

Aus dem klinischen Department für Nutztiere und Sicherheit von Lebensmittelsystemen
der Veterinärmedizinischen Universität Wien

Klinisches Zentrum für Wiederkäuer- und Kamelidenmedizin

Zentrumsleiter: Univ.-Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek, Dipl. ECBHM

**Erweiterte Stoffwechselparameter bei Neuweltkamelen und deren Beziehung zu
klassischen Parametern**

Diplomarbeit

Veterinärmedizinische Universität Wien

vorgelegt von

Theodor Augustin

Wien, im Dezember 2024

Betreuer und 1. Begutachter:

Univ.-Prof. Dr. med. vet. Thomas Wittek Dipl. ECBHM

Klinisches Zentrum für Wiederkäuer- und Kamelidenmedizin

Klinisches Department für Nutztiere und Sicherheit von
Lebensmittelsystemen

Veterinärmedizinische Universität Wien

2. Begutachter:

Univ.-Prof. Dr. med. vet. Jessika-Maximiliane Cavalleri
Dipl. ECEIM

Klinisches Zentrum für Pferde

Klinisches Department für Kleintiere und Pferde

Veterinärmedizinische Universität Wien

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Parameter	3
2.1 Kreatinin, Harnstoff und symmetrisches Dimethylarginin	3
2.2 Serumamyloid A und Haptoglobin	5
2.3 DGGR-Lipase	8
2.4 Insulin	9
3. Material und Methoden	12
3.1 Tiere	12
3.2 Probenmaterial	13
3.3 Analysemethoden	13
3.4 Statistik	14
4. Ergebnisse Harnstoff, Kreatinin und symmetrisches Dimethylarginin	15
4.1 Harnstoff	16
4.2 Kreatinin	17
4.3 Symmetrisches Dimethylarginin	17
5. Ergebnisse Haptoglobin und Serumamyloid A	19
5.1 Haptoglobin	19
5.2 Serumamyloid A	22
6. Ergebnisse DGGR-Lipase	24
7. Ergebnisse Insulin	25
8. Vorgeschlagene Referenzbereiche für Alpaka und Lama	27
9. Diskussion	28
9.1 Harnstoff, Kreatinin und symmetrisches Dimethylarginin	28
9.2 Serumamyloid A und Haptoglobin	28
9.3 DGGR-Lipase	29
9.4 Insulin	29
10. Konklusion	31
11. Abkürzungen	32
12. Literaturverzeichnis	33
13. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	37

1. Einleitung

Die ursprünglich aus Südamerika stammenden Neuweltkamele gehören gemeinsam mit den Altweltkamelen zur Familie der Kamelartigen (*Camelidae*). Man unterscheidet innerhalb der Neuweltkamele die beiden Gattungen Lama und Vicugna. Zu den Lamas werden die Arten *L. guanicoe* (Guanako) und *L. glama* (Lama) gezählt. Zu den Vicugnas werden die Arten *V. vicugna* (Vikunja) und *V. pacos* (Alpakas) gezählt. Die Arten sind in der Lage untereinander fruchtbare Nachkommen zu zeugen. Nach der Definition der Tierzuchtwissenschaft ist dies bei verschiedenen Arten normalerweise nicht möglich oder nur in Ausnahmefällen der Fall. Deshalb werden sie in der Fachliteratur zur Tierzucht häufig nicht als eigenständige Arten betrachtet. Seit Anfang der 1980er gewinnen Neuweltkamele weltweit an Beliebtheit. Während historisch die Fleisch- und Wollproduktion im Vordergrund stand, werden sie außerhalb Südamerikas verstärkt als Heim-, Begleit- und Freizeittiere gehalten. (1)

Auch in Österreich werden Neuweltkamele immer beliebter. Im Jahr 2013 wurden schätzungsweise zwischen 4000 und 6000 Tiere hierzulande gehalten (2), obwohl keine exakten Zahlen vorliegen, kann man davon ausgehen, dass diese Anzahl seitdem weiter zugenommen hat. In Österreich variiert die Haltung von Neuweltkamelen stark. Die Herdengrößen reichen von kleinen Gruppen mit maximal fünf Tieren bis hin zu großen Herden mit über 70 Tieren. Da keine Kennzeichnungs- oder Registrierungspflicht besteht, gibt es keine genauen Angaben zur Anzahl der gehaltenen Neuweltkamele in Österreich. (3)

Referenzintervalle sind in der Medizin von zentraler Bedeutung, um den Gesundheitszustand von Tieren präzise einschätzen zu können. Ohne spezifische Referenzwerte für die jeweilige Tierart wird die Interpretation von Laborergebnissen erschwert, was sowohl die Diagnosestellung als auch die Behandlung von Krankheiten komplizierter macht. Besonders bei selten untersuchten Parametern sind zuverlässige Referenzbereiche unverzichtbar, um pathologische Abweichungen von normalen Schwankungen zu unterscheiden und so eine fundierte tierärztliche Betreuung zu gewährleisten. Für die Identifikation von Krankheiten, Stoffwechselstörungen oder Ernährungsfehlern sind daher präzise labordiagnostische Referenzbereiche unerlässlich. Die Festlegung solcher Referenzbereiche gestaltet sich jedoch herausfordernd, da zahlreiche Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht, physiologischer Zustand und Ernährung berücksichtigt werden müssen.

Die vorliegende Arbeit widmet sich den labordiagnostischen Parametern von Neuweltkamelen und untersucht diese im Zusammenhang mit klassischen Parametern anhand vorliegender Laborergebnisse. Im Fokus stehen die chemisch-klinische Parameter Symmetrisches Dimethylarginin, Kreatinin, Harnstoff, Haptoglobin, Serumamyloid A, DGGR-Lipase und Insulin. Ziel ist es, neue Erkenntnisse und Referenzwerte für diese bislang bei Lamas und Alpakas wenig erforschten Parameter zu gewinnen. Darüber hinaus sollen Unterschiede in Bezug auf Geschlecht, Alter und Tierart analysiert sowie Normbereiche vorgeschlagen werden.

Zusätzlich werden mögliche Zusammenhänge zu anderen klinischen Parametern wie Glukose, Thyreoglobulin, albumingebundenen und freien Fettsäuren, Cholesterin, Bilirubin und Albumin untersucht und statistisch ausgewertet.

2. Parameter

2.1 Kreatinin, Harnstoff und symmetrisches Dimethylarginin

Kreatinin wird aus Kreatin im Muskelstoffwechsel gebildet. Faktoren, die mit der Muskelmasse in Zusammenhang stehen, wie Muskelkrankheiten, Gewebeabbau und auch körperliche Fitness können die Größe des Kreatin-Pools und damit auch die tägliche Kreatininproduktion beeinflussen. (4) Die Kreatininkonzentration steigt im Verlauf einer chronischen Nierenerkrankung an, allerdings erst bei einer Reduktion der glomerulären Filtrationsrate von bis zu 75 %. (5)

Harnstoff entsteht als Endprodukt des Harnstoffzyklus durch den Abbau von Ammoniak. Die Bildung von Harnstoff findet fast ausschließlich in der Leber statt. Protein ist die Hauptquelle von Ammoniak für die Harnstoffsynthese, und somit hängt die Rate der Harnstoffbildung von der Rate des Proteinabbaus ab. (4)

Zu einer der Hauptaufgaben der Niere zählt das Ausscheiden von sogenannten harnpflichtigen Substanzen. Unter harnpflichtigen Substanzen wie Kreatinin oder Harnstoff versteht man Stoffwechselprodukte, die in wesentlichen Mengen nur von den Nieren ausgeschieden werden können. (6) Unter Azotämie versteht man die Anhäufung stickstoffhaltiger Abbauprodukte im Blut. Die Blutkonzentration von Kreatinin und Harnstoff werden als Anhaltspunkte für Azotämie verwendet, eine erhöhte Serumkonzentration kann auf ein Nierenversagen hindeuten. (4) Erhöhte Kreatinin- und Harnstoffwerte können auch prerenalen Ursprungs sein (z. B. aufgrund von Dehydration, Herzinsuffizienz oder im Zusammenhang mit Schock oder Endotoxämie). Erhöhte Harnstoffwerte können auch mit verminderter Futteraufnahme in Zusammenhang stehen. Signifikant erhöhte Kreatininwerte deuten jedoch stark auf eine Niereninsuffizienz hin, die bei Kameliden häufiger vorkommen als bei Wiederkäuern. (7)

Tabelle 1: Referenzintervalle zu Harnstoff- und Kreatininkonzentrationen von Neuweltkamelen (m=männlich; w=weiblich; n = Anzahl der untersuchten Tiere in der jeweiligen Studie) aus der Literatur

Autor, Tierart	Geschlecht, Alter, Anzahl (n)	Harnstoff (mmol/l)	Kreatinin ($\mu\text{mol/l}$)
(8), Lama	w, adult, 54	3,2-12,8	79,5-247,5
(7), Alpaka	m+w, adult, 90	3,9-10,2	54,0-177,0
(9), Alpaka	m+w, ber 6 Monate, 262	2,4-11,6	60,6-191,6
(9), Alpaka (Crias)	m+w, unter 6 Monate, 49	3,2-9,1	91,0-162,0
(10). Alpaka	m+w, ber 2 Jahre, 71	3,6-10,7	88,0-211,2
(11), Lama	w, ber 6 Monate, 79	5,8-11,5	121,0-203,0

Symmetrisches Dimethylarginin (SDMA) wird im Zellkern aller Zellen produziert. Es wird bei der Methylierung von Argininresten verschiedener Proteine gebildet und gilt als Marker für die Nierenfunktion. (5) Neunzig Prozent des SDMA werden unverändert über die Nieren mit dem Urin ausgeschieden. Daher sammelt sich dieser Metabolit im Laufe einer Niereninsuffizienz an. (12) Das SDMA steigt früh im Verlauf einer chronischen Niereninsuffizienz an, im Durchschnitt schon bei einer Reduktion der glomerulären Filtrationsrate von 40 %. (5)

Derzeit wird SDMA als labordiagnostischer Biomarker vor allem in der Kleintiermedizin verwendet. (13) Doch auch in der Pferdemedizin wird SDMA als vielversprechender Biomarker angesehen. In einer Studie waren die SDMA-Werte von gesunden erwachsenen Pferden den von anderen Tierarten sehr ähnlich. (14)

Tabelle 2: SDMA-Konzentrationen (Mittelwert \pm Standardabweichung) von verschiedenen erwachsenen gesunden Tierarten (n = Anzahl der untersuchten Tiere in der jeweiligen Studie) aus der Literatur

Autor, Tierart	Anzahl (n)	SDMA ($\mu\text{mol/l}$)
(14), Pferde	36	0.53 ± 0.14
(15), Rinder	46	0.66 ± 0.02
(16), Hunde	24	0.65 ± 0.34
(17), Katzen	50	0.60 ± 0.14

2.2 Serumamyloid A und Haptoglobin

Viele Erkrankungen lösen bei Alpakas Entzündungsreaktionen aus, schwere Infektionen können zu lebensbedrohlichen systemischen Entzündungen führen. Unbehandelte systemische Entzündungen können zu septischem Schock und multiplem Organversagen führen. (18) Die stoische Natur von Alpakas erschwert die Früherkennung von Erkrankungen. Klinische Anzeichen, die auf einen Entzündungsprozess hinweisen, sind oft unspezifisch und variieren erheblich zwischen den Krankheitsstadien. Eine frühzeitige zielgerichtete Behandlung ist jedoch entscheidend für die Genesung des Tieres (19)

