

Neuweltkameliden in der Schweiz.

II. Referenzwerte für hämatologische und blutchemische Parameter

I. Hengrave Burri¹, P. Tschudi², J. Martig¹, A. Liesegang³, M. Meylan¹

¹Wiederkäuferklinik und ²Klinisches Labor des Departements für klinische Veterinärmedizin der Universität Bern,

³Institut für Tierernährung der Universität Zürich

Zusammenfassung

Um Referenzwerte für Blutparameter von Neuweltkameliden in der Schweiz zu etablieren wurde von 273 Tieren (141 Lamas und 132 Alpakas) Blut entnommen. Diese wurden in drei Kategorien eingeteilt (Jungtiere bis sechs Monate, und adulte weibliche und männliche Tiere). Insgesamt wurden 41 Parameter bestimmt (aus EDTA-Blut rotes Blutbild und Leukogramm mit Differentialblutbild, und aus Serum Elektrolyte, Metaboliten und Enzyme). Die Resultate zeigten signifikante Unterschiede zwischen den beiden Spezies für 26 Parameter. Diese Studie zeigt ebenfalls, dass Unterschiede zwischen Jungtieren, weiblichen und männlichen Tieren berücksichtigt werden müssen. Ein Vergleich der Blutwerte mit den Resultaten einer parasitologischen Kotuntersuchung ergab, dass ein Befall mit *Dicrocoelium dendriticum* mit einer Erhöhung der Serumaktivität von zwei Leberenzymen (GLDH und γ -GT) einherging. Es wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen Tieren, welche Eier von Magen-Darmstrongyliden ausschieden oder nicht, festgestellt.

Schlüsselwörter: Lama, Alpaka, Normwerte, Hämatologie, Blutchemie

South American camelids in Switzerland. II. Reference values for blood parameters

In order to establish reference values for blood parameters of South American camelids in Switzerland, 273 blood samples were collected from 141 llamas and 132 alpacas. These animals were classified in three categories (young animals < six months, adult females and males). Forty-one parameters were measured (red blood cell count, white blood cell count, electrolytes, metabolites and enzymes). Significant differences between llamas and alpacas were evident for 26 parameters. This study also showed that differences between young animals, females and males must be taken into consideration. A comparison of blood values with the results of fecal analysis for parasite eggs showed that an infestation with *Dicrocoelium dendriticum* was associated with elevated activity of two liver enzymes (GLDH and γ -GT) in the serum. In contrast, no differences were found in the results of blood analyses between animals shedding eggs of gastrointestinal strongyles or not.

Keywords: Llama, alpaca, blood parameters, hematology, blood chemistry

Einleitung

Die Population von Lamas und Alpakas in Nordamerika und in Europa ist in den letzten Jahren ständig gewachsen. In den Vereinigten Staaten haben schon in den sechziger-siebziger Jahren Privatpersonen angefangen, überzählige Tiere aus zoologischen Gärten zu übernehmen. Die Anzahl Neuweltkameliden (NWK) hat durch grosse Importe aus Südamerika in den 80-er Jahren weiter zugenommen. In den USA ist die Population zwischen 1992 und 1996 um 20% gewachsen (Smith, 1998). Die Population der NWK hat sich bei uns langsamer entwickelt, dennoch zählte die Schweiz im Jahr 2000 immerhin 1622 registrierte

Tiere (999 Lamas und 623 Alpakas) (Hengrave Burri et al., 2005). Als Folge dieses kontinuierlichen Populationswachstums werden Tierärzte immer häufiger mit dieser Art Patienten konfrontiert. Zusätzlich zu einer gründlichen klinischen Untersuchung stellen hämatologische und blutchemische Analysen wichtige diagnostische Hilfsmittel dar. Dies bedingt aber, dass die gemessenen Blutwerte mit gültigen Referenzwerten unter Berücksichtigung von Spezies (Lama oder Alpaka), Alter und Geschlecht verglichen werden können. Bisher stammten publizierte Referenzwerte für Blutparameter von NWK aus Südamerika (Co-

paira, 1949; Copaira, 1953; Reynafarje et al., 1968; Fowler, 1993), den USA (Lassen et al., 1986; Fowler und Zinkl, 1989; Van Houten et al., 1992; Weiser et al., 1992; Smith et al., 1998), Australien (Hajduk, 1992; Simons et al., 1993) oder Deutschland (Gauly et al., 1998). Entweder waren die angegebenen Normbereiche sehr breit, oder die Einheiten entsprachen nicht denjenigen der schweizer Laboratorien (Lewis, 1976; Lassen et al., 1986; Fowler, 1989; Fowler und Zinkl, 1989; Van Houten et al., 1992; Weiser et al., 1992; Fowler, 1993; Garry et al., 1994; Dart et al., 1996; Smith et al., 1998), oder es wurde zwischen Lamas und Alpakas (Fowler, 1993), zwischen den verschiedenen Altersklassen (Van Houten et al., 1992; Weiser et al., 1992) oder den Geschlechtern (Van Houten et al., 1992; Weiser et al., 1992; Gauly et al., 1998) nicht unterschieden. Das Ziel dieser Studie war, den Schweizer Tierärztinnen und Tierärzten ein nützliches Werkzeug zur Interpretation von Blutwerten von Lamas und Alpakas zu geben. Diese Referenzwerte wurden auf Grund von Blutanalysen bei über 250 NWK aus Herden in der ganzen Schweiz etabliert. Die Blutwerte wurden zusätzlich im Zusammenhang mit den Resultaten einer parasitologischen Kotuntersuchung ausgewertet.

