem germanistischen Fachverstand und das Aushalten meines Hangs zum Nominalstil.

Meinen Mitdoktoranden Annika Götz, Darinka Riebow und Henrike Stein danke ich für die Zusammenarbeit beim Präparieren und in den Kursen, Mittagspausenspaziergängen sowie dafür, dass sie immer ein offenes Ohr für alle Probleme hatten. Die gemeinsamen Fahrten auf Alpakaschauen und auf die Höfe der Züchter haben immer sehr viel Spaß gemacht. Mit diesen Kollegen war die Freude an der Doktorarbeit garantiert.

Den Postdocs Dr. Anke Vater, Dr. Charlotte Kröger und Dr. Oliver Eitschberger danke ich dafür, dass sie immer Rat wussten, wenn ich Informationen über den Verlauf einer Promotion und die Möglichkeiten am Institut brauchte.

Zuletzt und am aller herzlichsten möchte ich meinen Eltern Karin und Wolfgang Degen, sowie meinem Freund Markus Zillig danken. Sie haben meine durch die Doktorarbeit bedingten Launen ertragen müssen und viel Zeit darin investiert, mich wieder aufzubauen und am Ball zu halten. Ohne sie wäre diese Doktorarbeit nicht möglich gewesen.