Akute-Phase-Proteine (APP) wie Haptoglobin oder Serumamyloid A (SAA) werden bei verschiedensten Tierarten häufig als Biomarker für Entzündungen verwendet. Da die Blutkonzentration von APP direkt mit dem Schweregrad einer entzündlichen Erkrankung zusammenhängt, liefert ihre Quantifizierung wertvolle diagnostische und prognostische Informationen. (20) Akute-Phase-Proteine unterstützen die Wiederherstellung der Homöostase, hemmen das mikrobielle Wachstum und fördern die Gewebereparatur. Sie spielen eine wichtige Rolle bei verschiedenen Aspekten der systemischen Reaktion auf Entzündungen, einschließlich der Opsonisierung von Krankheitserregern, dem Abfangen toxischer Substanzen und der Regulierung verschiedener Phasen der Entzündung. (21) Bei Rindern wurde gezeigt, dass die Messung von SAA und APP nützlich für die Erkennung von Mastitis, Fruchtbarkeitsstörungen, Magen-Darm-Erkrankungen, Atemwegserkrankungen und Virusinfektionen sind. (22)

In seiner Funktion für den Sauerstofftransport ist Hämoglobin für Säugetiere unverzichtbar. Wird es jedoch aus zerfallenden Erythrozyten freigesetzt, kann es Zellen und Gewebe, allen voran die Nieren schädigen. Eine wichtige Rolle zur Vermeidung von solchen Schäden spielt das Haptoglobin, ein Alpha-Globulin welches in der Leber gebildet wird. Haptoglobin hat eine sehr hohe Affinität zu Hämoglobin und seine Bindung führt zu einer Verringerung der Hämoglobinvermittelten Schäden an den Nieren. Der Hämoglobin-Haptoglobin-Komplex wird anschließend von Makrophagen mittels Endozytose abgebaut. (23)

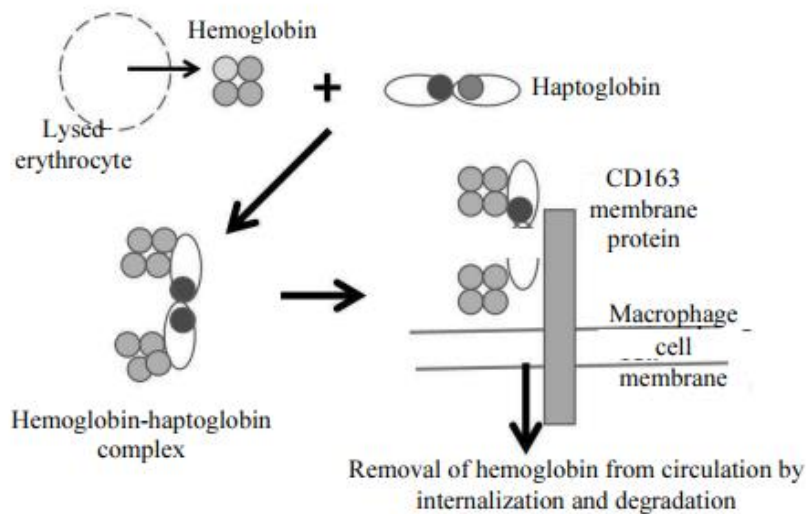


Abb. 1: Haptoglobin Funktionsweise bei der Bindung von extrazellulärem Hämoglobin (Woldemeskel und Vanderpuye 2018)

Es gibt nur wenige Berichte über den Einsatz von Haptoglobinemessungen bei Alpakas, jedoch wurden in einer früheren Studie bei Alpakas, die mit *Mycobacterium-bovis*-Impfstoff geimpft wurden, erhöhte Haptoglobin-Werte festgestellt. In dieser Studie führte der intradermale Tuberkulin-Hauttest zu erhöhten Serumkonzentrationen von bis zu 0,44 mg/ml. (24)

Serumamyloid A (SAA) wird hauptsächlich in der Leber produziert. Die biochemischen Funktionen von SAA sind noch nicht vollständig geklärt, aber Merkmale deuten auf eine bedeutende Rolle in der Immunabwehr hin. Serumamyloid A ist lipophil und trägt zu den High-Density-Lipoproteinen und dem Cholesterintransport bei. Bei einem Trauma, einer Infektion und anderen Reizen steigen seine Werte im Blutserum dramatisch an. (25)

SAA induziert die Expression und Freisetzung proinflammatorischer Zytokine wie Tumornekrosefaktor-alpha und des Chemokins Interleukin-8 in Neutrophilen und Monozyten. (26) Außerdem dient SAA als Wegbereiter und macht die neutrophilen Leukozyten empfänglicher für opsonierte Partikel. Diese und andere Effekte von SAA auf die Migration und Adhäsion von Leukozyten und Kalziummobilisierung machen SAA zu einem wichtigen Vermittler im Entzündungsprozess. (27) SAA ist als Biomarker nicht nur bei Kleintieren, sondern auch bei Wiederkäuern, Pferden, Schweinen etabliert. Obwohl die APP bei allen Tierarten vorkommen, gibt es doch eine unterschiedliche Sensitivität in Abhängigkeit von der Art der Erkrankung und der untersuchten Spezies (21) Zur Verwendung von SAA als Biomarker für Entzündungen bei Neuweltkamelen gibt es nur wenige Studien, die darauf hindeuten, dass SAA kein wesentlicher labordiagnostischer Parameter bei Alpakas sein könnte (20). Bei gesunden Dromedaren wurden höhere SAA-Konzentrationen festgestellt als bei gesunden Schafen und Rindern. (28)

Tabelle 3: Referenzwerte für SAA und Haptoglobin bei verschiedenen Spezies

Autor, Tierart	SAA (µg/ml)	Haptoglobin (g/dl)
(29), Rinder	< 8,8	< 0,035
(30), Pferde	0,5-20	0,2-1
(31), Katzen	1,89 – 18,53	< 0,38
(32), Hunde	< 2,19	0,3
(33), Ziegen	0,92 ± 0.322	0,078 ± 0,021

2.3 DGGR-Lipase

Die Bauchspeicheldrüse produziert verschiedene Verdauungsenzyme, diese Enzyme unterstützen die Verdauung von Kohlenhydraten, Proteinen und Fetten. Die Azinuszellen scheiden dafür verschiedene Proenzyme aus, die teils in einer inaktiven Form vorliegen, um das Gewebe der Bauchspeicheldrüse vor Selbstverdauung zu schützen. Zu den inaktiven Proteasen gehören Trypsinogen, Chymotrypsinogen, pankreatische Elastase sowie die pankreatischen Procarboxypeptidasen A und B. Die Lipasen umfassen die aktive Lipase und Cholesterinesterase sowie die inaktiven Formen Pro-Colipase und Pro-Phospholipase A2. Auch die Nukleasen und die Alpha-Amylase werden in aktiver Form ausgeschieden. Die pankreatische Lipase wird in den Acinuszellen des Pankreas produziert und über den Ductus pancreaticus in das Duodenum abgegeben. Dort hydrolysiert sie Di- und Triacylglycerine zu Fettsäuren und β -Monoacylglycerinen. (6)

Während Pankreatitis bei Hunden und Katzen eine häufige Krankheit ist, tritt sie bei domestizierten Pflanzenfressern scheinbar seltener auf. Beim Hund verursacht Pankreatitis typischerweise Bauchschmerzen, Erbrechen, Diarrhoe und hängt meist mit der Ernährung in Zusammenhang. (34) Bei Lamas und Alpakas sind die klinischen Symptome von Pankreatitis häufig unspezifisch und werden daher oft mit anderen Krankheiten verwechselt. (35)

Ein Katalysator-Test der auf der Verwendung von 1,2-O-dilauryl-rac-glycero glutaric acid-(6'-methylresorufin) Ester (DGGR) als Substrat für die Pankreaslipase Aktivität basiert, ist ein beliebter schneller und günstiger Test für Pankreatitis bei Hunden und Katzen. (36) Trotz niedriger Spezifität weist dieser Test eine Sensitivität von 73-93 % bei der Diagnose von akuter Pankreatitis bei Hunden auf. (37) In der Literatur ist jedoch wenig zur diagnostischen Validität dieses Tests bei Neuweltkamelen beschrieben, da der Test überwiegend bei Kleintieren eingesetzt wird. Eine Studie aus 2019 zeigte, dass DGGR-Lipase überwiegend im Pankreasgewebe von Pferden aktiv war, was auf eine hohe Gewebespezifität bei Pferden hinweist. Eine erhöhte DGGR-Lipase-Aktivität wurde bei 40 % der hospitalisierten Pferde festgestellt, von denen die Mehrheit mit gastrointestinalen Erkrankungen diagnostiziert wurde. (38)

Tabelle 4: Referenzwerte für DGGR-Lipase für verschiedene Tierarten aus der Literatur

Autor, Tierart	DGGR Lipase U/l
(37), Hunde	< 120
(39), Pferde	< 20
(40), Katzen	< 26

2.4 Insulin

Die endokrine Bauchspeicheldrüse besteht aus den Langerhans-Inseln. Bei sinkendem Blutzuckerspiegel produzieren die Alpha-Zellen Glukagon, was den Blutzuckerspiegel ansteigen lässt. Steigt der Blutzuckerspiegel, werden die Beta-Zellen zur Insulinproduktion angeregt. Die Insulinausschüttung kann allerdings auch durch intestinale Hormone, parasymphatische Signale, oder durch erhöhte Aminosäurekonzentrationen im Blut angeregt werden. Insulin stimuliert vor allem in der Leber, dem Fettgewebe und der Skelettmuskulatur den Glukosestoffwechsel. Die Delta-Zellen schütten Somatostatin aus, welches die Konzentration von Glukagon und Insulin verringern kann. (6)

Insulin fördert die Aufnahme von zirkulierender Glukose durch insulinempfindliches Muskel- oder Fettgewebe, die Aufnahme von Aminosäuren und die Aufnahme von nicht veresterten Fettsäuren (NEFAs) aus zirkulierenden Triglyzeriden. Darüber hinaus fördert Insulin die Lipogenese, unterdrückt die Glukoneogenese und hemmt die Aufnahme von Fetten. (41)

Da bei Wiederkäuern die meisten Kohlenhydrate bereits im Vormagensystem abgebaut werden, ist die Glukoneogenese die einzige Quelle für Blutglukose. Deshalb passten sich Wiederkäuer so an, dass sie den Großteil ihres Energiebedarfs mit flüchtigen Fettsäuren abdecken und niedrigere Blutglukosekonzentrationen im Vergleich zu nichtwiederkäuenden Tieren haben. Dennoch ist bekannt, dass Kameliden höhere Blutglukosekonzentrationen aufweisen als Wiederkäuer. (42) Die Insulinkonzentration im Blut bei Wiederkäuern steigt nach einem Glukoseanstieg häufig um das 4- bis 5-fache an, während sie bei Neuweltkamelen nur um das Doppelte ansteigt. (43) Der grundsätzliche Insulinbedarf von Neuweltkamelen ist üblicherweise gering, da die rohfaserreiche Ernährung und das fermentative Verdauungssystem ausgeprägte Glukoseschwankungen seltener vorkommen lassen. (41) Durch diese angeborene niedrigere Insulinproduktion und daraus folgend höhere Blutglukosekonzentration ist es den Neuweltkamelen einfacher möglich, auch in kargen höher gelegenen Gegenden zu überleben

(44) Im Vergleich zu anderen Säugetieren verfügen die Bauchspeicheldrüsen von Neuweltkamelen über weniger Langerhanssche Inseln und haben infolgedessen eine niedrigere Insulinproduktion und Sekretion. (45)