Tiere, Material und Methoden

Tiere

In Kombination mit einer Studie über Population, Haltung und Gesundheitsprobleme der NWK in der Schweiz (Hengrave Burri et al., 2005) wurde im Jahr 2000 mit Haltern von NWK Kontakt aufgenommen und 40 Bestände (mit 3 bis 260 Tieren) wurden für einen Besuch ausgewählt. Die Wahlkriterien waren die Anzahl Tiere in der Herde und die geographische Lage der Bestände, damit die Stichprobe für die Population der ganzen Schweiz repräsentativ wurde. Gegen Ende der Probensammlung wurden noch Spezies, Alter und Geschlecht der Tiere mitberücksichtigt, um Proben von Tiergruppen gleicher Grösse ($n=25$) für alle Kategorien zu erhalten. Die Lamas und Alpakas wurden in je fünf Kategorien aufgeteilt: Jungtiere < sechs Monate, nicht-trächtige weibliche Tiere, trächtige Tiere, laktierende Tiere und männliche Tiere. Der Trächtigkeitstatus der Stuten konnte nicht gesichert werden und die laktierenden Tiere waren zum Teil wieder trächtig. Wegen diesen Überschneidungen und weil die statistische Auswertung keine relevanten Unterschiede zwischen den drei Stutengruppen gezeigt hatte, wurden die Daten von allen erwachsenen weiblichen Tieren für die weitere Auswertung zusammengelegt. Für jede Spezies wurden die weiteren Analysen mit drei Kategorien durchgeführt: Jungtiere (29 Lamas, 25 Alpakas), Stuten (79 Lamas, 81 Alpakas) und männliche Tiere (33 Lamas und 26 Alpakas). Insgesamt

wurden von 273 Tieren (141 Lamas und 132 Alpakas) Blutproben entnommen. Diese Tiere hatten während des letzten halben Jahres keine Krankheitssymptome gezeigt und wurden von den Besitzern als gesund angesehen. Eine eingehende klinische Untersuchung wurde vor der Blutentnahme nicht durchgeführt.

Blutentnahme

Für die Venenpunktion wurde den Tieren eine Halfter angezogen und sie wurden von einer oder zwei Hilfspersonen gehalten. Die Blutproben wurden auf der linken oder rechten Halsseite durch Punktion der Vena jugularis gerade unterhalb des Mandibularwinkels gewonnen. Die Punktionsstelle wurde zuvor geschoren und mit Alkohol desinfiziert. Für Jungtiere wurden 20 G \times 1½ Kanülen (Terumo®, Terumo Europe N.V., 3001 Leuven, Belgium) und für Erwachsene 18 G \times 1½ Kanülen (Terumo®) mit Vacutainern (Becton Dickinson Vacutainer System®, Aichele Medico AG, Aesch, Schweiz) verwendet. Pro Tier wurden fünf Blutproben entnommen: 1 \times 7 ml Blut mit K-EDTA, 2 \times 5 ml Vollblut und 2 \times 5 ml Blut mit Na-Heparin-Na-Fluorid (Aichele Medico AG, Aesch, Schweiz). Vollblut- und Na-Heparin-Na-Fluorid-Proben wurden innerhalb von zwei Stunden nach der Blutentnahme während 12 Minuten mit 1258 \times g zentrifugiert. Das so gewonnene Serum und Plasma wurde zur weiteren Untersuchung in 2 ml Röhrchen abpipettiert.

Bestimmung hämatologischer und blutchemischer Parameter

Die Proben wurden unmittelbar nach der Entnahme gekühlt und in das klinische Labor des Departements für klinische Veterinärmedizin der Universität Bern gebracht, wo folgende Untersuchungen durchgeführt wurden: Rotes Blutbild und Leukogramm (inkl. Differentialblutbild) mit EDTA-Blut, blutchemischer Status (inkl. Elektrolyten, Metaboliten und Enzymaktivitäten) mit Serum. Die Glukose-Konzentration wurde aus dem Na-Heparin-Na-Fluorid-Serum gemessen. Bis zur Bestimmung der Glutathionperoxidase (GSH-Px)-Aktivität (Paglia und Valentine, 1967) am Institut für Tierernährung der Universität Zürich wurden die gewaschenen Erythrozyten tiefgefroren gelagert. Die verschiedenen Methoden und Geräte für die Analyse der Blutproben sind in Tabelle 1 angegeben. Als Referenzbereiche wurden die Werte zwischen dem 10. und dem 90. Perzentil definiert.

Statistik

Weil die Daten nicht normal verteilt waren und die Varianz der zu vergleichenden Parameter zwischen den Kategorien teilweise unterschiedlich war, wurden

Tabelle 1: Labormethoden und Material.