Aufgrund dieses normalerweise niedrigen Insulinspiegels sind Kameliden besonders anfällig für Erkrankungen, die die Insulinproduktion, -freisetzung oder -wirkung weiter unterdrücken. Im Blutbild sind verschiedene Abweichungen wie Hyperglykämie, Hyperketonämie, und Hypertriglyceridämie möglich. (41) Es kann auch zu Hypoalbuminämie kommen, da Insulin die hepatische Albuminsynthese stimuliert. (46) Hyperglykämie tritt bei Alpakas häufig in Verbindung mit verschiedenen Krankheiten und Stress auf. (44) Da Kameliden die Gewebeaufnahme von Glukose nur sehr eingeschränkt steigern können, ist Hyperglykämie bei Kameliden viel häufiger und anhaltender als bei vielen anderen domestizierten Tierarten. (41) Ein erhöhter Blutglukosespiegel kann mehrere Tage anhalten, bis die zugrunde liegende Ursache behandelt wird. Um eine anhaltende Hyperglykämie bei Alpakas zu behandeln, wird häufig Insulin eingesetzt. (43)

Tabelle 5: Basis-Insulin Konzentrationen (Mittelwert \pm Standardabweichung) von Neuweltkamelen (n = Anzahl der untersuchten Tiere in der jeweiligen Studie) aus der Literatur

Autor, Tierart	Anzahl (n)	Insulin (μ U/ml)
(47), Alpaka (Crias)	7	11.0 \pm 4.0
(48), Alpaka	8	5.6 \pm 2.2
(48), Lama	8	5.4 \pm 2.0
(44), Lama und Alpaka	8	10.0 \pm 7.7

Eine verminderte Insulinsekretion kann auch mit erhöhter Serumcholesterolkonzentration in Zusammenhang stehen, da überschüssiges Cholesterin die Sekretion von Insulin in den Beta-Zellen hemmt. (49) Bei Mäusen wurde festgestellt, dass Bilirubin unter anderem den Cholesterinstoffwechsel reguliert, was wahrscheinlich zu einer erhöhten Insulinsensitivität und Glukosetoleranz beiträgt. Adipöse Mäuse, die mit Bilirubin intraperitoneal behandelt wurden, zeigten unter anderem eine Reduktion an Körpergewicht, des Gesamtcholesterins und des Bilirubins. (50)

Tabelle 6: Klinisch-chemische Parameter bei erwachsenen, klinisch gesunden Lamas und Alpakas (51)

Parameter	Konzentration
Triglyceride (mmol/l)	< 1,5
Bilirubin ($\mu\text{mol/l}$)	0-1,7
Albumin (g/l)	23-42
Glukose (mmol/l)	5,5-7,5
NEFA (mmol/l)	0-0,5
Totalprotein (g/l)	50-75

3. Material und Methoden

3.1 Tiere

Die Beprobung der Tiere fand bereits von Juni bis August 2014 statt. Um eine ausreichend große Anzahl an Proben sicherzustellen, wurden vorhandene Patientenbesitzer Kontaktdaten der Veterinärmedizinischen Universität Wien herangezogen und mehrere Neuweltkamelverbände kontaktiert. Das Ziel war es, eine landesweit repräsentative und umfassende Studie zu ermöglichen. Im Jahr 2013 wurde die Neuweltkamelpopulation in Österreich auf 4000-6000 Tiere geschätzt. (2) Aus statistischer und epidemiologischer Perspektive ist eine Stichprobengröße von 10 % der Gesamtpopulation anzustreben, dazu wurden in allen österreichischen Bundesländern 448 Neuweltkamele beprobt. 187 dieser Tiere waren Lamas und 261 waren Alpakas. Dieselben Proben wurden bereits in den Studien von 52 (52) zur Histologie und zur Mineralstoff- und Spurenelementkonzentration im Serum von Neuweltkamelen herangezogen.

Tabelle 7: Aufteilung der Proben auf Österreichs Bundesländer

Bundesland	Lama	Alpaka	Insgesamt
Vorarlberg	13	5	18
Tirol	20	19	49
Salzburg	6	38	44
Oberösterreich	21	42	63
Niederösterreich	29	39	68
Wien	11	10	21
Burgenland	12	13	25
Steiermark	30	71	101
Kärnten	35	24	59

In jedem teilnehmenden Betrieb wurden maximal 7 Tiere beprobt, unabhängig von der Herdengröße. Die Tiere wurden per Zufallsverfahren aus der gesamten Herde ausgewählt. Um in die Studie aufgenommen zu werden, mussten die Tiere bestimmte Voraussetzungen erfüllen: Sie mussten klinisch gesund sein, ein Mindestalter von einem Jahr haben und durften nicht trächtig oder in Laktation sein. Die Tiere wurden einer klinischen Untersuchung unterzogen und

mit einer mobilen Waage gewogen. Die untersuchten Lamas und Alpakas erhielten im Winter Heu und im Sommer Gras zur freien Verfügung, ergänzt durch Mineralfutter sowie unterschiedlich große Mengen Kraftfutter je nach Betrieb. Keines der Tiere zeigte klinische Anzeichen von Mangelernährung.

Die Studie wurde vom Bundesministerium für Gesundheit gemäß dem österreichischen Tierschutzgesetz genehmigt (Tierversuchsgesetz-TGV, GZ 68.205/0171-II3b/2013). Sie erfolgte unter Einhaltung der Good Scientific Practice und der entsprechenden gesetzlichen Bestimmungen.

3.2 Probenmaterial

Für die Probenentnahme wurde bei jedem Tier mithilfe einer Mehrfachentnahmekanüle (20G x 1 1/2") der Firma VACUETTE® 9 ml venöses Blut aus der rechten *Vena jugularis externa* in je ein Lithium Heparin und ein Serum Röhrchen der Firma VACUETTE® entnommen. Die entnommenen Proben in den Lithium-Heparin-Röhrchen wurden in gekühlten Styroporboxen verpackt und spätestens am nächsten Tag per Post an die Veterinärmedizinische Universität Wien geschickt, wo sie im Zentrallabor hämatologisch untersucht wurden. Das Serum wurde vor Ort mithilfe einer mobilen Zentrifuge abzentrifugiert, in Eppendorf-tubes pipettiert und eingefroren, um später auf Blutchemie, Mineralstoffe und Spurenelemente analysiert zu werden.

3.3 Analysemethoden

Im Zentrallabor der Veterinärmedizinischen Universität Wien (Vetmeduni Wien) wurden lediglich BHB, NEFA, Albumin, Bilirubin und Totalprotein analysiert. Die übrigen Parameter wurden im Laboklin Labor in Bad Kissingen mittels Photometrie bestimmt, wobei die Messungen auf dem Cobas 8000 (Roche) und dem Advia Centaur (Siemens) durchgeführt wurden.

Tabelle 8: Übersicht über die verschiedenen Labormethoden mit denen die einzelnen Parameter analysiert wurden

Parameter	Methode
DGGR-Lipase	Photometrie
Cholesterin	Photometrie
Glukose	Photometrie
Harnstoff	Photometrie
Kreatinin	Photometrie
Triglyceride	Photometrie
Haptoglobin	Photometrie
SDMA	Photometrie
SAA	Photometrie
NEFA	Enzymatisch kolorimetrischer Test
Insulin	Chemilumineszenzassay
Totalprotein	Kolorimetrischer Test in alkalischer Lösung mit Bildung von Biuret-Komplexen
Albumin	kolorimetrischer Test (2-Punkt Endmessung) mit Bromkresolgrün
Bilirubin	kolorimetrischer Test (2-Punkt Endmessung) mit Diazoniumion

3.4 Statistik

Die statistische Auswertung wurde mit den Programmen Microsoft Excel 2024 und Graph Pad Prism 10 durchgeführt. Um mögliche Messfehler auszuschließen, wurden mithilfe des Ausreißertests nach Grubbs 13 Messwerte ausgeschlossen. Die Normalverteilungen wurden unter Anwendung des D'Agostino-Pearson Omnibus-Tests auf Normalität überprüft. In der vergleichenden statistischen Analyse lag der Schwerpunkt auf der Anwendung von t-Tests zur Bewertung von Gruppenunterschieden. Zur Berechnung von Korrelationen wurde die Pearson-Korrelation verwendet.

4. Ergebnisse Harnstoff, Kreatinin und symmetrisches Dimethylarginin

Tabelle 9: Ergebnisse der Parameter Harnstoff, Kreatinin und SDMA in Bezug auf Geschlecht und Tierart, (n=Anzahl, m=männlich, w=weiblich)

	Wert	n	2,5%- Perzentil	25%- Perzentil	Median	75%- Perzentil	97,5%- Perzentil
Alpaka (m)	Harnstoff (mmol/l)	91	3,09	5,60	6,70	8,00	9,91
	Kreatinin (μ mol/l)	90	73,28	97,50	112,50	135,30	203,00
	SDMA (μ mol/l)	90	0,40	0,62	0,73	0,84	1,40
Alpaka (w)	Harnstoff (mmol/l)	143	2,80	5,00	6,30	7,40	9,82
	Kreatinin (μ mol/l)	142	64,00	99,00	114,00	134,00	184,00
	SDMA (μ mol/l)	143	0,39	0,63	0,75	0,86	1,25
Alpaka (w+m)	Harnstoff (mmol/l)	234	2,80	5,20	6,40	7,63	9,74
	Kreatinin (μ mol/l)	232	71,43	98,00	113,00	134,00	184,50
	SDMA (μ mol/l)	233	0,40	0,63	0,75	0,85	1,29
Lama (m)	Harnstoff (mmol/l)	95	3,54	6,20	7,20	8,60	11,72
	Kreatinin (μ mol/l)	95	104,00	145,00	158,00	190,00	257,00
	SDMA (μ mol/l)	94	0,40	0,67	0,83	0,98	1,54
Lama (w)	Harnstoff (mmol/l)	68	2,24	5,90	7,25	8,48	11,78
	Kreatinin (μ mol/l)	69	74,75	146,00	165,00	188,50	236,80
	SDMA (μ mol/l)	69	0,55	0,75	0,94	1,14	1,77
Lama (w+m)	Harnstoff (mmol/l)	163	2,94	6,10	7,20	8,50	11,59
	Kreatinin (μ mol/l)	164	84,13	146,00	162,00	188,80	241,10
	SDMA (μ mol/l)	163	0,45	0,69	0,87	1,04	1,60

4.1 Harnstoff

Untersucht wurden beim Alpaka 234 und beim Lama 163 Proben. Sowohl beim Lama als auch beim Alpaka sind die Werte normalverteilt. Die Harnstoff Konzentrationen unterscheiden sich signifikant bei beiden Tierarten. (P-Wert: 0,0001). Beim Alpaka zeigt die Harnstoffkonzentration eine signifikante Abhängigkeit vom Geschlecht. (P-Wert: 0,0148). Die männlichen Tiere haben generell höhere Harnstoff Konzentrationen als die weiblichen. (Tabelle 9) Beim Lama hingegen zeigt die Harnstoffkonzentration keine signifikante Abhängigkeit vom Geschlecht. (P-Wert: 0,3284) Es besteht sowohl bei Alpakas ($r=0,06$ $P=0,3690$) als auch bei Lamas ($r=0,07$ $P=0,4021$) kein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Harnstoff Konzentration im Blut.

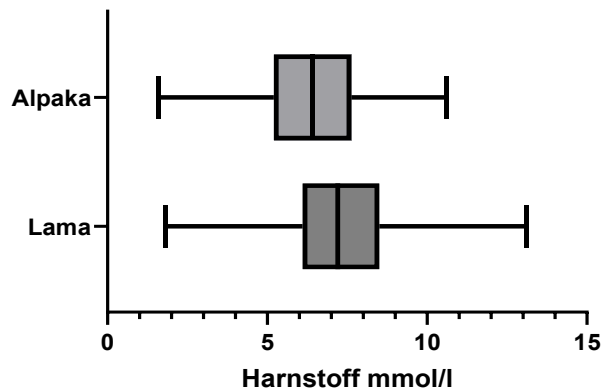


Abb. 2: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Harnstoffkonzentration bei Lamas und Alpakas

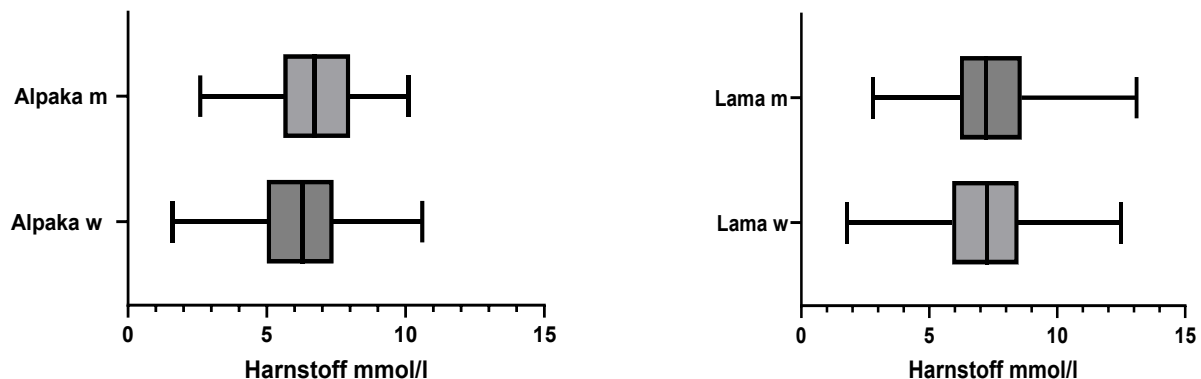


Abb. 3: Box-Plot Diagramme zur Verteilung der Harnstoffkonzentrationen nach den Geschlechtern der jeweiligen Tierarten. w=weiblich m=männlich

4.2 Kreatinin

Untersucht wurden beim Alpaka 232 und beim Lama 164 Proben. Die Werte der Lamas folgen einer Normalverteilung, während dies bei den Alpakas nicht der Fall ist. Die Kreatinin Konzentration unterscheidet sich signifikant bei beiden Tierarten (P -Wert= 0,0001). Sowohl beim Alpaka (P -Wert= 0,6762), als auch beim Lama (P -Wert= 0,5730) zeigte die Kreatininkonzentration keine signifikante Abhängigkeit vom Geschlecht. Sowohl bei Alpakas ($r=0,10$ $P=0,1344$) als auch bei Lamas ($r=0,03$ $P=0,6777$) korreliert die Kreatinin Konzentration im Blut nicht mit dem Alter.

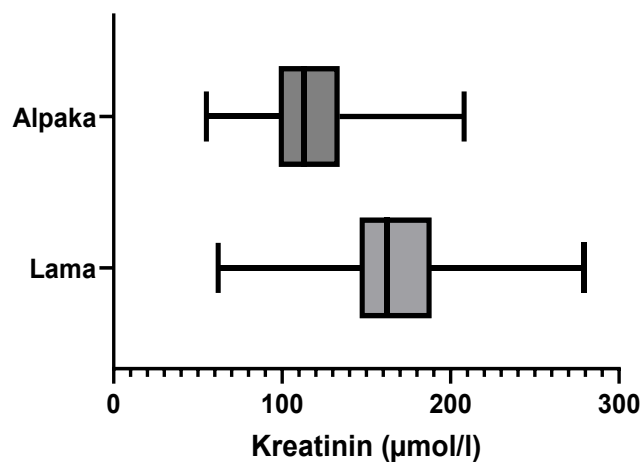


Abb. 4: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Kreatininkonzentration bei Lamas und Alpakas

4.3 Symmetrisches Dimethylarginin

Untersucht wurden 233 Alpakas und 163 Lamas. Die Werte beider Tierarten folgen keiner Normalverteilung. Die SDMA-Konzentration der beiden Tierarten unterscheidet sich signifikant voneinander (P -Wert= 0,0001). Beim Alpaka (P -Wert= 0,5593) zeigte die SDMA-Konzentration keine signifikanten Unterschiede beim Geschlecht. Beim Lama (P -Wert= 0,0044) hingegen zeigte die SDMA-Konzentration einen signifikanten Unterschied beim Geschlecht. Beim Alpaka ($r=0,17$ $P=0,019$) gibt es eine signifikante, aber schwache positive Korrelation mit dem Alter. Lamas hingegen weisen eine sehr schwache negative Korrelation auf, die jedoch nicht signifikant ist. ($r= -0,11$ P -Wert=0,1529).

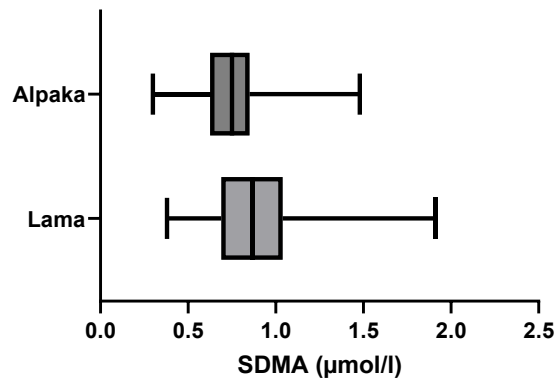


Abb. 5: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der SDMA-Konzentrationen der Lamas und Alpakas

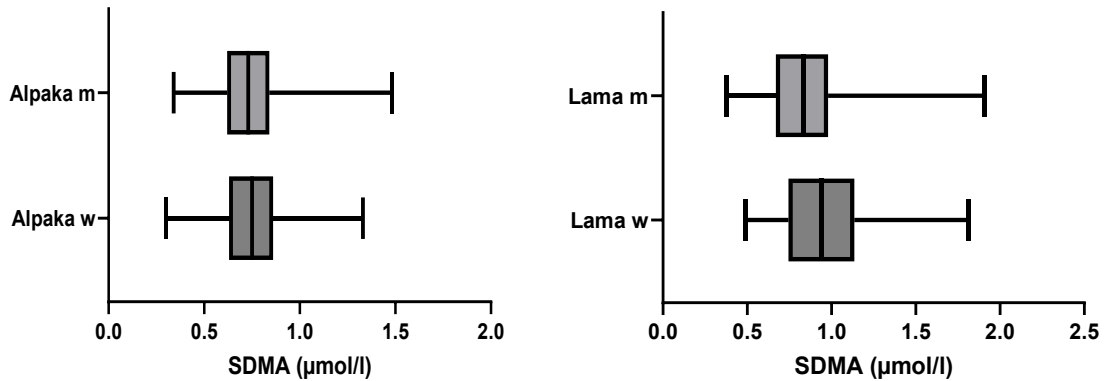


Abb. 6: Box-Plot Diagramme zur Verteilung der SDMA-Konzentration nach den Geschlechtern der jeweiligen Tierarten. w=weiblich m=männlich

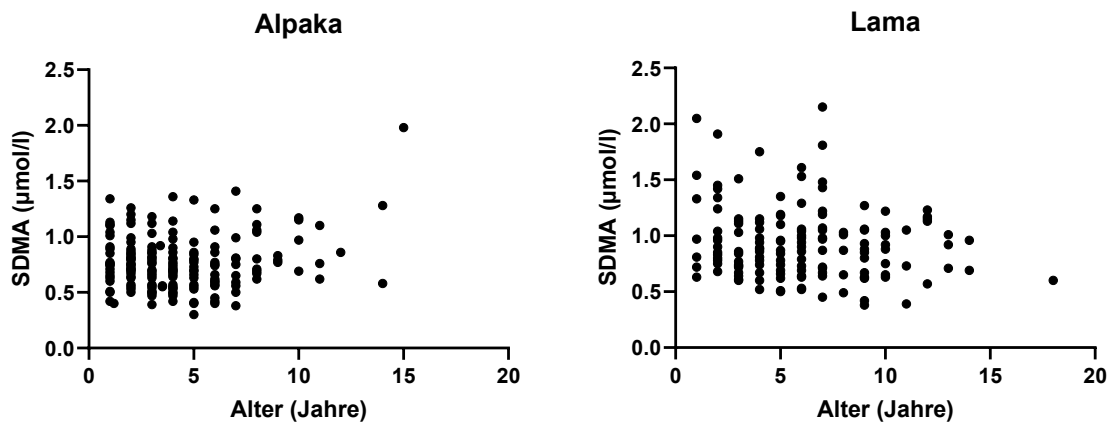


Abb. 7: Punktdiagramme zur Altersabhängigkeit der SDMA-Konzentrationen

5. Ergebnisse Haptoglobin und Serumamyloid A

Tabelle 10: Konzentrationen von Haptoglobin und SAA in Bezug auf Geschlecht und Tierart, (n=Anzahl, m=männlich, w=weiblich)

	Wert	n	2,5%- Perzentil	25%- Perzentil	Median	75%- Perzentil	97,5%- Perzentil
Alpaka (m)	Haptoglobin (g/dl)	90	0,35	0,69	0,90	1,45	2,68
	SAA (µg/ml)	91	0,31	2,51	3,36	4,35	6,94
Alpaka (w)	Haptoglobin (g/dl)	142	0,39	0,73	0,96	1,29	2,28
	SAA (µg/ml)	142	0,39	2,91	4,49	5,51	7,30
Alpaka (w+m)	Haptoglobin (g/dl)	232	0,37	0,72	0,95	1,37	2,43
	SAA (µg/ml)	233	0,41	2,64	3,82	5,19	7,04
Lama (m)	Haptoglobin (g/dl)	95	0,39	0,67	0,94	1,32	2,02
	SAA (µg/ml)	95	0,10	2,24	3,89	5,21	10,44
Lama (w)	Haptoglobin (g/dl)	68	0,38	0,76	1,08	1,43	2,39
	SAA (µg/ml)	69	0,10	2,29	4,00	5,14	7,83
Lama (w+m)	Haptoglobin (g/dl)	163	0,40	0,69	1,01	1,39	2,18
	SAA (µg/ml)	164	0,10	2,28	3,91	5,17	8,26

5.1 Haptoglobin

Untersucht wurden 232 Alpakas und 163 Lamas. Die Werte beider Tierarten folgten keiner Normalverteilung. Die Haptoglobinkonzentration beider Tierarten unterscheidet sich nicht signifikant. (P-Wert= 0,9866). Die Mittelwerte beider Tierarten sind nahezu identisch (1,073 g/dl und 1,074 g/dl). Es gibt keinen signifikanten Unterschied der Haptoglobinkonzentration zwischen weiblichen und männlichen Alpakas (P-Wert=0,7064) und weiblichen und männlichen Lamas (P-Wert= 0,0700) in den getesteten Gruppen. Bei den Alpakas gibt es eine signifikante aber schwach positive Korrelation zwischen Alter und Haptoglobinkonzentration ($r=0,18$; P-Wert=0,0078). Bei den Lamas hingegen kann keine Korrelation zwischen Alter und Haptoglobinkonzentration nachgewiesen werden ($r=0,14$; P-Wert=0,0898).