Parameter	Methoden/Geräte	
Hämatologische Parameter	Vollautomatischer elektronischer Zellzähler CELL-DYN*3500; Impedanz-Methode und Flusszytometrie	
Elektrolyte	Natrium (Na)	Ionenselektive Elektrode, Hitachi 912
	Kalium (K)	Ionenselektive Elektrode, Hitachi 912
	Kalzium (Ca)	Farb-Test mit 0-Kresolphtalein-Komplexon, Hitachi 912
	Magnesium (Mg)	Farb-Test mit Xylidilblau, Hitachi 912
	Chlorid (Cl)	Ionenselektive Elektrode, Hitachi 912
	Phosphor (P)	Farb-Test mit Molybdat-Reaktion Hitachi 912
	Eisen (Fe)	Farb-Test mit Ferrozin-Methode ohne Enteweißung, Hitachi 912
Metabolite	Glukose	Enzymatischer Farbstest (Glukose GOD-PAP), Hitachi 912
	Gesamprotein	Farbstest mit Biuret-Reaktion, Hitachi 912
	Albumin	Farb-Test mit Bromcresolgrün, Hitachi 912
	Harnstoff	Kinetischer UV-Test, Hitachi 912
	Kreatinin	Enzymatischer Farbstest (CK, Carcosinoxidase und POD), Hitachi 912
	Gesambilirubin	Farbstest mit der DPD-Methode, Hitachi 912
Enzyme	ASAT	UV-Test bei 37° C; IFCC-Recommendation 16, Hitachi 912
	AP	IFCC-Recommendation 15 bei 37° C, Hitachi 912
	CK	UV-Test bei 37° C; IFCC-Recommendation 18;19, Hitachi 912
	γ-GT	Enzymatischer Farbstest bei 37° C, IFCC-Recommendation 17;18, Hitachi 912
	GLDH	«Optimierte Standardmethode» der DGkC bei 37° C, Hitachi 912,
	LDH	Enzymatischer Farbstest bei 37° C nach DGkC, Hitachi 912
	SDH	Enzymatischer Farbstest bei 37° C, Labor-interne Reagenzien, Hitachi 912
	GSH-Px	Gekoppelte enzymatische Methode nach Paglia und Valentine bei 25° C

ASAT = Aspartat-Aminotransferase; AP = Alkalische Phosphatase; CK = Kreatinkinase; γ-GT = γ-Glutamyltranspeptidase; GLDH = Glutamat-Dehydrogenase; LDH = Lactat-Dehydrogenase; SDH = Sorbit-Dehydrogenase; GSH-Px = Glutathionperoxidase

nicht-parametrische Tests eingesetzt. Mit dem Mann-Whitney-U-Test (Signifikanzgrenze bei $P=0.05$) wurden die Unterschiede zwischen beiden Spezies, Lama und Alpaka, geprüft. Mit dem Kruskal-Wallis-Test (Signifikanzgrenze bei $P=0.05$) wurden die Unterschiede zwischen den verschiedenen Tierkategorien innerhalb jeder Spezies, sowie diejenige zwischen den drei Kategorien von weiblichen Tieren (nicht trächtig / trächtig / laktierend) geprüft. Wurden signifikante Unterschiede gefunden, wurden diese zwischen den einzelnen Kategorien zusätzlich mit dem Mann-Whitney-U-Test überprüft (Signifikanzgrenzen bei $P=0.0016$ nach Bonferroni-Korrektur). Ausgewählte Blutparameter wurden auch im Vergleich mit der Parasitenbürde statistisch untersucht. Die Resultate der parasitologischen Untersuchungen werden in der Begleitarbeit (Hengrave Burri et al., 2005) in dieser Ausgabe eingehend beschrieben. Betreffend Magen-Darm-Strongyliden (MDS) wurden die NWK in vier Kategorien klassifiziert: 0 (keine Eier), + (geringgradiger), ++ (mittelgradiger) und +++ (hochgradiger Befall). Unterschiede der Blutresultate zwischen diesen Kategorien wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test geprüft. Um den Einfluss von *Dicrocoelium dendriticum* auf ausgewählte Blutparameter zu überprüfen, wurden binäre Kategorien (0, kein Befall oder +, Parasiten vorhanden) gebraucht. Für die statistische Auswertung der Daten benutzen

wir die Computerprogramme Systat® (SPSS Inc. Chicago, Il.) und Intercooled STATA 7.0 for Windows (Stata Corporation, Tx.).

Ergebnisse

Hämatologie

Die Referenzwerte für die Hämatologie von Lamas und Alpakas sind in Tabelle 2 angegeben. Neun von 13 Parametern zeigten zwischen den Spezies signifikante Unterschiede (Tab. 3). Im Vergleich der drei Kategorien innerhalb jeder Spezies wurden für je sechs von 13 Parametern bei den Lamas und fünf von 13 bei den Alpakas statistisch signifikante Unterschiede beobachtet.

Klinische Chemie

Die Referenzwerte für die blutchemischen Parameter sind in Tabelle 4 angegeben. Siebzehn von 21 Parametern waren zwischen den Spezies signifikant verschieden (Tab. 3). Signifikant höhere Werte wurden bei den Lamas im Vergleich zu den Alpakas bei 13, hingegen niedrigere Werte bei 4 Parametern gefunden. Zwischen den drei Kategorien innerhalb einer Spezies wurden signifikante Unterschiede bei 9 von 21 Parametern bei Lamas und 7 von 21 bei Alpakas festgestellt.

Tabelle 2: Hämatologische Referenzwerte von Lamas und Alpakas.