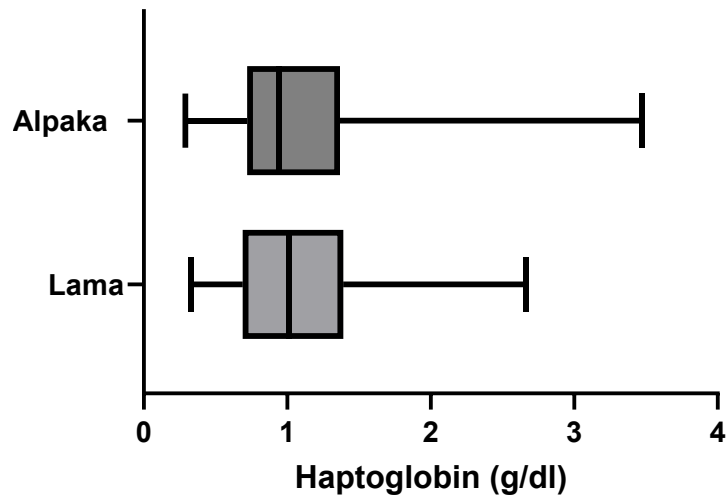


Abb. 8: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Haptoglobinkonzentrationen bei Lamas und Alpakas

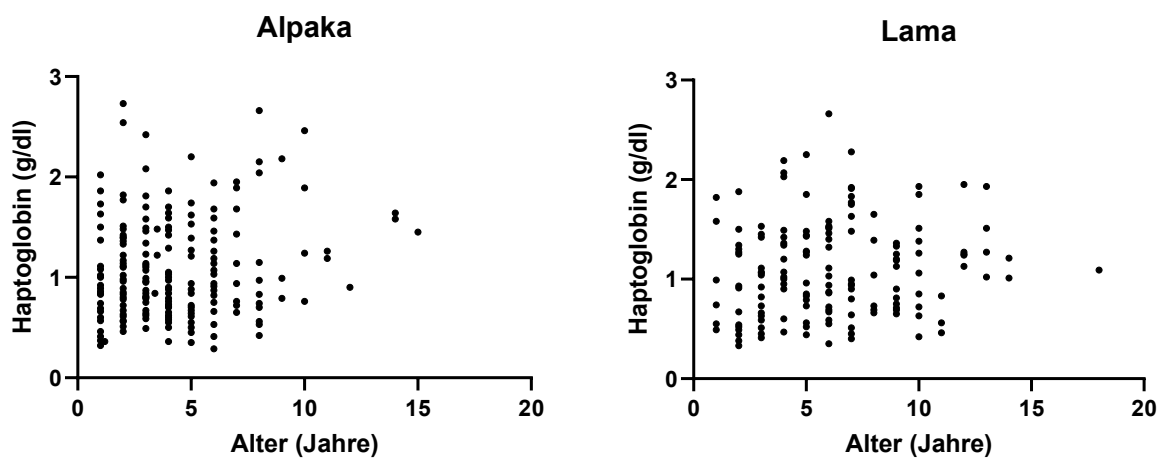


Abb. 9: Punktdiagramme zur Altersabhängigkeit der Haptoglobinkonzentration

Beim Alpaka gibt es eine signifikante Korrelation zwischen Haptoglobin und segmentkernigen sowie eosinophilen Granulozyten. Beide Korrelationen sind jedoch schwach. Zu allen anderen untersuchten Leukozytentypen gibt es beim Alpaka keine signifikanten Zusammenhänge zu Haptoglobin. Beim Lama gibt es eine signifikante jedoch schwache Korrelation zwischen Haptoglobin und Monozyten. Alle anderen Leukozytentypen zeigen beim Lama keine signifikanten Korrelationen.

Tabelle 11: Korrelationen (r = Spearman-Korrelationskoeffizient) und deren Signifikanz (p = Irrtumswahrscheinlichkeit) zwischen Haptoglobin und verschiedenen Leukozytentypen. Eine moderate Korrelation liegt vor, wenn $r > 0,5$; eine starke Korrelation, wenn $r > 0,8$. Eine Korrelation gilt als signifikant, wenn $p < 0,05$.

Leukozytentyp	r-Wert Alpaka	P-Wert Alpaka	r- Wert Lama	P-Wert Lama
Stabkernige	0,08	0,26	0,12	0,14
Segmentkernige	0,22	0,00	-0,08	0,31
Lymphozyten	-0,10	0,12	-0,03	0,76
Monozyten	0,06	0,39	0,17	0,04
Eosinophile	0,14	0,03	0,11	0,20
Basophile	0,07	0,29	0,12	0,14

5.2 Serumamyloid A

Untersucht wurden 233 Alpakas und 164 Lamas. Die Werte beider Tierarten folgen einer Normalverteilung. Die SAA-Konzentration beider Tierarten unterscheidet sich nicht signifikant (P-Wert=0,9497). Beim Alpaka zeigte die SAA-Konzentration eine signifikante Abhängigkeit vom Geschlecht (P=0,0009). Beim Lama besteht keine signifikante Abhängigkeit der SAA-Konzentration vom Geschlecht (P-Wert=0,7908). Sowohl bei Alpakas ($r=-0,02$; P-Wert=0,7459) als auch bei Lamas ($r=-0,06$; P=0,4666) korreliert das Alter nicht signifikant mit der SAA-Konzentration.

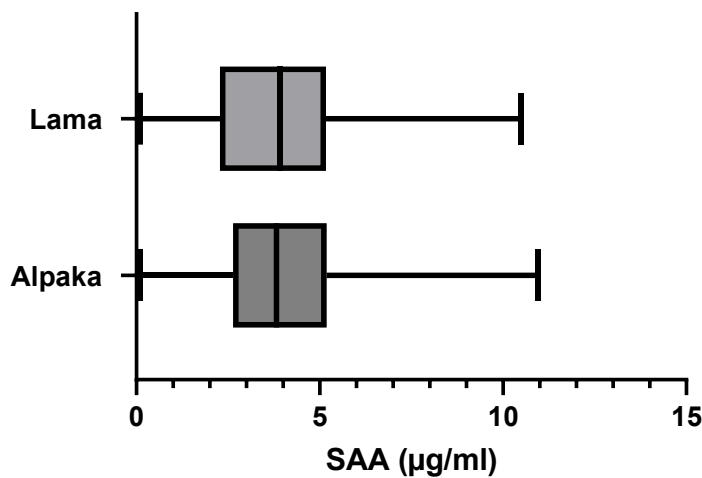


Abb. 10: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der SAA-Konzentrationen bei Lamas und Alpakas

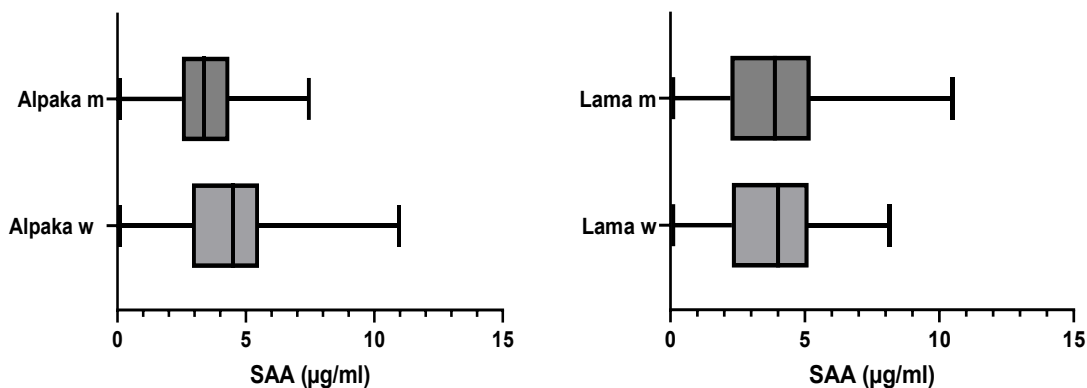


Abb. 11: Box-Plot Diagramme zur Verteilung der SAA-Konzentration nach den Geschlechtern der jeweiligen Tierarten. w=weiblich m=männlich

Bei beiden Neuweltkamelarten gibt es keine signifikante Korrelation zwischen der Konzentration von SAA und den gemessenen Leukozytentypen. Die Korrelationskoeffizienten sind alle sehr nahe bei 0, die P-Werte sind nicht signifikant.

Tabelle 12: Korrelationen (r = Spearman-Korrelationskoeffizient) und deren Signifikanz (p = Irrtumswahrscheinlichkeit) zwischen Haptoglobin und verschiedenen Leukozytentypen. Eine moderate Korrelation liegt vor, wenn $r > 0,5$; eine starke Korrelation, wenn $r > 0,8$. Eine Korrelation gilt als signifikant, wenn $p < 0,05$.

Leukozytentyp	r-Wert Alpaka	P-Wert Alpaka	r- Wert Lama	P-Wert Lama
Stabkernige	-0,05	0,43	-0,02	0,81
Segmentkernige	-0,06	0,37	-0,12	0,13
Lymphozyten	-0,05	0,48	-0,08	0,32
Monozyten	0,02	0,77	0,04	0,67
Eosinophile	0,02	0,81	0,11	0,16
Basophile	0,04	0,60	-0,10	0,21

6. Ergebnisse DGGR-Lipase

Tabelle 13: Aktivität der DGGR-Lipase in Bezug auf Geschlecht und Tierart, (n=Anzahl, m=männlich, w=weiblich)

	Wert	n	2,5%- Perzentil	25%- Perzentil	Median	75%- Perzentil	97,5%- Perzentil
Alpaka (m)	DGGR- Lipase (U/l)	91	5,27	8,40	13,10	18,90	33,77
Alpaka (w)	DGGR- Lipase (U/l)	142	5,45	9,08	12,30	18,03	31,28
Alpaka (w+m)	DGGR- Lipase (U/l)	233	5,61	8,95	12,30	18,15	32,83
Lama (m)	DGGR- Lipase (U/l)	94	5,31	7,30	9,50	12,25	21,94
Lama (w)	DGGR- Lipase (U/l)	69	5,20	7,15	9,30	15,60	31,50
Lama (w+m)	DGGR- Lipase (U/l)	163	5,30	7,30	9,50	13,20	28,26

Untersucht wurden 233 Alpakas und 163 Lamas. Die Werte beider Arten folgten keiner Normalverteilung. Die Messergebnisse der DGGR-Lipase unterscheiden sich bei beiden Tierarten statistisch signifikant (P-Wert= <0,0001). Bei beiden Tierarten sind die Aktivitäten nicht signifikant vom Geschlecht abhängig (Lamas P-Wert=0,0909; Alpakas P-Wert=0,8360). Sowohl bei Alpakas ($r=0,10$; P-Wert=0,1472) als auch bei Lamas ($r=0,02$; P-Wert=0,7958) korreliert das Alter nicht mit den gemessenen Werten.

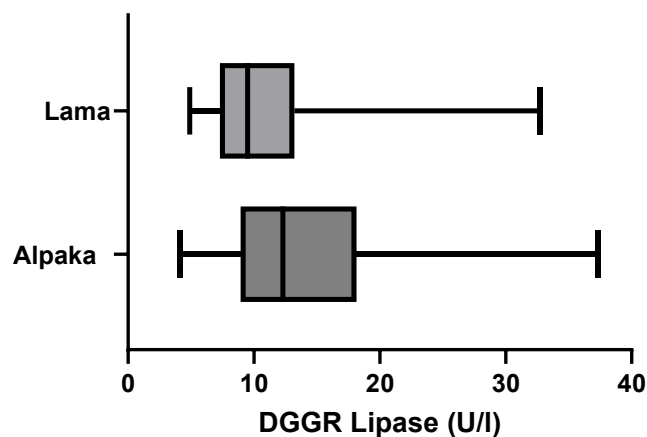


Abb. 12: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Messwerte der DGGR-Lipase bei Lamas und Alpakas

7. Ergebnisse Insulin

Tabelle 14: Ergebnisse des Insulins in Bezug auf Geschlecht und Tierart, (n=Anzahl, m=männlich, w=weiblich)

	Wert	n	2,5%- Perzentil	25%- Perzentil	Median	75%- Perzentil	97,5%- Perzentil
Alpaka (m)	Insulin (μ U/ml)	92	0,73	1,93	2,70	4,10	8,15
Alpaka (w)	Insulin (μ U/ml)	142	0,92	1,78	2,45	3,50	7,54
Alpaka (w+m)	Insulin (μ U/ml)	234	0,80	1,80	2,50	3,63	7,85
Lama (m)	Insulin (μ U/ml)	95	1,04	2,40	3,50	5,50	14,64
Lama (w)	Insulin (μ U/ml)	68	0,67	1,70	2,35	3,58	9,47
Lama (w+m)	Insulin (μ U/ml)	163	0,90	2,10	2,90	4,50	12,64

Untersucht wurden 234 Alpakas und 163 Lamas. Die Werte beider Tierarten waren nicht normalverteilt. Die Messergebnisse unterscheiden sich bei beiden Tierarten statistisch signifikant (P-Wert= 0,0009).