Parameter	Einheit	LAMAS			ALPAKAS		
		Junge <6Mte.	Weibliche	Männliche	Junge <6Mte.	Weibliche	Männliche
Hämatokrit (Hkt)	l/l	0.28–0.36	0.27–0.35	0.29–0.39	0.29–0.37	0.26–0.37	0.29–0.37
Hämoglobin (Hb)	mmol/l	7.7–9.9	6.9–9.2	7.4–9.8	8.3–10.3	6.8–10	7.9–10.3
Erythrozyten (Ec)	10 ¹² /l	11.5–14.6	9.7–13.4	10.9–14.3	12.9–15.4	10.5–15	12.8–15.6
MCH	fmol	0.63–0.71	0.65–0.75	0.66–0.73	0.60–0.68	0.61–0.68	0.62–0.67
MCV	fl	22.8–27.7	25.2–29.3	24.8–29.2	21.5–25.4	22.8–26.3	22–25
MCHC	mmol/l	25.2–28.1	24.6–26.4	24.8–26.7	26–28.8	25.5–28.2	25.7–28.5
Leukozyten	10 ⁹ /l	9.5–17.8	8.7–17.5	9.7–16.1	7.3–16.0	8–16	9.8–15.8
Stabkernige neutrophile Granulozyten	10 ⁹ /l	0–0.25	0–0.4	0–0.3	0–0.2	0–0.1	0–0.1
Segmentkernige neutrophile Granulozyten	10 ⁹ /l	4.6–11.8	4.9–11.4	4.6–11.2	2.9–8	3.4–9.1	4.5–9.3
Eosinophile Granulozyten	10 ⁹ /l	0.1–1.2	0.5–3.7	0.8–3.7	0.1–3.1	0.8–3.4	1–3.6
Basophile Granulozyten	10 ⁹ /l	0–0.1	0–0.2	0–0.1	0–0.1	0–0.2	0–0.3
Monozyten	10 ⁹ /l	0.22–1.14	0.2–0.9	0.2–1.1	0.3–0.9	0.2–0.9	0.1–0.7
Lymphozyten	10 ⁹ /l	3.3–7.15	0.9–4.1	1.1–4.3	1.4–5.9	1.1–5.2	1.7–4.5
Stabkernige neutrophile Granulozyten	%	0–1.7	0–3.1	0–2.3	0–1.8	0–1	0–1
Segmentkernige neutrophile Granulozyten	%	41–65.7	45–76.4	42.4–73.5	30.8–63	39.3–69.8	44–70.5
Eosinophile Granulozyten	%	0.9–8.6	5–25	5.8–27.7	1.2–18.3	7–26.5	8–27
Basophile Granulozyten	%	0–0.7	0–1.5	0–1	0–1	0–1.5	0–2
Monozyten	%	1.5–8.4	2–6.1	1.5–6	3.5–7	1.5–7.7	2–5.5
Lymphozyten	%	24.5–50.3	7–31.2	8–32.5	15.7–54	11–39.3	15.2–31

Die Werte sind als Quantile 10–90 angegeben.

Anzahl Blutproben pro Parameter für Lamas: Junge (n = 29), weibliche (n = 78) und männliche Tiere (n = 31); für Alpakas: Junge (n = 24), weibliche (n = 77), männliche Tiere (n = 26).

Parasitenbefall und Blutwerte

Der Vergleich von Blutwerten mit den Ergebnissen der parasitologischen Kotuntersuchung ergab, dass der Befall mit dem kleinen Leberegel *Dicrocoelium dendriticum* mit einer Erhöhung der GLDH-Aktivität ($P=0.0001$) und mit tendenziell höheren Werten der γ -GT-Aktivität im Serum ($P=0.054$) einherging. Der Bereich zwischen den Perzentilen 10 und 90 war bei betroffenen Tieren 6.0–59.4 IU/L für die GLDH und 21.8–56.4 IU/L für die γ -GT, und bei nicht befallenen Tieren 5.0–29.0 IU/L für die GLDH und 17.0–46.0 IU/L für die γ -GT. Es wurden keine Unterschiede in der Anzahl eosinophiler Granulozyten, Bilirubin- oder SDH-Werten zwischen Tieren mit und ohne kleine Leberegel beobachtet und es gab auch keine signifikanten Unterschiede zwischen Tieren, die MDS-Eier ausschieden oder nicht.

Diskussion

Unsere Ergebnisse zeigen, dass sich die Normalbereiche verschiedener Blutwerte zwischen den beiden

Spezies sowie den verschiedenen Geschlechts- und Alterskategorien deutlich unterscheiden. Bei den Lamas unterschieden sich 15 von 34 (44%), bei den Alpakas 12 von 34 (35%) der Parameter in statistisch signifikanter Weise. Im Gegensatz zu Hajduk (1992), der keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Blutwerten von Lamas und Alpakas feststellte, deuten unsere Ergebnisse klar darauf hin, dass die beiden Spezies getrennt betrachtet werden müssen, fanden wir doch bei 26 von 34 (76%) der Blutparameter statistisch signifikante Unterschiede. Das Festlegen von differenzierten Referenzwerten für beide Tierarten sowie nach Alter und Geschlecht ist somit für die Interpretation von Blutwerten sehr wichtig.

Die aus den hoch gelegenen Anden stammenden NWK sind mit einem speziellen Sauerstofftransportsystem ausgestattet, das ihnen die Adaptation an einen tiefen atmosphärischen Sauerstoffdruck ermöglicht. Als Besonderheit gelten die kleinen, ovalen Erythrozyten, die in deutlich höherer Anzahl pro Volumeneinheit vorhanden sind als beim Rind (Fowler und Zinkl, 1989; Fowler, 1993). Die Membranbeschaffenheit und das kleine Volumen erlauben eine

ideale Kapillarzirkulation (Garry et al., 1994). Eine weitere Besonderheit der NWK ist die Sauerstoffdissoziationskurve ihres Hämoglobins, die gegenüber derjenigen anderer Spezies nach links verschoben ist (Garry et al., 1994), womit eine hohe Sauerstoffsättigung des Hämoglobins schon bei tiefem atmosphärischem Druck erreicht wird. Die kleine Grösse und spezielle Form der Erythrozyten von NWK sind auch für die Untersuchung von Blutproben von Bedeutung. Die Anwendung von automatischen Analysegeräten, die zur Zählung der grösseren und runden Erythrozyten anderer Spezies geeicht sind, ist nicht möglich (Garry et al., 1994). Ergebnisse aus Peru (Copaïra, 1949; Copaira, 1953; Reynafarje et al., 1968) zeigen im Vergleich zu denjenigen unserer Studie höhere Werte für Hämatokrit, MCH und MCHC, was sicher auf die Haltung in hochgelegenen Gegenden (3900 und 4200 m.ü.M.) zurückzuführen ist. Mit Werten bis über $3 \times 10^9/l$ war die Anzahl von eosinophilen Granulozyten bei NWK deutlich höher als bei anderen Pflanzenfressern (Rind: $0-2.4 \times 10^9/l$, Pferd: $0-1 \times 10^9/l$; Smith, 2002). Ebenfalls geht aus unseren Resultaten hervor, dass Lamas eine höhere Leukozytenzahl haben als Alpakas, was mit früheren Berichten von Hajduk (1992) übereinstimmt.

In unserer Studie fanden wir bei 17 von 21 blutchemischen Parametern statistisch signifikante Unterschiede zwischen Lamas und Alpakas. Zum Teil waren sie deutlich. So war zum Beispiel bei allen Gruppen der Alpakas der obere Grenzwert für Cl-Werte um ca. 10 mmol/l höher als bei Lamas, während die Kreatininkonzentration bei allen Kategorien der Lamas höher waren als diejenige der Alpakas. Eine biologische Erklärung für solche Unterschiede konnten wir nicht finden; trotzdem werden wir sie bei der Interpretation von Blutwerten bei kranken Tieren berücksichtigen.

Die Mehrzahl der biochemischen Parameter waren bei NWK ähnlich wie bei Rindern. Ausnahmen waren die Konzentrationen von Glukose und Harnstoff und die Aktivitäten der Enzyme γ -GT und GLDH, die alle bei NWK höhere Werte aufwiesen.

Trotz minimaler Glukoseresorption im Verdauungstrakt weisen NWK eine ungefähr um das Doppelte höhere Konzentration von Glukose (5.4–8.3 mmol/l) auf als beim Rind (2.5–4.2 mmol/l), beim Schaf (2.8–4.4 mmol/l) oder bei der Ziege (2.8–4.2 mmol/l) (Smith, 2002). Obschon bei den NWK nur geringe Mengen von Kohlenhydraten aus dem Verdauungstrakt resorbiert werden, entspricht ihre Glukosekonzentration des Plasmas somit eher derjenigen von monogastrischen Tieren. Aufgrund neuerer Untersuchungen (Cebra, 2000; Cebra et al., 2001a; Cebra et al., 2001b; Tornquist et al., 2001; Cebra, 2002) wird vermutet, dass der gegenüber Hauswiederkäuern

Tabelle 3: Vergleich hämatologischer und blutchemischer Parameter zwischen Spezies und Tierkategorien.

Parameter	Spezies	Lamas J/W/M	Alpakas J/W/M
Hämatologie			
Hämatokrit	n.s.	n.s	n.s
Hämoglobin	A>L*	W<J=M***	W<J=M***
Erythrozyten	A>L**	W<J=M***	W<J=M***
MCH	L>A**	n.s	n.s
MCV	L>A**	J<W=M***	J<W=M***
MCHC	A>L**	J>W=M***	n.s
Leukozyten absolut	L>A*	n.s	n.s
Stab.neutr. Granulozyten absolut	L>A**	n.s	n.s
Segment. neutr. Granulozyten absolut	L>A**	n.s	n.s
Eosinophile Granulozyten absolut	A > L	J<W=M***	J<W=M***
Basophile Granulozyten absolut	n.s.	n.s	n.s
Monozyten absolut	n.s.	n.s	n.s
Lymphozyten absolut	n.s.	J>W=M***	J>W=M***
Blutchemie			
Natrium (Na)	L>A**	n.s	n.s
Kalium (K)	L>A**	n.s	n.s
Calcium (Ca)	L>A**	J>W=M***	J>W=M***
Magnesium (Mg)	L>A*	n.s	n.s
Chlorid (Cl)	A>L**	n.s	n.s
Phosphor (P)	n.s.	J>W=M***	n.s
Eisen (Fe)	A>L*	J>W=M***	J>W=M***
Glukose	n.s.	n.s	n.s
Gesamtprotein	n.s.	J<W=M***	J<W=M***
Albumin	L>A**	M>W=J***	n.s
Harnstoff	L>A**	n.s	n.s
Kreatinin	L>A**	n.s	J<W=M***
Gesamtbilirubin	L>A**	J<W=M***	n.s
ASAT	L>A*	n.s	J>W=M***
AP	A > L *	J>W=M***	J>W=M***
CK	L>A*	J>W=M***	n.s
γ -GT	L>A**	W>J=M***	n.s
GLDH	L>A*	n.s	n.s
LDH	A > L**	n.s	J>W=M***
SDH	n.s.	n.s	n.s
GSH-Px	L>A*	n.s	n.s

L = Lamas; A = Alpakas; J = Jungtiere; W = weibliche Tiere; M = männliche Tiere; * = $P \leq 0.05$; ** = $P \leq 0.01$; *** = $P \leq 0.0166$; n.s. = nicht signifikant.

Tabelle 4: Blutchemische Referenzwerte von Lamas und Alpakas.