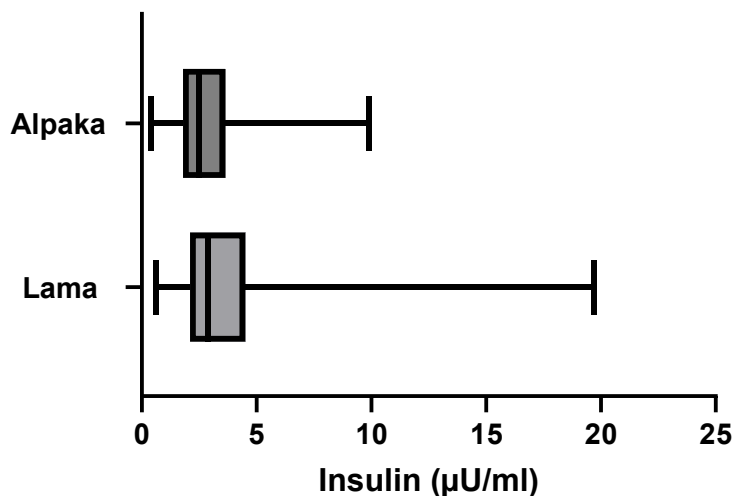


Abb. 13: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Insulin-Konzentrationen bei Lamas und Alpakas

Bei den Alpakas (P-Wert=0,1915) sind die Insulin Werte nicht signifikant vom Geschlecht abhängig. Bei den Lamas (P-Wert=0,0028) sind die Insulin Werte signifikant vom Geschlecht abhängig. Sowohl bei Alpakas ($r=-0,04$; P-Wert=0,5668) als auch bei Lamas ($r=-0,01$; P-Wert=0,9379) korreliert das Alter nicht mit den gemessenen Werten.

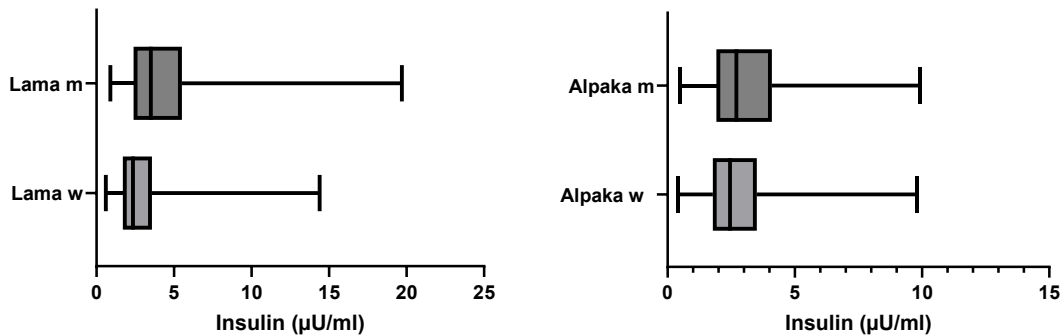


Abb. 14: Box-Plot Diagramme zur Verteilung der Insulin-Konzentration nach den Geschlechtern der jeweiligen Tierarten. w=weiblich m=männlich

Tabelle 15: Korrelationen (r = Spearman-Korrelationskoeffizient) und deren Signifikanz (p = Irrtumswahrscheinlichkeit) zwischen Insulin und verschiedenen Parametern. Eine moderate Korrelation liegt vor, wenn $r > 0,5$; eine starke Korrelation, wenn $r > 0,8$. Eine Korrelation gilt als signifikant, wenn $p < 0,05$.

Parameter	r-Wert Alpaka	P-Wert Alpaka	r- Wert Lama	P-Wert Lama
Glucose	0,15	0,02	0,26	0,00
Triglyceride	0,07	0,32	0,10	0,23
NEFA	-0,24	0,00	-0,22	0,01
Cholesterin	0,04	0,53	-0,18	0,02
Bilirubin	0,03	0,73	0,10	0,28
Totalprotein	0,10	0,14	0,13	0,08
Albumin	0,14	0,03	-0,01	0,89

Bei Alpakas bestehen signifikante Korrelationen zwischen Insulin und Glukose (positiv), NEFA (negativ) und Albumin (positiv). Die anderen biochemischen Parameter Cholesterin, Triglyceride, Bilirubin und Totalprotein zeigen keine signifikanten Korrelationen mit Insulin. Bei Lamas bestehen signifikante Korrelationen zwischen Insulin und Glukose (positiv), NEFA (negativ) sowie Cholesterin (negativ). Die anderen biochemischen Parameter Triglyceride, Bilirubin, Gesamtprotein und Albumin zeigen keine signifikanten Korrelationen mit Insulin beim Lama.

8. Vorgeschlagene Referenzbereiche für Alpaka und Lama

Tabelle 16: Referenzbereiche für Harnstoff, Kreatinin, SDMA, Haptoglobin, SAA, DGGR-Lipase und Insulin für beide Tierarten und Geschlechter anhand des 2,5 %- und 97,5 %-Perzentil.

Tierart	Alpaka		Lama	
Geschlecht	m	w	m	w
Harnstoff (mmol/l)	3,09-9,91	2,80-9,82	2,94-11,59	
Kreatinin (µmol/l)	71,43-184,50		84,13-241,10	
SDMA (µmol/l)	0,40-1,29		0,40-1,54	0,55-1,77
Haptoglobin (g/dl)	0,37-2,43		0,40-2,18	
SAA (µg/ml)	0,31-6,94	0,39-7,30	0,10-8,26	
DGGR-Lipase (U/l)	5,61-32,83		5,30-28,26	
Insulin (µU/ml)	0,80-7,85		1,04-14,64	0,67-9,47

9. Diskussion

9.1 Harnstoff, Kreatinin und symmetrisches Dimethylarginin

Die errechneten Referenzwerte für Harnstoff, Kreatinin und symmetrischem Dimethylarginin unterscheiden sich zwar signifikant bei beiden Tierarten, aber überlappen sich größtenteils. Harnstoff und Kreatinin sind bei Neuweltkamelen vergleichsweise gut untersuchte Werte, die errechneten Referenzwerte für Harnstoff und Kreatinin sind vergleichbar mit den Parametern von 8, 7, 9, 10, und 11 (Tabelle 1).

Beim SDMA ist das errechnete Referenzintervall (Lamas 0,45-1,60 $\mu\text{mol/l}$, Alpakas 0,40-1,29 $\mu\text{mol/l}$) etwas höher als Werte bei Pferden ($0.53 \pm 0.14 \mu\text{mol/l}$) (14), Rindern ($0.66 \pm 0.02 \mu\text{mol/l}$) (15), Katzen ($0.60 \pm 0.14 \mu\text{mol/l}$) (17) und Hunden ($0.65 \pm 0.34 \mu\text{mol/l}$) (16) (Tabelle 2).

Bezüglich SDMA gibt es in Hinblick auf Lamas und Alpakas bislang nur wenige wissenschaftliche Arbeiten. Symmetrisches Dimethylarginin wird derzeit hauptsächlich in der Kleintiermedizin verwendet. (13) Für Neuweltkamele könnten sich durch die errechneten Referenzbereiche neue Möglichkeiten in der Diagnostik eröffnen, insbesondere im Hinblick auf die frühere Erkennung einer verminderten Ausscheidungsfunktion der Nieren.

9.2 Serumamyloid A und Haptoglobin

Die errechneten Referenzwerte für Haptoglobin und Serumamyloid A unterschieden sich nicht signifikant bei den beiden Neuweltkamelarten. Beim Haptoglobin ist das errechnete Referenzintervall (Alpakas 0,37-2,43 g/dl, Lamas 0,40-2,18 g/dl) grundsätzlich höher als die bei vergleichbaren Tierarten wie Pferden, Rindern und Ziegen in Tabelle 3 angegebenen Werte. (30, 29, 33)

Es existieren nur wenige Studien, die sich mit den Haptoglobinkonzentrationen bei Neuweltkamelen befassen. In einer Studie aus 2013 wurde bei Alpakas denen Lipopolysaccharide intravenös injiziert wurden erhöhte Haptoglobinwerte festgestellt. (20)

Beim SAA sind die errechneten Referenzwerte beim Alpaka (männlich 0,31-6,94 $\mu\text{g/ml}$, weiblich 0,39-7,30 $\mu\text{g/ml}$) und beim Lama (0,10-8,26 $\mu\text{g/ml}$) deutlich niedriger als bei Pferden (0,5-20 $\mu\text{g/ml}$) (30) und Katzen (1,89-18,53 $\mu\text{g/ml}$). (31) Am ehesten entsprechen sie der Obergrenze von 8,8 $\mu\text{g/ml}$, die für gesunde Rinder angegeben wurde. (29). Es liegen insgesamt nur wenige Studien vor, die sich mit SAA-Konzentrationen von Neuweltkamelen befassen.

Diese neuen Referenzwerte könnten erhebliche medizinische Vorteile bieten. Dazu zählen eine verbesserte Diagnostik von Entzündungsprozessen, eine frühzeitigere Erkennung von Krankheiten sowie eine präzisere Überwachung des Gesundheitszustands dieser Tierarten. Weitere Studien zu SAA und Haptoglobin bei Neuweltkamelen sind jedenfalls erforderlich.

Das sowohl bei SAA, als auch bei Haptoglobin keine, beziehungsweise nur schwache Korrelationen zu den gemessenen Leukozyten festgestellt wurde ist möglicherweise auf die unterschiedliche Wirkungsweise zurückzuführen. Haptoglobin als Akut-Phase-Protein reagiert primär auf systemische Stimuli wie Hämolyse oder Entzündungen. (23). Das ebenfalls in der Leber gebildete SAA spielt unter anderem eine wichtige Rolle bei Entzündungsprozessen, dem Transport von Lipiden, der akuten Phase Reaktion, Geweberegeneration und auch in der Tumorbilogie. (25) Eine Möglichkeit für eine Verletzung, bei der die Leukozytenanzahl nicht mit den APPs korreliert, wäre beispielsweise ein nicht kontaminierter Gewebeschaden oder ein Trauma.

9.3 DGGR-Lipase

Der errechnete Referenzwert für DGGR-Lipase unterscheidet sich zwar signifikant bei beiden Tierarten, aber überlappt sich größtenteils (Alpaka 5,61-32,83 U/l, Lama 5,30-28,26 U/l). In der Literatur werden für andere Tierarten Obergrenzen von 120 U/l bei Hunden (37), 20 U/l bei Pferden (39) und 26 U/l bei Katzen (40) angegeben. (Tabelle 4) Der errechnete Referenzwert für Neuweltkamele kommt also Katzen am nächsten. Dem Autor ist derzeit keine Studie bekannt, die sich mit dem Einsatz der DGGR-Lipase als Parameter bei Neuweltkamelen beschäftigt.

Die Symptome einer Pankreatitis sind bei Neuweltkamelen häufig unspezifisch und werden daher häufig mit anderen Krankheiten verwechselt. (35) Die Etablierung von DGGR-Lipase als Laborparameter bei Neuweltkamelen könnte die Diagnose von Pankreatitis erleichtern. Weitere Studien zur Anwendung des DGGR-Lipase Tests bei Neuweltkamelen sind jedenfalls erforderlich.

9.4 Insulin

Der errechnete Referenzwert für Insulin unterscheidet sich zwar signifikant bei beiden Tierarten, aber überlappt sich Großteils. (Alpaka 0,80-7,85 µU/ml, Lama m 1,04-14,64 µU/ml, Lama w 0,67-9,47 µU/ml). Werte aus der Literatur von 48 (48) (Alpaka 5.6 ± 2.2 µU/ml, Lama 5.4 ± 2.0

$\mu\text{U/ml}$), 44 (44) (Lama und Alpaka ($10.0 \pm 7.7 \mu\text{U/ml}$) und 47 (47) (Alpaka Crias $11.0 \pm 4.0 \mu\text{U/ml}$) liegen in einem ähnlichen Bereich.

Die errechneten Referenzbereiche sind im Vergleich zu Werten bei Ponys ($2,0\text{-}21,2 \mu\text{U/ml}$) (53), Katzen ($2,8\text{-}20,6 \mu\text{U/ml}$) (54) oder Hunden ($10\text{-}29 \mu\text{U/ml}$) (55) durchwegs niedriger. Dies ist nicht überraschend, da die Bauchspeicheldrüsen von Neuweltkamelen eher weniger Langerhanssche Inseln verfügen und infolgedessen eine niedrigere Insulinproduktion und Sekretion haben als andere Säugetiere. (45)

Das Insulin positiv mit Glukose korreliert, ist keine Überraschung. Die β -Zellen der Bauchspeicheldrüse setzen Insulin als Reaktion auf einen steigenden Glukosespiegel frei. (56) Die negative Korrelation von Insulin mit NEFAs ist ein zentraler Aspekt des Fettstoffwechsels. Insulin hemmt die Freisetzung von NEFAs aus dem Fettgewebe, indem es die Aktivität der Lipasen in den Adipozyten reduziert. (57)

Wegen ihre niedrigen Insulinspiegels sind Lamas und Alpakas besonders anfällig für Krankheiten die die Insulinproduktion, -freisetzung oder -wirkung unterdrücken. (41) Da Alpakas häufig von anhaltender Hyperglykämie betroffen sind, wird oft Insulin eingesetzt. (43) Mithilfe dieser neuen Referenzwerte für Insulin könnte die Diagnostizierung von Krankheiten wie Diabetes mellitus erleichtert werden.

10. Konklusion

Die errechneten Referenzbereiche lassen auf keinen biologisch bedeutenden Unterschied zwischen Lamas und Alpakas schließen. Obwohl es teils signifikante Unterschiede zwischen den Referenzbereichen beider Arten gibt, überlappen sie sich immer. Unterschiede zwischen den beiden Arten und den Geschlechtern kommen möglicherweise durch Haltungs- und Fütterungsunterschiede zustande. Die Größe und Zusammensetzung der untersuchten Population können ebenfalls einen Einfluss haben. Es wurden bei beiden Arten mehr weibliche als männliche Tiere untersucht. Dass die genaue Anzahl von Neuweltkamelen in Österreich unbekannt ist und es nur Schätzungen gibt, ist in diesem Zusammenhang wenig hilfreich.

Die ermittelten Referenzintervalle von Insulin, Harnstoff und Kreatinin stimmen weitestgehend mit der bisherigen Literatur überein. Von besonderer Bedeutung sind meines Erachtens die Referenzbereiche für SDMA, Haptoglobin, SAA und DGGR-Lipase, da es zu diesen Parametern bisher nur sehr wenige wissenschaftliche Arbeiten zu Lamas und Alpakas gibt. Aufgrund der steigenden Nachfrage nach veterinärmedizinischen Leistungen für Neuweltkamele werden diese labordiagnostischen Parameter, die bisher vor allem in der Kleintier- und Pferdemedizin zum Einsatz kommen immer mehr gefragt sein. Für diese Parameter braucht es definitiv weitere Studien, um die Kenntnislage bei Lamas und Alpakas zu festigen.

11. Abkürzungen

SDMA	Symmetrisches Dimethylarginin
APP	Akute Phase Proteine
SAA	Serumamyloid A
DGGR	1,2-O-dilauryl-rac-glycero glutaric acid-(6'-methylresorufin) ester
NEFA	Non-esterified fatty acids

12. Literaturverzeichnis

1. Gauly M, Jane V, Cebra C. Neuweltkameliden. Georg Thieme Verlag KG; 2019.
2. Trah M, Wittek T. Alpakas und Lamas: Fütterung und fütterungsbedingte Erkrankungen. Kaufbeuren: Verein der Züchter Halter und Freunde von Neuweltkameliden e.V. LAMAS Verlag; 2013.
3. Bauerstatter S, Lambacher B, Stanitznig S, Franz L., Wittek T. Neuweltkamele in Österreich – Untersuchungen zur Population, Haltung, Herdenmanagement und Gesundheitsprophylaxe. Wiener tierärztliche Monatsschrift 2018; (105):191–9.
4. Kaneko JJ, Harvey J, Bruss M. Clinical biochemistry of domestic animals. 5th ed. San Diego, Calif: Academic Press; 1997.
5. Relford R, Robertson J, Clements C. Symmetric Dimethylarginine: Improving the Diagnosis and Staging of Chronic Kidney Disease in Small Animals. Vet Clin North Am Small Anim Pract 2016; 46(6):941–60.
6. Engelhardt W von, Breves G, Diener M, Gabel G. Physiologie der Haustiere. 5., vollständig bearbeitete Auflage. Stuttgart: Enke Verlag; Georg Thieme Verlag KG; 2015.
7. Foster A, Bidewell C, Barnett J, Sayers R. Haematology and biochemistry in alpacas and llamas. In Practice 2009; 31.
8. Fowler ME, Zinkl JG. Reference ranges for hematologic and serum biochemical values in llamas (*Lama glama*). Am J Vet Res 1989; 50(12):2049–53.
9. Husakova T, Pavlata L, Pechova A, Hauptmanova K, Pitropovska E, Tichy L. Reference values for biochemical parameters in blood serum of young and adult alpacas (*Vicugna pacos*). Animal 2014; 8(9):1448–55. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731114001256>.
10. Dawson DR, DeFrancisco RJ, Mix SD, Stokol T. Reference intervals for biochemical analytes in serum and heparinized plasma and serum protein fractions in adult alpacas (*Vicugna pacos*). Vet Clin Pathol 2011; 40(4):538–48.
11. Hengrave Burri I, Tschudi P, Martig J, Liesegang A, Meylan M. [South American camelids in Switzerland. II. Reference values for blood parameters]. Schweiz Arch Tierheilkd 2005; 147(8):335–43.
12. Vallance P, Leone A, Calver A, Collier J, Moncada S. Accumulation of an endogenous inhibitor of nitric oxide synthesis in chronic renal failure. Lancet 1992; 339(8793):572–5.
13. Sargent HJ, Elliott J, Jepson RE. The new age of renal biomarkers: does SDMA solve all of our problems? J Small Anim Pract 2021; 62(2):71–81.
14. Siwinska N, Zak A, Slowikowska M, Niedzwiedz A, Paslawska U. Serum symmetric dimethylarginine concentration in healthy horses and horses with acute kidney injury. BMC Veterinary Research 2020; 16(1):396.
15. Kessler EC, Bruckmaier RM, Gross JJ. Kidney function, but not nitrogen excretion, differs between Brown Swiss and Holstein dairy cows. Journal of Dairy Science 2024; 107(10):8736–45.

16. Liffman R, Johnstone T, Tennent-Brown B, Hepworth G, Courtman N. Establishment of reference intervals for serum symmetric dimethylarginine in adult nonracing Greyhounds. *Vet Clin Pathol* 2018; 47(3):458–63.
17. Paltrinieri S, Giraldi M, Prolo A, Scarpa P, Piseddu E, Beccati M et al. Serum symmetric dimethylarginine and creatinine in Birman cats compared with cats of other breeds. *J Feline Med Surg* 2018; 20(10):905–12.
18. Bedenice D. Approach to the Critically Ill Camelid. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 2009; 25(2):407–21. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749072009000346>.
19. Cebra CK, Heidel JR, Cebra ML, Tornquist SJ, Smith BB. Pathogenesis of *Streptococcus zooepidemicus* infection after intratracheal inoculation in llamas. *Am J Vet Res* 2000; 61(12):1525–9. Available from: URL: <https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/61/12/ajvr.2000.61.1525.xml>.
20. Passler T, Chamorro MF, Riddell KP, Edmondson MA, van Santen E, Cray C et al. Evaluation of Methods to Improve the Diagnosis of Systemic Inflammation in Alpacas. *J Vet Intern Med* 2013; 27(4):970–6.
21. Cray C. Chapter 5 - Acute Phase Proteins in Animals. In: Conn P, editor. *Progress in Molecular Biology and Translational Science : Animal Models of Molecular Pathology*. Academic Press; 2012. p. 113–50 Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123945969000056>.
22. Cecilian F, Ceron JJ, Eckersall PD, Sauerwein H. Acute phase proteins in ruminants. *Journal of Proteomics* 2012; 75(14):4207–31. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1874391912002102>.
23. Woldemeskel M, Vanderpuye OA. Conservation of Binding of Llama and Other Animals's Hemoglobins to Haptoglobins Across Species. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology* 2018; 14(1).
24. Hesketh JB, Mackintosh CG, Griffin J. Development of a diagnostic blood test for tuberculosis in alpacas (*Lama paces*). *New Zealand Veterinary Journal* 1994; 42(3):104–9.
25. Sack GH. Serum Amyloid A (SAA) Proteins. In: Hoeger U, Harris JR, editors. *Vertebrate and Invertebrate Respiratory Proteins, Lipoproteins and other Body Fluid Proteins*. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 421–36.
26. Furlaneto C, Campa A. A Novel Function of Serum Amyloid A: A Potent Stimulus for the Release of Tumor Necrosis Factor- α , Interleukin-1 β , and Interleukin-8 by Human Blood Neutrophil [Cristiane Jaciara Furlaneto; Ana Campa]. *Biochemical and Biophysical Research Communications* 2000; 268(2):405–8. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006291X00921430>.
27. Hatanaka E, Fernanda Pereira Ribeiro, Ana Campa. The acute phase protein serum amyloid A primes neutrophils. *FEMS Immunology and Medical Microbiology* 2003; 38(1):81–4. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928824403001123>.
28. Nazifi S, Oryan A, Ansari-Lari M, Tabandeh MR, Mohammadalipour A, Gowharnia M. Evaluation of sialic acids and their correlation with acute-phase proteins (haptoglobin and serum amyloid A) in clinically healthy Iranian camels (*Camelus dromedarius*). *Comparative Clinical Pathology* 2012; 21(4):383–7.