Parameter	Einheit	LAMAS			ALPAKAS		
		Junge <6Mte.	Weibliche	Männliche	Junge <6Mte.	Weibliche	Männliche
Natrium (Na)	mmol/l	148–156	148–158	147–156	144–154	148–155	148–155.6
Kalium (K)	mmol/l	4.2–5.5	4–5.4	4.3–5.5	4–5.4	4–5.2	4–5.3
Calcium (Ca)	mmol/l	2.4–2.7	2.3–2.6	2.3–2.6	2.3–2.7	2.1–2.5	2.1–2.5
Magnesium (Mg)	mmol/l	0.7–1	0.8–1.1	0.7–1.2	0.8–1	0.8–1.1	0.8–1.2
Chlorid (Cl)	mmol/l	109–133	107–134	104–126	104–146	111–146	108–136
Phosphor (P)	mmol/l	2.1–3.6	1.3–2.7	1.5–2.7	1.2–3.7	1.1–2.8	1.6–3
Eisen (Fe)	µmol/l	21.8–52.2	17–32	20.2–29.6	26.8–53.5	19.1–36.1	18.5–38.6
Glukose	mmol/l	6.3–8.3	5.4–6.6	6–7.5	5.6–8.1	5.4–7.3	6.1–7.1
Gesamtprotein	g/l	53.5–62.2	57.3–72.2	58–69.3	54.6–62	56.2–70.4	59.9–69.1
Albumin	g/l	30.6–38.4	30.1–39.8	33.9–40.5	31.3–37.9	28.4–37.4	31.3–38.6
Harnstoff	mmol/l	4.9–11.1	5.8–11.5	6–10.2	5–8.9	4.5–9.1	5.2–9.7
Kreatinin	µmol/l	103–201	121–203	124–180	91–135	104–168	97–167
Bilirubin ges.	µmol/l	0.1–1	0.2–1.4	0.2–1.4	0.2–0.7	0.2–1.01	0.3–1.1
ASAT	IU	174–284	167–302	177–285	197–360	155–248	150–263
AP	IU	104–282	46–107	47–131	130–568	30–144	34–190
CK	IU	101–339	56–663	49–556	73–213	43–276	38–232
γ-GT	IU	22.5–42.4	29.8–56.4	27.1–51.5	13–30.8	15–43	13.4–37.8
GLDH	IU	8.4–57.8	6–44.2	6–50.3	5–72	4–21.2	3.4–29.8
LDH	IU	312–1003	200–785	221–754	726–1270	533–837	520–896
SDH	IU	1–2	1–2	1–2	1–2.6	1–2	1–1.6
GSH-Px	U/g Hb	2.9–15.1	1.3–16.5	2.3–20.5	0.7–13.1	1.9–13.7	2.4–15.6

Die Werte sind als Quantile 10-90 angegeben

Anzahl Blutproben pro Parameter für Lamas: Junge (n=29), weibliche (n=79) und männliche Tiere (n=33); für Alpakas: Junge (n=25), weibliche (n=80), und männliche Tiere (n=25).

höhere Glukosegehalt im Plasma von NWK auf deren geringere Insulinproduktion und die erhöhte Insulinresistenz ihres Gewebes zurückzuführen ist. Was auch immer der Grund sein mag, für die Interpretation von Blutuntersuchungen ist wichtig, dass diese, verglichen mit Hauswiederkäuern, hohen Plasmakonzentrationen von Glukose bei Lamas und Alpakas als physiologisch zu betrachten sind. Das gleiche gilt für die gegenüber unseren Hauswiederkäuern höheren Werte von Harnstoff und Kreatinin.

Die gegenüber dem Rind leicht erhöhten Aktivitäten der für die Leber spezifischen Enzyme bei den von uns untersuchten NWK sind vermutlich auf einen Befall mit kleinen Leberegel zurückzuführen. Bei Tieren mit nachweisbarer Ausscheidung von *Dicrocoelium dendriticum* wurden höhere Aktivitäten festgestellt als bei solchen mit einem negativen koprologischen Befund. Da die Eier dieses Parasiten bekanntlich intermittierend ausgeschieden werden, ist eine einmalige Kotuntersuchung nicht aussagekräftig. Ein Ausschluss von Befall mit kleinen Leberegel liesse sich nur erbringen, wenn wiederholte Kotuntersuchungen negativ ausfallen würden (Wenker et al., 1998). Obschon dies im Rahmen unserer Studie nicht möglich war, nehmen wir an, dass die Gruppe der klinisch gesunden

Tiere, welche am Tag der Blutentnahme keine Eier von *Dicrocoelium dendriticum* ausschieden, am ehesten derjenigen einer von diesem Parasiten freien Population entspricht. Die bei diesen Tieren gemessenen Aktivitäten von GLDH (5–29 IU/L) und γ-GT (17–46 IU/L) können somit als strenge Referenzwerte für diese Parameter betrachtet werden.

Bei den hämatologischen Parametern Hämoglobingehalt und Zahl der eosinophilen Granulozyten sowie bei den blutchemischen Parametern Gesamtprotein-, Albumin- und Eisengehalt im Serum fanden wir keine signifikanten Unterschiede zwischen Tieren, die im Kot Eier von MDS ausschieden und solchen, bei denen der Befund negativ ausfiel. Offenbar hielt sich die Parasitenbürde auch bei den koprologisch positiven Tieren in Grenzen.

Die Konzentration von Kalzium im Serum war bei Jungtieren beider Spezies höher als bei den Erwachsenen. Diese Unterschiede waren allerdings geringgradig. Die altersbedingte, verminderte Kalziumabsorption und Mobilisation von Kalzium aus den Knochen dürften für diese Unterschiede verantwortlich sein (Smith et al., 1998; Smith und Van Saun, 2001).

Die in dieser Studie beobachtete hohe Konzentration von Eisen im Serum ist nicht Folge von Eiseninjektionen bei Jungtieren, war doch diese vorbeugende Behandlung nur in einem einzigen Bestand mit wenigen Tieren durchgeführt worden. Smith et al., 1998 beobachteten bei Neugeborenen NWK sogar doppelt so hohe Eisengehalte des Serums als bei Einjährigen. Im Vergleich zum Kalb, bei dem der Eisengehalt im ersten Lebensjahr gerade umgekehrt verläuft (Kaufmann, 1996), scheinen Fohlen von NWK mit einem grösseren Eisenvorrat zur Welt zu kommen.