29. Horadagoda NU, Knox KM, Gibbs HA, Reid SW, Horadagoda A, Edwards SE et al. Acute phase proteins in cattle: discrimination between acute and chronic inflammation. *Vet Rec* 1999; 144(16):437–41.
30. Crisman MV, Scarratt WK, Zimmerman KL. Blood proteins and inflammation in the horse. *Vet Clin North Am Equine Pract* 2008; 24(2):285-97, vi.
31. Giordano A, Spagnolo V, Colombo A, Paltrinieri S. Changes in some acute phase protein and immunoglobulin concentrations in cats affected by feline infectious peritonitis or exposed to feline coronavirus infection. *The Veterinary Journal* 2004; 167(1):38–44.
32. Martínez-Subiela S, Ginel PJ, Cerón JJ. Effects of different glucocorticoid treatments on serum acute phase proteins in dogs. *Vet Rec* 2004; 154(26):814–7.
33. Heller MC, Johns JL. Acute phase proteins in healthy goats: establishment of reference intervals. *J Vet Diagn Invest* 2015; 27(2):177–81.
34. Maxie MG. Jubb, Kennedy, and Palmer's pathology of domestic animals. Sixth edition. St. Louis, Missouri: Elsevier; 2016.
35. Pearson EG, Snyder SP. Pancreatic necrosis in New World camelids: 11 cases (1990-1998). *J Am Vet Med Assoc* 2000; 217(2):241–4.
36. Krasztel MM, Czopowicz M, Szaluś-Jordanow O, Moroz A, Mickiewicz M, Kaba J. The Agreement between Feline Pancreatic Lipase Immunoreactivity and DGGR-Lipase Assay in Cats—Preliminary Results. *Animals (Basel)* 2021; 11(11). Available from: URL: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/11/3172>.
37. Graca R, Messick J, McCullough S, Barger A, Hoffmann W. Validation and diagnostic efficacy of a lipase assay using the substrate 1,2-o-dilauryl-rac-glycero glutaric acid-(6' methyl resorufin)-ester for the diagnosis of acute pancreatitis in dogs. *Vet Clin Pathol* 2005; 34(1):39–43.
38. Johnson JP, Stack JD, McGivney CL, Garrett MP, O'Brien PJ. DGGR-lipase for effective diagnosis of pancreatitis in horses. *Comparative Clinical Pathology* 2019; 28(6):1625–36.
39. Lanz S, Howard J, Gerber V, Peters LM. Diagnostic utility and validity of 1,2-o-dilauryl-rac-glycero-3-glutaric acid-(6'-methylresorufin) ester (DGGR) lipase activity in horses with colic. *The Veterinary Journal* 2022; 288:105887. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1090023322001022>.
40. Schnauß F, Hanisch F, Burgener IA. Diagnosis of feline pancreatitis with SNAP fPL and Spec fPL. *J Feline Med Surg* 2019; 21(8):700–7.
41. Cebra CK. Disorders of Carbohydrate or Lipid Metabolism in Camelids. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice* 2009; 25(2):339–52. Available from: URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749072009000255>.
42. van Saun R. Nutrient requirements of South American camelids: A factorial approach. *Small Ruminant Research* 2006; 61:165–86.
43. Cebra CK, Tornquist SJ, van Saun RJ, Smith BB. Glucose tolerance testing in llamas and alpacas. *Am J Vet Res* 2001; 62(5):682–6.
44. Araya AV, Atwater I, Navia MA, Jeffs S. Evaluation of insulin resistance in two kinds of South American camelids: llamas and alpacas. *Comp Med* 2000; 50(5):490–4.

45. Atwater I, Yañez A, Cea R, Navia A, Jeffs S, Arraya V et al. Cerebral spinal fluid shunt is an immunologically privileged site for transplantation of xenogeneic islets. *Transplant Proc* 1997; 29(4):2111–5.
46. Tessari P, Kiwanuka E, Million R, Vettore M, Puricelli L, Zanetti M et al. Albumin and fibrinogen synthesis and insulin effect in type 2 diabetic patients with normoalbuminuria. *Diabetes Care* 2006; 29(2):323–8.
47. Cebra CK, Tornquist SJ. Evaluation of glucose tolerance and insulin sensitivity in llama crias. *Am J Vet Res* 2005; 66(6):1013–7.
48. Anna M. Firshman, Christopher K. Cebra, Barbara J. Schanbacher, Elizabeth R. Seaquist. Evaluation of insulin secretion and action in New World camelids. *Am J Vet Res* 2013; 74(1):96–101. Available from: URL: <https://avmajournals.avma.org/view/journals/ajvr/74/1/ajvr.74.1.96.xml>.
49. Hao M, Head WS, Gunawardana SC, Hasty AH, Piston DW. Direct effect of cholesterol on insulin secretion: a novel mechanism for pancreatic beta-cell dysfunction. *Diabetes* 2007; 56(9):2328–38.
50. Liu J, Dong H, Zhang Y, Cao M, Song L, Pan Q et al. Bilirubin Increases Insulin Sensitivity by Regulating Cholesterol Metabolism, Adipokines and PPAR γ Levels. *Scientific Reports* 2015; 5(1):9886.
51. Wittek T, Franz S. *Praxishandbuch Neuweltkamele: Ein Leitfaden zur Diagnostik, Therapie und Prophylaxe bei Lamas und Alpakas. Inklusive Neuerungen im Arzneimittel- und Tierseuchenrecht.* Hannover: Schlötersche Verlagsgesellschaft; 2023. (Vetpraxis).
52. Stanitznig A, Lambacher B, Eichinger M, Franz S, Wittek T. Prevalence of important viral infections in new world camelids in Austria. *Wiener tierärztliche Monatsschrift* 2016; 103:92–100.
53. Köller G, Bassewitz K, Schusser GF. Reference ranges of insulin, insulin like growth factor-1 and adrenocorticotrophic hormone in ponies. *Tierärztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 2016; 44(01):19–25.
54. Appleton DJ, Rand JS, Priest J, Sunvold GD. Determination of reference values for glucose tolerance, insulin tolerance, and insulin sensitivity tests in clinically normal cats. *Am J Vet Res* 2001; 62(4):630–6.
55. Cook S, McKenna M, Glanemann B, Sandhu R, Scudder C. Suspected congenital hyperinsulinism in a Shiba Inu dog. *J Vet Intern Med* 2020; 34(5):2086–90.
56. Deepa Maheshvare M, Raha S, König M, Pal D. A pathway model of glucose-stimulated insulin secretion in the pancreatic β -cell. *Front Endocrinol (Lausanne)* 2023; 14:1185656.
57. Ferrannini E, Camastra S, Coppack SW, Fliser D, Golay A, Mitrakou A. Insulin action and non-esterified fatty acids. *Proceedings of the Nutrition Society* 1997; 56(2):753–61. Available from: URL: <https://www.cambridge.org/core/product/0A4931D3B2155F962118D7A64A633651>.

13. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Referenzintervalle zu Harnstoff- und Kreatininkonzentrationen von Neuweltkamelen (m=männlich; w=weiblich; n = Anzahl der untersuchten Tiere in der jeweiligen Studie) aus der Literatur.....	4
Tabelle 2: SDMA-Konzentrationen (Mittelwert \pm Standardabweichung) von verschiedenen erwachsenen gesunden Tierarten (n = Anzahl der untersuchten Tiere in der jeweiligen Studie) aus der Literatur	5
Tabelle 3: Referenzwerte für SAA und Haptoglobin bei verschiedenen Spezies	7
Tabelle 4: Referenzwerte für DGGR-Lipase für verschiedene Tierarten aus der Literatur	9
Tabelle 5: Basis-Insulin Konzentrationen (Mittelwert \pm Standardabweichung) von Neuweltkamelen (n = Anzahl der untersuchten Tiere in der jeweiligen Studie) aus der Literatur	10
Tabelle 6: Klinisch Chemische Parameter bei erwachsenen, klinisch gesunden Lamas und Alpakas (Wittek und Franz 2023)	11
Tabelle 7: Aufteilung der Proben auf Österreichs Bundesländer	12
Tabelle 8: Übersicht über die verschiedenen Labormethoden mit denen die einzelnen Parameter analysiert wurden	14
Tabelle 9: Ergebnisse der Parameter Harnstoff, Kreatinin und SDMA in Bezug auf Geschlecht und Tierart, (n=Anzahl, m=männlich, w=weiblich)	15
Tabelle 10: Konzentrationen von Haptoglobin und SAA in Bezug auf Geschlecht und Tierart, (n=Anzahl, m=männlich, w=weiblich).....	19
Tabelle 11: Korrelationen (r = Spearman-Korrelationskoeffizient) und deren Signifikanz (p = Irrtumswahrscheinlichkeit) zwischen Haptoglobin und verschiedenen Leukozytentypen. Eine moderate Korrelation liegt vor, wenn $r > 0,5$; eine starke Korrelation, wenn $r > 0,8$. Eine Korrelation gilt als signifikant, wenn $p < 0,05$	21
Tabelle 12: Korrelationen (r = Spearman-Korrelationskoeffizient) und deren Signifikanz (p = Irrtumswahrscheinlichkeit) zwischen Haptoglobin und verschiedenen Leukozytentypen. Eine moderate Korrelation liegt vor, wenn $r > 0,5$; eine starke Korrelation, wenn $r > 0,8$. Eine Korrelation gilt als signifikant, wenn $p < 0,05$	23

Tabelle 13: Aktivität der DGGR-Lipase in Bezug auf Geschlecht und Tierart, (n=Anzahl, m=mnnlich, w=weiblich).....	24
Tabelle 14: Ergebnisse des Insulins in Bezug auf Geschlecht und Tierart, (n=Anzahl, m=mnnlich, w=weiblich).....	25
Tabelle 15: Korrelationen (r = Spearman-Korrelationskoeffizient) und deren Signifikanz (p = Irrtumswahrscheinlichkeit) zwischen Insulin und verschiedenen Parametern. Eine moderate Korrelation liegt vor, wenn $r > 0,5$; eine starke Korrelation, wenn $r > 0,8$. Eine Korrelation gilt als signifikant, wenn $p < 0,05$	26
Tabelle 16: Referenzbereiche für Harnstoff, Kreatinin, SDMA, Haptoglobin, SAA, DGGR-Lipase und Insulin für beide Tierarten und Geschlechter anhand des 2,5 %- und 97,5 %-Perzentil.	27
Abb. 1: Haptoglobin Funktionsweise bei der Bindung von extrazellulärem Hämoglobin (Woldemeskel und Vanderpuye 2018).....	6
Abb. 2: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Harnstoffkonzentration bei Lamas und Alpakas	16
Abb. 3: Box-Plot Diagramme zur Verteilung der Harnstoffkonzentrationen nach den Geschlechtern der jeweiligen Tierarten. w=weiblich m=mnnlich.....	16
Abb. 4: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Kreatininkonzentration bei Lamas und Alpakas	17
Abb. 5: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der SDMA-Konzentrationen der Lamas und Alpakas	18
Abb. 6: Box-Plot Diagramme zur Verteilung der SDMA-Konzentration nach den Geschlechtern der jeweiligen Tierarten. w=weiblich m=mnnlich.....	18
Abb. 7: Punktdiagramme zur Altersabhängigkeit der SDMA-Konzentrationen	18
Abb. 8: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Haptoglobinkonzentrationen bei Lamas und Alpakas	20
Abb. 9: Punktdiagramme zur Altersabhängigkeit der Haptoglobinkonzentration	20
Abb. 10: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der SAA-Konzentrationen bei Lamas und Alpakas	22

Abb. 11: Box-Plot Diagramme zur Verteilung der SAA-Konzentration nach den Geschlechtern der jeweiligen Tierarten. w=weiblich m=männlich.....	22
Abb. 12: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Messwerte der DGGR-Lipase bei Lamas und Alpakas	24
Abb. 13: Box-Plot-Diagramm zur Verteilung der Insulin-Konzentrationen bei Lamas und Alpakas	25
Abb. 14: Box-Plot Diagramme zur Verteilung der Insulin-Konzentration nach den Geschlechtern der jeweiligen Tierarten. w=weiblich m=männlich.....	26