In verschiedenen Gebieten der Schweiz stellt die durch Vitamin E- und/oder Selenmangel verursachte Weissmuskelkrankheit bei Wiederkäuern ein Problem dar (Tontis und Martig, 1974; Mathis et al., 1983; Tontis 1984). Diese Krankheit wurde auch bei NWK beschrieben (Dart et al., 1996). Die Messung der Aktivität der GSH-Px der Erythrozyten erlaubt eine indirekte Erfassung der Selenkonzentration im Serum (Dart et al., 1996). Die in unserer Studie nachgewiesenen Aktivitäten liegen mit 1.3–20.5 U/gHb deutlich tiefer als die in der Literatur für Lamas angegebenen Werte von 25.76 ± 6.53 U/gHb (Dart et al., 1996). Der Vergleich von GSH-Px Werten verschiedener Studien wird durch möglicherweise unterschiedliche Analysemethoden erschwert. Es bleibt deshalb unklar, ob die in unserer Studie festgestellte tiefe GSH-Px Aktivität auf eine andere Messmethode zurückzuführen ist oder Zeichen einer Unterversorgung mit Selen darstellt. Eine Klärung dieser Frage wäre nur möglich, wenn bei einer späteren Studie Konzentrationen von Selen und Vitamin E gemessen würden. Die in unserer Studie untersuchten

Tiere zeigten keine klinischen Anzeichen von Weissmuskelkrankheit, was allerdings das Vorhandensein eines subklinischen Selenmangels nicht ausschliesst, auch wenn nur in zwei der 40 von uns besuchten NWK-Herden den Jungtiere in den ersten sechs Monaten Selen injiziert worden war.

Schlussfolgerungen

Obschon Lamas und Alpakas einen gemeinsamen Ursprung haben, ist es bei der Interpretation von Blutwerten wichtig, sie als zwei getrennte Spezies zu betrachten. Unsere Studie zeigt, dass Unterschiede von Alter und Geschlecht ebenfalls berücksichtigt werden müssen. Blutwerte unterscheiden sich von jenen anderer Pflanzenfresser sowohl bei hämatologischen wie blutchemischen Untersuchungen. Bei mit *Dicrocoelium dendriticum* befallenen NWK war eine Signifikante Erhöhung der Aktivität der Enzyme GLDH und γ -GT festzustellen.

Dank

Die Autoren danken allen Lama- und Alpakabesitzern für ihre Beteiligung an der Studie, sowie den Laborantinnen und Laboranten des Labors von Prof. Tschudi für die Durchführung der Blutuntersuchungen. Ein besonderer Dank geht an Dr. Esther Schelling für ihre Hilfe mit den statistischen Auswertungen und an Dr. Richard Eicher für seine Hilfe in der Planung des Projektes.

Résumé

Afin de déterminer des valeurs de référence pour les paramètres sanguins des petits camélidés valables pour la Suisse, 273 prélèvements de sang ont été effectués sur 141 lamas et 132 alpagas. Ces animaux ont été classés en 3 catégories (jeunes jusqu'à six mois, femelles et mâles adultes). Au total, 41 paramètres ont été déterminés (hématologie, leucogramme, électrolytes, métabolites et enzymes). Les résultats ont montré des différences significatives entre les lamas et les alpagas pour 26 paramètres. Cette étude a également montré qu'il faut tenir compte des différences entre les jeunes animaux, les femelles et les mâles. Une comparaison des valeurs sanguines avec les résultats des examens parasitologiques des selles a démontré qu'une infestation par *Dicrocoelium dendriticum*, la petite douve du foie, était liée à une augmentation de l'activité sérique de deux enzymes hépatiques (GLDH et γ -GT).

Riassunto

Allo scopo di determinare i valori di riferimento dei parametri ematici nei camelidi del nuovo mondo allevati in Svizzera, sono stati prelevati 273 campioni di sangue da 141 lama e 132 alpaca. Gli animali sono stati suddivisi in tre gruppi (giovani fino ai 6 mesi di età, femmine e maschi) e sono stati misurati i valori di 41 parametri (ematologia, leucogramma, elettroliti, metaboliti ed enzimi). I risultati mostrano delle differenze significative tra i tre gruppi di animali, e quindi la necessità di usare valori di riferimento in base all'età e al sesso degli animali. Il confronto tra i valori ematici e i risultati della parassitologia evidenzia una aumentata attività serica di due enzimi epatici (GLDH e γ -GT) in presenza di una infestazione da *Dicrocoelium dendriticum*.

Literatur

Cebra C. K.: Hyperglycemia, hypernatremia, and hyperosmolarity in 6 neonatal llamas and alpacas. J. Am. Vet. Med. Assoc. 2000, 217: 1701–1704.

Cebra C. K., Tornquist S. J., Van Saun R. J., Smith B. B.: Glucose tolerance testing in llamas and alpacas. Am. J. Vet. Res. 2001, 62: 682–686.

Cebra C. K., McKane S. A., Tornquist S. J.: Effects of exogenous insulin on glucose tolerance in alpacas. Am. J. Vet. Res. 2001, 62: 1544–1547.

Cebra C. K., Tornquist S. J., Mc Kane S. A.: Effects of hydrocortisone on substrates of energy metabolism in alpacas. Am. J. Vet. Res. 2002, 63: 1269–1274.

Copaira B., M. A.: (Hematologic studies in South American camelids) Estudios hematológicos en auquenidos. Rev. Fac. Med. Vet. (Lima) 1949, 4: 49–52.

Copaira B.: (Hematologic studies in South American camelids) Estudios hematológicos en auquenidos. Fac. Med. Vet. Zootec. (Lima) 1953, 5: 78.

Dart A. J., Kinde H., Hodgson D. R., Peauroi J. R., Selby A. W., Maas J., Fowler M. E.: Serum α -tocopherol, vitamin A, and blood selenium concentrations, and glutathione peroxidase activity in llamas fed alfalfa hay. Am. J. Vet. Res. 1996, 57: 689–692.

Fowler M. E.: Llama medicine. Physical examination, restraint and handling. Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract. 1989, 5: 27–35.

Fowler M. E.: Hemic and Lymphatic Systems. In: Medicine and Surgery of South American Camelids, I. S. U. Press, 1993, 263–272.

Fowler M. E., Zinkl J. G.: Reference ranges for hematologic and serum biochemical values in llamas (*Lama glama*). Am. J. Vet. Res. 1989, 50: 2049–2053.

Garry F.: Clinical Pathology of Llamas. Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract. 1989, 5: 55–70.

Garry F., Weiser M. G., Belknap E.: Clinical Pathology of Llamas. Vet. Clin. North. Am. Food Anim. Pract. 1994, 10: 201–209.

Gauly M., Maier H., Trah M.: Blutentnahmetechnik und Referenzwerte relevanter klinisch-chemischer Blutparameter bei Neuweltkameliden. Tierärztl. Umschau 1998, 12: 751–754.

Hajduk P.: Haematological reference values for alpacas. Aust. Vet. J. 1992, 69: 89–90.

Hengrave Burri I., Martig J., Sager H., Liesegang A., Meylan M.: Neuweltkameliden in der Schweiz. I. Population, Haltung und Gesundheitsprobleme. Schweiz. Arch. Tierheilk. 2005, 147: 325.

Kaufmann T.: Entwicklung einiger klinisch-chemischer Blutparameter von gesunden, weiblichen Kälbern der Rasse Simmental-Red Holstein während des ersten Lebensjahres, Schätzung von altersspezifischen Referenzbereichen. Dissertation, Universität Bern, 1996.

- Lassen E. D., Pearson E. G., Long P., Schmotzer W. B., Kaneps A. J., Riebold T. W.: Clinical biochemical values of llamas: Reference values. *Am. J. Vet. Res.* 1986, 47: 2278–2280.
- Lewis J. H.: Comparative hematology studies on camelidae. *Comp. Biochem. Physiol.* 1976, 55: 367–371.
- Mathis A., Horber H., Jucker H.: Zur Selenversorgung des Rindviehs in der Schweiz: Untersuchungen in Ammen- und Mutterkuhbetrieben. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 1983, 125: 317–328.
- Paglia D. E., Valentine W. N.: Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J. Lab. Clin. Med.* 1967, 70: 158–169.
- Reynafarje H. C.; Faura J.; Paredes A., Villavicencio D.: Erythrokinetics in high-altitude-adapted animals (llama, alpaca and vicuna). *J. Appl. Physiol.* 1968, 24: 93–97.
- Simons J. A., Waldron D. L., Hennessy D. P.: Clinical biochemical reference ranges for female alpacas (Lamas pacos). *Comp. Biochem. Physiol.* 1993, 105: 603–608.
- Smith B. B.: An overview of selected diseases and drug needs in the Llama and Alpaca Industries. *Vet. Hum. Tox.* 1998, 40: 29–34.
- Smith B. B., Van Saun R. J., Reed P. J., Craig A. M., Youngberg A.: Blood mineral and vitamin E concentrations in llamas. *Am. J. Vet. Res.* 1998, 59: 1063–1070.
- Smith B. B., Van Saun R. J.: Seasonal changes in serum calcium, phosphorus, and vitamin D concentrations in llamas and alpacas. *Am. J. Vet. Res.* 2001, 62: 1187–1193.
- Smith B. P.: *In: Large Animal Internal Medicine*, Mosby Inc., St-Louis, MS, USA, 2002.
- Tontis A., Martig J.: Zum Vorkommen der enzootischen Muskeldystrophie bei Lämmern im Kanton Bern. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 1974, 116: 329–337.
- Tontis A.: Zum Vorkommen der nutritiven Muskeldystrophie (NMD) bei Zicklein in der Schweiz. *Schweiz. Arch. Tierheilk.* 1984, 126: 41–46.
- Tornquist S. J., Cebra C. K., Van Saun R. J., Smith B. B., Mattoon J. S.: Metabolic changes and induction of hepatic lipidoses during feed restriction in llamas. *Am. J. Vet. Res.* 2001, 62: 1081–1087.
- Van Houten D., Weiser M. G., Johnson L., Garry F.: Reference hematologic values and morphologic features of blood cells in healthy adult llamas. *Am. J. Vet. Res.* 1992, 53: 1773–1775.
- Weiser M. G., Fettman M. J., Van Houten D., Johnson L., Garry F.: Characterization of erythrocytic indices and serum iron values in healthy llamas. *Am. J. Vet. Res.* 1992, 53: 1776–1779.
- Wenker C., Hatt J.-M., Hertzberg H., Ossent P., Hänichen T., Brack A., Isenbügel E.: Dikrozölöse bei Neuweltkameliden. *Tierärztl. Prax.* 1998, 26: 355–361

Korrespondenzadresse

PD Dr. Mireille Meylan, Wiederkäuerklinik, Vetsuisse-Fakultät Universität Bern, Bremgartenstrasse 109a, Postfach 8466, 3001 Bern, E-mail: mireille.meylan@knp.unibe.ch, Fax: +41 31 631 26 31

Manuskripteingang: 10. Januar 2005
Angenommen: 3. Mai 2005